

**INFORMATION SCIENCE
&
COMPUTING**

International Book Series

Number 11

Intelligent Engineering

Supplement to
International Journal "Information Technologies and Knowledge" Volume 3 / 2009

**ITHEA
SOFIA, 2009**

Krassimir Markov, Luis-Fernando de Mingo, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov (ed.)

Intelligent Engineering

International Book Series "INFORMATION SCIENCE & COMPUTING", Number 11

Supplement to the International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 3 / 2009

Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA

Sofia, Bulgaria, 2009

This issue contains a collection of papers in the field of research and development of applied information devices, systems and networks as well as information technologies and their implementation.

Papers are peer reviewed and are selected from the several International Conferences, which were part of the Joint International Events of Informatics "ITA 2009" – summer session, Varna, Bulgaria.

International Book Series "INFORMATION SCIENCE & COMPUTING", Number 11
Supplement to the International Journal "INFORMATION TECHNOLOGIES & KNOWLEDGE" Volume 3, 2009

Edited by **Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA**, Bulgaria,
in collaboration with

- **V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS**, Ukraine,
- **Institute of Mathematics and Informatics, BAS**, Bulgaria,
- **Institute of Information Technologies, BAS**, Bulgaria.

Publisher: **Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA**, Sofia, 1000, P.O.B. 775, Bulgaria.
Издател: **Институт по информационни теории и приложения ФОИ ИТЕА**, София, 1000, п.к. 775, България
www.ithea.org, www.foibg.com, e-mail: info@foibg.com

General Sponsor: **Consortium FOI Bulgaria** (www.foibg.com).

Printed in Bulgaria

Copyright © 2009 All rights reserved

- © 2009 Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA - Publisher
- © 2009 Krassimir Markov, Luis-Fernando de Mingo, Krassimira Ivanova, Ilia Mitov – Editors
- © 2009 For all authors in the issue.

ISSN 1313-0455 (printed)

ISSN 1313-048X (online)

ISSN 1313-0501 (CD/DVD)

PREFACE

The scope of the International Book Series "Information Science and Computing" (**IBS ISC**) covers the area of Informatics and Computer Science. It is aimed to support growing collaboration between scientists from all over the world. IBS ISC is official publisher of the works of the members of the ITHEA International Scientific Society.

The official languages of the IBS ISC are English and Russian.

IBS ISC welcomes scientific papers and books connected with any information theory or its application.

IBS ISC rules for preparing the manuscripts are compulsory.

The rules for the papers and books for IBS ISC are given on www.foibg.com/ibsisc .

The camera-ready copies of the papers should be received by ITHEA Submission System <http://ita.ithea.org> .

The camera-ready copies of the books should be received by e-mail: info@foibg.com .

Responsibility for papers and books published in IBS ISC belongs to authors.

This issue contains a collection of papers in the field of research and development of applied information devices, systems and networks as well as information technologies and their implementation.

Papers are peer reviewed and are selected from the several International Conferences, which were part of the Joint International Events of Informatics "ITA 2009" – summer session, Varna, Bulgaria.

ITA 2009 has been organized by

ITHEA International Scientific Society

in collaboration with:

- Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA
- International Journal "Information Theories and Applications"
- International Journal "Information Technologies and Knowledge"
- Association of Developers and Users of Intelligent Systems (Ukraine)
- Association for Development of the Information Society (Bulgaria)
- V.M.Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine
- Institute of Mathematics and Informatics, BAS (Bulgaria)
- Institute of Information Technologies, BAS (Bulgaria)
- Institute of Mathematics of SD RAN (Russia)
- Taras Shevchenko National University of Kiev (Ukraine)
- Dorodnicyn Computing Centre of the Russian Academy of Sciences
- Universidad Politecnica de Madrid (Spain)
- BenGurion University (Israel)
- Rzeszow University of Technology (Poland)
- University of Calgary (Canada)
- University of Hasselt (Belgium)
- Kharkiv National University of Radio Electronics (Ukraine)
- Astrakhan State Technical University (Russia)
- Varna Free University "Chernorizets Hrabar" (Bulgaria)
- National Laboratory of Computer Virology, BAS (Bulgaria)
- Uzhgorod National University (Ukraine)

The main ITA 2009 events were:

KDS	XVth International Conference "Knowledge - Dialogue – Solution"
i.Tech	Seventh International Conference "Information Research and Applications"
MeL	Fourth International Conference "Modern (e-) Learning"
INFOS	Second International Conference "Intelligent Information and Engineering Systems"
CFDM	International Conference "Classification, Forecasting, Data Mining"
GIT	Seventh International Workshop on General Information Theory
ISSI	Third International Summer School on Informatics

More information about ITA 2009 International Conferences is given at the www.ithea.org .

The great success of ITHEA International Journals, International Book Series and International Conferences belongs to the whole of the ITHEA International Scientific Society.

We express our thanks to all authors, editors and collaborators who had developed and supported the International Book Series "Information Science and Computing".

General Sponsor of IBS ISC is the **Consortium FOI Bulgaria** (www.foibg.com).

Sofia, June 2009

Kr. Markov, L.-F. de Mingo, Kr. Ivanova, I. Mitov

TABLE OF CONTENTS

<i>Preface</i>	3
<i>Table of Contents</i>	5
<i>Index of Authors</i>	7

Systems

Portable Device "Floratest" as Tool for Estimating of Megalopolis Ecology State <i>Volodymyr Romanov, Igor Galelyuka, Volodymyr Fedak, Volodymyr Grusha, Dmytro Artemenko, Oksana Galelyuka, Vitalii Velychko, Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Iliia Mitov</i>	9
The Sensor Web Testbed for Flood Monitoring and Prediction <i>Nataliia Kussul, Andrii Shelestov, Sergii Skakun</i>	16
Modeling of Transcutaneous Energy Transfer System for an Implantable Gastrointestinal Stimulation Device <i>Joanna Liu C. Wu, Damian I. Kachlakev, Martin P. Mintchev</i>	23
CompariSong: Audio Comparison Engine <i>Georgi Dzhambazov</i>	33
Design and Application of an Ecohouse by Using Renewable Energy Sources <i>Gulsen Soyhan, Sami Toksoz, Gokhan Coskun, Yalcin Topacoglu, Burak Gokalp, Dundar Bayram</i>	39
A Software System for Determination of Forming Limit Diagrams <i>Georgi Stoilov, Jordan Genov, Vasil Kavardzhikov, Jordan Kovachev</i>	45
Косвенная стеганография <i>Надир Алишов</i>	53

Networks

On a Problem of QoS Characteristics interpretation in Transit Networks <i>Gleb Andrianov, Stoyan Poryazov, Ivan Tsitovich</i>	59
Application of GSM Networks to Control the Hardware of Scientific and Educational Laboratory Complex <i>Sergey Kiprushkin, Anton Kogut, Sergey Kurskov, Aleksandr Lukyanov</i>	66
Стандартизированные решения для хранения и обмена данных в системах спутникового мониторинга <i>Сергей Лавренюк, Юлия Гринич, Алла Лавренюк</i>	70
Фрактальное моделирование и многокритериальная оптимизация компьютерных сетей <i>Адиль Тимофеев</i>	79
Структурный синтез сетей с технологией MPLS <i>Елена Зайченко, Юрий Зайченко</i>	83
Мультиагентная система защиты распределенной имитационной модели с удаленным доступом <i>Александр Миков, Елена Замятина, Михаил Панов</i>	90
Применение оценочной модели для анализа условий доступа к кластерной информационной системе <i>Вячеслав Чумаченко</i>	98

Engineering

Outsourcing Contracts: A Systematic Review <i>Jose Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas, Lucas Grossi, Jezreel Mejia, Tomás San Feliu</i>	107
Global Memory Structure for Ant Colony Optimization Algorithms <i>Ángel Goñi, Paula Cordero</i>	116
Specialized Shells of Intelligent Systems for Domains with Complicated Structures <i>Irene Artemieva</i>	123
Merging Wiki and Ontological Approach to e-Learning Portal Design <i>Tatiana Gavrilova, Vladimir Gorovoy, Elena Petrashen</i>	131
Dynamic System Quality Providing Under Undetermined Disturbances. Multi-dimensional Case <i>Iryna Zbrutska</i>	136
Исследовательский портал "Инновационное развитие регионов" <i>Людмила Лядова, Жанна Мингалева, Наталья Фролова</i>	140
Работа с аналитическими отчётами в исследовательском портале "Инновационное развитие регионов" <i>Павел Мальцев</i>	146
Система интеллектуального поиска, классификации и реферирования документов для интернет-портала <i>Вячеслав Ланин</i>	151
Developing of Distributed Virtual Laboratories Based on Advanced Access Methods for Smart Sensor System Design <i>Bulgarian-Ukrainian Science Research Project</i>	159

INDEX OF AUTHORS

Gleb Andrianov	59	Elena Petrashen	131
Dmytro Artemenko	9	Stoyan Poryazov	59
Irene Artemieva	123	Volodymyr Romanov	9
Dundar Bayram	39	Tomás San Feliu	107
Jose Calvo-Manzano	107	Andrii Shelestov	16
Paula Cordero	116	Sergii Skakun	16
Gokhan Coskun	39	Gulsen Soyhan	39
Gonzalo Cuevas	107	Georgi Stoilov	45
Georgi Dzhambazov	33	Sami Toksoz	39
Volodymyr Fedak	9	Yalcın Topacoglu	39
Igor Galelyuka	9	Ivan Tsitovich	59
Oksana Galelyuka	9	Vitalii Velychko	9
Tatiana Gavrilova	131	Joanna Liu Wu	23
Jordan Genov	45	Iryna Zbrutska	136
Burak Gokalp	39		
Ángel Goñi	116	Надир Алишов	53
Vladimir Gorovoy	131	Юлия Грипич	70
Lucas Grossi	107	Елена Зайченко	83
Volodymyr Grusha	9	Юрий Зайченко	83
Krassimira Ivanova	9	Елена Замятина	90
Damian Kachlakev	23	Алла Лавренюк	70
Vasil Kavardzhikov	45	Сергей Лавренюк	70
Sergey Kiprushkin	66	Вячеслав Ланин	151
Anton Kogut	66	Людмила Лядова	140
Jordan Kovachev	45	Павел Мальцев	146
Sergey Kurskov	66	Александр Миков	90
Nataliia Kussul	16	Жанна Мингалева	140
Aleksandr Lukyanov	66	Михаил Панов	90
Krassimir Markov	9	Адиль Тимофеев	79
Jezreel Mejia	107	Наталья Фролова	140
Martin Mintchev	23	Вячеслав Чумаченко	98
Iliia Mitov	9		

Systems

PORTABLE DEVICE "FLORATEST" AS TOOL FOR ESTIMATING OF MEGALOPOLIS ECOLOGY STATE

**Volodymyr Romanov, Igor Galelyuka, Volodymyr Fedak,
Volodymyr Grusha, Dmytro Artemenko, Oksana Galelyuka, Vitalii Velychko,
Krassimir Markov, Krassimira Ivanova, Iliia Mitov**

Abstract: Portable device "Floratest" for express-diagnostic of plant state, which is developed in the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, is considered. Party of this device is manufactured and transferred to organizations, worked in the agricultural sector, environmental protection area, mineral fertilizer production etc. for working out of methodical tools. Using of the device for estimating of megalopolis ecology state by means of evaluation of green plant state is described in the article. Together with Megalopolis Ecomonitoring and Biodiversity Research Center of National Academy of Sciences of Ukraine there were got results of experimental researches of influence detecting of heavy metals and harmful substances on the trees and plants in Kiev.

Keywords: Kautsky effect, chlorophyll, chlorophyll fluorescence induction, fluorescence, fluorometer, portable device, ecology.

ACM Classification Keywords: J.3 Life and Medical Sciences - Biology and Genetics, J.7 Computers in Other Systems – Real Time, C.3 Special-Purpose and Application-Based Systems – Microprocessor/microcomputer applications

Conference topic: Information Systems.

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Introduction

Photosynthetic processes are the processes which supply energy to the cells of plants. Chlorophyll is the main pigment of the cells of plants. One of the main features of the molecular of chlorophyll is ability of fluorescence. The intensity of chlorophyll fluorescence depends on photosynthetic activity. After irradiation of leaf the intensity of chlorophyll fluorescent signal is increasing at first and then slowly reduces. This effect is called as effect of Kautsky [Kautsky, 1931] or effect of chlorophyll fluorescent induction (CFI). The form of this curve is very sensitive to adverse environment.

It gave possibility to develop in the V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine the portable device "Floratest" [Fedack, 2005, Palagin, 2007], which lets to estimate in several seconds the plant state after drought, frosts, pollution, herbicides etc. without plant damage. Like human cardiogram device builds CFI curve, which characterizes photosynthesis process, which is the base of plant vital activity.

Device "Floratest" description and application examples

Device and relevant diagnostic methods refer to the area of biological object researches by detecting their biophysical properties, particularly native chlorophyll fluorescent induction. Device is defined as smart biosensor with fragment plant as sensing element.

Express-diagnostic of plant state is carried out by functional features and is based on using of features of separate specific sections of IFC curve, which refer to separate areas of photosynthesis chains as diagnostic features. By IFC curve form it is easily to detect influence of one or another factor on the plant state.

Application areas of portable device "Floratest":

- express-estimating of plant vital activity after drought, frosts, sorts coupling, pesticide introduction;
- express-detection of optimal doses of chemical fertilizers and biological additives, what lets to optimize amount of fertilizers and additives and reduce nitrates content in vegetables and fruits;
- express-detection of level of pollution of water, soil and air by pesticides, heavy metals and superpoison;
- economy of energetic and water resources during man-made watering;
- developing of precision agriculture technology for increasing the quality of agricultural products;
- using of the device in the insurance agriculture to get predicted results of future yield;
- automation of researches in the plant physiology field.

Appearance of portable device "Floratest" is shown on the fig. 1.

Functional diagram of the device is shown on the fig. 2. Data processing unit and displaying unit are built on the base of microconverter ADuC812 and graphical display with resolution capability of 128*64 pixels. Microconverter is system-on-chip for data acquisition and processing, which includes analog-digital and digital-analog converters, reference supplies, temperature sensor, timers, power supply monitor, embedded industry standard 8052 microcontroller, external and internal data memory, program memory etc.



Fig. 1. Appearance of portable device "Floratest"

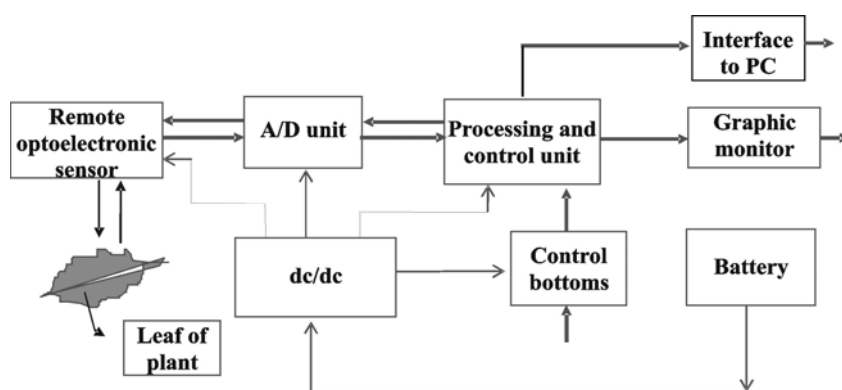


Fig. 2. Functional diagram of portable device "Floratest"

Remote optical sensor is built as "reflection diagram" on the base of four light-emitting diodes and one photodetector. "Reflection diagram" means that light-emitting diodes and photodetector are situated from the same side of researched leaf. To research chlorophyll fluorescence in the red spectral region the filter is placed on the input of photodetector. Emission intensity of light-emitting diodes and photodetector sensitivity can be changed during measuring process. Integrated algorithm of device work is shown on the fig. 3.

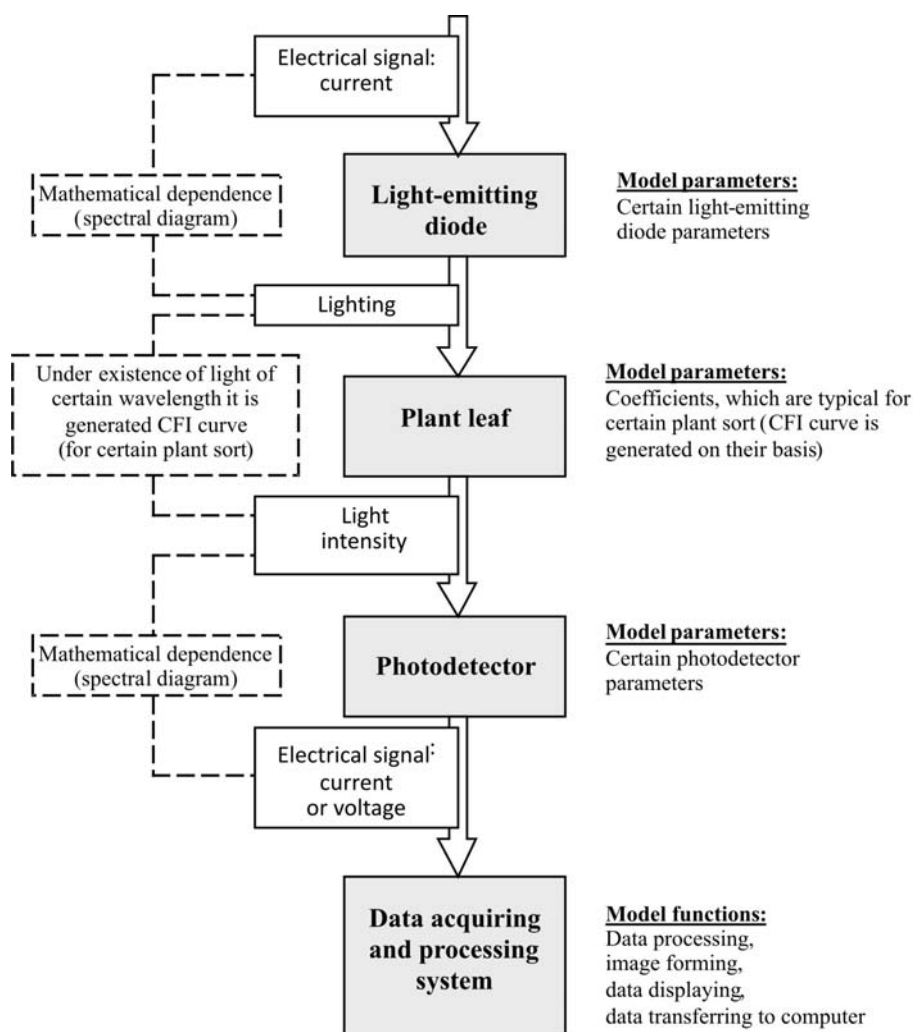


Fig. 3. Integrated algorithm of device work

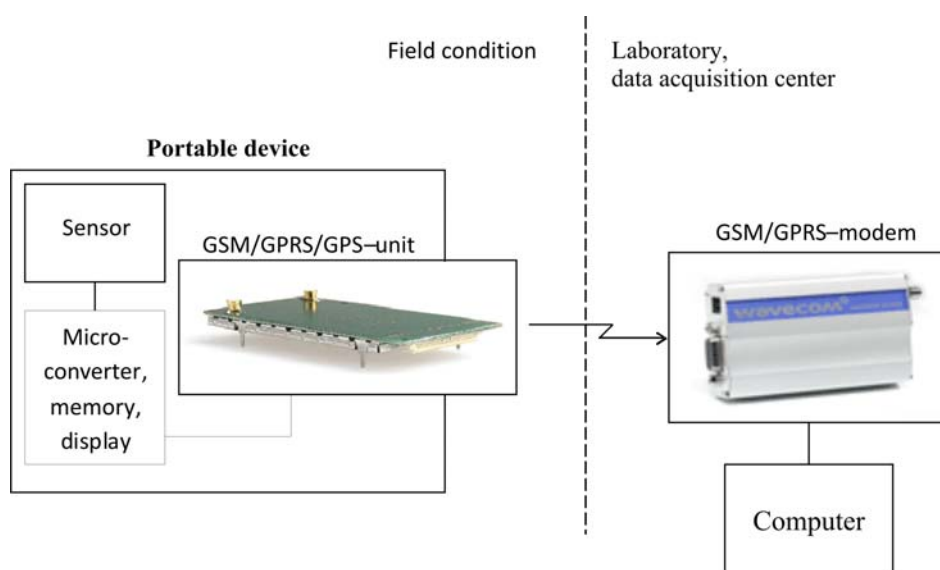


Fig. 4. Data acquiring, processing and transmitting system on the base of portable device with radio channel

Today it is not enough to acquire and save measurement result in the portable device memory. It is urgent to transmit measurement results from places of measurement to laboratories or centers of operative estimation of condition and necessary decision making. For data transmitting from measuring channel to receiving point it is proposed to use mobile communication by means of midget GSM-unit with GPS-subsystem, which is embedded in the portable device, and GSM-modem, which is connected to computer or work station. During such measurements the transmissions of a small amount of data are required, so it is reasonable to use GPRS standard. Data acquiring, processing and transmitting system on the base of portable device with radio channel is shown on the fig. 4.

Application of device "Floratest" for estimating of megalopolis ecology state

In 2008 together with Megalopolis Ecomonitoring and Biodiversity Research Center of National Academy of Sciences of Ukraine experimental researches of portable device "Floratest" were carried out to detect influence of heavy metals and harmful substances (e.g. lead, sodium, chlorine etc.) in leaf and soil on the plants state in Kiev. Today long-term phytomonitoring methods are used. They consist of visual observations and chemical analysis of soils and plant fragments and needs complicated equipments and lasts more than one week.

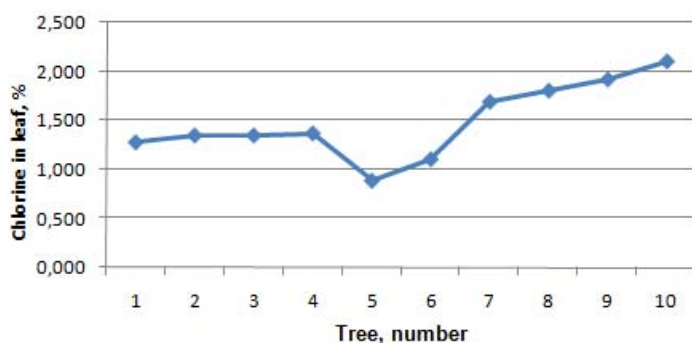


Fig. 5. Chlorine content in researched trees' leaf

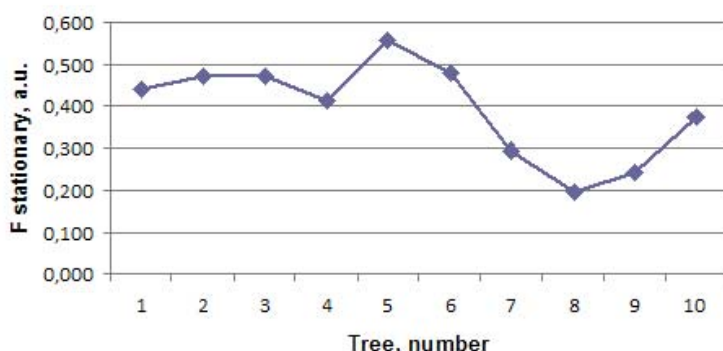


Fig. 6. Readouts of portable device "Floratest" for researched trees

Even one can see some dependence between chlorine content in trees' leaf and readouts of portable device "Floratest" (stationary region of IFC curve) on figs. 5, 6. Calculations, made by mathematical methods, show certain correlations between these values. Such researches were made for other harmful substances, such as sodium, magnesium.

It is easily to concede that IFC curve form expresses not only contents of separate harmful substance, but general state of tree versus influence level of harmful substances. It is possible to convert IFC curve in a

Long duration and complexity of existing methods of heavy metals and harmful substances detecting in alive plants and necessity to involve skilled specialists to perform these researches set necessary conditions to develop special diagnostic methods and tools for this aim. Preliminary researches indicate that portable device "Floratest" can be used for detecting of heavy metals and harmful substances influence on state of plants by measuring of CFI curve. The form of CFI curve changes versus level of harmful substances influence.

Joint researches were carried out in Kiev green regions by means of common phytomonitoring methods and portable device "Floratest". After processing of research result there were built dependences for searching correlations between chlorine content in trees' leaf, which are got by common phytomonitoring methods (fig. 5), and readouts of portable device "Floratest" (fig. 6).

description as a set of objects with features which values are integer numbers. The received description may be used by the system for inductive finding of regularities - Confor [Gladun et al, 2008], which permits to find common features of IFC curves for the trees which are under influence of equal oppressive factors. The found regularities may be used for automatic selection of harmful substances using the form of IFC curve.

Using VLCAD for designing "Floratest"

Let remember, that only by paying attention to the design process of computer devices it will be possible to reach a high level of competitiveness of scientific developments, what lets in the future to take up notable place on the world market. It is easily to see, that most devices have the same structure, to be exact, they consist of sensor, measuring channel, data processor, interface and additional subsystems. That's why process of designing could be easily formalized. [Palagin et al, 2009]

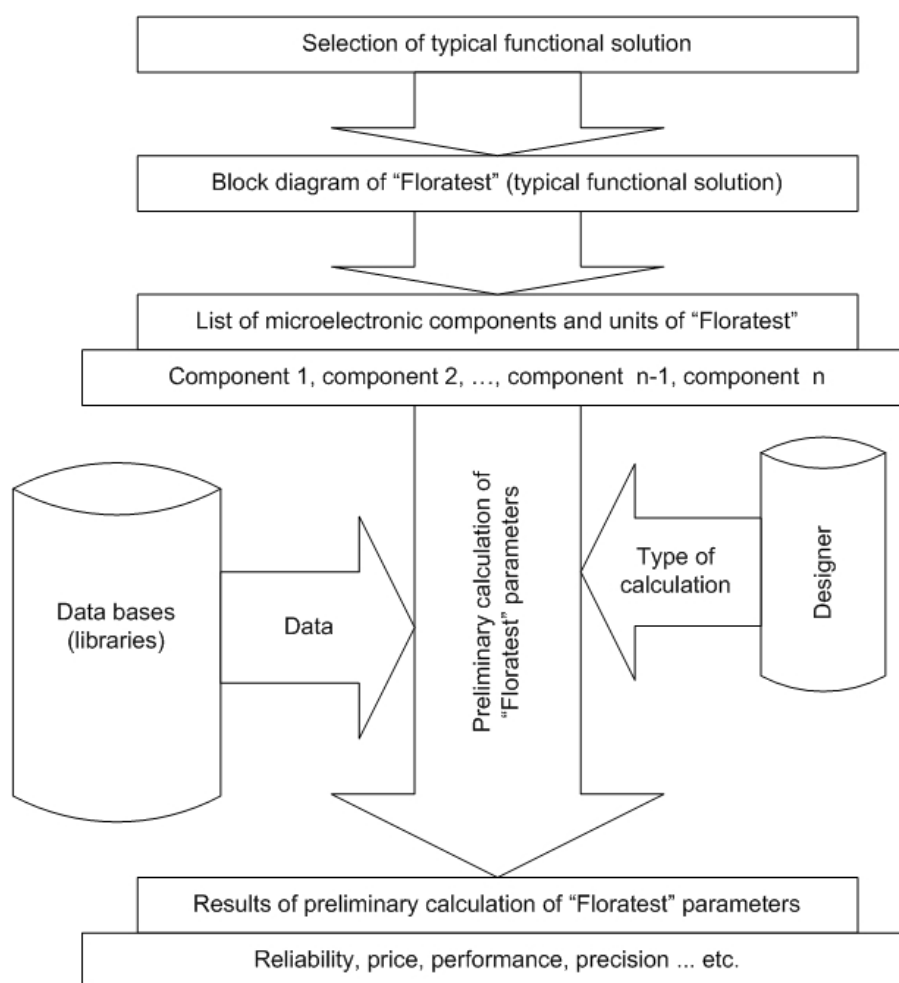


Fig. 7. Designing of "Floratest" by means of virtual laboratory

To solve this problem within the bounds of international Ukrainian-Bulgarian project it is began developing of virtual laboratory for computer-aided design for computer device designing (VLCAD) [Palagin et al, 2007]. The VLCAD is being created on the virtual methods of design [Galelyuka, 2008]. For VLCAD creating it is used the methodology of system integration [Palagin and Kurgaev, 2003] concerning base methods and tools, on which it is created.

In the process of designing of "Floratest" the VLCAD was used to:

- check possibility of creating of new modifications of "Floratest" on basis of developed sensors without involving specialists in circuit technology and instrument engineering at the stage of EFT-project;
- avoid expensive actual tests on the stage of device creating by replacing with virtual methods of designing and testing;
- calculate parameters (reliability, price etc.) of new device;
- prepare set of design documentations on designed device.

The sheme of using the virtual laboratory for designing of "Floratest" is shown on the fig. 7.

Conclusion

On basis of preliminary researches there were shown that using of portable device "Floratest" let to detect in express mode the worsening of photosynthetic apparatus of plant by measuring fluorescence of native chlorophyll on the early stages.

Satiation of ecological monitoring centers and institution of agrarian sector by such devices let to diagnose general state of live plants and environment influence on them, acquire data about that, how plants survive drought or frosts, and determine optimal dose of fertilizers or herbicides.

Using VLCAD the design process has been facilitated. The possibility to convert IFC curve in a description as a set of objects with features which values are integer numbers allows implementing the intellectualized components in the design process as well as in the real usage of the "Floratest".

Acknowledgements

This work is partially financed by Bulgarian National Science Fund under the joint Bulgarian-Ukrainian project **D 002-331 / 19.12.2008** "Developing of Distributed Virtual Laboratories Based on Advanced Access Methods for Smart Sensor System Design" as well as Ukrainian Ministry of Education under the joint Ukrainian-Bulgarian project No: **145 / 23.02.2009** with the same name.

Bibliography

- [Kautsky, 1931] Kautsky H., Hirsch A. Neue Versuche zur Kohlenstoffassimilation // Naturwissenschaften. – 1931. – 19. – S. 964.
- [Fedack, 2005] Fedack V., Kytaev O., Klochan P., Romanov V., Voytovych I. Portable Chronofluorometer for Express-Diagnostics of Photosynthesis // Proceeding of the Third IEEE Workshop on "Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications", IDAACS'2005. – Sofia, Bulgaria. – 2005, September 5–7. – P. 287–288.
- [Palagin, 2007] Palagin O., Romanov V., Starodub M., Brayko Yu., Galelyuka I., Imamutdinova R., Sarahan Ye. Portable Devices for Express-Diagnostics of Photosynthesis, Viral Infections and Mycotocsicosis // Proceeding of the IV International scientific-practical conference "Urgent question and organizational-lawful aspects of Ukraine-China collaboration in the high technologies field" – Kiev, Ukraine. – 2007, 10 october. – P. 135–138.
- [Gladun et al, 2008] V. Gladun, V. Velichko, Y. Ivaskiv. Selfstructured Systems. International Journal "Information Theories & Applications". FOI ITHEA, Sofia. - Volume 15 - 2008, Number 1. -pp. 5-13.
- [Palagin et al, 2009] Palagin O., Romanov V., Markov K., Velychko V., Stanchev P., Galelyuka I., Ivanova K., Mitov I. Developing of Distributed Virtual Laboratories for Smart Sensor System Design Based on Multi-dimensional Access Method. In Int. Book Series ISC book No:8: "Classification, Forecasting, Data Mining", FOI ITHEA, Sofia, 2009, pp. 155-161.

Authors' Information

Volodymyr Romanov – Head of department of V.M. Glushkov's Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of technical sciences, professor; Prospect Akademika Glushkova, 40, Kiev–187, 03680, Ukraine; e-mail: dept230@insyq.kiev.ua, VRomanov@i.ua

Igor Galelyuka – Research fellow of V.M. Glushkov's Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; Candidate of technical science; Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine; e-mail: galib@gala.net; National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Heroyiv Oborony str., 15, Kyiv, 03041, Ukraine

Volodymyr Fedak – Research fellow of V.M. Glushkov's Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine

Volodymyr Grusha – Research fellow of V.M. Glushkov's Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine, Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine

Dmytro Artemenko – software engineer of V.M. Glushkov's Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine; Prospect Akademika Glushkova 40, Kiev–187, 03680, Ukraine

Oksana Galelyuka – Research fellow of Institute of encyclopedic researches of National Academy of Sciences of Ukraine; Tereschenkivska str., 3, Kiev, 01004, Ukraine

Vitalii Velychko – Doctoral Candidate; V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, Prosp. Akad. Glushkov, 40, Kiev-03680, Ukraine; e-mail: glad@aduis.kiev.ua

Krassimir Markov – Assoc. Professor; Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Acad. G.Bontchev St., bl.8, Sofia-1113, Bulgaria; e-mail: markov@foibg.com

Krassimira Ivanova – Researcher; Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Acad. G.Bontchev St., bl.8, Sofia-1113, Bulgaria; e-mail: kivanova@math.bas.bg

Iliia Mitov – PhD Student of the Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Acad. G.Bontchev St., bl.8, Sofia-1113, Bulgaria; e-mail: mitov@foibg.com

THE SENSOR WEB TESTBED FOR FLOOD MONITORING AND PREDICTION

Nataliia Kussul, Andrii Shelestov, Sergii Skakun

Abstract: *In this paper we provide an overview of emerging Sensor Web paradigm and show several practical issues of using Sensor Web technologies for real-world tasks. Issues under study include sensor description using SensorML and database performance for serving observations data. This paper also shows an approach for integrating standard Sensor Observation Service with Globus Toolkit Grid platform.*

Keywords: *Sensor Web, Grid, OGC.*

ACM Classification Keywords: *D.2.12 [Software Engineering] Interoperability; Information Systems; H.1.1 [Models and Principles] Systems and Information Theory; H.3.5 [Information Storage and Retrieval] Online Information Services; I.4.8 [Image Processing and Computer Vision] Scene Analysis - Sensor Fusion.*

Conference: *The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Sensor Web Paradigm

The Sensor Web is an emerging paradigm and technology stack for integration of heterogeneous sensors into common informational infrastructure [Mandl et al., 2006; Moe et al., 2008]. The basic functionality required from such infrastructure is remote data access with filtering capabilities, sensors discovery and triggering of events by sensors conditions.

The Sensor Web is governed by a set of standards developed by the Open Geospatial Consortium [Botts et al., 2007]. At present, the following standards are available and approved by consortium:

- OGC Observations & Measurements (<http://www.opengeospatial.org/standards/om>) – Common terms and definition for Sensor Web domain;
- Sensor Model Language (<http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>) – XML-based language for describing different kinds of sensors;
- Transducer Model Language (<http://www.opengeospatial.org/standards/tml>) – XML-based language for describing the response characteristics of a transducer;
- Sensor Observations Service (<http://www.opengeospatial.org/standards/sos>) – an interface for providing remote access to sensors data;
- Sensor Planning Service (<http://www.opengeospatial.org/standards/sps>) – an interface for submitting tasks to sensors.

There are also standards drafts that are available from Sensor Web working group but not yet approved as official OpenGIS standards:

- Sensor Alert Service – service for triggering different kinds of events basing of sensors data;
- Web Notification Services – notification framework for sensor events.

Sensor Web paradigm assumes that sensors could belong to different organizations with different access policies or, in broader sense, to different administrative domains. However, existing standards stack does not provide any means for enforcing data access policies leaving it to underlying technologies. One possible way for handling informational security issues in Sensor Web is presented in the next subsections.

Sensor Web Flood Use Case

One of the most challenging problems for the Sensor Web technology implementation is a global ecological monitoring in the framework of the Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). Decision makers in an emergency response situation (e.g. floods, droughts) need to have a rapid access to the existing data sets, the ability to request and process data including the specific of emergency, and tools to rapidly integrate the various information sources into a basis for decisions. In this paper we consider the problem of flood monitoring using satellite remote sensing data, in-situ data and results of simulations.

The flood monitoring and prediction scenario presented here is being implemented within the GEOSS AIP (Architecture Implementation Pilot, <http://www.ogcnetwork.net/Alpilot>). It uses precipitation data from the Global Forecasting System (GFS) model and NASA's Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM, <http://trmm.gsfc.nasa.gov>) to identify the potential flooded areas. Once the areas have been identified, we can request satellite data for the specific territory for flood assessment. These data can be both optical (like EO-1, MODIS, SPOT etc) and microwave (Envisat, ERS-2, ALOS, Radarsat-1 etc).

The problem of floods monitoring by itself consumes data from many heterogeneous data sources such as remote sensing satellites (we are using data of ASAR, MODIS and MERIS sensors), in-situ observations (water levels, temperature, humidity, etc). Floods prediction is adding the complexity of physical simulation to the task.

The Sensor Web perspective of this test case is depicted in Fig. 11. It shows collaboration of different OpenGIS specifications of Sensor Web. The data from different sources (numerical models, remote sensing, in-situ observations) is accessed through Sensor Observation Service (SOS). Aggregator site is running Sensor Alert Service to notify interested organization of possible flood event using different communication mean. Aggregator site is also sending orders to satellite receiving facilities using Sensor Planning Service (SPS) to get satellite imagery only available by preliminary order.

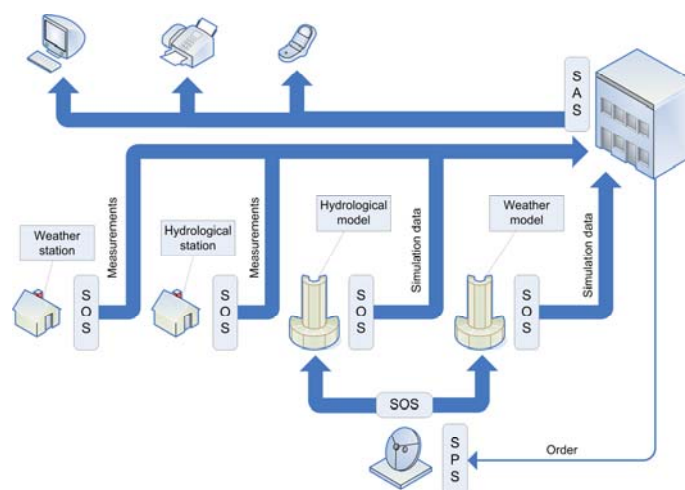


Figure 1. Sensor Web testbed for flood monitoring and prediction

SensorML Description of NWP Model

Sensor Modeling Language (SensorML) is the cornerstone of all Sensor Web services. It provides a comprehensive description of sensor parameters and capabilities as well as sensor calibration lineage, measure errors characteristics, response curves and other information about sensor. SensorML can be used for describing different kind of sensors:

- Stationary or dynamic;
- Remote or in-situ;

- Physical measurements or simulations.

Modelling and simulation are very important parts of environmental monitoring. The importance of different models in the process of solving of real-world tasks was demonstrated in the previous part of this paper. Sensor Web infrastructure should be able to integrate modelling data and provide remote data access for the as well as other Sensor Web features like discovery, sending orders, etc.

At the bare minimum, SensorML description should contain general information about sensor (time and geographical extents, contact persons, etc) and lists of inputs and outputs. SensorML input could be either physical phenomena or some external measured value. The first case applies to physical measuring devices and second – to models and simulations.

We have tried to describe weather modelling process using WRF [Kussul et al., 2009] numerical model in terms of SensorML. There are nearly 50 inputs and 20 outputs for basic WRF configuration. It's obvious that information density of inputs and outputs descriptions in SensorML is quite low and each of them requires quite significant amount of XML code to be properly described. The problem lies in very verbose description of multidimensional data. Three- and four- dimensional data arrays are very common in environmental modelling but SensorML provides poor experience regarding them.

Authors have raised this problem during thematic meeting and hope that next revision of SensorML will include some elements for simpler description of multidimensional data.

Sensor Observation Service Implementation

In order to provide access to hydrometeorological observations over the regions of interest we have deployed Sensor Observation Service implementation on the site of Space Research Institute of NASU-NSAU. We have studied two possible implementations of SOS for particular task of serving temperature sensors data. Implementations under study were:

- UMN Mapserver v5 (<http://mapserver.gis.umn.edu/>)
- 52North SOS (<http://52north.org/>)

The advantages and disadvantages of these solutions can be summarized in the following table.

	UMN Mapserver v5	52North SOS
Advantages	<ol style="list-style-type: none"> 1. Very good and reliable abstraction for different data sources (raster files, spatial databases, WFS, etc) 2. Simple application model (CGI executable) 3. Wide set of features beside SOS 4. Open software 	<ol style="list-style-type: none"> 1. SOS implementation is stable and complete 2. Platform-independent (Java-based) 3. A part of wider Sensor Web implementations stack (SPS, SAS) 4. Open software 5. Source code is clean and easily reusable
Disadvantages	<ol style="list-style-type: none"> 1. SOS support is declared but far from being working implementation 2. Poor documentation on SOS topic 3. Strange plans for future development (in particular, automatic SensorML generation) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. No data abstraction: the only data source is relational database of specific structure 2. Database structure is far from optimal (strings as primary keys, missed indexes, etc) 3. Complex application model (Java web application)

The best experience received was with 52North SOS server. Its main disadvantage is complex relational database scheme. However it was possible to adapt existing database structure to the one, required by 52North

using a number of SQL views and synthetic tables. The details of database adaptation are given in the next section.

We have used 52North implementation for building a testbed SOS server providing data of temperature sensors over Ukraine and South Africa regions. The server is available by URL <http://web.ikd.kiev.ua:8080/52nsos/sos>.

SOS output comes as XML document in special scheme, specified by SOS reference document. The standard is describing two possible forms of results, namely "Measurement" and "Observation". The first form is more suitable to the situations when the service is returning small amounts of heterogeneous data. The second form is most suitable for long time series of homogeneous data. The table below provides an example of SOS output in these two forms and clearly shows the difference.

Measurement

```
<om:Measurement gml:id="o255136">
  <om:samplingTime>
    <TimeInstant xsi:type="gml:TimeInstantType">
      <timePosition>
        2005-04-14T04:00:00+04
      </timePosition>
    </TimeInstant>
  </om:samplingTime>
  <om:procedure xlink:href=
    "urn:ogc:object:feature:Sensor:WMO:33506"/>
  <om:observedProperty xlink:href=
    "urn:ogc:def:phenomenon:OGC:temperature"/>
  <om:featureOfInterest>
    <sa:Station gml:id="33506">
      <name>WMO33506</name>
      <sa:sampledFeature xlink:href=""/>
      <sa:position>
        <Point>
          <pos srsName="urn:crs:epsg:4326">
            34.55 49.6
          </pos>
        </Point>
      </sa:position>
    </sa:Station>
  </om:featureOfInterest>
  <om:result uom="celsius">10.9</om:result>
</om:Measurement>
```

Observation

```
<om:result>
  2005-03-14T21:00:00+03,33506,-5@@@
  2005-03-15T00:00:00+03,33506,-5.2@@@
  2005-03-15T03:00:00+03,33506,-5.5@@@
  2005-03-15T06:00:00+03,33506,-4.6@@@
  2005-03-15T09:00:00+03,33506,-2.2@@@
  2005-03-15T12:00:00+03,33506,1.7@@@
  2005-03-15T15:00:00+03,33506,1.7@@@
  2005-03-15T18:00:00+03,33506,2.4@@@
  2005-03-15T21:00:00+03,33506,-0.7@@@
  2005-03-16T00:00:00+03,33506,-1.4@@@
  2005-03-16T03:00:00+03,33506,-1.1@@@
  2005-03-16T06:00:00+03,33506,-1.1@@@
  2005-03-16T09:00:00+03,33506,-1.3@@@
  2005-03-16T12:00:00+03,33506,0.5@@@
  2005-03-16T15:00:00+03,33506,1.7@@@
  2005-03-16T18:00:00+03,33506,1.5@@@
</om:result>
```

Database Issues

The database of hydrometeorological information of Space Research Institute of NASU-NSAU contains nearly 1.5 millions of records with observations started at year 2005 to the present moment. The data is stored in PostgreSQL database with PostGIS spatial extensions. Most of the data records are contained in single table

'observations' with indexes built over fields with observation time and station identifier. Tables of such volume requires some special handling so the index for time field was clusterized thus reordering data on the disks and reducing the need for I/O operations. Clusterization of time index reduced typical queries times from 8000 ms to 250 ms.

To adapt this database to the requirements of 52North we have created a number of auxiliary tables with reference values related to SOS (such as phenomena names, sensor names, regions parameters, etc) and a set of views that transforms underlying database structure into 52North scheme. 52North's database scheme uses string primary keys for auxiliary tables instead of synthetic numerical and is far from optimal in sense of performance. It doesn't have strong impact on performance with record counts in these tables less than one hundred but will surely cause problems in large-scale SOS-enabled data warehouses.

The typical SQL query from 52North service is quite complex (see listing below). An average response time for such query (assuming one month time period) is about 250 ms with PostgreSQL running in virtual environment on 4 CPUs server with 8GB of RAM and 5 SCSI 10k rpm disks in RAID5 array. Increasing of query depth results in linear increasing of response time with estimate speed of 50 ms per month (see Fig. 2).

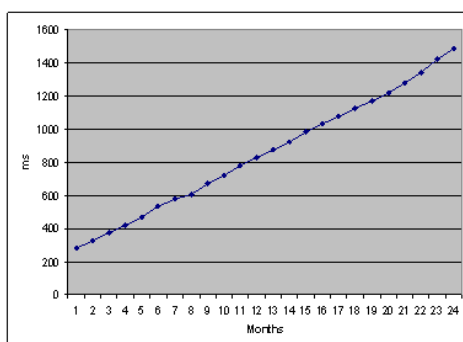


Fig. 2. Dependency between depth of query and response time

Sensor Web SOS Gridification

Sensor Web services like SOS, SPS and SAS, can benefit from the integration with the Grid platform [Foster, 2002; Fusco et al., 2007; Shelestov et al., 2006] like Globus Toolkit (<http://www.globus.org>). Many Sensor Web features can take advantage of the Grid platform services, namely:

- Sensors discovery could be performed through the combination of Index Service and Trigger Service;
- High-level access to XML description of the sensors and services could be made through queries to the Index Service;
- Grid platform provides a convenient way for the implementation of notifications and event triggering using corresponding platform components [Humphrey et al., 2005];
- Reliable File Transfer (RFT) service [Allcock et al. 2005] provides reliable data transfer for large volumes of data;
- Globus Security Infrastructure [Welch et al., 2003] provides enforcement of data and services access policies in a very flexible way allowing implementation of desired security policy.

We have developed a testbed SOS Service using Globus Toolkit as a platform. Currently, this service works as a proxy translating and redirecting user requests to the standard HTTP SOS server (see Fig. 12). The current version uses client-side libraries for interacting with the SOS provided by the 52North in their OX-Framework. The next version will also include in-service implementation of SOS-server functionality.

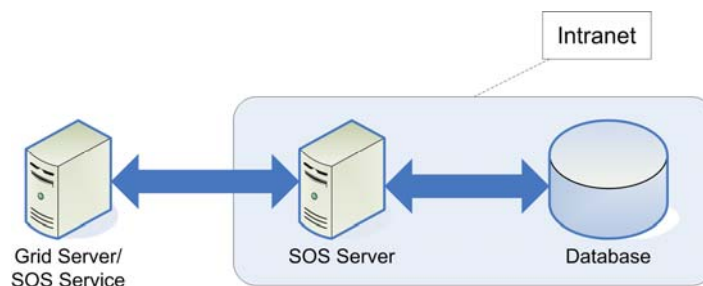


Fig. 3. Grid-based SOS service implementation

Grid service implementing SOS provides the interface specified in the SOS reference document. The key difference between the standard interfaces and Grid-based implementations of the SOS lies in the encoding of service requests. The standard implementation uses custom serialization for the requests and responses, and the Grid-based implementation uses standard SOAP encoding.

To get advantage of the most Globus features, the SOS service should export service capabilities and sensor descriptions as WSRF resource properties (Foster 2005). Traditionally, the implementation of such properties requires translation between XML Schema and Java code. However, the XML Schema of the SOS and related standards, in particular GML (Humphrey et al. 2005), is a very complex one, and there are no available program tools able to generate Java classes from it. We have solved this problem by storing service capabilities and sensor descriptions data as DOM Element objects and using custom serialization for this class provided by the Axis framework that is used by the Globus Toolkit. Using this approach, we can not access particular elements of the XML document in object-oriented style. However, the SOS Grid service is acting as proxy between user and SOS implementation, so it does not need to modify XML directly. With resource properties defined in this way, we can access it using standard Globus API or command line utilities.

Conclusions

Despite of immaturity of Sensor Web technology stack it can provide good experience in serving heterogeneous data of in-situ observations. SOS implementation for serving geospatial raster data that is important for remote sensing data are yet to be implemented. SensorML descriptions of complex environmental models are too verbose. To allow wide use of models in Sensor Web environment some changes should be made in SensorML to shorten descriptions of multidimensional inputs and outputs. Integration with Globus Toolkit Grid platform allows Sensor Web service to take advantage of robust information management features of Grids as well as mature mechanisms for data access policy enforcement.

Acknowledgements

This work is supported by the joint project of the Science & Technology Center in Ukraine (STCU) and the National Academy of Sciences of Ukraine (NASU), "Grid Technologies for Multi-Source Data Integration" (No. 4928).

Bibliography

- [Allcock et al., 2005] W. Allcock, J. Bresnahan, R. Kettimuthu, M. Link. The Globus Striped GridFTP Framework and Server. In Proc ACM/IEEE SC 2005 Conf on Supercomputing, 2005.
- [Botts et al., 2007] M. Botts, G. Percivall, C. Reed, J. Davidson OGC Sensor Web Enablement: Overview and High Level Architecture (OGC 07-165), 2007, http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25562.

- [Foster] I. Foster. The Grid: A New Infrastructure for 21st Century Science. *Physics Today*, 55(2), pp. 42-47, 2002.
- [Fusco et al., 2007] L. Fusco, R. Cossu, C. Retscher. Open Grid Services for Envisat and Earth Observation Applications. In: Plaza AJ, Chang C-I (ed) *High performance computing in remote sensing*, 1st edn. Taylor & Francis Group, New York, pp. 237-280, 2007.
- [Kussul et al., 2009] N. Kussul, A. Shelestov, S. Skakun. Grid and sensor web technologies for environmental monitoring. *Earth Science Informatics*, 2009, Doi 10.1007/s12145-009-0024-9.
- [Humphrey et al., 2005] M. Humphrey, G. Wasson, K. Jackson, J. Boverhof, M. Rodriguez, J. Bester, J. Gawor, S. Lang, I. Foster, S. Meder, S. Pickles, M. McKeown. State and Events for Web Services: A Comparison of Five WS-Resource Framework and WS-Notification Implementations. In: *Proc 4th IEEE Int Symp on High Performance Distributed Computing (HPDC-14)*, Research Triangle Park, NC, 2005.
- [Mandl et al., 2006] D. Mandl, S.W. Frye, M.D. Goldberg, S. Habib, S Talabac. Sensor Webs: Where They are Today and What are the Future Needs? In: *Proc Second IEEE Workshop on Dependability and Security in Sensor Networks and Systems (DSSNS 2006)*, pp. 65-70, 2006.
- [Moe et al., 2008] K. Moe, S. Smith, G. Prescott, R. Sherwood. Sensor Web Technologies for NASA Earth Science. In: *Proc of 2008 IEEE Aerospace Conference*, pp. 1-7, 2008.
- [Welch et al., 2003] V. Welch, F. Siebenlist, I. Foster, J. Bresnahan, K. Czajkowski, J. Gawor, C. Kesselman, S. Meder, L. Pearlman, S. Tuecke. In: *Proc 12th IEEE Int Symp on High Performance Distributed Computing*, pp 48-57, 2003.
- [Shelestov et al., 2006] A. Shelestov, N. Kussul, S. Skakun. Grid Technologies in Monitoring Systems Based on Satellite Data. *J. of Automation and Inf. Sci.*, 38(3), pp. 69-80, 2006.
-

Authors' Information

Kussul Nataliia – Deputy Director, Space Research Institute NASU-NSAU, Glushkov Prospekt 40, build. 4/1, Kyiv 03680, Ukraine; e-mail: inform@ikd.kiev.ua

Shelestov Andrii – Senior Scientist, Space Research Institute NASU-NSAU, Glushkov Prospekt 40, build. 4/1, Kyiv 03680, Ukraine; e-mail: inform@ikd.kiev.ua

Skakun Sergii – Senior Scientist, Space Research Institute NASU-NSAU, Glushkov Prospekt 40, build. 4/1, Kyiv 03680, Ukraine; e-mail: serhiy.skakun@ikd.kiev.ua

MODELING OF TRANSCUTANEOUS ENERGY TRANSFER SYSTEM FOR AN IMPLANTABLE GASTROINTESTINAL STIMULATION DEVICE

Joanna Liu C. Wu, Damian I. Kachlakev, Martin P. Mintchev

Abstract: *This study models a transcutaneous energy transmission system which can supply DC power to an implanted device without an external battery. The goals of the study are to: (1) develop a model to describe the transcutaneous energy transmission system; and (2) use the developed model to design a transcutaneous energy transmission system for an implantable gastrointestinal neurostimulator. The complete transcutaneous energy system includes a power amplifier, a highly inductive coupling structure, and an ac-to-dc rectifying circuit in the receiver. Power amplification is based on the single-ended class E amplifier concept. The power amplification stage is self-oscillating, and the oscillation frequency is influenced by the coupling of the coils. The highly inductive coupling structure employs the stage tuning concept. Design methods and detailed analysis are provided. The proposed model is verified through the implementation of the design.*

Keywords: *computer modeling, neurostimulation, gastrointestinal disorders*

Conference: *The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

1. Introduction

1.1. Gastrointestinal Stimulation

In the recent years, more and more scientific groups are interested in applying functional electrical stimulation to restore impaired motility in the gastrointestinal tract [1-11]. There are four distinct methods for GI electrical stimulation. The first method is to entrain slow wave activity in both animals [4] and humans [3] by "pacing" the organ at a frequency slightly higher than the intrinsic slow wave frequency, and approach similar to cardiac pacing. The second method applies current stimulation at 4-40 times the intrinsic slow wave frequency and has been reported to have some antiemetic effect. The most recent stimulation technique is known as neural gastrointestinal electrical stimulation (NGES) [12, 13]. This approach involves voltage stimulation at 50 Hz delivered through matched pairs of electrodes implanted in the smooth muscle of the stomach wall. The effect of this approach has been shown by accelerated microprocessor-controlled gastric emptying of both solids [10] and liquids [11] in the stomach, as well as by increased colonic transit in both acute and chronic canine models.

The success in the implementation of an NGES system is intimately and directly related to the development of a fully implantable but externally controllable multichannel device. Powering such implanted device becomes a principle challenge. There are four widely accepted techniques for powering an implanted device: (1) Conventional wire cord (focusing on the biocompatibility of the shielding materials), (2) stand-alone implantable battery, (3) radio frequency (RF, transcutaneous inductive) link technologies, and (4) a combination of (2) and (3) using implantable stand-alone rechargeable batteries.

1.2. Aim of the Present Study

The purpose of this feasibility study is to design a transcutaneous power transfer system for a neurostimulator design aiming at restoring impaired gastrointestinal motility. The first mention of powering an implanted device through a transcutaneous inductive coupling link was in 1934 [5]. The practical attempts appeared in the late 1970s [13]. There are two distinct paradigms for designing such a system. One paradigm is known as a loosely coupled link [14] which has a low degree of coupling between the transmitting and the receiving coils, while the other one is highly coupled inductive link, which has a relatively high degree of coupling between the coils. The highly coupled inductive link assumes transmitting and receiving coils of approximately the same size [15] and is the design aim of this project.

2. Methods

In the present study, the design of a highly coupled inductive link was considered.

2.1. Design Requirements

The voltage to be delivered to the implanted device would be in the range of 10 to 20 V DC for implanted stimulator current drawing between 0 and 50 mA [22]. The minimum and maximum equivalent loads are 200 Ω and 100 k Ω respectively [20]. The design requirements are presented in Table 1.

Design Requirement	Value
Minimum load voltage, V_{load}	10 V
Maximum load current, I_{load}	50 mA
Minimum value of load, $R_{loadmin}$	200 Ω
Maximum value of load, $R_{loadmax}$	100 k Ω
Power delivered to R_{load}	500 mW

Table 1: Highly coupled inductive link design requirement

2.2. Design Procedure

The design procedure of a stagger-tuned inductive link is outlined in [15] and is briefly described below.

It has been demonstrated already that the minimum variation of gain of the inductive link occurs at 1.6 MHz. In the following procedure, it is assumed that the inductive link operates at an operating frequency of $f_o = 1.6$ MHz and the DC supply of the link is 9V.

2.2.1. Spiral Coil Design

In this project, the transmitter and receiver coils are both spiral coils and approximately of the same size. The methods used in calculating the self-inductance of such coils and the mutual inductance between the two coils have been previously reported [23, 13]. The calculation of the self-inductance of the spiral coils is based on the assumption that the spiral coils can be modeled as coaxial circular loops of wire.

I. Calculation of the self-inductance of a spiral coil

The self-inductance of a single loop of wire can be calculated by:

$$L(a, w) = \mu_0 a \left(\ln \left(\frac{8a}{w} \right) - 2 \right) \quad (1)$$

where a is the radius of the single loop, w is the radius of the wire, and μ_0 is the magnetic permeability of the free space.

The mutual inductance of two spiral coils whose axes are parallel can be presented by:

$$M(a, b, \rho, d) = \mu_0 \sqrt{ab} \left[\left(\frac{2}{k} - k \right) K(k) - \frac{2}{k} E(k) \right] \quad (2)$$

$$\text{where } k \equiv \left(\frac{4ab}{(a+b)^2 + d^2} \right)^{\frac{1}{2}}$$

and where a and b are the radii of the two loops, d is the distance between the two loops, ρ is the axial misalignment, and K and E are the complete elliptic integrals of the first and second kind, respectively.

The self-inductance of such a coil is approximately equal to the summation of self-inductances of single loops, and with wire-radius w , the overall self-inductance is represented by:

$$L_a = \sum_{i=1}^{N_a} L(a_i, w) + \sum_{i=1}^{N_z} \sum_{j=1}^{N_a} M(a_i, a_j, \rho = 0, d = 0)(1 - \delta_{i,j}) \quad (3)$$

where $\delta_{ij} = 1$ for $i = j$, and $\delta_{ij} = 0$ otherwise.

II. Calculation of mutual inductance between two spiral coils

The mutual inductance between primary and secondary coils can be calculated by:

$$M_{ab} = \sum_{i=1}^{N_z} \sum_{j=1}^{N_a} M(a_i, b_j, \rho, d) \quad (4)$$

However, Eq. (4) is valid for the case with axial misalignment only. To calculate the exact mutual inductance between two coils with simultaneous axial and angular misalignments, an approximation is provided as:

$$M(a, b, \rho, d, \alpha) = \frac{M(a, b, \rho, d)}{\sqrt{\cos \alpha}} \quad (5)$$

where α is the angular misalignment. Once the calculation method of self-inductance of a spiral coil and mutual inductance of two spiral coils is introduced, the parameters of transmitter and receiver coil orientations need to be determined. The constraints of the design are listed in Table 2.

Coil Separation	0.5 cm - 2.0 cm
Axial Misalignment	0 cm - ± 1.0 cm
Angular Misalignment	0° - 20°
Diameter of transmitter and receiver coil	5 cm

Table 2: Highly coupled inductive link coupling constraints

Matlab code was developed for calculating the self-inductances and the mutual inductance of the transmitter (L_t) and the receiver (L_r) coils, based on the outlined constraints. The maximum and minimum coupling coefficients, k_{max} and k_{min} , are then calculated according to Eq. (6) and (7), respectively.

$$k_{max} = \frac{M_{max}}{\sqrt{L_t L_r}} \quad (6)$$

$$k_{min} = \frac{M_{min}}{\sqrt{L_t L_r}} \quad (7)$$

Furthermore, in order to determine the optimal number of turns, the Matlab Design Tool was used to vary the number of turns in the transmitter and receiver coils, and to compare the performance of the resulting links. Increasing the number of turns in the two coils reduced the variation in the load voltage, and enhanced the overall efficiency of the link. For this design, 10-turn spiral coils were chosen for the transmitter (n_t) and the receiver (n_r). When the space between concentric turns of the coils was approximately 1.18 mm, the geometry of these coils resulted in a self-inductance $L_t, L_r = 4.07 \mu\text{H}$, with coupling coefficients $k_{min} = 0.26$ and $k_{max} = 0.82$.

2.2.2. Choosing the Operating Frequency f_o

In order to minimize the amount of magnetic field absorbed by the abdominal tissue, the frequency should be chosen to be as low as possible, since the absorption increases exponentially with frequency [25]. However, the power transfer capability of the inductive link improves with increasing operating frequency. In addition, it has

been already demonstrated that at a frequency of approximately 1.60 MHz, the variation in the gain is minimized [15]. Therefore, the frequency of $f_o = 1.6$ MHz was chosen as an operating frequency of the link.

2.2.3. Choosing the Resonant Frequency of the Receiver, f_r

The resonant frequency of the receiver was chosen such that $f_r / f_o > 1$. The trade off is that as f_r / f_o increases, the overall voltage output gain increases. In other words, if the overall gain is too small, the ratio of f_r / f_o should be moved away from unity. However, if the ratio of f_r / f_o increases, the overall gain variation also increases. To determine the optimal ratio of f_r / f_o , Matlab Design Tool was used to vary f_r / f_o and to compare the performance of the resulting links. Figure 1 shows different performances of the links with different ratios of f_r / f_o . After examining the magnitude and the variation of the load voltage for a set of values of f_r / f_o , it became apparent that for $f_r / f_o = 1.2$, the load voltage variation was minimized. This means the resonant frequency of the receiver was $f_r = 1.92$ MHz. The value of the shunt capacitor C_r can be calculated as follows:

$$C_r = \frac{1}{\omega^2 L_r} \quad (8)$$

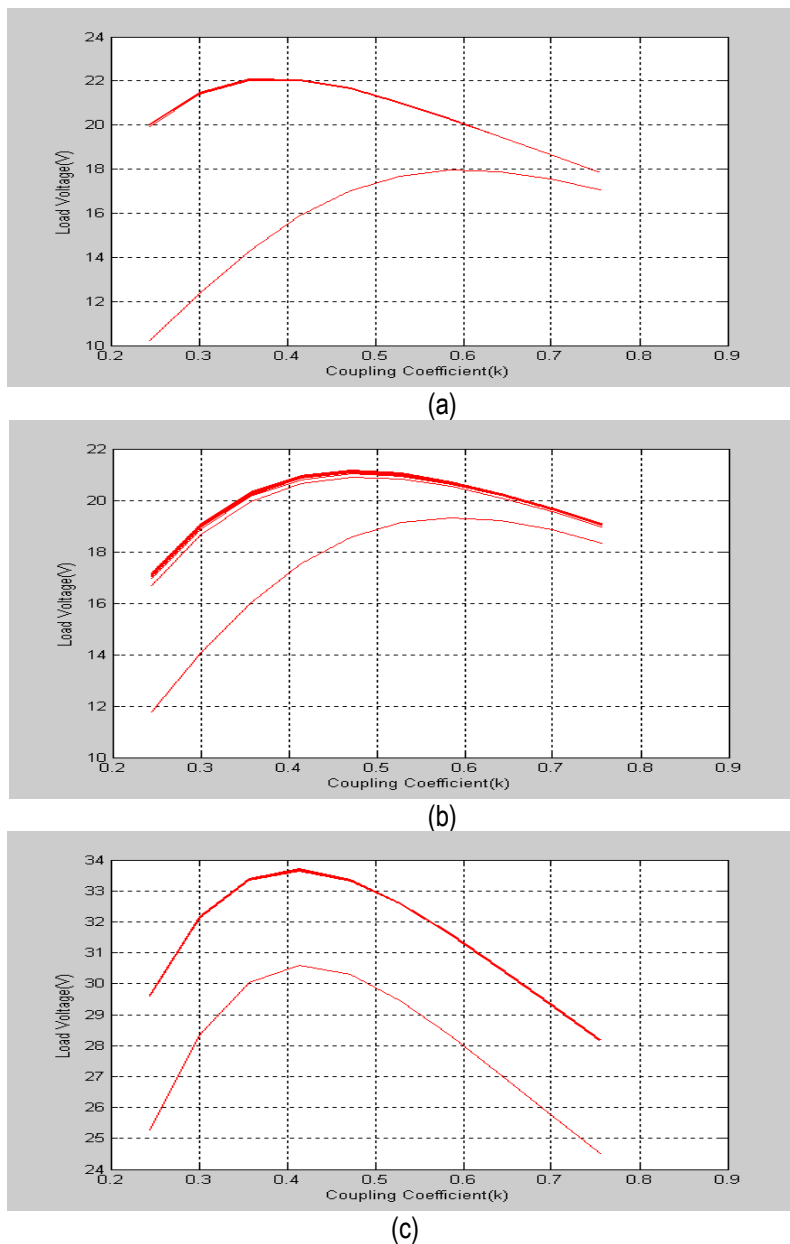


Figure 1: Load voltage over entire design space. (a) $f_r / f_o = 1.1$. (b) $f_r / f_o = 1.2$. (c) $f_r / f_o = 1.4$.

2.2.4. Choosing Resonant Frequency of Transmitter, f_t

Next, the resonant frequency of transmitter, f_t , is calculated by Eq. (9) [11].

$$\omega_t = \sqrt{\frac{\left(\omega^2\right)\left(1-H+\frac{1}{Q_t^2}\right)}{1+\sqrt{H-\frac{1}{Q_T^2}}}} \quad (9)$$

In which

$$H = \frac{k_{opt}^4 \left[\left(\frac{\omega^2}{\omega_r^2} \right)^2 + \frac{1}{Q_r^2} \right]}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_r^2} \right) + \frac{1}{Q_r^2}} \quad (10)$$

$$k_{opt} = \sqrt{k_{min} k_{max}} \quad (11)$$

$$Q_t = \frac{\omega L_t}{R_t}, \quad Q_r = \frac{R_r}{\omega L_r} \quad (12)$$

With the determined tuning ratio, f_r/f_o , the receiver resonant frequency was determined with Eq. (2.5.13), and the transmitter resonant frequency was calculated as $f_t = 1.12$ MHz. The tuning capacitor of the transmitter is

$$C_t = \frac{1}{\omega^2 L_t} \quad (13)$$

Finally, Matlab Design Tool was used to determine the maximum and the minimum DC load voltages from the highly inductive link in order to specify the tolerance for the voltage regulation and other components for the rest of the transcutaneous energy transfer system. The plot of the maximum and the minimum load voltages for the inductive link is presented in Figure 2.

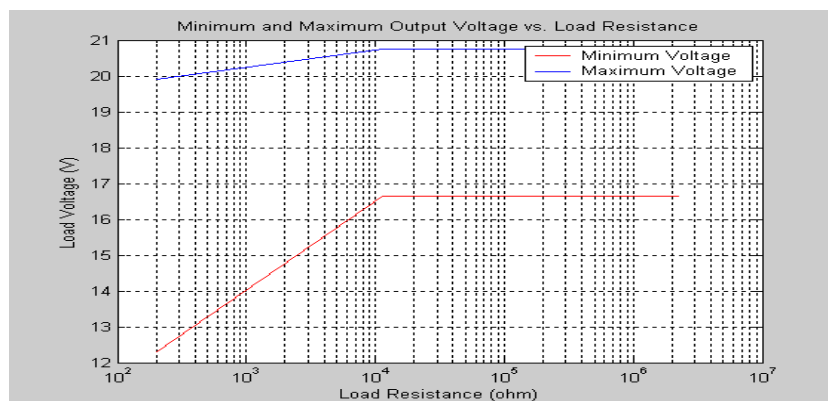


Figure 2: The maximum and minimum load voltage for the highly coupled inductive link.

3. Results

3.1. Spiral Coil Characterization

In order to reduce the power losses in the transmission load, Litz wire was used to make the spiral coils. Both the transmitter and the receiver coils were constructed using 270/46, 22 Gauge equivalent Litz wire (New England

Electric Wire Corp., Lisbon, NH, USA). The number of turns in both coils was 10, and space between concentric turns of the coils was approximately 1.18 mm. There are two methods employed to validate the coil models, as described in Section 2.5.2.1. The first method is to use an LCR meter to extract the self-inductance and the equivalent series resistance (ESR) values from the coils. The values extracted from RLC meter for frequencies of 120 Hz, 1 KHz, and 10 KHz are presented in Tables 3, 4, and 5 respectively.

	Measured Self-inductance (μH)	Calculated Self-inductance (μH)	Percent Difference (%)	ESR ($\text{m}\Omega$)
Transmitter coil	4.0	4.07	1.72	170
Receiver coil	4.05	4.07	0.49	170

Table 3: Self-inductance and ESR values extracted from RLC meter in 120 Hz

	Measured Self-inductance (μH)	Calculated Self-inductance (μH)	Percent Difference (%)	ESR ($\text{m}\Omega$)
Transmitter coil	3.58	4.07	12.01	168
Receiver coil	3.77	4.07	7.37	168

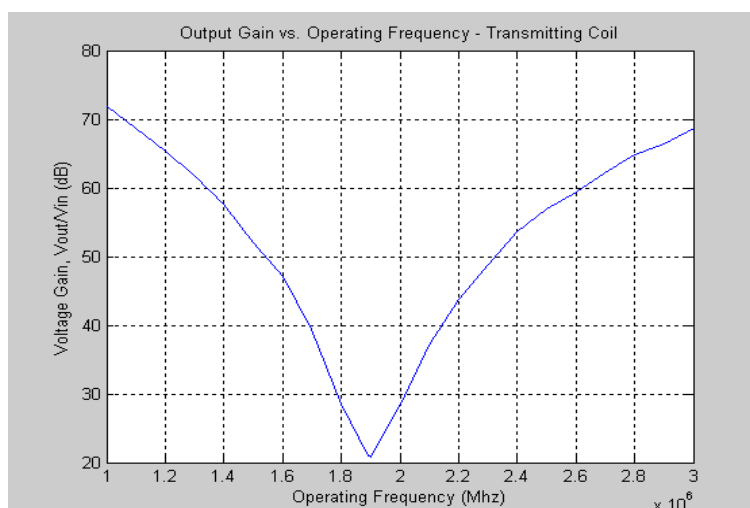
Table 4: Self-inductance and ESR values extracted from RLC meter in 1 kHz

	Measured Self-inductance (μH)	Calculated Self-inductance (μH)	Percent Difference (%)	ESR ($\text{m}\Omega$)
Transmitter coil	3.53	4.07	13.26	168
Receiver coil	3.71	4.07	8.85	168

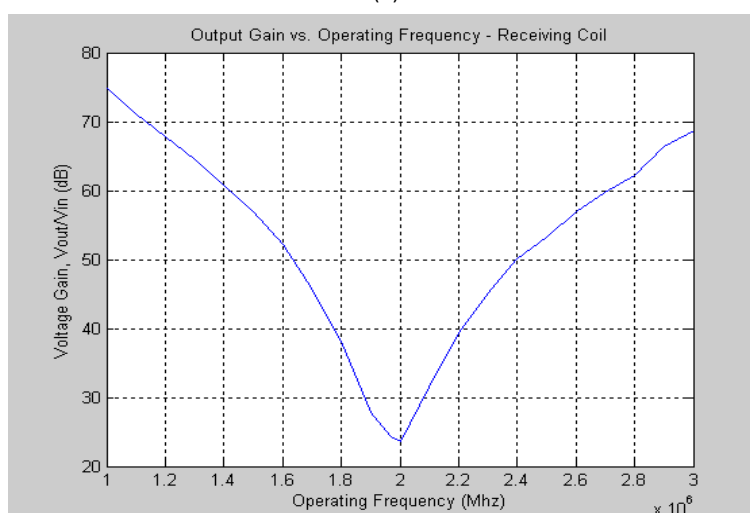
Table 5: Self-inductance and ESR values extracted from RLC meter in 10 kHz

Measured values of self-inductance at a low frequency (120 Hz in this case) agreed with the calculated values, while the percent difference between measured and calculated values increased with the increment of the operating frequency. This means that the self-inductance value of a spiral coil changes when the operating frequency changes. Alternatively, a testing circuit was implemented to extract these same values. In the circuit, R was 10 Ohm and C was 1.78 nF. An HP 33120A function generator was used to drive the circuit. An Agilent 54621D oscilloscope measured the output voltage of the coils V_{out} . If the resistance of the circuit was small, the resonant frequency occurred at $\omega L = \frac{1}{\omega C}$. Also, the resonant frequency occurred when the impedance reaches maximum. The frequencies used for characterizing the circuit varied from 100 Hz to 3 MHz. Matlab Design Tool was used to plot the output voltages of the coil at various frequencies (Figure 3).

Observing Figure 3, the resonant frequencies of the transmitter and the receiver coils were 1.9 MHz and 2.0 MHz, respectively. According to $L = \frac{1}{(2\pi f)^2 C}$, the self-inductance of the transmitter and the receiver coils can be calculated.



(a)



(b)

Figure3: Frequency response of spiral coils. (a) transmitter coil; and (b) receiver coils.

The values of the self-inductance of the coils are shown in Table 6.

	Measured Self-inductance from resonant circuit (μH)	Calculated Self-inductance (μH)	Percent Difference (%)
Transmitter coil	3.52	4.07	13.5
Receiver coil	3.50	4.07	14.0

Table 6: Self-inductance values extracted from parallel resonant circuit

Comparison between the data from Tables 3, 4, and 5 shows that there is a gap greater than 10% between the measured and calculated values when frequency is higher than 1 kHz. The values in Table 6 were extracted from the frequency response of the resonant circuit. The circuit was built on a breadboard. The breadboard might affect the performance of the circuit. As a result, the difference between measured and calculated values in the above tables is reasonable, since the value of calculated inductance is frequency independent and the measured values of the self-inductance decrease with increasing the operating frequency. To obtain a more accurate result at the operating frequency of 1.6 MHz, a network analyzer is recommended.

3.2. Implementing the Highly Coupled Inductive Link

The implementation of the highly coupled inductive link is based on the coils characterized in the previous section. First, the implementation of the transmitter begins with the calculation of the component values of class E power amplifier according to the methodology described in Section 2.4. The values of the choke inductor, the parallel capacitor, and the series capacitor are listed in Table 7 below.

Component name	Value
Chock inductor, L_{chock}	33 μ H
Parallel capacitor, C_p	12 nF
Series capacitor, C_t	3.3 nF

Table 7: Calculated values of the components in the transmitter

Second, the shunt capacitor and the filter capacitor in the receiver need to be determined. The value of the filter capacitor C_f can be calculated according to the voltage rise time required by the stimulator unit described in [21]. The values of both components, C_r and C_t , are presented in Table 8.

Component name	Value
Filter capacitor, C_f	15 nF
Shunt capacitor, C_t	1.2 nF

Table 8: Calculated values of component in the receiver

3.3. Highly Coupled Inductive Link Testing

The measurement of the DC output voltage with various load resistances was based on a coil separation of 1.8 cm with an axial misalignment of 0° and an angular misalignment of 0° . The values of the resistive load varied from 100 Ω to 3.3 k Ω . The measured and calculated results are present on Figure 4.

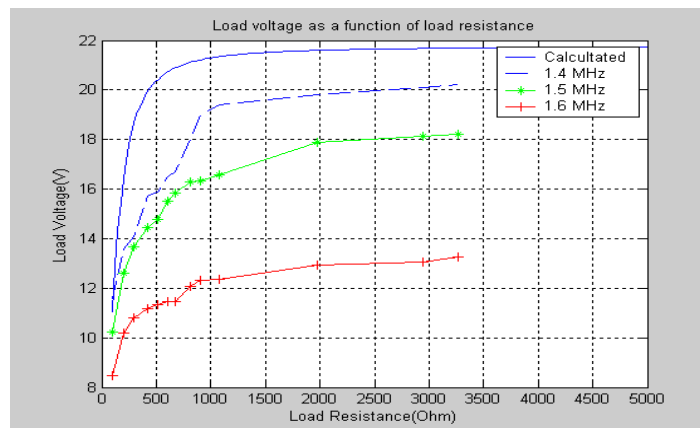


Figure 4: Measured and calculated values of the highly transcutaneous inductive link with various load resistances.

Figure 4 depicts the difference between the measured maximum and minimum load voltages, which is minimized when the operating frequency is 1.6 MHz. However, the difference between the calculated (ideal case) and measured load voltages is maximized at the same frequency. It is observed that the maximum variation between the measured maximum and minimum load voltages occurs at 1.4 MHz. To optimize the transcutaneous inductive link, 1.5 MHz is chosen as the operating frequency for the link, instead of 1.6 MHz.

3.4. Power Transfer Efficiency

One may be interested in the overall power transfer efficiency η of a highly coupled transcutaneous inductive link. Under a typical coupling condition, with a coil separation of 15 mm, and 5 mm of axial misalignment, the overall DC power from the transmitter was delivered to a DC load ranging from 100Ω to 3200Ω , as presented in Figure 5. The overall energy transfer efficiency of the transcutaneous energy transformer is presented in Figure 6. Figure 5 reveals that the overall energy transfer efficiency is maximized at 33% when the DC load, R_{load} , is 100Ω . When R_{load} is 200Ω , the efficiency reaches 28%.

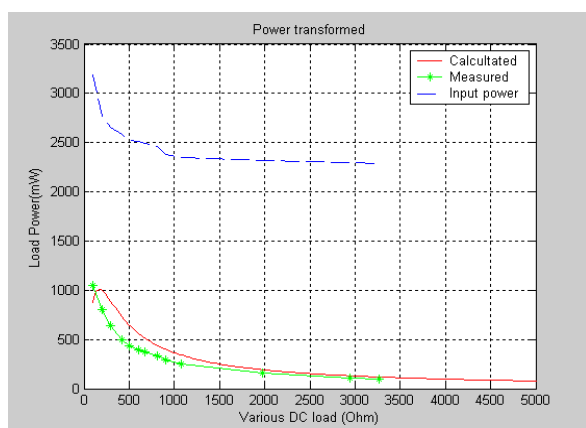


Figure 5: Input power from the transmitter, calculated and measured power to the implanted load

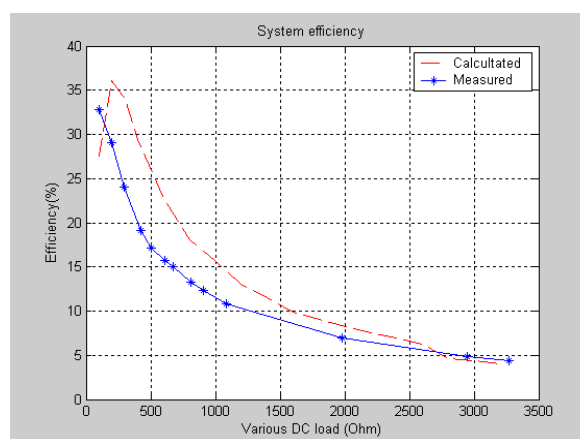


Figure 6: Overall power transfer efficiency of the highly transcutaneous inductive link.

Conclusion

In this study a comprehensive design and testing of a transcutaneous energy transfer system for an implanted system is provided, specifically targeted for gastrointestinal stimulation. The robust modeling of the transcutaneous transformer has been validated through the design, implementation, and testing stages. The measured results for the transformer are in a good agreement with the predicted values.

Bibliography

- [1] J.E. Everhart (Ed). Digestive Diseases in the United States: Epidemiology and Impact. National Institutes of Health Publication No. 94-1447, 1994
- [2] A. M. Bilgutay et al. Gastro-intestinal pacing: a new concept in the treatment of ileus. *Annals of Surgery*, 158(3), 139-144, 1963.
- [3] J.D. Huizinga. Electrophysiology of human colon motility in health and disease. *Clinics in Gastroenterology*, 15(4), 879-901. 1986.
- [4] S. Grundfest-Bronialowski et al. Electrical control of intestinal reservoirs in a chronic dog model. *ASAIO Transactions*, 34:664-668, 1988.
- [5] E.L. Chaffee and R.E. Light. A method for remote control of electrical stimulation of the nervous system. *Yale J. Biol. Med.*, 7, 1934.
- [6] T. Cameron et al. Micro modular implants to provide electrical stimulation of paralyzed muscles and limbs. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 44(9):781-790, September 1987.
- [7] K. Bruninga et al. The effect of electrical stimulation on colonic transit following spinal cord injury in cats. *Spinal cord*. 36:847-53, 1998.
- [8] S. Grundfest-Broniakowski et al. voluntary control of and ideal pouch by coordinated electrical stimulation, a pilot study in the dog. *Dis Colon Rectum*. 31:261-7, 1998
- [9] S.F. Hughes et al. electrically stimulated smooth muscle neosphincter. *Br J Surg*. 82:1321-61, 1996.

-
- [10] M. P. Mintchev et al. Microprocessor controlled movement of solid gastric content using sequential neural electrical stimulation. *Gastroenterology*, 118, 258-263, 2000.
- [11] M. P. Mintchev et al. Microprocessor controlled movement of liquid gastric content using sequential neural electrical stimulation. *Gut*, 43, 607-611, 1998.
- [12] M.P. Mintchev and K.L. Bowes. Computer model of gastric electrical stimulation. *Ann. Biomed. Eng.*, 25:726-730, April 1997.
- [13] W.H. Ko et al. Design of radio-frequency powered coils for implant instruments. *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, 15:634-640, 1977.
- [14] N. de N. Donaldson and T.A. Perkins. Analysis of resonant coupled coils in the design of radio frequency transcutaneous links. *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, 21:612-627, 1983.
- [15] D.C. Galbraith et al. A wide-band efficient inductive transdermal power and data link with coupling insensitive gain. *IEEE Trans. Biomed. Eng.*, 34(4):265-275, April 1987.
- [16] O. Soykan, Power sources for implantable medical devices, *Device Technology & Application (ELECTRONICS)*. 2002.
- [17] M. K. Kazimierzuk, D. Czarkowski. Resonant power converters. Wiley-Interscience Publication, 1995, ISBN 0-471-04706-6.
- [18] Nathan O. et al. Class E – A new class of high-efficiency tuned single-ended switching power amplifiers. *IEEE Journal of solid-state circuits*, vol. SC-10, No. 3, June 1975
- [19] F.H. Raab. Idealized operation of the class E tuned power amplifier. *IEEE Trans. Cir. Sys.*, CAS-24(12):725-735, December 1977.
- [20] J.A. Doherty et al. Transcutaneous powering of implantable micro-stimulators for functional restoration of impaired gastrointestinal motility. In proceeding of the 25th Annual International Conference of the IEEE EMBS of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, Cancun, Mexico, 2003, pages 1575-1578, 2003.
- [21] J. Doherty. Implantable, transcutaneously powered neurostimulator system to restore gastrointestinal motility. M.Sc. Thesis, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada, 2005.
- [22] D. Onen. Implantable, transcutaneously powered neurostimulator system to restore gastrointestinal motility. M.Sc. Thesis, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada, 2005.
- [23] C. M. Zierhofer, E. S. Hochmair. Geometric approach for coupling enhancement of magnetically coupled coils. *IEEE Trans. Biom. Eng.*, 43(7):708-714, July, 1996.
- [25] T. Akin. An integrated telemetric multi-channel sieve electrode for nerve regeneration applications. Ph.D. dissertation, University of Michigan, Ann, Arbor, MI, USA, 1994
-

Authors' Information

Joanna Liu C. Wu – Undergraduate Student, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada T2N1N4; e-mail: joannawu@enel.ucalgary.ca

Major Fields of Scientific Research: Embedded Systems, Electronic Instrumentation

Damian I. Kachlakev – Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California, USA, Member of the ACI, the ASCE, the ASTM, the International Association for Bridges and Structural Engineering, the International Society for Plastics in Construction, the Society of Plastics Industry, and the Composite Institute. E-mail: dkachlak@calpoly.edu

Major Fields of Scientific Research: Composite Materials

Martin P. Mintchev – Professor, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada T2N1N4; Fellow, American Institute for Medical and Biological Engineering, Washington, DC, USA; e-mail: mintchev@ucalgary.ca

Major Fields of Scientific Research: Biomedical Instrumentation, Navigation, Information Systems in Medicine

COMPARISONG: AUDIO COMPARISON ENGINE

Georgi Dzhambazov

Abstract: *In this paper we present CompariSong - a resolver of the query by humming task for a real audio information system. It compares a database of popular songs with a hummed-by-user melody and returns the closest matches. The proposed system performs audio indexing based on perceptual characteristics of the songs rather than the hitherto applied approach that uses manual metadata like text tags. We extract low-level audio features and transform them into a tangible indexing format. Then searching mechanism is applied that is based on comparison between the shape of the time series of extracted features. CompariSong is a step towards intelligent audio analysis as it uses a comparison criteria derived from natural human hearing.*

Key words: *audio indexing, Query by Humming (QBH), audio features extraction, feature transformation, data mining*

ACM Classification Keywords: *H.5.5 Information Systems - Information Interfaces and Presentation - Sound and Music Computing*

Conference: *The paper is selected from Second International Conference "Intelligent Information and Engineering Systems" INFOS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

Today digital audio information systems play a key role. Current information retrieval in the field is largely based on manually entered textual metadata like artist, title or style and relies on search techniques like document indexing. However these are not able to reflect the abstract perceptual information present in the audio signal itself.

This work presents an engine CompariSong that addresses the query by humming (QBH) problem. It is the scenario in which a user hums a query melody and searches for a closest match in a music database. The System compares the hummed melody line with the main vocal line of each target piece. The comparison criteria are based on the shape of time series of selected audio characteristics. These are first extracted from audio entries and then analyzed and transformed in a tangible for comparison format.

Our database consists of audio files that are vocal-only counterparts to real polyphonic popular songs, e.g. melodies with no background instruments.

The paper is organized as follows: we first describe what the components of the system are. Afterwards each component is described in detail. Then implementation considerations are outlined followed by analysis of related work. In the end we summarize the importance of the proposed system and point out some future work.

System Decomposition

The proposed system CompariSong consists of three logical parts that are depicted in figure 1. : Preprocessing, Indexing and Comparison. Preprocessing is concerned with extracting the main voice party from each polyphonic recording from the initial music database. The Indexing part is essentially analysis of the characteristics of the audio entries and preparing them for comparison. Indexing itself consists of two parts: Feature extraction and Quantization. The indexing phase is applied first to each song from the database and then to the query. The

Comparison part conducts the search. It first calculates similarities between each entry from the database and the query and then ranks them.

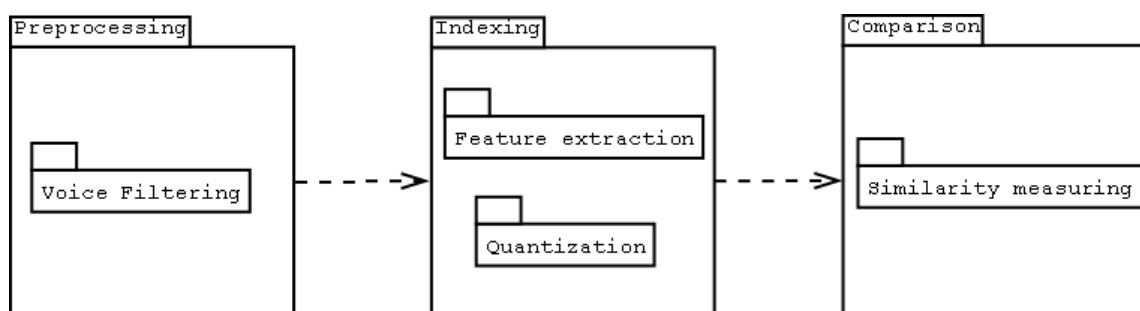


Figure 1. System Components

Preprocessing

Voice Filtering

Typical users querying the system would hum patterns from vocal melody, but not instrumental melodies. Therefore we are interested in extracting the leading voice part from database entries and then working only with it further. This is needed because in polyphonic audio multiple instrumental parts are mixed into a one-track signal which dissolves information for the separate instruments and voices. Filtering leading melody directly from pop music is prone to errors. Melody line is normally outlined by a dominating over the background instruments lead singer. However, on feature extraction simply taking the tones with maximum feature value does not exclude random notes from rhythm or back-vocals with high intensity that are weaving in the melody line.

The current work does not implement a vocal filtering phase. Its application would result in unreliable results since for this problem there is no universally effective algorithm devised so far. Instead we construct manually a database of vocal-only counterparts to the real polyphonic popular songs in the original database.

Indexing

Feature Extraction

Audio features are typically divided to low-level and high-level. We will make use of low-level audio features: once extracted from the audio signal, a low-level feature is ready to be used without any further processing. Digital audio signal is a function of time and consists of sequence of samples [5 Steiglitz]. In order to retrieve genuine information about some audio descriptor we use an extraction method that analyzes the signal on a per-window basis. The windows are equal-sized intervals of samples of length less than a second. They are the smallest logical audio units. Any audio feature is a parameter defined for a given time window and therefore is also a function of time. After feature extraction we arrive at time series of scalar feature values with length equal to the number of the windows in the analyzed song.

A judgement for the size of the window used could be argued. We adopt a 1/8 of a second window to reflect the most common minimal musical unit - namely the length of a sixteenth note in moderate (120 bpm) tempo.

The following audio descriptors are taken into account in the current work.

Melody contour

Each audio signal has a wide spectrum of frequencies at a given moment. Only one of them however is important for the audible pitch of the signal. This is the frequency of the tone with strongest audio power. Although not always the case, it usually determines the pitch of the sounding tone. Therefore a strongest frequency is taken as a good estimate for pitch of the tone. The sequence of the pitch characteristic defines the contour of the melody

line. Figure 2 presents an example of a melody contour. Tones in the melody are presented by dark parallelograms. On the vertical axis is pitch and on the horizontal time. A wider parallelogram means a longer tone. A higher one indicates higher pitch.

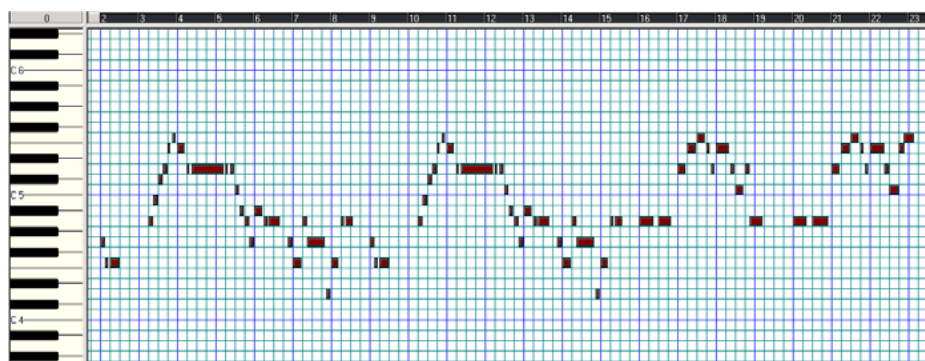


Figure 2. Melody Contour for *Yesterday* by *Beatles*

Audio Power Contour

Relative Audio power describes the average intensity of the signal for a given time window. The varying intensity and the pitch of a sung melody are closely related. Accents normally emphasize specific melody parts and outline patterns. The contribution of relative power is undisputable due to the fact that even if users sing false they tend to regenerate the accent sequence within a melody.

Quantization

After extracting features from the signal we arrive at feature values in the form of raw numeric time series. A quantization to a discrete alphabet transforms the data into sequence of symbols {A, B, ...} and is proposed by [6 Stober]. Quantization consists in defining a lookup table that presents a set of bin values that divide the range of a given feature distribution into equally-sized intervals. Such a table is presented in figure 3. Important parameter is the size of the alphabet and the corresponding interval width. This is adjusted empirically for each feature.

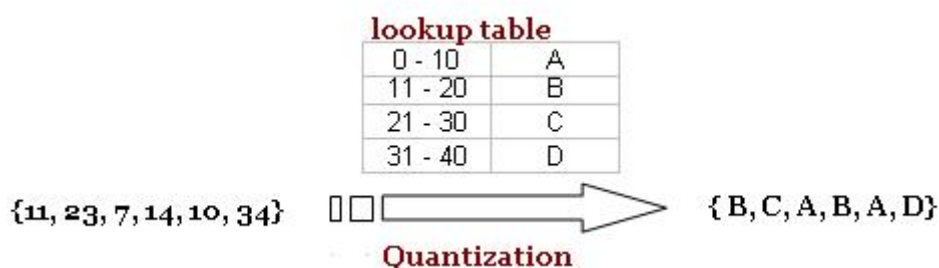


Figure 3. Quantization method

We introduce a fragmentation step at which the time series of feature values of a target song is divided into fragments with size equal to the size of the query. Then discretization takes place locally for a fragment, but not for the target as a whole. A local lookup table is constructed for each fragment individually. This includes taking the local minimum value of the feature distribution as a starting bin value. Working in fragments slows down the algorithm but is more precise. Additionally, it assures that a bias caused by a global minimal value that is an outlier would be avoided.

The symbolic representation allows us to use a well-known similarity measure algorithm. Other advantage of the string format is that it reveals common patterns and shapes and makes the time series more legible [6 Stober].

Furthermore, discretization to a common alphabet normalizes time series of target piece and query with respect to absolute value of the series values.

Comparison

Similarity measuring

In this part the system compares the shape of the time series of each feature. Our engine aims at determining the target song with closest shape of the observed audio descriptors. Comparison is essentially the process of measuring the similarity between the string fingerprints. Figure 4 illustrates the shape of the parameter audio power for a target and a query. On the horizontal axis are the time samples and on the vertical is the value of the feature. The third diagram shows how the query is “slid” through the target until finding the best match.

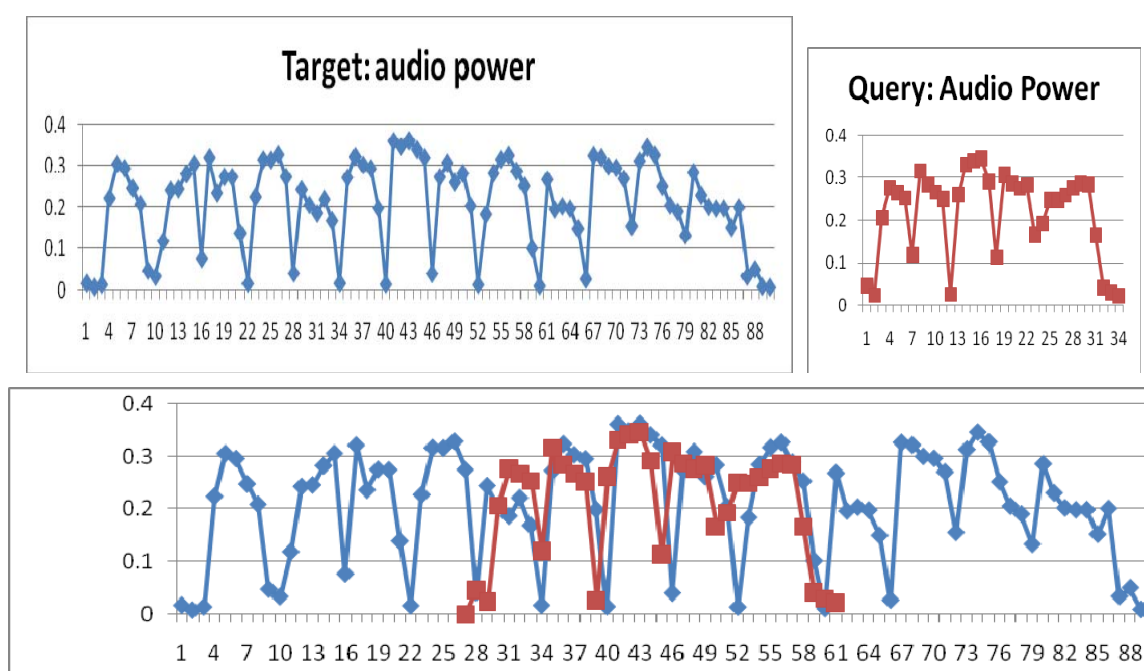


Figure 4. Comparison of shape of time series for the audio power feature

For a target song each audio descriptor is compared individually. For each descriptor the same common distance metric is defined – it computes a numeric distance from the query to a target song.

We apply a metric called *shift edit distance* that is based on the proposed by [1 Duda] *continuous edit distance*. It is in turn based on the Levenstein distance metric which calculates the number of operations needed to alter a string - symbol by symbol - so that in the end it equals another one [7]. The more operations, the more different the strings are. Each alteration operation has a cost weight assigned, which is in theory a fixed discrete number independent on the specific string symbols involved in the operation.

Continuous edit distance introduces non-discrete costs in order to tolerate melody tones with different but close characteristics. We apply the following formula (1) for a replacement operation. Here X and Y are some symbols of the alphabet and $\text{cost}(X,Y)$ is the cost of replacing a symbol X with Y

$$\text{cost}(X,Y) = \frac{\text{dist}(X,Y)}{\text{size of alphabet}}; \quad \text{dist}(X,Y) = |\text{index}(X) - \text{index}(Y)| \quad (1)$$

Before any comparison is conducted the target is divided into fragments as explained in the Quantization part. The shift edit distance takes place in windows starting at the first fragment and shifting at one position to the right so that the pieces are overlapping. This way all possible parts of the target song are compared each in turn with

the query. Figure 5 illustrates that process with target of length 8 symbols and query of length 5 symbols. Here 3 shifts and 4 comparisons are needed. Each square represents a window.

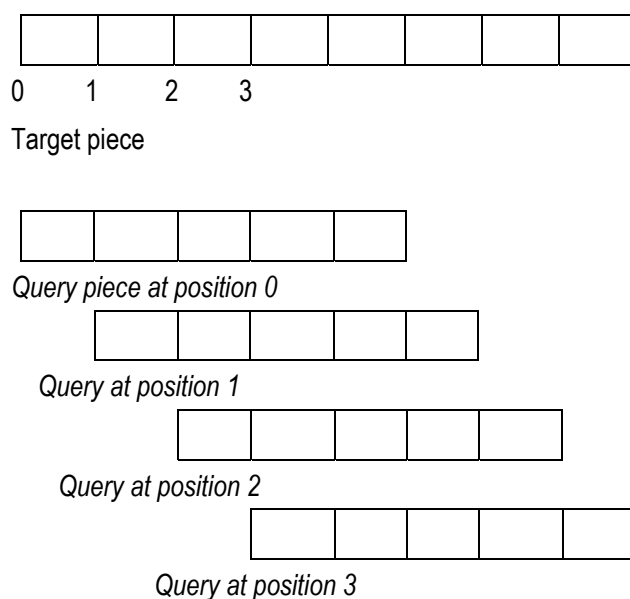


Figure 5: Shift Edit Distance

The distance of the query to a fragment is the sum of all letter-by-letter costs. As final feature distance only the recorded minimal fragment distance is considered as it is the closest match for the target song.

In order to define an overall feature distance we need to merge all feature distances into a quantitative metric that is defined by the formula:

$$\text{overall distance} = \sum (\text{weight} * \text{feature distance}); \quad \sum \text{weights} = 1 \quad (2)$$

Weights are assigned in order to emphasize some features. For the current work empirical weight adjustment showed that the pitch is equally deterministic measure to the power level, which led to two equal weights of 0.5. The final step comparison engine commences is ranking of the results according their assigned distance.

Implementation

An implemented version of the current work was developed using java programming language. It is a desktop application with simple and intuitive GUI using the library Standard Widget Toolkit (SWT).

For extracting the features a reliable descriptor analyzer tool called jaudio [8] is applied. For the current implementation we rest on the „fundamental frequency via FFT maximum“ as pitch estimator and the „Root Mean Square“ (RMS) as an audio power estimator.

Related work

QBH research was first successfully conducted for databases that consist of MIDI entries in [2 Ghias]. However as MIDI lacks the perceptual completeness of real-performance recordings they are less intuitive to a user.

In [6 Stober] and [3 Hung Ming] a QBH system for polyphonic melody is presented. He proposes quantization based on the distribution of feature values for each song. This ensures that the alphabet is optimally utilized for

each song. We however, take even more precise approach by taking into consideration fragments of the target song.

In [4 Lin] a thorough hierarchy of different approaches for representation of time series of a given parameter is listed.

Conclusion

In the current work we presented *CompariSong*: an audio comparison engine. it is a step towards intelligent audio analysis as it uses a comparison criteria perceptual audio characteristics typical for natural human hearing.

Although it works with sung target database, that is manually annotated, we deem that a robust melody extraction method could be easily integrated, which will allow the application of the engine to real audio databases directly. This could be achieved for example through a vocal filter. Additionally, a web service could be integrated in order to discover and load an exhaustive on-line target music collection. These would make the system practically more applicable.

Bibliography

- [1 Duda] Alexander Duda: Query by singing/humming with low-level feature extraction.
 - [2 Ghias] Asif Ghias: Query By Humming - Musical Information Retrieval in an Audio Database
 - [3 Hung Ming] Yu Hung-Ming : A Query-by-singing Technique for Retrieving Polyphonic Objects of Popular Music
 - [4 Lin] Jessica Lin: A Symbolic Representation of Time Series, with Implications for Streaming Algorithms
 - [5 Steiglitz] Ken Steiglitz: A Digital Signal Processing Primer
 - [6 Stober] Sebastian Stober: Towards query by singing/humming on audio databases
 - [7] Levenstein distance http://en.wikipedia.org/wiki/Levenshtein_distance
 - [8] jaudio <http://jaudio.sourceforge.net>
-

Authors' Information

Georgi Dzhambazov –American University in Bulgaria, e-mail: gbd040@aubg.bg

DESIGN AND APPLICATION OF AN ECOHOUSE BY USING RENEWABLE ENERGY SOURCES

Gulsen Soyhan, Sami Toksoz, Gokhan Coskun, Yalcin Topacoglu,
Burak Gokalp, Dundar Bayram

Abstract: In this study an Ecohouse application which uses sustainable and renewable energy sources with efficiently and effectively was described. In this context, some information is given on renewable energies especially about solar energy in Turkey and describes the importance for Ecohouse. For designing Ecohouse, solar collector, solar and ground source heat pump systems and battery use was considered and described how this system works and applies.

Keywords: Ecohouse, Renewable Energy, heat pump systems

Conference: The paper is selected from Second International Conference "Intelligent Information and Engineering Systems" INFOS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

1. Introduction

Today, energy provision has become one of the basic problems for humanity. Energy requirements increase in parallel with technology developments. Development as a measure of the energy consumption increased the demand for fossil fuel origin also increases with [1]. In Turkey and the world demand for fossil fuels will increasingly have become inevitable to global warming impacts. Between 1980-1999, investigations judged that until 2100 1.8 to 4.0°C increase in temperature is expected. As a source of primary energy use of renewable energy resources are continuing efforts to spread [2].

The rapidly increases of population and growing energy needs of the industry's limited resources against is, energy production and consumption of the gap between growing and available resources are not enough to the environment and human health and prevent adverse effects such as cases in the future are dragging us into pessimism. Global energy consumption expecting to two times more in 2035 three times more 2055 according to 1998. In response to meet these needs now is the fossil fuel reserves are depleted more quickly. Considering the current conditions of energy use by even the most optimistic estimates of oil reserves will be largely exhausted at the latest in 2030 and can not meet the need is considered. It's expecting about 80-100 years coal reserves and about 100-120 years natural gas will be exhaust [3].

Widely using the traditional energy resources, housing, transportation and industrial sector makes the problem even more complex. It's known that big part of Turkey's energy is consumed in the industrial and housing, housing for a large portion of energy used for heating. The difference opened further each passing day between energy consumption and production. Energy consumption by sector statistics is given figure 1.

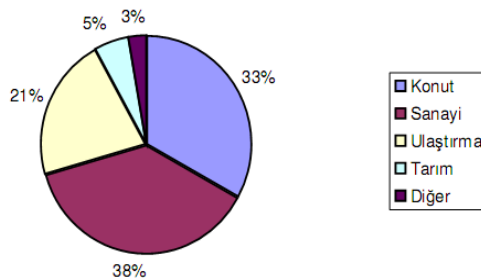


Figure 1. Energy consumption by sector statistics

It's possible to investigate energy sources to in three main headings. The first one is that after being removed from the coal is consumed without any processing, such as natural gas and petroleum resources. They are called as primary energy sources. Obtained from the transformation of primary energy sources are electricity, coke, coal gas, etc. The resulting energy from them is known as secondary energy source. The root of the world energy is solar energy. Third is not exhausted, not falling 'renewable' energy is due. New and renewable energy sources are stated as follows:

- Hydroelectric energy;
- Solar energy;
- Wind energy;
- Geothermal energy;
- Wave energy;
- Ocean thermal energy;
- Hydrogen energy;
- Bioenergy.

As seen in Figure 2, in 21st century, primary energy sources are expected to be consumed by the prediction, natural gas, coal, fossil fuels like oil, will reduce the use and is expected to be finished even. In close future, it is likely to price increase on fossil-based energy sources and the formation of a serious bottleneck in parallel. However, wind, solar, water, air, etc. the use of renewable energy sources are likely to increase rapidly in recent years [2]. Figure 2 shows expected to change for the use of primary energy resources in the year 2100

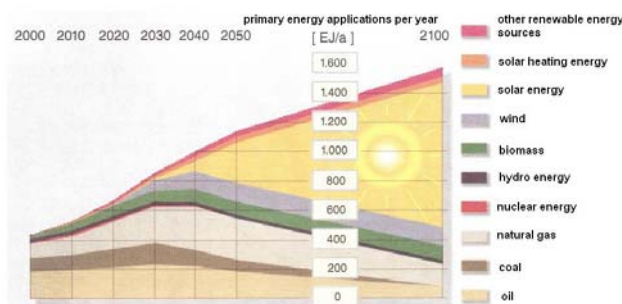


Figure 2 Expected to change for the use of primary energy resources in the year 2100 [2].

2. Solar Energy as Renewable Energy Sources

Renewable energy resource "Nature's own conversion to renewable energy sources may be available the next day the same as" is defined. Fuel oil, gas, coal, bio energy and wind all, is derived from solar energy. Due to the unstable structure and spread of solar energy it's expensive to maintain power directly. But it's clear structure, in terms of costs to provide an effective solution that should not be ignored. Place, massive (large) to have a structure, the solar energy reaching the earth to swallow and stored almost half of energy on by earth. Soil; at heating season, a source at higher temperatures and external air for summer cooling, a lower air temperature by providing a relatively constant temperature all year remains [4]. Turkey, because of its geographical position in terms of solar energy potential is lucky according to many countries. Solar energy potential of Turkey according to months for the duration of insolation is given in Table 1. According to table Turkey's average annual total insolation duration of 2640 hours (daily total of 7.2 hours), average total radiation intensity of 1311 kWh/m².year (daily total of 3.6 kWh/m²). In Turkey, the smallest and the largest annual average value of the total radiation of is respectively 1350 kWh/m².year in the Black Sea region and 1750 kWh/m².year in the Southeast Anatolia region [2].

Table 1. Monthly Average Solar Energy Potential of Turkey [5].

MONTHS	MONTHLY TOTAL SOLAR ENERGY		INSOLATION DURATION (Hour/month)	MONTHS	MONTHLY TOTAL SOLAR ENERGY		INSOLATION DURATION (Hour/month)
	(Kcal/cm ² month)	(kWh/m ² month)			(Kcal/cm ² month)	(kWh/m ² month)	
JANUARY	4,45	51,75	103,0	AUGUST	13,62	158,40	343,0
FEBRUARY	5,44	63,27	115,0	SEPTEMBER	10,60	123,28	280,0
MARCH	8,31	96,65	165,0	OCTOBER	7,73	89,90	214,0
APRIL	10,51	122,23	197,0	NOVEMBER	5,23	60,82	157,0
MAY	13,23	153,86	273,0	DECEMBER	4,03	46,87	103,0
JUNE	14,51	168,75	325,0	TOTAL	112,74	1311	2640
JULY	15,08	175,38	365,0	AVERAGE	308,0 cal/cm²-day	3,6 kWh/m²-day	7,2 hour/day

3. Ecological House With Renewable Energy Sources (Ecohouse)

With Ecohouse design is aimed to develop housing assembly systems which can be easily installed in every house. This work is a solution in terms of importance represents for energy production and consumption between the deficit to grow, rapidly growing population and developing the industry's energy needs against limited resources and be unable to renew existing resources to the environment and human health and prevent adverse effects such as despite negativity to produce.

"Renewable energy sources with Eco-House Design" primary purpose of the study, housing in the heating-cooling energy and electrical energy costs to the minimum level of support, outside of energy to reduce dependence and environmentally friendly energy usage to increase, to spread and make it attractive.

In this context, the most important features of work:

- Using indigenous energy resources for reduction of dependence on foreign energy.
- Reducing carbon dioxide emissions to help protect the environment.
- Related to the promotion of domestic manufacturing sector to contribute to increasing employment.
- Received widespread and strong support from the public

3.1. The Steps at Ecohouse Design

To be able to meet electricity needs in the Ecohouse house Design solar batteries can be installed to the south direction of the roof. Hot water needs are met from mounted solar collectors. To meet the need of home heating and cooling land-source heat pump is intended to be mounted. Polyethylene welded pipes can be laid horizontal or vertical resources at the home garden. If solar collectors can't meet the needs of hot water, heat pumps are provided to circuit into.

Household electrical appliances energy consumption will be measured by power and energy measuring devices. Horizontal and inclined surfaces in the house from the roof of the average values of solar radiation and insulation duration will be measured by using measuring devices called piranometre. Cost and efficiency in terms of single-crystal silicon with different structure, multi-crystalline silicon and thin film amorphous silicon solar battery of the solar system have produced will be compared with energy gain. Solar battery, invertors and charge regulator will be selected by using obtained values. Electric energy production is insufficient to reveal the circumstances will be taken from the network power. Kitchen and bathroom have needs hot water. The hot water demand system will use solar hot water commutator. Solar energy system inadequate heating and cooling purposes in cases where the heat pump will be installed soon. Heat pumps will be connected to the hot water tank.

Thermal heat loss and gain of the house are photos by camera and if it's necessary insulation will be done in the region. Summer conditions and winter conditions in the cooling system that enables us to make heating

mechanism can be installed in land-source heat pumps. The system to be designed for the house of heat loss and gain will be calculated. Save for heat exchange with the six soil properties and soil analysis will be done to determine soil. Source-side heat exchangers will be used in special polyethylene pipe. Installed by the air channels, the space heating, air conditioning, fan-coil, radiator, etc. methods can be used.

With the efficiency of the survey the following questions must be questioned;

1. Total energy savings features of the house how to contribute?
2. Compared with the same size as a standard Turkish Construction how much energy is consumed?
3. For the development of energy efficiency savings to be tried What's the path?

3.2. Systems that used at Ecohouse Design

3.2.1. Solar batteries (photovoltaic cells)

Solar batteries (photovoltaic cells), surfaces in the sun light directly into electrical energy for the semi-conductor materials. Surface square, rectangle, circle-shaped area formed by the solar battery usually around 100 cm², the thickness between 0,2-0,4 mm. Solar batteries based on work as photovoltaic principle, that falls on the light when electric voltage is formed in the end. The source of the electrical energy of battery, solar is coming to the surface. (Construction and operation of solar batteries) Solar energy, solar battery, depending on the structure of between 5% and 20% with a yield can be converted into electrical energy. To increase the power output of solar battery multi-connected series or parallel to each other is mounted on a surface, the structure of the solar battery module or a photovoltaic module is called. Depending on the demand system is created of the power modules connected in parallel or in series to each other until from few Watt to megawatts [2].

Most widely used material in the production of Solar battery are:

- Crystalline Silicon: Arsenite gallium (GaAs);
- Amorphous Silicon Thin Films: Cadmium Telluride (CdTe), Copper Indium Diselenide (CuInSe₂);
- Optical Intensive Cells.

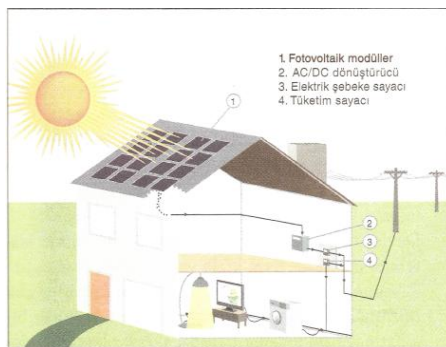


Figure 3. Diagram of the connected photovoltaic systems on the network



Figure 4. Independent photovoltaic system from the network diagram

3.2.1.1 Implementation of Photovoltaic Systems to Buildings

Buildings can be applied in two ways photovoltaic panels. Previously been made or the roof of the building to the front, ready to install with mounting kits. The new building, the panel also can be used as building materials.

3.2.1.2 Distribution of the Cost of Photovoltaic Systems That Connected to the Network

The following can be used to spread ideas:

- 50% - Photovoltaic panels;
- 15% - AC / DC converter;

- 15% - Cables and various electrical equipment;
- 10% - Installation mounting kits;
- 10% - Installation labor.

Independent systems, as well as battery cost expenditures, and so the costs are engaged as below. Therefore, the initial investment cost is higher than the system is connected to the network.

3.2.1.3 Advantages of Photovoltaic Systems

- Renewable energy;
- Old and new buildings for the installation of the
- Building integrated systems, decreasing the cost of roofing;
- Vary depending on country and state are provided by tax incentives and discounts through the short repayment periods;
- Varies between 25 and 30 years of long life;
- Network of independent power production in that
- Country specific decreasing energy dependence on the outside;
- Panel of the very low maintenance and repair needs;
- Increased energy gain with solar tracking system;
- Continuous improvement technology.

3.2.1.4 Disadvantages of Photovoltaic Systems

- Photovoltaic cells manufacturing technology and systems in the deficit due to losses occurring in the obtained efficiency remain low. This is a very high initial investment costs and long repayment periods that can cause;
- Due to lack of State Facilities promoting and infrastructure systems at the same speed everywhere common;
- Installation of the local environmental factors is very important. Setup with the location of buildings and shading negatively affects the performance of the system;
- Installation is the geographic location directly affects the intensity of solar radiation. Therefore, the less the amount of annual Name of countries, remains low earnings can be obtained;
- Independent system used to store electricity in batteries and the brevity of life need to be replaced with certain period to improve operating costs [2].

3.2.2. Heat Pumps

Heat transition temperature always decreases in the direction is known to be another change; the transition temperature of high temperature low temperature environment is the environment. This is a natural phenomenon, can occur spontaneously. Reverse of this fact by itself can not perform. An environment of low temperature heat from the transition to an environment of high temperatures but can be done with the use of heat pumps. The cooling fluid flows in the cooling cycle. Different fluids has advantages and disadvantages among each other in usage. The conversion is performed with the following elements: a compressor, condensation, throttle valve and evaporator.

4. Simulation and the software

There are several methods in simulating the performance of eco-houses. Some of them are DOE-2 developed in Lawrence Berkeley National Lab in US [6], BLAST developed in University of Illinois [7] and ESP-r developed in University of Strathclyde, UK [8]. By using these codes, it is possible to model all of the design parameters mentioned above [9]. Since they are developed with parameters applicable in US and north Europe, we are working to develop software by using the data available in Turkey, Balkans and Mediterranean region.

Conclusion

70% of energy from abroad, especially for renewable energy resources for our country to do the work in the sector to foreign energy dependence is to reduce a large shareholder.

Turkey, the world's first solar energy efficiency is available in 4 countries. Average 7.2 hours per day, although the sun to see Turkey in the use of alternative energy systems are not widespread. Common practice the use of alternative energy Eco-houses realization contribution to the national resources will be revealed.

Fossil fuel changes to solar and natural energy in Ecohouse. Electricity from the solar energy, the energy required for heating and cooling will be provided entirely from natural sources. Therefore, the dependency on fossil fuels such as in housing will not. Reducing carbon dioxide emissions to help protect the environment and the promotion of domestic production and contribute to increased employment in the relevant sectors will provide.

Acknowledgement

The paper is partially financed by the project **ITHEA XXI** of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA and the Consortium FOI Bulgaria. www.ithea.org, www.foibg.com.

Bibliography

- [1] Reay, D.A., Mac Michael, D.B.A., Heat Pumps, June, 1988.
 - [2] Isisan No: 375 "Renewable Energy Alternative Systems"
 - [3] http://www.ekodialog.com/Makaleler/yenilenebilir_enerji_kaynaklari.html
 - [4] MCNEIL, C.S.L. and CRAWFORD, T.K. Vertical Borehole Groundloop Heat Pump Installation, Advanced Buildings, Newsletter, 1995 Royal Architectural Institute of Canada, Vol. 1, No. 8, 11 Sayfa, Haziran 1995 (<http://www.discrim.ca/nordic/projtruro.htm>)
 - [5] General Directorate of Electrical Power Resources Survey and Development Administration (EIE), www.eie.gov.tr
 - [6] Lawrence Berkeley Laboratory. DOE-2 Supplement
 - [7] BLAST University of Illinois, Urbana-Champaign II, USA
 - [8] ESP-r ESRU, University of Strathclyde, Scotland
 - [9] Hyde, R. Bioclimatic housing: innovative designs for warm climates, Earthscan, 2006
-

Authors' Information

Soyhan Gulsen: *Researcher at YETA Association*

Toksoz Sami: *MSc. Student, Sakarya University, Sakarya, Turkey*

Coskun Gokhan: *MSc. Student, Sakarya University, Sakarya, Turkey*

Topacoglu Yalcin: *Researcher at YETA Association*

Gokalp Burak: *PhD student, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey*

Bayram Dundar: *PhD student, Yildiz Technical University, Istanbul, Turkey*

A SOFTWARE SYSTEM FOR DETERMINATION OF FORMING LIMIT DIAGRAMS

Georgi Stoilov, Jordan Genov, Vasil Kavardzhikov, Jordan Kovachev

Abstract: Forming limit diagrams (FLD-s) deliver quantitative, graphical information concerning the ultimate ductility material may display under various strain conditions and boundary criterion of material failure in a deep drawing process. FLD-s are commonly obtained by usage of special samples – the so-called Nakazima's bands. This method is realized in general as a circle grid is printed on the sheet surface and its deformation is measured after the forming. Different deformations transform the circles to ellipses, exhibiting a different eccentricity. A software system for quantitative determination the changes in lengths of both major and minor axes of ellipses, is presented in this report. The grid deformed images are captured in computer memory by a digital camera, equipped with a mechanical piece, allowing the camera optical axis to maintain orthogonal upon each local area of specimen surface. An interactive way of operator-computer work is proposed for ellipses geometry analysis. The two axes of each ellipse of interests are measured and data derived are presented graphically, and recorded in a data base as well. Using this information the main deformations of samples are calculated after that.

Keywords: deep drawing, plastic deformations, forming limit diagrams.

ACM Classification Keywords: C.4 Performance of systems- Measurement techniques

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Introduction

The forming limit diagrams contain basic information necessary for design plastic forming technological processes of sheet metals blanks. This information determines in a highest degree the effectiveness of respective production. FLD-s provide data which lay in the ground of methods, defining technological transition number and type, as well as the related to them expenses for both energy and instrumental equipment.

The forming stability loss depends on the plastic forming limit of sheet metal blanks, revealing in two fundamental phenomena: - strain localization and unacceptable bifurcation of the deformed body form [Goloveev, 1974], [Shevelev and Yakovlev, 1972].

The forming stability limit value is a function of the strain-stress state characteristics of each sheet forming technology operation. At a most complicated deep drawing processes the stress state in different areas of processed blank changes from two-dimensional tension in the bottom through one-dimensional stress at the wall to tensile and compression at the flange [Material Factors]. Experimental investigations of deriving the limit form change are directed to improvement of instrumental and measure equipment [Nikolov et al, 2006], [Кавърджиков et al, 2008] and creation new tools for determining strain distribution in the deformed samples [Hadjnikov et al, 1987], [gov], [gom]. Most complete information about the limit stable plastic forming of a sheet metal material as a function of different strain state schemes can be delivered by forming limit diagrams [aluminium matter].

Forming limit diagrams

Forming limit diagrams contain graphical information upon the limit combination of linear logarithmic deformations (e_1 and e_2) at specimens' surface, limited by appearing of a localized strain. Keler and Bechofen in 1963 and Goodwin in 1969 established an experimental relation between linear deformations (e_1 and e_2) at special strain conditions. This dependence demonstrates that at conditions of a two-dimensional tensile stress state and

positive deformations ($e_1 > 0$ and $e_2 > 0$), the limit form change of a sheet metal blank is significantly larger than this one obtained at one – dimensional tensile stress state ($e_2 = 0$).

Samples possessing a special form (the so called “Nakazima’s bands”) (fig.1) have to be used for FLD-s deriving. Different relations of the width h to the length l of the samples zone of interest ensure different stress-strain state $\beta = e_2/e_1$ when these samples are subjected to a forming process. Before the beginning of the experiment a coordinate grid, composed by equal circles with diameter 2mm ÷ 5mm or squares (fig. 2) [Hedrick] is printed on the specimen surface. During the specimens plastic deformation the initial circles transform to ellipses.

The purpose of this work is a software system to be created, assisting the measurements of different major and minor axes lengths of the ellipses, caused by different strain degrees.

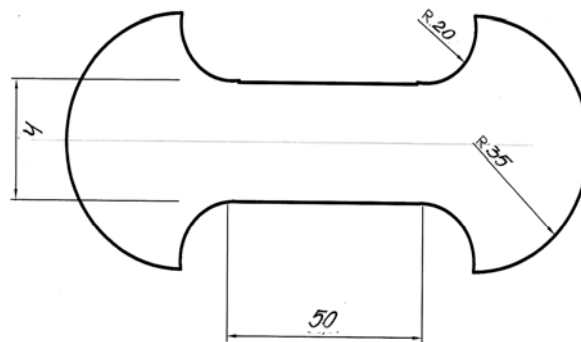


Fig. 1. Form and dimensions of Nakazima’s bands

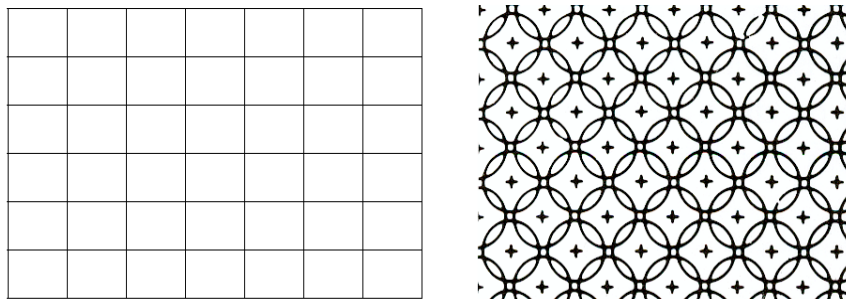


Fig. 2. Coordinate grids composed by squares and by circles

A proportional loading is applied to the samples at which monotone strain conditions ($e_2/e_1 = const$) are maintained. Forming limit curves (FLC-s), allowing the FLD-s to be derived, are obtained at different relations of the limit combination e_1 to e_2 of a sheet metal, after measurement coordinate grid deformations. An area is defined under the forming limit curve as a result, at which the strains appearing at the concrete deep drawing process, do not lead to sheet metal destroying – fig.3. [Hedrick].

The purpose of this work is a software system to be created, that can assist measurements of coordinate grid deformations.

After the samples plastic strain the images of deformed circles (ellipses) are captured in computer memory by a digital camera, equipped with a mechanical piece, allowing the camera optical axis to maintain orthogonal upon each local area of specimen surface by an operator. The recognition of ellipses geometry is carried out when the

computer and operator work in inter-active way and the main axes of each ellipse are presented in a vector form. Using the obtained data base, the main local strains of the surface are calculated and presented graphically.

The measurements of ellipses axes start from the ellipse, localized at the near vicinity of the crack, which appears when specimen failure has begun and the loading has been stopped – i.e. at the zone of local strain concentration. Different deformations result in different ratio values of the minor and major ellipse axes that are related to two orthogonal strain components (fig. 4):

$$\text{main strains} \quad \varepsilon_{\max} = \ln\left(\frac{a}{d_0}\right) \text{ и } \varepsilon_{\min} = \ln\left(\frac{b}{d_0}\right); \quad (1)$$

$$\text{relative strains} \quad \varepsilon_{\max} = \ln\left(\frac{a - d_0}{d_0}\right) \text{ и } \varepsilon_{\min} = \ln\left(\frac{b - d_0}{d_0}\right). \quad (2)$$

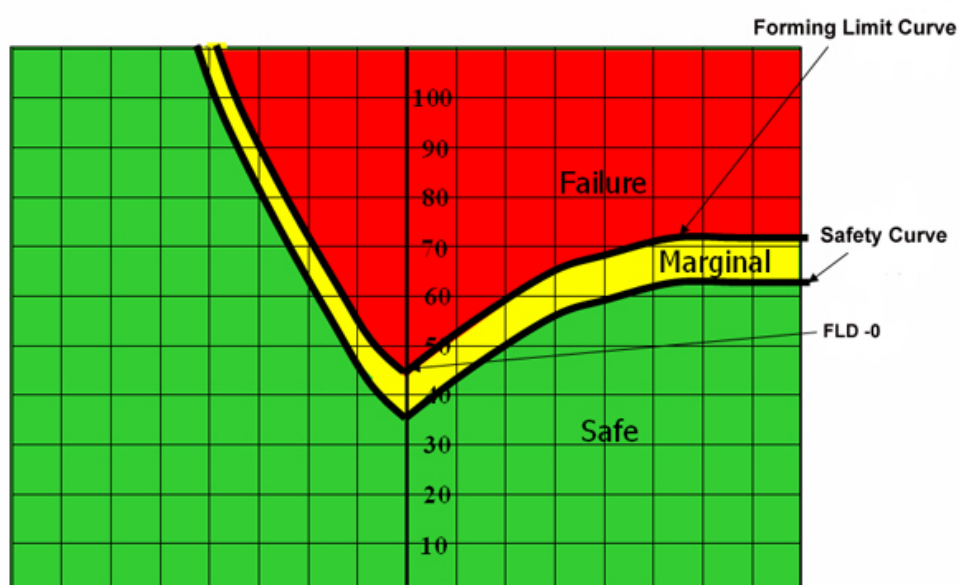
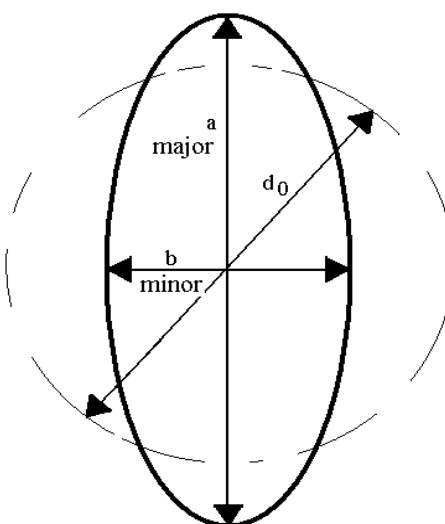


Fig. 3. A forming limit diagram



Фиг.4. The initial grid circle and resultant ellipse obtained after deformation.

A software system for deriving of forming limit diagrams

Several methods for deriving of FLD-s are in usage at present. Performing the respective methods an operator can measure ellipses axes using measurement strip, measuring magnifying glass or microscope [gom]. The grid is scanned in direction orthogonal to the crack orientation and measurements are carried out. Software packages for simulation three-dimensional forming of metal sheet materials based on finite element method are commonly used. Software „DYNAFORM” is a power tool for simulation of such processes [DYNAFORM]. The information obtained after FLD-s deriving can be add to the other material characteristics needed for numerical simulation of the deep drawing process by „DYNAFORM”.

Modern automated systems for measurement of ellipses axes, independently of their orientation in the space, use two digital cameras observing the specimen surface through appropriate angles. Recently another optical strain measurement system was developed, working also with two digital cameras [gom]. Instead of a costly grid pattern, a stochastic spray structure of dark and bright spots is used, that is applied to sample surface by spraying. Based on the assignment of every pixel in two images under different strain levels, this method uses correlation technique to determine the displacement fields of a sheet surface [Stoilov et al, 2008]. After derivation of the optical strain measurements, experimental data for determination of FLD-s are obtained. The methods utilizing two numerical cameras are convenient for applying in routine design of deep drawing processes. But relatively high price of the equipment needed for their implementation (including respective hardware and software), embarrasses for the present the application of this systems on a mass scale.

The software system for measurement the geometrical parameters of ellipses of a deformed grid, presented in this work, processes data acquired in the computer memory through a digital (CCD) camera. The optical sensor consists of this camera and a mechanical piece (fig.5-a). This allows maintaining both the camera optical axis orthogonal upon each local area of specimen surface and focus of the camera lens. The used sensor posses resolution 1280×900 pixels, although a resolution 800×600 pixels is quite enough for obtaining good enough uncertainty of this type of measurements. An operator scans the surface of interest by the optical sensor. By such a way the optical sensor can be positioned precisely enough upon the sample surface (fig. 5-b) and a satisfied accuracy in measurement of ellipses axis length is achieved. The operator measures if the quality of the memorized ellipse image is high enough to be processed by the system with a maximum accuracy. The procedure of image capturing at the concrete location of the sensor on the specimen surface can be repeated in case it is necessary and the next step of the measurement algorithm is executed after that.



Fig. 5. a – A view of the CCD camera, equipped by mechanical piece; b – The optical sensor in a process of manual scanning.

Each ellipse image is approximated by a numerical curve. For fulfilling of this approximation the operator selects an arbitrary, but big enough number of points laying on the respective ellipse image (fig.6). It is desirable the

points to be chosen in an equidistant way over the whole ellipse image. That will contribute to minimization of measurement uncertainty. The numerical solution of this approximation problem is not difficult and usage of a standard software package leads to excellent results.

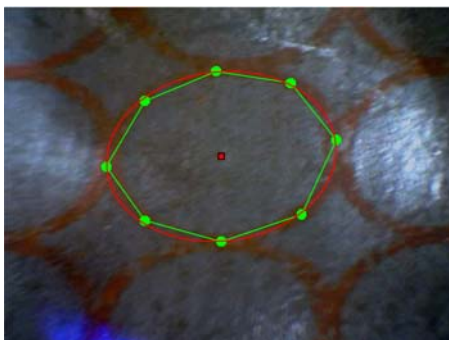


Fig.6. Approximation of an ellipse image

Simplicity of input data is needed for correct work by the used software package. When a Cartesian coordinate system is used, two values of y , defining two different points of the approximated ellipse, localized symmetrically upon the coordinate axis X correspond to each x value. Due to that a transformation of ellipse presentation from Cartesian (eq. 3) to polar (eq. 4) coordinates is required.

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \quad (3)$$

where: a and b are the major and minor ellipse axes (fig. 6).

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\theta)} \quad (4)$$

where: r and θ are polar coordinates, and e is the eccentricity of the ellipse.

Equations (3) and (4) describe an ellipse, which coordinate system is centered at its own center.

The origin of a coordinate system, related to the camera frame, is chosen to be at one of frame's corners. That is why a translation which will ensure coincidence of ellipse centre to the frame's coordinate system is required for correct performance of the approximation algorithm. In general the main strain direction does not coincide to any coordinate axes. This is taken in to consideration in equation 6 by a parameter φ .

The ellipse center coordinates x_0 and y_0 are defined through the coordinates of a middle point, determined respectively by the most left and most right ellipse points located horizontally, as well as the lower and higher points, located at vertical direction. Those points are chosen by the operator and are fixed over the ellipse image, shown on the computer screen (fig. 6). After the obtaining center coordinates x_0 and y_0 they are eliminated in equation (5), presenting ellipse, in a coordinate system, which is not located at its centre.

$$\frac{(x-x_0)}{a^2} + \frac{(y-y_0)}{b^2} = 1 \quad (5)$$

Equation (6) is used for performing the approximation.

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos(\theta-\varphi)} \quad (6)$$

where φ is the rotation angle of the ellipse.

Values of parameters a , e and φ are derived after the approximation procedure completing and parameter b is quantitatively defined by equation 7.

$$e = \sqrt{1 - \left(\frac{b}{a}\right)^2} \quad 0 < b \leq a \quad (7)$$

The major (a) and minor (b) ellipses axes lengths are retransformed again in Cartesian coordinates. After that relative strains at the local specimen areas, revealed by ellipses are calculated using equation 2 and limit forming curve of the respective Nakazima's sample is plotted. Elaborating experiments and measurements with all Nakazima's samples the complete forming limit diagram of studied metal sheet material can be obtained.

Experimental results

A Nakazima's specimen is presented in fig.7-a, at which two-dimensional tensile strain is realized through forming process by a semispherical die. The load action has been stopped when a crack has appeared. Figure 7- b reveals magnified image of a sample surface local area together with coordinate grid printed on the surface. The chosen points over an ellipse as well as the approximated ellipse are also shown in this figure.

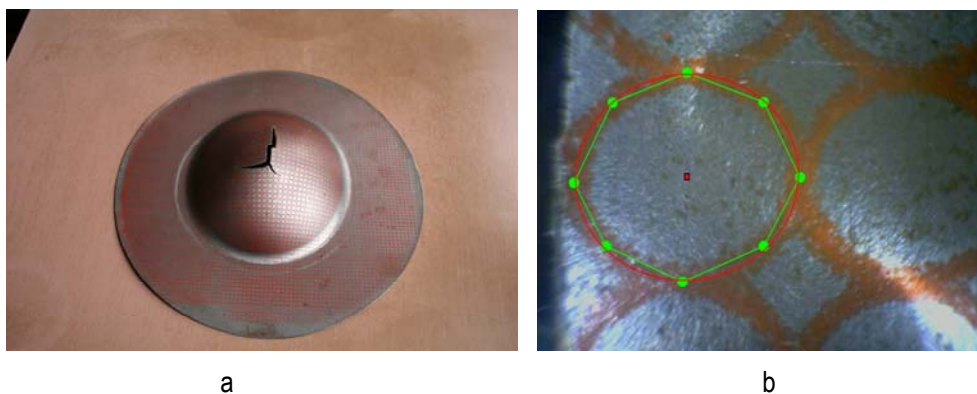
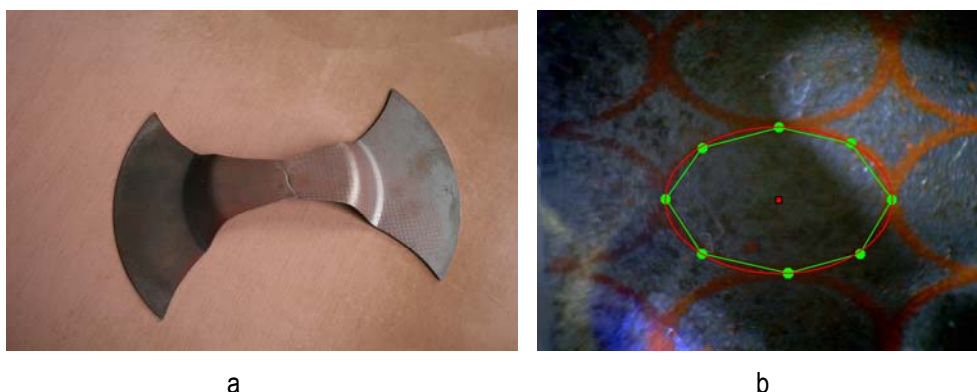


Fig. 7. a – A Nakazima's specimen, deformed at forming process by a semispherical die;
b - magnified image of the sample surface local area

One-dimension tensile strain of a Nakazima's sample with appropriate dimensions (fig. 8a) is obtained through forming process by a flat die. The approximated image of an ellipse over the sample surface is presented in fig. 8b.



Фиг. 8. a - A Nakazima's specimen, deformed at forming process by a flat die;
b - magnified image of the sample surface local area.

Relation $\beta = e_2/e_1$, defining the limit forming determined experimentally by usage of the software system described in this work and samples shown in figures 7 and 8, are revealed in fig. 9

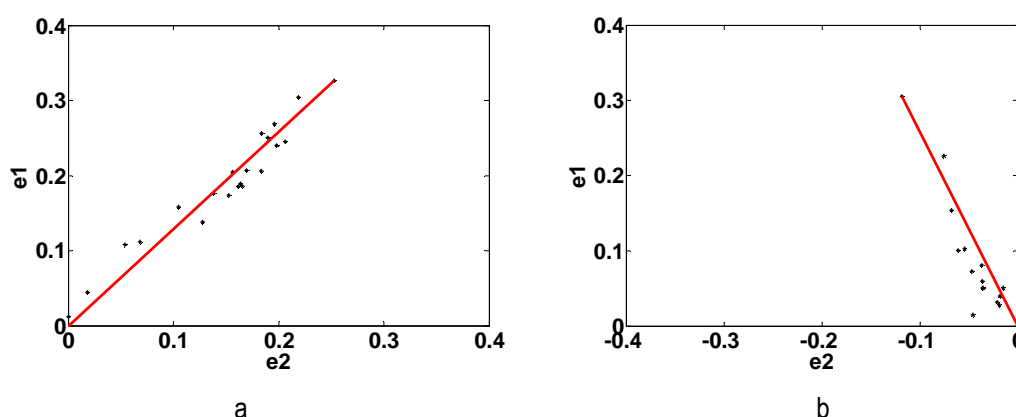


Fig. 9. Relations $\beta = e_2/e_1$, obtained experimentally for Nakazima's samples deformed by spherical (a) and flat (b) die.

Conclusion

A software system assisting the measurements of different major and minor axes lengths of the ellipses, caused by different strain degrees of Nakazima's samples is presented in this work. In contrast to the performance of such measurements through measurement strip, measuring magnifying glass or microscope the system uses an optical sensor for capturing the ellipses images in the computer memory. An operator realizes manual scanning of ellipses grid on the deformed sample surface. The information about ellipse geometry at each position of scanning is processed by computer using the developed software algorithm. The created equipment and software present a convenient tool for carrying out experiments in laboratory conditions, by which forming limit diagrams to be obtained. They are suitable for training students on derivation of forming limit diagrams of sheet metal materials, required for investigation and optimal design of deep drawing technological processes.

Acknowledgement

This work was supported by NIS TU - Sofia, grant №08064 NI-5/2008 "A hydro-mechanical system for computerised evaluation of sheet metals deformability".

Bibliography

- [Goloveev, 1974] Goloveev, V. D., Calculations of steel metal stamping processes, Stability in forming of steel metal sheet, Moscow, Mashinostroenie, 1974 (in Russian).
- [Shevelev and Yakovlev, 1972] Shevelev, V., S. P. Yakovlev, Anisotropy of sheet metals and its influence on the deep drawing, Moscow, Mashinostroenie, 1972 (in Russian).
- [Material Factors] Forming: Material Factors, <http://www.staff.ncl.ac.uk/s.j.bull/mmm452/FORMING/sld009.htm>
- [Nikolov et al, 2006] Nikolov N., D. Pashkouleva, A. Nedev, V. Kavardzhikov, "Experimental investigations of the deep drawing process of steel blanks", Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences 59, No. 5, 2006, 499–504.
- [Кавърджиков et al, 2008] Кавърджиков, В., Д. Пашкулева, Г. Стоилов, В. Камбуров, Модернизация на универсална изпитателна машина, XVIII Национален научен симпозиум с международно участие, Метрология и метрологично осигуряване 2008, 10-14 Септември 2008 г., Созопол, (391-394).
- [Hadjиков et al, 1987] Hadjиков, L., V. Kavardjikov, V. Valeva, P. Bekiarova; Application of double exposure speckle photography and some numerical methods to the solution of elastoplastic problems; Res.Mechanica, Elsevier Appl. Publishers Ltd., England, 20, 1987, (53-72).
- [gov] Deformation Measurement - Improved Determination of Yield Stress for Sheet Metal, <http://www.gov.com/GOM>.

[gom] Determination of forming limit diagrams using ARAMIS, http://www.gom.com/CONTAINER/files/flid_aramis.pdf.

[aluminium matter] <http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=175&pageid=2144416594>.

[Hedrick] Hedrick, A., Measuring forming severity, http://www.thefabricator.com/ToolandDie/ToolandDie_Article.cfm?ID=1945.

[DYNAFORM] DYNAFORM, Application manual, http://www.compasstech.com/downloads/D02_dynaform.php

[Stoilov et al, 2008] Stoilov. G., V. Kavardzhikov, D. Pashkouleva, Minimum Mean Square Error Approach in Images Processing for Full-Field Displacements and Deformation Measurements, International Book Series "Information Science and Computing", 2008 (57-61).

Authors' Information

Georgi Stoilov – Institute of Mechanics, BAS, Acad. G. Bonchev St., bl. 4, Sofia 1113, Bulgaria;
e-mail: gstoilov@imbm.bas.bg

Jordan Genov – Department of Material Science and Technology of Metals, Technical University of Sofia, Kliment Ochridski Bul., No4, Sofia; e-mail: jgenov@tu-sofia.bg

Vasil Kavardzhikov – Institute of Mechanics, BAS, Acad. G. Bonchev St., bl. 4, Sofia 1113, Bulgaria;
e-mail: kavari@imbm.bas.bg

Jordan Kovachev – Department of material science and technology of metals, TU-Sofia, Kliment Ochridski Bul., No4, Sofia, graduate student; e-mail: danchoni85@abv.bg

КОСВЕННАЯ СТЕГАНОГРАФИЯ

Надир Алишов

Аннотация: Описывается оригинальный метод шифрования и дешифрования на основе способа, называемого косвенной стеганографией. Рассматривается вариант реализации устройства для формирования нераскрываемых шифров файлов и документов, что позволит обеспечить требуемый уровень защиты от несанкционированного доступа, реализовать электронную цифровую подпись, а также новую технологию организации безопасности информационных ресурсов в корпоративных сетях компьютеров.

Ключевые слова: криптография, компьютерная стеганография, стегосистема, защита информации, случайные и псевдослучайные числа, контейнер, секретный ключ.

ACM Classification Keywords: D.4.6 Security and Protection

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Известны два направления исследований, связанных с защитой компьютерной информации от несанкционированного использования.

1. **Компьютерная криптография.** Информация, подлежащая защите, шифруется с помощью числовых ключей, причем с увеличением разрядности ключей возрастает вычислительная сложность преобразования. Существует множество вариантов реализации компьютерной криптографии, но общую схему такого шифрования можно представить следующим образом (рис. 1).

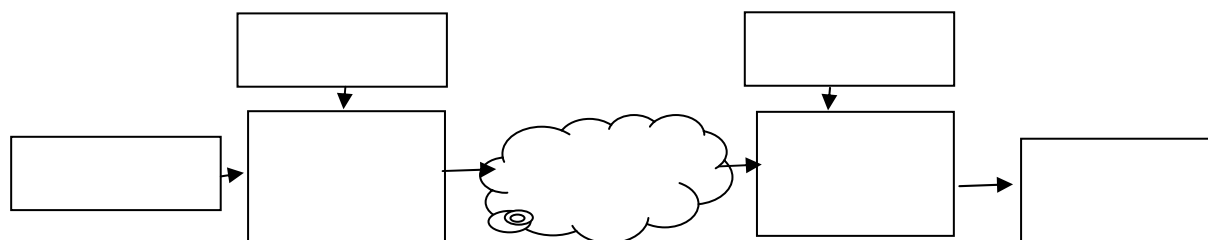


Рис. 1. Концепция компьютерной криптографии

2. **Компьютерная стеганография.** Данные, подлежащие защите, смешиваются с определенным видом мультимедийной информации (речь, аудио, видео, изображение и т.п.) и передаются законному пользователю. Разработано множество вариантов реализации этого метода. При этом общая схема стеганографического преобразования выглядит следующим образом (рис. 2).

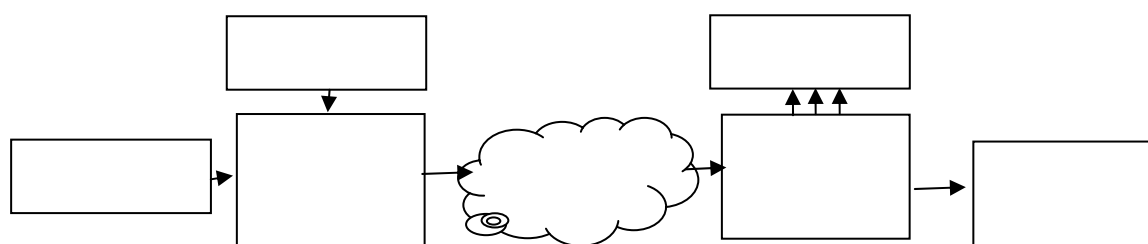


Рис. 2. Концепция компьютерной стеганографии

Главный недостаток указанных методов состоит в том, что в конечном итоге защищаемая информация передается по каналу в зашифрованном или смешанном виде, что позволяет криптоаналитику провести соответствующий анализ для взлома шифра и/или выделения полезных данных. К тому же при компьютерной стеганографии трудно реализовать передачу большого объема информации, а это очень важно для современных компьютерных сетей.

Метод решения поставленной задачи

При косвенной стеганографии (предлагаемый метод) полезная информация вообще не передается по каналу. Суть метода заключается в следующем. У отправителя и получателя имеются одинаковые файлы, которые являются секретными ключами. Байты информации, подлежащей защите, заменяются (по определенному алгоритму) байтами секретного файла. Новый файл такого же размера, как и исходное сообщение, передается адресату и при получении подвергается обратному преобразованию: его байты заменяются байтами секретного файла (зеркальный алгоритм).

Общая схема косвенной стеганографии выглядит следующим образом (рис. 3).

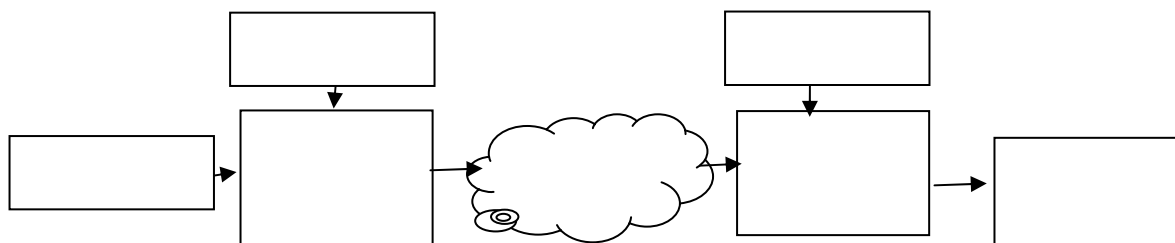


Рис. 3. Концепция косвенной стеганографии

Формальные определения известных современных стегосистем приведены в [1, 2].

1. Совокупность $\mathcal{AE} = \langle C, M, D, E \rangle$, где C – множество контейнеров; M – множество секретных сообщений, $|C| \geq |M|$; $E: C \times M \rightarrow C$, $D: C \rightarrow M$ – функции сокрытия и извлечения сообщения из контейнера C , причем $D(E(c, m)) = m$ для любых $m \in M$ и $c \in C$, представляет собой бесключевую стегосистему.

2. Совокупность $\mathcal{AE} = \langle C, M, K, D, E \rangle$, где C – множество контейнеров; M – множество секретных сообщений, причем $|C| \geq |M|$; K – множество секретных ключей; $E_k: C \times M \times K \rightarrow C$, $D_k: C \times K \rightarrow M$ – стеганографические преобразования со свойством $D_k(E_k(c, m, k), k) = m$ для любых $m \in M$, $c \in C$ и $k \in K$, представляет собой стегосистему с секретным ключом.

3. Совокупность $\mathcal{AE} = \langle C, M, K, D, E \rangle$, где C – множество контейнеров, M – множество секретных сообщений, причем $|C| \geq |M|$; $K = (K_1, K_2)$ – множество пар стегоключей; $E_k: C \times M \times K_1 \rightarrow C$, $D_k: C \times K_2 \rightarrow M$ – стеганографические преобразования со свойством $D_k(E_k(c, m, k_1), k_2) = m$ для любых $m \in M$ и $c \in C$, представляет собой стегосистему с открытым ключом.

Для косвенной стегосистемы дадим следующее определение.

Определение. Совокупность $\mathcal{AE} = \langle C, @C, M, D, E \rangle$, где C – множество контейнеров-ключей, $@C$ – множество параметров элементов множества C (множество косвенных контейнеров), M – множество секретных сообщений, $E_{@}: C \times M \rightarrow @C$, $D_{@}: C \times @C \rightarrow M$ – стеганографические преобразования со свойством $D_{@}(E_{@}(c, m), @c) = m$ для любых $m \in M$, $c \in C$ и $@c \in @C$, представляет собой **косвенную стегосистему**.

Согласно этому определению, множество C представляет собой секретный (или личный) ключ, используемый для шифрования и дешифрования исходных сообщений (секретных данных). Кроме того, требование $|C| \geq |M|$ не является строгим.

В отличие от классических формальных стегосистем, где криптоаналитику доступно множество контейнеров, косвенная стегосистема предусматривает возможность доступа лишь к параметрам элементов контейнера. Кроме того, если в классических системах скрыты (от криптоаналитика) либо алгоритмы преобразования (например, $E: C \times M \rightarrow C$, $D: C \rightarrow M$), либо ключи шифрования, либо и то и другое, в предлагаемой системе секретной информацией является содержимое самого контейнера, что позволяет разрабатывать достаточно высокоустойчивые системы защиты информационных ресурсов в компьютерных системах и сетях.

В качестве параметров элементов контейнера могут быть использованы адреса размещения элементов, их цветовые гаммы, форматы, корреляционные показатели и т.п. Для упрощения дальнейшего изложения будем рассматривать адресные параметры элементов контейнера-ключа C . Следует иметь в виду, что независимо от того, как заданы значения параметров – прямо или косвенно, они должны адекватно отражать значения элементов множества M .

Пусть задан алфавит с конечным множеством букв. Будем считать, что контейнер-ключ C формируется из букв алфавита. Расположение букв алфавита в контейнере должно быть произвольным (например, псевдослучайным) с возможностью их многократного вхождения. Каждой букве алфавита ставится в соответствие значение адресного пространства. Совокупность значений адресного пространства составляет множество $@C$ (косвенный контейнер). Количество букв алфавита должно быть таковым, что из них можно составить любое сообщение M . Таким образом, сообщения подобны контейнеру-ключу C в том смысле, что они состояются из одинаковых букв с разным количеством их повторений и разным месторасположением.

Положим, что необходимо передать секретное сообщение M по каналу связи. Для этого произвольным образом выбирается первоначальный адрес расположения какого-либо элемента (буквы) в контейнере-ключе. Начиная с этого адреса (в любом направлении) осуществляется поиск первого элемента (буквы) сообщения в массиве элементов (букв) контейнера-ключа. Так как контейнер обязательно содержит все буквы алфавита и каждая буква повторяется в произвольном порядке в массиве элементов контейнера многократно, то поиск завершится успешно. Первая буква сообщения заменяется адресом найденного элемента (буквы) контейнера. Далее в массиве-контейнере осуществляется поиск второго элемента (буквы) сообщения, который замещается адресом найденного элемента (буквы). Процесс повторяется до полного формирования множества адресов. Сформированное таким образом множество адресных данных представляет собой косвенный контейнер $@C$, который отправляется адресату по открытому каналу. Адресат имеет такой же секретный массив C (контейнер-ключ), как у отправителя. В отправленном косвенном контейнере также содержатся стеганографические образы начального (стартового) значения адреса поиска, параметры массива сообщений, временного штампа и т.п., т.е. алгоритм расшифровки сообщений является «зеркальным» отображением алгоритма шифровки: по значению первого элемента косвенного контейнера $@C$ в контейнере-ключе осуществляется поиск буквы (элемента), адрес которого записан в первом элементе $@C$. Содержимое найденного адреса замещает первый элемент косвенного контейнера $@C$. Далее осуществляется поиск второй буквы и т.д. В конечном итоге буквы множества $@C$ будут совпадать с буквами множества M .

Рассмотрим конкретный вариант реализации алгоритма косвенной стеганографии. В качестве исходного сообщения M будем брать компьютерный файл F длиной L байтов. Выбираем алгоритм псевдослучайных чисел $\xi(\lambda)$, отвечающий требованиям стойкости генерируемых данных (в настоящее время учеными

разработаны множество таких алгоритмов [3]. Например, повторяемость алгоритма, описанного в [4], составляет примерно 6000 десятичных знаков). Назначаем стартовое число $\lambda = \lambda_0$ для $\wp(\lambda)$. Выбор можно осуществлять либо наугад, либо с помощью простого генератора случайных чисел разового пользования. В первой версии реализованного алгоритма косвенной стеганографии генерация псевдослучайных чисел выполняется следующим образом. Генератор $\wp(\lambda)$, начиная со стартовой точки $\lambda = \lambda_0$, генерирует 2^{20} строк. Каждая строка состоит из 256 байтов. В каждой строке содержатся все двоичные числа от 0 до 255, расположенные случайным образом по закону генератора $\wp(\lambda)$, который гарантирует генерацию неодинаковых чисел в каждой строке. Кроме того, гарантируется отсутствие одинаковых строк в выбранной длине генерируемого массива чисел. Таким образом, формируется двумерный массив случайных чисел $C(i, j)$, где $i = 256, j = 4096$.

Процесс шифрования файла F заключается в следующем. С помощью простого случайного генератора выбирается строка $j = \varpi$ в массиве $C(i, j)$ (номер строки ϖ также подлежит шифрованию для отправки получателю). Содержимое первого байта [1] файла F представляется как адрес байта @[1] в строке $j = \varpi$. Содержимое байта @[1] записывается в первый байт файла F , т.е. [1]:= @[1]. Затем содержимое второго байта [2] файла F представляется как адрес байта @[2] в строке $j = \varpi \pm 1$. Содержимое байта @[2] в строке $j = \varpi \pm 1$ записывается во второй байт файла F , т.е. [2]:= @[2]. Процесс повторяется до замещения последнего байта значением массива случайных чисел по выбранному адресу. Таким же способом замещаются значения ряда служебных данных, в том числе значение ϖ . В случае, когда $L > 2^{20}$, процесс может повторяться по кругу.

В реализованной для задач реального времени версии алгоритма косвенной стеганографии, так называемом «алгоритме на лету», нет необходимости повторять процесс по кругу, так как количество генерируемых неповторяемых чисел намного больше, чем объем отправляемых любых файлов по сети. Этот же алгоритм может быть использован не только для задач реального времени, но и для обычных блоковых шифруемых данных.

Безусловно, научное обоснование криптоустойчивости алгоритма косвенной стеганографии требует еще глубокого анализа со стороны криптоаналитиков [5], однако проведенные исследования и полученные экспериментальные результаты позволяют судить о его высокой криптоустойчивости.

Практические особенности реализации косвенной стеганографии таковы.

1. *Проблема распространения ключа (передача контейнера С)*. Поскольку эта проблема актуальна для всех методов и технологий криптографии с ключами, можно использовать самые передовые алгоритмы и способы распространения ключей. Существенным является тот факт, что, в отличие от других методов, в данном случае требуется разовая гарантия доставки ключа, так как после гарантированного получения ключа адресатом можно при первом же сеансе изменить содержимое контейнера С. Поэтому, например, содержимое контейнера можно передать с помощью открытых ключей, длина которых заведомо гарантирует невозможность дешифровки содержимого контейнера (2048, 4096). Безусловно, при этом потребуется намного больше времени для шифрования и дешифрования содержимого контейнера, но в связи с тем, что соответствующие вычисления выполняются один раз, такой способ является оправданным.

2. Вероятность восстановления содержимого контейнера C по известному криптоаналитику шифру $@C$. Прежде всего следует обратить внимание на то, что длина ключа-контейнера C , по сравнению с известными методами шифрования с использованием ключей, несравнимо большая ($|C| \geq |M|$). Поэтому восстановление контейнера по значениям становится невозможным. Например, в программно реализованном варианте шифрования компьютерных файлов количество вариантов перебора равно $256!$ (около 2^{1700} вариантов).

На рис. 4 показано фотографическое изображение варианта реализации алгоритмов компьютерной стеганографии на базе микропроцессорного устройства-ключа с USB-интерфейсом. Ряд модификаций этого устройства позволяет реализовать санкционированный доступ к компьютерам, файлам, а также охраняемым объектам. Кроме того, возможно шифрование «на лету» потоковой информации (речь, аудит, видео), что позволит обеспечить защиту от неавторизованного доступа к таким ресурсам.



Рис. 4. Косвенный стеганограф

Заключение

В предложенном новом методе шифрования, называемом косвенной стеганографией, исходный файл не шифруется, а вместо этого передаются по сети признаки шифруемого файла. Вычислительная сложность алгоритма минимальна, так как шифрование файлов предполагает только замещение байтов исходного файла байтами специально организованного файла-ключа. При этом способе шифрования никакими методами и средствами нельзя расшифровать перехваченный шифр, если даже криптоаналитику удастся получить предыдущий шифр и предыдущий исходный текст.

Литература

1. Хорошко В.А., Чекатков А.А. Методы и средства защиты информации / Под ред. Ю.С. Ковтанюка. – К.: Юниор, 2003. – 504 с.
2. Хорошко В.А., Шелест М.Е. Введение в компьютерную стеганографию. – К.: НАУ, 2002. – 140 с.
3. Matsumoto M., Nishimura T. Mersenne twister: a 623-dimensionally equidistributed uniform pseudorandom number generator // ACM Trans. Model. Comput. Simul. – 1994. – N 8. – P. 3–17.
4. Matsumoto M., Kurita Y. Twisted GFSR generators // ACM Trans. Model. Comput. Simul. – 1992. – N 2. – P. 179–254.
5. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. – М.: Триумф, 2003. – 815 с.

Информация об авторе

Надир Алишов – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, пр. Глушкова, 40, Киев-03187, Украина; e-mail: anio@ukrtel.com

Networks

ON A PROBLEM OF QOS CHARACTERISTICS INTERPRETATION IN TRANSIT NETWORKS

Gleb Andrianov, Stoyan Poryazov, Ivan Tsitovich

Abstract: The paper is on common approach to the problem of a subscriber choice for the making connection through the telecommunication network. One opportunity is to make repeated calls; the second one is to choose other provider. The problem of the traffic (and therefore, the income) lost induced by a low quality of service is given in detail. Quality of service dependence of the number of repetitive calls is proposed and verified by real network traffic measurements.

Keywords: *quality of service, repeated calls, answer seizure ratio, traffic engineering*

ACM Classification Keywords: *G.3. Stochastic processes K.6.4 System Management, Quality assurance*

Conference: *The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

The main subject of this study is an influence of repeated calls on the value of a cost functional. The functional gives an income from the traffic service. Therefore, the repeated calls influence on the choice of call route in the given quality of service (QoS) and economical efficiency parameters. Now the efforts of scientists mainly put on the packet switching traffic models. There is an opinion that the circuit switching theory is awfully studied and all useful dependencies are investigated. But it is not true. Subscriber persistence and human factors may strongly distort the quality of service indicators, and for the taking of this distortion into account we should consider the service model in the network. Other opinion is that circuit-switching networks are past and packet-switching networks are future. What can we say against it? At the OSI model higher levels we can get the circuit (virtual circuit) switching network similar to a public switching telephone network. Systems in circuits switching mode Subscriber behavior affects on the calls distribution in an informational flow. But also it affects on the traffic flows in the network themselves. In the first case Poisson flow will be distorted by the fact that the independence of events gets lost. If A-user gets any information about the network status or B-user status then he can make a decision to make once more effort to reach B-user. In this case, bids for making a connection between A and B are dependent in a short time interval because they are generated by one demand for an information transfer from A to B. By this reason, they make alterations in both the call flow distribution and the integral performance indexes indicators. If all repeated attempts of A-user are unsuccessful then he has an opportunity to use an alternative terminal, an access network, and even an other transit network. So, in a current state of the telecommunication network subscriber has a wide range of choices. Besides reliability of connection establishment (B-user availability) parameters such as the quality of speech transfer, the reliability of access (service availability), the service cost, etc. can be influenced of the choice. Possibility of the choice leads to redistribution of the call flows on the network, and it must be taken into account in the network maintenance and business planning.

Therefore, it will be very useful to obtain more specific information about the services on virtual circuit-switching network providing. In this paper, we give a short observation of possibilities and then refine the idea of QoS parameters measurement with taking repeated calls into the consideration.

Call service in the common virtual circuit-switching network during the providing of telecommunication service

In accordance with the ITU-T terminology, the network is divided into layers. Every layer shows the purposes of the equipment in its boards. This approach is also acceptable for a virtual circuit-switching network. The most popular example of such network is a simple telecommunication circuit-switching network which is divided into an international part subnetwork and a national part subnetwork, the national part subnetwork includes a local part subnetwork and a transit part subnetwork [1]. This three-level hierarchy is related to the core network. By analogy with packet transfer networks we can give forth level – an access network. The rest levels contain user terminals and users themselves.

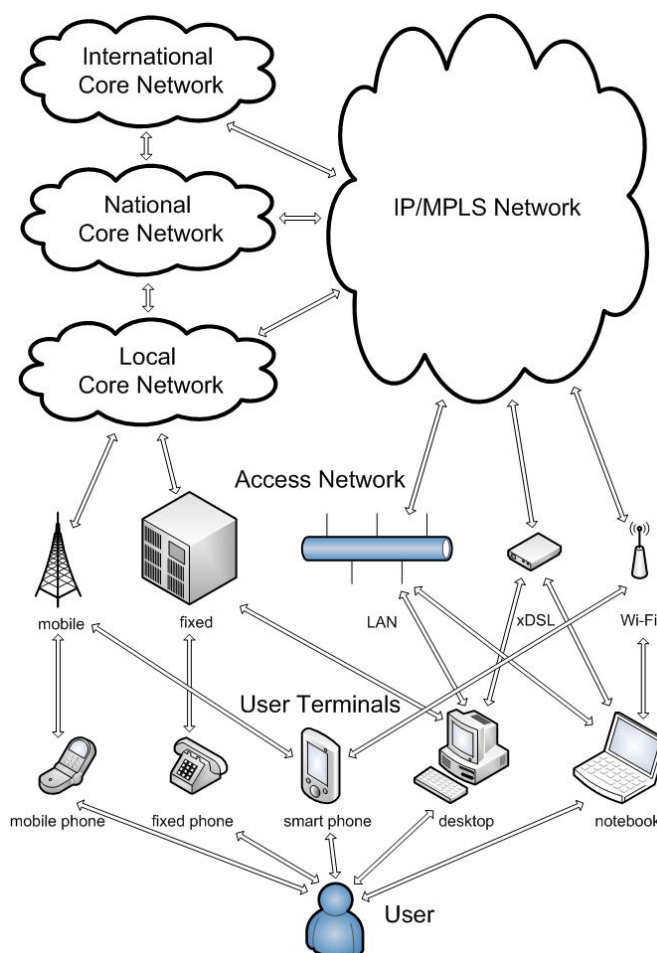
The first layer is User (see picture 1), it should be marked out as an independent layer because just user makes the important decision on which terminal will be used. If QoS of one of the available networks stops to satisfy the user then he can use other terminal and get other access and other transit network. And the cheapest network will be chosen, if in the same quality, tariffs of the access networks are better.

The next level is User Terminals. Earlier, when a mass user had single terminal, we could start the picture from User Terminals. But now, user has in a workplace typically at least three terminals, which we should take in account both

in a tariff and a quality policy forming. They are a fixed terminal, a mobile terminal, and a personal computer, connected to a telecom network. Hybrid terminal types are possible but they don't change the matter.

Since the network examination is making on an example of a classical telecommunication network, it causes the further layer detachment. The next layer is Access Network. There are more variants of interaction here than between User and User Terminal. Typical combinations of Access Network sharing are xDSL (common telephony and computer telephony), GPRS/EDGE/3G (mobile telephony and computer telephony). And a converse interaction is possible. There is an opportunity to choose different Access Networks from one User Terminal.

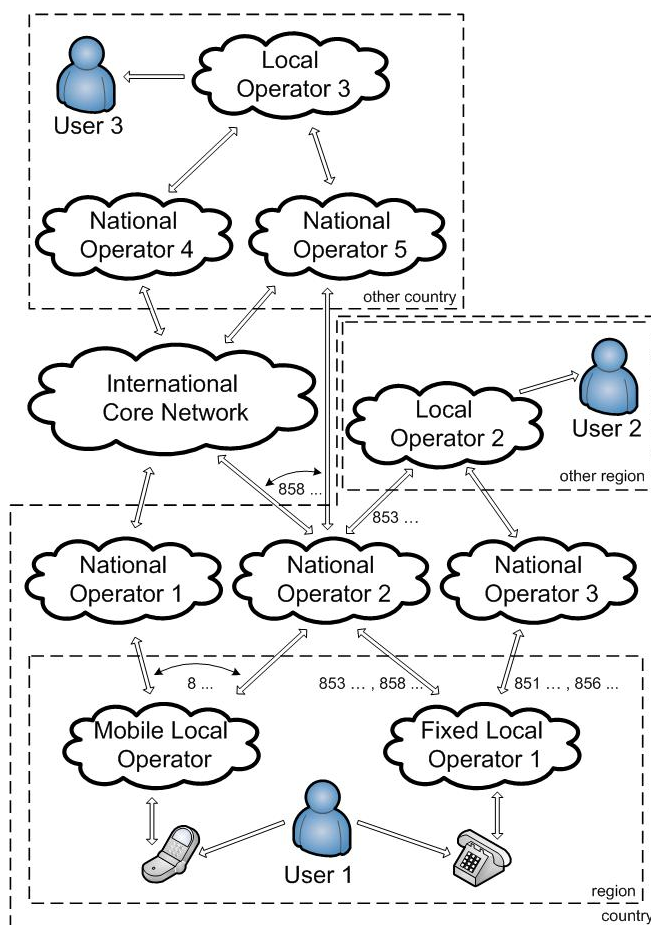
Access Network leads us to Local Network. Depending on B-number prefix User can choose one of National Operators. The choice of National Operator can also be made by default by the local operator itself. Let us give some examples to illustrate the choice in a telecommunication network.



Pic. 1. Network layers interaction

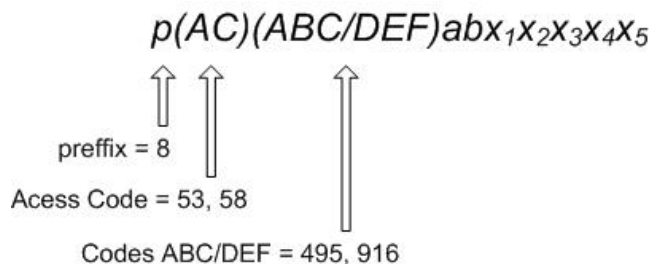
A subscriber from the fixed Local Network of Russian Federation has some opportunities. If he dials access code (prefix) of OJSC "MTT" carrier (853 for national or 858 for international communication) then he can get the long-distance communication service from this operator. If he dials other prefix then he gets service from other transit network. At the same time, the possibility to use computer platforms and to go through IP/MPLS network exists too. Moreover, the subscriber has opportunities of choice on the terminal equipment level and on the access network level. The existence of such varied choice is very important for the subscriber persistence estimation. The persistence measured on the transit (National or International) network part is lower when there is an opportunity to use alternative ways.

Large number of choice opportunities in a telecommunication network is shown on the picture 2. For illustrating the User 1 possibilities in his making choice we need to consider the B-number structure in Russian Federation. If a user made a decision to call via a TDM network then he can dial the number from mobile phone or from fixed phone. In case of long-distance communication from mobile phone, the choice of transit carrier will be made by mobile carrier at its discretion. In case of national or international communication from fixed phone, User 1 can make a choice himself.



Pic. 2. User choice opportunities

So, the number consists of the prefix of access to long-distance telecommunication – 8, access code to the long-distance communication operator (2 or 4 digits). Then, in case of an international communication, the sequence is as follows: the international communication country code [2], the area/operator code and the subscriber number. In case of national communication in Russian Federation, ABC/DEF (area/operator) code and then 7-digits subscriber number go straight away after the long-distance telecommunication prefix “8” and the access code. Total B-number structure is shown on the picture 3.



Pic. 3. B-number structure

If it is making a national connection then the long-distance operator delivers the call to the requested region of Russian Federation and terminates it to the Local Operator network, where User 2 telephone station is situated. If it is necessary to direct the call to an international network then the transit operator (e.g. National Operator 2) can choose the operator in the traffic terminated country or choose International Network for routing. It is important that if we do not deliver the call by one operator (it named “first choice operator”) then the next operator can be chosen etc. We need to take this fact into account while measuring on the transit network. As a result, one dialing by User 1 the User 3 number can deliver several calls into the network of transit National Operator 5 from international operators (see picture 2). So, we can obtain repeated calls (caused by equipment) between National Operator 5 and Local Operator 3. The reason of these calls can be e.g. congestion in the Local Operator 3 network, and National Operator 2 tries to use all alternative routes of the international network to deliver the call.

An opportunity of the International Network choice is non-unique reason of the equipment to caused repeated calls. Let us take up the transit operator network itself. Some switches of this network are connected every one to each other and some are not. As a result, a call is going sometimes via two or three consecutive trunk groups of the transit network. On every switch, an opportunity of the automatic choice of the route undoubtedly exists. The number of alternatives is not more than three. But even so, we can observe several dozens of CDRs (Call Detail Records) for unsuccessful repeated calls under the measurement in the transit network. At the same time, the real initial call can be successful. PDD (Post Dial Delay) period [3] of this call is on several seconds longer than of the normal one (this time is wasted for unsuccessful repetitions), and measured ASR (Answer Seizure Ratio) for the sample of such calls is dozen times lower than the real one.

All the mentioned above should be taken into account when we choose a measurement point to obtain the quantity dependence of the user-generated repeated calls number.

Clean Answer Seizure Ratio and quality of service parameters

For the traffic management tasks it is necessary to take into account QoS parameters. One of the most important QoS parameters is ASR [4]. This parameter is defined as “On a route or a destination code basis, and during a specified time interval, the ratio of the number of seizures that result in an answer signal, to the total number of seizures” [8].

There are some repeated attempts among these call attempts. Let repeated call be the unsuccessful call that was done after the previous one from the same A-number to the same B-number during short time interval comparatively to the previous unsuccessful call. Unsuccessful call means that the result of this attempt does not enlarge NER (Network Effectiveness Ratio) parameter. In other words, if QoS in the given direction became perfect then the observed sample would not contain the repeated attempts.

It is clear that since many QoS parameters are ratios of something to the number of all calls, all these parameters are distorted with repeated calls. In this case it is useful to consider “clean” QoS parameters, e.g. “clean” ASR. Let us name it CASR – Clean Answer Seizure Ratio.

Let k be the mean number of repeated calls attempts per one initial call attempt (initial call attempt is “The first attempt of a call demand that reaches a given point of the network” [8]) in the given direction. This number depends on ASR in general. Therefore if the common number of arrived calls is n then the number of initial calls

$$n_{in} \text{ is } n_{in} = \frac{n}{k+1} .$$

So, $ASR = \frac{n_{ans}}{n} \cdot 100$, where n_{ans} is the number of answered calls. And previously defined by us “clean” ASR,

$$CASR = \frac{n_{ans}}{n_{in}} \cdot 100 \text{ amounts to}$$

$$CASR = ASR \cdot (k+1). \tag{1}$$

CASR parameter allows to calculate directly the income which is not got amount in full because of insufficient QoS. Its amount according to E.420 ITU-T after the introduction of "clean" target ASR – CTASR (Clean Target Answer Seizure Ratio) can be presented as $\frac{CTASR - CASR}{CTASR} \cdot 100$. The company receives less this percentage of its income from the traffic on given direction if QoS is low on it.

Repeated calls and quality of service parameters

Let p be loss for the given direction which causes the repeated calls. Then mean repeated calls to initial ones ratio [5, 6] is

$$k = \frac{Hp}{1 - Hp}, \quad (2)$$

where H is the subscriber persistence.

We can not measure p in the network directly. For interpretation we were guided by the definition of successful call from the network point of view according to ITU-T E.425 recommendation [7]. But this recommendation itself has a complicated fate. At first, there was no NER parameter in it in 1992. Then in November, 1998, this parameter is sharply defined through the definite set of CV (Cause Values) in SS7. And in one of the last versions in March, 2002, they prefer already not to list definite CV constituent NER, but to say common words about the dividing of all CV on user's and network's one, or to put it more precisely about the impossibility of such exact dividing.

In this paper, we assumed the set of CV for NER definition by the 1998's version of E.425 and the value of measured losses is equal to

$$q = 1 - \frac{NER}{100}. \quad (3)$$

Not all calls that included in these losses bring about the subscriber starts to repeat calls. Thus measured losses can be divided into two components: losses p that cause repeated calls and constant (relative to quality) losses p_c that don't cause repeated calls. Losses that cause repeated calls are applied to part of calls that already suffered from losses that don't cause repetitions. Therefore,

$$q = 1 - (1 - p_c)(1 - p) \quad (4)$$

and by expressing p through q and substituting in (2) we get

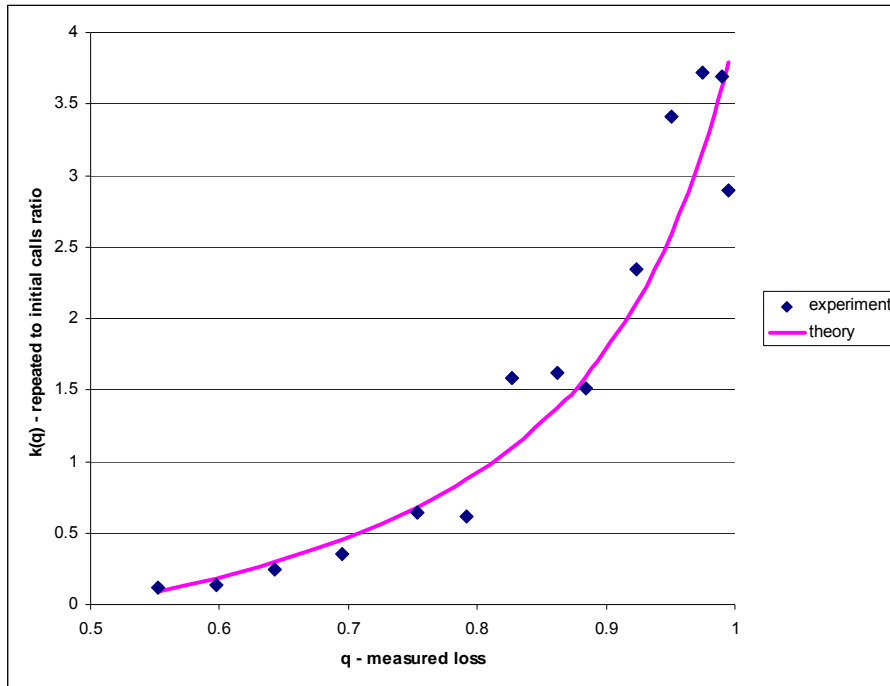
$$k(q) = \frac{(q - p_c)H}{1 - p_c - (q - p_c)H}. \quad (5)$$

In formula (5), the repeated calls to initial ones ratio dependence of measured loss for given p_c and H is expressed.

Losses and repeated calls effect on network redimensioning in the overall telecommunication system with channel switching are detailed considered in [9].

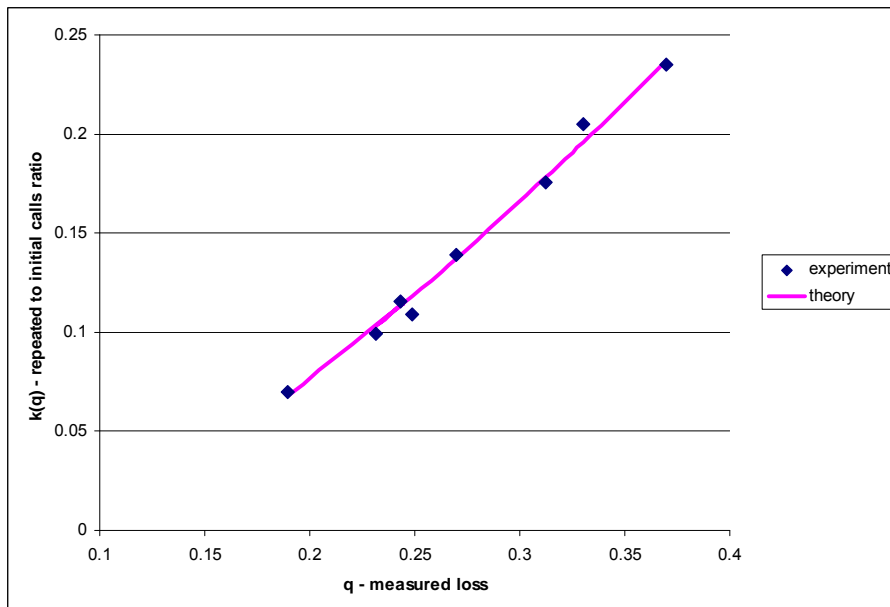
Persistence and constant loss measurement

In the OJSC "MTT" network, we measured the repeated calls to initial ones ratio dependence of losses. Indirect result of this measurement is the finding of the subscriber persistence and those losses component which does not case repeated calls. The volume of aggregation was generated by 1000 initial calls. A call was accepted as the repeated call if it was an unsuccessful call that observed from the same A-number to the same B-number not later than in 10 minutes after the previous one.



Pic. 4. $k(q)$ dependence for the Uzbekistan mobile (+99893*) destination

Measurement results for Uzbekistan mobile (+99893*) destination are shown in the picture 4. In this example, the subscriber persistence estimation $H = 0.8$ and the losses component estimation $p_c = 0.5$. The next example for Yakutiya fixed (+7411*) destination gives $H = 0.64$ and $p_c = 0.1$ (see picture 5).



Pic. 5. $k(q)$ dependence for the Yakutiya fixed (+7411*) destination

Conclusions

For any measurement in the telecommunication network, we should avoid those points of measurement where the equipment initiated repeated calls exists. Man-initiated repeated calls should be taken into account if we want to estimate the real QoS from the subscriber point of view. Modern telecommunication networks have so many alternatives for a subscriber that this parameter estimation is hardly important to keep clients of service.

The repeated calls to initial ones ratio dependence of the network measured loss is expressed by equation (5). This dependence is obtained theoretically and it is in accordance with the practice. The subscriber persistence and the constant component of loss may differ for different destinations.

The dependence $k(q)$ is nonlinear one. By this reason the measured QoS parameters are distorted by repeated calls. The more losses are the more this distortion is. Taking the dependence form into consideration allowed us to create the operator choice algorithm based on the QoS parameters "cleaned" of repeated calls for OJSC "MTT" traffic management system.

Other important application of the results obtained is in network management and optimization: values of $k(q)$ and H are important input for network redimensioning and operative resource assignment.

Bibliography

- [1] ITU-T Rec. G.805 (03/2000) Generic Functional Architecture of Transport Networks.
- [2] ITU-T Rec. E.164 (1997). The International Public Telecommunication Numbering Plan.
- [3] ITU-T Rec. E.437 (05/1999) Comparative metrics for network performance management.
- [4] William C. Hardy. QoS Measurement and Evaluation of Telecommunications Quality of Service. – John Wiley & Sons, Ltd. 2001. – 230 pp.
- [5] Yu. N. Kornyshev, G. L. Fan. Theory of Information Distribution. M.: Radio & Telecommunications, 1985. – 184 pp.
- [6] G. A. Andrianov, I. I. Tsitovich. About some features of losses influence on QoS measurement results interpretation. The 64-th Scientific Session of RNTORES Proceeding. 2009. (in print).
- [7] ITU-T Rec. E.425 (11/1998) Internal Automatic Observations.
- [8] ITU-T Rec.E.600 (1988, 1993): Terms and Definitions of Traffic Engineering.
- [9] E. Saranova (2008). Redimensioning Network Resources Based on Users' Behavior, Chapter In: Ince, Nejat; Bragg, Arnold (Eds.) "Modeling and Simulation Tools for Emerging Telecommunications Networks. Needs, Trends, Challenges, Solutions", Springer Sciences+Business Media, 2008,p.p. 389 – 409. ISBN: 978-0-387-73907-6.

Authors' Information

Gleb Andrianov – Head of Department; OJSC "Multiregional TransitTelecom", 22, Marksistskaya St, Moscow, 109147, Russia; e-mail: GAndrianov@mtt.ru

Stoyan Poryazov – Senior Researcher; Institute of Mathematics and Informatics, BAS, Acad. G.Bonthev St., bl.8, Sofia-1113, Bulgaria; e-mail: stoyan@cc.bas.bg

Ivan Tsitovich – Chief Scientific Researcher, Institute for Information Transmission Problems, RAS, Bol'shoi Karetnyi per., 19, Moscow, 127994, Russia; e-mail: cito@iitp.ru

APPLICATION OF GSM NETWORKS TO CONTROL THE HARDWARE OF SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL LABORATORY COMPLEX

Sergey Kiprushkin, Anton Kogut, Sergey Kurskov, Aleksandr Lukyanov

Abstract: *The presented paper describes a technique of remote access to the distributed information measurement and control system on basis of GSM technologies. The mechanism of remote access is implemented by means of mobile device and Siemens TC65 GSM terminal and includes developed software for transferring packets of commands between the terminal and mobile device. The terminal is connected to the distributed computer network of the laboratory complex via Atmel ATNGW 100 microprocessor board. The application protocol of the distributed information measurement and control system is proposed for interaction of mobile client and GSM server. Packets of the protocol are encapsulated in SMS messages. The access to physical equipment is realized through the standard interface servers (PXI, CAMAC, and GPIB), the server providing access to Ethernet devices, and the communication server, which integrates the equipment servers into a uniform information system. The system is used for researches in optical spectroscopy and for education at the Department of Physics and Engineering of Petrozavodsk State University.*

Keywords: *GSM networks, distributed information measurement and control system, GSM terminal, access equipment server, distance learning.*

ACM Classification Keywords: *H.3.4 Systems and Software: Distributed systems.*

Conference: *The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

Modern laboratory complexes usually represent distributed control systems for experiment, providing access to their resources over the Internet. However, in order to improve accessibility of laboratory complexes and, at the same time, enhance their protection against unauthorized access, it is reasonable to develop alternative concepts of control for experiment. Moreover, the implementation of these concepts can serve as a standby or parallel form of access to laboratory equipment, as well as the main form. In particular, it is possible to realize the remote control for equipment through GSM networks. Usage of GSM devices provides communication between experimenter, who can be located almost everywhere, and automated laboratory complex, even if it does not have connection to the global computer network. Advantages of a such approach can be considered as an opportunity to monitor the experimental setup, as well as significant savings of time and money, that would have been spent by experimenters in case of direct service of equipment in the process of long term measurements.

At the Department of Physics and Engineering of Petrozavodsk State University the distributed information measurement and control system to support scientific and educational process was created [Гаврилов et al, 2002] – [Kiprushkin et al, 2008]. This heterogeneous system includes client programs for direct control of experiment, the communication (central) server – integrating part of the system, equipment access servers (the CAMAC server, the GPIB server, the PXI server, the Ethernet devices server, the GDS-840 digital oscilloscope server, etc), measuring and executive devices and, also, the database server. The system software was written in Java. This system was designed to research the process of excitation in the atom-atom collisions [Kurskov et al, 2008], to conduct laboratory classes on the spectroscopy of beam and plasma installations, and to study the bus interfaces for data acquisition in the course “Automated systems for research” and also in the course “The organization of remote access to automated systems for information processing and management”.

Access to the system equipment has been provided via networks based on TCP/IP protocol stack.

The aim of this work is to provide access to the distributed system via GSM networks. To achieve this aim we created the GSM terminals server, which implements interaction with the communication server of the system. Also we developed a special software for mobile phones. This software ensures rapid and effective formation of command packets and forwards them to the system server by means of Short Messaging Service (SMS).

GSM Access to Laboratory Complex

To work with mobile devices (mobile phones, computers with GSM modems) the system was extended by the Siemens TC65 cellular terminal with support of a variety of technologies such as: GSM 850/900/1800/1900 MHz, GPRS Class 12, standard industrial interfaces and Java software development (Java environment allows to run applications directly on the microprocessor terminal). The terminal has a built-in TCP/IP protocol stack. The security of transmission is ensured by using HTTPS and SSL data transmission protocols.

The scheme of the interaction between a mobile phone and the distributed information measurement and control system is shown in Figure 1.

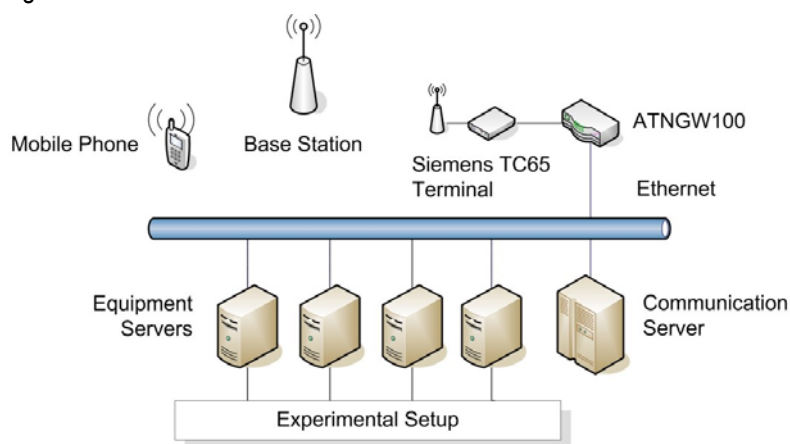


Figure 1. The scheme of the interaction between a mobile phone and the distributed information measurement and control system

In order to manage the GSM terminal and to connect it to Ethernet environment the Atmel ATNGW 100 microprocessor card was used. This card is based on AT32AP7000 32-bit microcontroller with RISC architecture.

As a control device, it completely replaces the personal computer with the clock frequency 133 MHz and several gigabytes of disk space. The Atmel ATNGW 100 board has a large set of interfaces (USB 2.0, RS-232, Ethernet, etc) and also 62 general purpose I/O ports. It runs Linux kernel based operating system.

The GSM terminal server for this board was written in Java. The main function of the server is to provide packet exchange between a GSM client and the communication server of distributed system. The functionality of the server also includes check of packets integrity, access control based on clients' phone numbers, forming answers in a readable format and sending them to clients, etc. In fact, it is a link between experimenter and the distributed information measurement and control system. The server connects to the terminal via RS-232 interface.

Command packets, which are formed, for instance, by mobile phone, consist of instructions for equipment servers of the distributed system. Response messages contain various information, e. g. current system state and results of packet processing.

The terminal receives instructions from mobile devices via SMS messages, which can be typed on mobile phone manually or with help of special software, including support of encryption. Further, the terminal informs the server about received message (in a single frame or packet). The terminal server receives frames and transmits them to the central server of the system. Thus, the terminal server plays a role of standard client of the automated

system. Feedback is also performed by means of SMS messages. So the state of claims to the command processing and the progress of experiment can be observed on the fly.

The terminal server (as any server with access to the system equipment) has a typical structure and the only difference is a library of methods, which realize interaction with the GSM terminal. The server processes requests sequentially. The server includes such classes as:

- GSMS is the main server class. It implements "listening to the network", connects to the communication server, ensures terminal initialization and sets the terminal to waiting for message mode;
- CServerProtocol defines operation codes, error codes and other constants of the communication protocol;
- QueryToEServer describes "request frame to server" object and methods of access to this object;
- ReplyFromEServer defines "response frame" object and methods of access to this object;
- GSMLib includes library of methods of access to the terminal. These methods implement AT commands delivery, as well as data receiving and data sending. I/O operations with COM port are implemented by means of external methods, written in C ("native" methods in Java).

During testing of earlier versions of the server (for personal computer, not for the ATNGW 100 microprocessor board) we discovered several deficiencies. Both the server and the client lack security. The possibility of packages interception and substitution was not taken into account. Another issue concerns ineffective use of the transmission medium.

For elimination of these disadvantages the software unit responsible for reception and transmission of messages has been significantly updated and modified. In particular, now the content of SMS message is ciphered and compressed with usage of progressive algorithm that allows to increase a quantity of the helpful compressed information in a message with comprehensible duration of process of compression.

In the packet mode ([Кипрушкин et al, 2007] and [Kiprushkin, Korolev et al, 2008]) the short sequence of integrated commands is transferred to the system, then the client is disconnected from the system. After the "start packet" command the communication server saves all subsequent commands to the file until it receives the "end of the package" command. Further, the server sequentially reads commands from the file and sends them to the appropriate equipment servers for execution. On the completion of all commands, the client receives a notification of the possibility of obtaining results. When equipment failure occurs the client, in accordance to the application protocol of the system, will receive an error message. In case of a fatal error the package execution will be stopped, and the client will get an appropriate message.

The developed software for a mobile phone forms packets of instructions for remote control of equipment. Each package consists of a frame collection defined by the protocol of the distributed information measurement system. The frame of the protocol for data exchange between a mobile device and the communication server contains an address array, function code, data type, a key (it is intended for system administration) and data [Gavrilov et al, 2002]. User interface enables sequential input of frames by selecting them from the list with further saving them as a package. The "transfer ready" command initiates the encryption of the package and the process of sending SMS message. The penultimate frame of the SMS message sets the value of time interval between the messages informing the experimenter about the state of the experiment. The package reception is confirmed by the communication server.

This special software was written in Java and intended for phones that support Java2ME platform.

Conclusion

The realized access method to resources of the distributed system has a special value for remote training and performance of some laboratory works in the course of full-time education. When computer classes, buildings and laboratories change their configuration and network security policy, the offered approach allows to bypass local area networks and provides uninterrupted access to the system.

Besides, the ATNGW 100 board allows to use computing system resources more rationally, increases period of offline work of the terminal server (with help of uninterruptible power supply), and also reduces cost and sizes of the GSM subsystem. This implementation of mobile segment of the system (perhaps with minor modifications) can be interesting not only for the remote control of experiment, but also for solution of other applied tasks.

Acknowledgements

The paper is partially financed by the project **ITHEA XXI** of the Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA and the Consortium FOI Bulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com).

We would like to express our gratitude to the laboratories' Head I. P. Shibaev for support of this work as well as Masters of Science M. A. Gvozd, N. A. Korolev, and V. V. Semin.

Bibliography

- [Гаврилов et al, 2002] С.Е.Гаврилов, Е.Д.Жиганов, С.А.Кипрушкин, С.Ю.Курсков. Распределенная информационно-измерительная система для удаленного управления экспериментом в области оптической спектроскопии. In: Научный сервис в сети Интернет. Москва, Издательство Московского государственного университета, 2002, сс. 157–159.
- [Kiprushkin et al, 2005] S.A.Kiprushkin, N.A.Korolev, S.Yu.Kurskov. Sharing of Instrument Resources on the Basis of Distributed Information Measurement System. In: Proceedings of the Second IASTED International Multi-Conference on Automation, Control, and Information Technology – Automation, Control, and Applications: ACIT-ACA 2005. Novosibirsk, ACTA Press, 2005, pp. 170-175.
- [Кашуба, Курсков, 2006] А.С.Кашуба, С.Ю.Курсков. Распределенная система управления физическим экспериментом Информационные технологии моделирования и управления, 2006, № 9(34), сс. 1166–1171.
- [Kiprushkin, Kurskov, Sukharev, 2007] S.Kiprushkin, S.Kurskov, E.Sukharev. Connection of network sensors to distributed information measurement and control system for education and research. International Journal "Information Technologies & Knowledge", 2007, Vol. 1, No. 2, pp. 171–175.
- [Кипрушкин et al, 2007] С.А.Кипрушкин, С.Ю.Курсков, Н.А.Королев. Защита ресурсов и пакетный режим работы распределенной системы управления физическим экспериментом. In: Научный сервис в сети Интернет: многоядерный компьютерный мир. Москва, Издательство Московского государственного университета, 2007, сс. 281–283.
- [Kiprushkin, Korolev et al, 2008] S.Kiprushkin, N.Korolev, S.Kurskov, V.Semin. Data protection and packet mode in the distributed information measurement and control system for research in physics. In: Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering: International Book Series "Information Science & Computing", No. 4. Eds. K.Markov, K.Ivanova, I.Mitov. Sofia, Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA, 2008, pp. 83–88.
- [Kiprushkin et al, 2008] S.Kiprushkin, S.Kurskov, V.Semin. Development of database for distributed information measurement and control system. International Journal "Information Technologies & Knowledge", 2008, Vol. 2, No. 3, pp. 283–286.
- [Kurskov et al, 2008] S.Yu.Kurskov, A.S.Kashuba. Excitation cross sections and polarization of emission in Ar-Ar collisions. Publ. Astron. Obs. Belgrade, 2008, No. 84, pp. 75–78.

Authors' Information

Sergey Kiprushkin – Senior lecturer, Petrozavodsk State University, Department of Physics and Engineering, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk-185910, Russia; e-mail: skipr@dfе3300.karelia.ru

Anton Kogut – Graduate student, Petrozavodsk State University, Department of Physics and Engineering, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk-185910, Russia; e-mail: toooqood@gmail.com

Sergey Kurskov – Associate professor, Petrozavodsk State University, Department of Physics and Engineering, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk-185910, Russia; e-mail: kurskov@psu.karelia.ru

Aleksandr Lukyanov – Graduate student, Petrozavodsk State University, Department of Physics and Engineering, Lenin Ave., 33, Petrozavodsk-185910, Russia; e-mail: luausr@onego.ru

СТАНДАРТИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ И ОБМЕНА ДАННЫХ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОГО МОНИТОРИНГА

Сергей Лавренюк, Юлия Грипич, Алла Лавренюк

Аннотация: Статья посвящена актуальному вопросу каталогизации разнородных данных – дистанционного зондирования, наземных измерений и данных моделирования. В работе предлагается концептуальный подход к созданию системы каталогизации, с учетом мирового опыта построения таких систем. Рассмотрены архитектурные особенности разрабатываемого каталога метаданных, существующие решения для каталогов метаданных, вопросы стандартизации метаданных и создания профилей метаданных, а также некоторые аспекты реализации каталога метаданных в информационной системе GEO-Ukraine.

Ключевые слова: каталог данных, метаданные, профиль метаданных, стандарт ISO 19115

ACM Classification Keywords: H.3.2 Information Storage; H.3.3 Information Search and Retrieval; H.3.5 Online Information Services

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Современные спутниковые данные представляют особый интерес для решения разнообразных задач из областей науки, сельского хозяйства и др., в целях снижения рисков стихийных бедствий, оценки последствий природных и техногенных катастроф. Данные дистанционного зондирования (ДЗЗ) по сравнению с данными наземных наблюдений обладают рядом преимуществ, в т.ч. стоимость, доступность, оперативность. Поэтому круг потребителей аэрокосмической информации в Украине и в мире расширяется.

В Украине достаточно большое количество организаций занимается решением разнообразных тематических задач, связанных с анализом данных ДЗЗ. По мере решения подобных задач в каждой организации накапливается собственный архив геопространственных данных, эффективное использование которого невозможно без его каталогизации.

В Украине разрабатывается информационная система GEO-Ukraine [1], которая должна стать украинским сегментом в международной системе систем наблюдений Земли GEOSS (www.earthobservations.org). В рамках системы GEO-Ukraine (<http://www.geoss-ukraine.org.ua>) одной из приоритетных задач является объединение уже существующих баз геопространственных данных. Однако они имеют сложную структуру, разные форматы, часто большой объем, не позволяющий активно использовать данные в сети Internet. Залогом эффективного использования данных ДЗЗ является инфраструктура хранения, поиска и предоставления этих данных на основе их структурированных описаний – метаданных.

Метаданные предоставляют необходимый и достаточный объем информации необходимый для того, чтобы понять природу и суть содержания описываемого набора данных. В данное время метаданные являются неотъемлемой частью при создании хранилищ данных и их каталогизации. Создание такого каталога метаданных упрощает управление, создание запросов, полноценное использование и понимание данных. Для унификации процессов поиска и предоставления информации в рамках единой системы необходима стандартизация наборов и форматов предоставления метаданных, т.е. необходимо разработать профиль метаданных.

Существующие решения

Проблема создания каталогов метаданных стала актуальной в связи с взрывообразным увеличением объемов данных, поступающих со спутников ДЗЗ. На данный момент каталоги метаданных созданы ведущими национальными космическими агентствами, поставщиками и дистрибьюторами данных ДЗЗ, научными организациями, работающими со спутниковыми данными. Среди существующих зарубежных каталогов метаданных следует упомянуть о каталоге данных ДЗЗ Европейского космического агентства (ESA) (<http://earth.esa.int/resources/catalogues/>) и каталоге NASA EOS Data Gateway (<http://delenn.gsfc.nasa.gov/~imswww/pub/imswelcome/>).

Каталог метаданных ESA Multi-mission Catalogue Service позволяет пользователям выполнять поиск данных ДЗЗ, отображать результаты поиска на карте, анализировать изображения для предварительного просмотра. При поиске имеется возможность указывать необходимый набор спутников и сенсоров, а также задавать временные и пространственные характеристики снимков. Поддерживается два вида пользователей – анонимные и авторизованные. Авторизованным пользователям предоставляется дополнительная услуга заказывать данные ДЗЗ в режиме online. Каталог создан для предоставления данных как со спутников ESA (ERS-1/2, Envisat), так и других миссий (Landsat, PROBA, SPOT). Для этого каталога создано несколько интерфейсов пользователя, в частности Web-интерфейс EOLI-Web (<http://eoli.esa.int/servlets/template/welcome/entryPage2.vm>), и настольное приложение EOLI-SA. Оба приложения созданы на основе технологии Java.

Каталог EOS Data Gateway является распределенной системой поиска и заказа данных ДЗЗ и результатов их обработки. Интерфейс пользователя каталога реализован в виде тонкого Web-клиента. Подсистема поиска позволяет указывать наборы данных, временные и пространственные ограничения для продуктов ДЗЗ, а также некоторые дополнительные параметры. Пользователь может просматривать атрибуты снимков, предварительные изображения данных, а также метаинформацию о наборах данных, спутниках и сенсорах. Каталог предоставляет доступ к данным NASA, в основном к данным приборов на борту спутников Aqua и Terra. Система поддерживает анонимных (guests) и зарегистрированных пользователей. Последние имеют возможность сохранять параметры поисковых запросов и результатов поиска, а также повторно использовать регистрационную информацию при заказе данных.

Среди украинских каталогов метаданных следует упомянуть каталог метаданных, созданный в ГНПЦ «Природа» и в Центре аэрокосмических исследований Земли (ЦАКИЗ). Каталог ГНПЦ «Природы» доступен в Internet по адресу http://www.pryroda.gov.ua/pryroda/search_film.do и позволяет осуществлять поиск спутниковых данных, которыми располагает организация. Каталог создан для облегчения поиска данных клиентами для заказа продукции этой организации. Поисковая система каталога позволяет осуществлять поиск данных, указывая конкретный спутник или сенсор, временные и пространственные ограничения для снимка. Имеется возможность просматривать местоположения снимков на карте и изображения снимков для быстрого просмотра. Каталог ЦАКИЗ на данный момент доступен только в Intranet-сети этой организации и позволяет проводить поиск по атрибутам снимка (спутник, сенсор), временным и пространственным параметрам снимка. Отдельно существует интерфейс внесения новых метаданных. Каталог создан для поддержки работ внутри самой организации. В Украине достаточно большое число организаций занимается тематической обработкой данных ДЗЗ и имеет накопленный архив данных, который зачастую не структурирован. Для эффективного использования существующих данных ДЗЗ необходимо создание каталога метаданных о данных ДЗЗ. Модели метаданных данных каталогов будут рассмотрены далее.

Организация инфраструктуры пространственных данных и их хранения определяются стандартами. Они задают язык и правила взаимодействия участников, без которых это взаимодействие невозможно.

В данное время разработано множество стандартов по представлению пространственных данных. Ряд международных организаций занимается проблемой стандартизации метаданных геопространственных данных.

Среди ряда международных организаций занимающихся стандартизацией геопространственных данных и геоинформационных систем необходимо отметить Федеральный комитет по географическим данным FGDC (<http://www.fgdc.gov/>) разработавший один из первых стандартов для метаданных Content Standard for Digital Geospatial Metadata. Этот стандарт использовался при построении Национальной инфраструктуры геопространственных данных службой США.

Организация Open GIS Consortium (OGC) была основана в 1994 году с целью «обеспечения спецификаций пространственного интерфейса, доступных для всеобщего использования». Основная цель консорциума OGC — создание технологий обеспечивающих прозрачность взаимодействия программных средств разных производителей, возможность конвертирования данных разных форматов и их совместного использования, открытость функциональных интерфейсов и унификация для конечных пользователей (www.opengis.org).

Наиболее общепризнанным и используемым в большинстве международных и национальных проектах является стандарт ISO 19115 Geographic information – Metadata Международной организации по стандартизации ISO/TC 211 (www.isotc211.org). Данный стандарт рекомендован к использованию в рамках международной системы GEOSS и инициативы INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe — Инфраструктура для пространственной информации в Европе), которая является основой для обмена геопространственными данными в рамках европейской программы GMES (www.gmes.info).

Стандарт ISO 19115

Основной задачей стандарта является определение методологии формирования метаданных для географической информации. В стандарте определена терминология, методология и универсальный набор элементов метаданных, посредством которых эти метаданные описываются.

Данный стандарт определяет:

- обязательные (O) и условные (Y) пакеты метаданных, их сущности и элементы;
- необходимый и достаточный набор метаданных, для большинства случаев их использования (поиск данных, определение соответствия данных, доступ к данным, передача данных и использование цифровых данных);
- необязательные (H) элементы метаданных, позволяющие расширить стандартное описание геопространственных данных при необходимости.

Метаданные представляются совокупностью UML-пакетов. Каждый пакет имеет смысловое наполнение и характеризует тот или иной аспект метаданных. Достоинством этого стандарта является то, что он представлен на Универсальном языке моделирования (UML), так как UML-диаграммы могут использоваться для генерации схемы базы данных в полном соответствии с этим стандартом. В стандарте определено 14 UML-пакетов, каждый из которых состоит из одной или нескольких сущностей (рис. 1). Сущность (UML-класс) формально описывает группы объектов, которые обладают одинаковым набором характеристик. Классы содержат элементы (атрибуты), характеризующие конкретный экземпляр метаданных.

Стандартом определен конкретный набор элементов метаданных, однако далеко не все из них используются при описании той или иной географической информации. Поэтому актуальной задачей является создание профиля метаданных для решения конкретной задачи.

Профиль метаданных является ключевым понятием геопространственных стандартов ISO и определяет специфический набор атрибутов метаданных, которые должны быть заполнены в описании для того, чтобы данное описание удовлетворяло данному профилю. Предусматривается, что профили метаданных могут создаваться как отдельными организациями, так и комитетами, работающими в направлении гармонизации. В стандарте полностью прописана процедура создания профиля метаданных.

В качестве основы для формирования профиля определен базовый набор элементов метаданных называемый «ядром метаданных», необходимый для основного документирования географических данных. Элементы «ядра метаданных» предоставляют минимальный объем информации, необходимый для понимания природы и содержания описываемого набора данных:

- информация о метаданных;
- информация о данных;
- информация о способе получения данных;
- информация о системе координат;
- информация о происхождении данных.

Дополняя базовый набор метаданных другими элементами, обеспечивается необходимая степень детализации в зависимости от решаемой задачи.

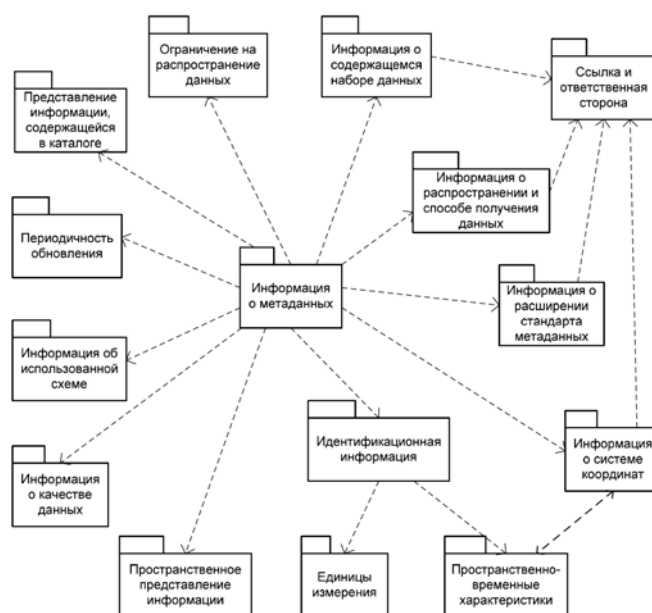


Рис. 1. UML-пакеты метаданных

Создание профиля стандарта метаданных

Профиль метаданных разрабатывается с учетом специфики предметной области в зависимости от решаемых задач и представляет собой некую «проекцию» стандарта на предметную область (рис. 2). Профиль метаданных для украинского сегмента должен быть близким к международным разработкам в этой области и соответствовать интересам Украины в лице организаций, которые являются пользователями геопространственных данных.

В стандарте ISO №19115 прописаны следующие правила создания профиля:

1. Перед созданием профиля необходимо проверить зарегистрированные профили.
2. Профиль создается в соответствии с правилами для определения расширений.
3. В профиле не изменяются имена, определения или типы данных элементов метаданных.
4. Профиль должен содержать:
 - элементы ядра метаданных;
 - все обязательные элементы метаданных во всех обязательных секциях;
 - все условные элементы метаданных во всех обязательных секциях, если набор данных удовлетворяет условию, необходимому для включения элементов метаданных в соответствующую секцию;

– все обязательные элементы метаданных во всех условных секциях, если набор данных удовлетворяет заданному условию;

– все условные элементы метаданных во всех условных секциях, если набора данных удовлетворяет условию, необходимому для наличия элементов метаданных и секции.

5. Взаимосвязи между сущностями и пакетами метаданных должны быть определены строго в соответствии со стандартом.

6. Профиль должен быть доступным каждому пользователю, получающему и использующему метаданные созданные в соответствии с этим профилем.



Рис. 2. Механизм создания пользовательского профиля метаданных

Создаваемый профиль метаданных для информационной системы GEO-Ukraine должен учитывать существующие профили метаданных ГНПЦ «Природа» и ЦАКИЗ. Поля, описывающие данные этих центров присутствуют в разрабатываемом профиле в соответствии со стандартом.

В каталоге метаданных ГНПЦ «Природа» содержатся следующие атрибуты снимков:

спутник, датчик, метод регистрации изображения, процент облачности (для оптических снимков), регион снимка (в текстовом виде), дата и время съемки, информация о спектральных каналах изображения, пространственном разрешении, формате и размере данных, координаты углов снимка, и некоторые другие параметры. Дополнительно содержится RGB-изображение снимка для предварительного просмотра.

Каталог метаданных ЦАКИЗ содержит 4 основных информационных группы разработанного профиля: информация о метаданных, идентификационная информация, способ распространения данных, ссылка на владельца данных, информация об инструменте. Информация о метаданных в данном каталоге организована по иерархическому принципу, также созданы словари, которые включают весь перечень допустимых значений соответствующих атрибутов.

Необходимым атрибутом метаданных является информация об уровне обработки космических снимков. Комитетом CEOS определены уровни обработки данных L0, L1A, L1B, L2, L3, L4. В рамках этой классификации уровень обработки снимка варьируется от необработанных данных телеметрии со спутника (уровень L0) до результатов моделирования с использованием данных ДЗЗ (уровень L4).

Обязательным элементом профиля метаданных должна быть информация об изображении предварительного просмотра. При этом желательно, чтобы эти изображения содержали данные географической привязки, что позволит создать полнофункциональный интерфейс пользователя каталога метаданных.

Каталог метаданных

Каталог метаданных, разрабатываемый в Институте космических исследований, представляет собой единое хранилище метаданных о данных ДЗЗ системы GEO-Ukraine. В будущем каталог также будет

предоставлять информацию о данных измерений in-situ, результатах тематической обработки данных ДЗЗ и результатах моделирования. Создание такого каталога будет способствовать объединению усилий в рамках системы GEO-Ukraine, создаваемой под эгидой Национального космического агентства Украины как национальный сегмент международной системы GEOSS [2]. В частности каталог позволит избежать дублирования данных в системе GEO-Ukraine, существенно упростит обработку данных ДЗЗ, распределенную между несколькими организациями (в первую очередь автоматическую), упростит заказ услуг на обработку данных ДЗЗ.

В результате анализа потребностей сообщества ДЗЗ в Украине было выделено следующие группы пользователей каталога метаданных:

- представители сообщества ДЗЗ в Украине, желающие получить доступ к данным ДЗЗ;
- представители поставщиков данных ДЗЗ и продуктов их обработки;
- автоматизированные и полностью автоматические системы обработки данных.

Исходя из выделенных групп пользователей, определены основные прецеденты использования каталога:

- интерактивный поиск данных;
- автоматический поиск данных;
- внесение метаданных в систему.

Сообщество GEO-Ukraine состоит из территориально распределенных организаций, которые занимаются обработкой данных ДЗЗ, центрами приема данных ДЗЗ, обработкой и хранением. В такой распределенной системе существуют два подхода организации метаданных в единое хранилище: централизованный и децентрализованный.

Реализация децентрализованного способа и соответствующей архитектуры единого хранилища метаданных показаны на рис. 3. В рамках децентрализованного подхода метаданные хранятся непосредственно в организациях, которые хранят эти данные. В рамках каталога метаданных ведется реестр таких центров и создана распределенная подсистема поиска данных. Для организации подсистемы поиска данных определена и стандартизирована модель метаданных, в каждом центре обработки данных создана локальная подсистема поиска данных, а также специфицирован интерфейс к поисковым системам для каждого центра. В центральной подсистеме поиска созданы адаптеры подсистем поиска для каждого центра обработки данных. Создание такой системы существенно облегчает стандартизация поисковых подсистем центров обработки данных. Для взаимодействия внешних пользователей с каталогом метаданных может быть создан единый интерфейс, в частности на Web-технологиях. По такой схеме устроен каталог метаданных EOS Data Gateway.

Достоинством данной схемы является высокая скорость обновления метаданных, поскольку они вносятся локально каждым центром обработки данных. Однако она обладает существенными недостатками, а именно:

- скорость поиска лимитирована наихудшими показателями параметров связи между центральной подсистемой поиска и центрами обработки данных, а также наихудшей производительностью подсистем поиска метаданных;
- организациям, которые желают быть представленными в каталоге, необходимо создать и поддерживать информационную инфраструктуру, в частности обеспечивать хранение метаданных, поиск по метаданным, обеспечивать надежность предоставления услуг.

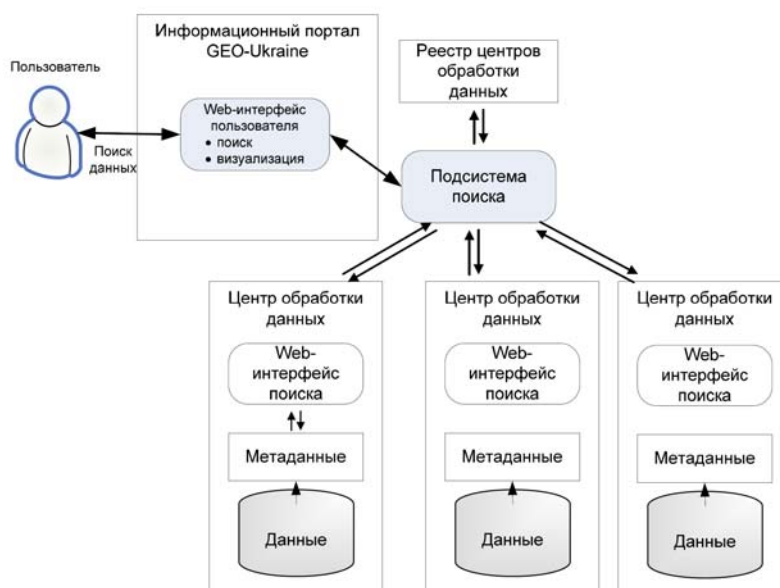


Рис. 3. Децентрализованная схема организации метаданных

В рамках централизованной схемы метаданные обо всех данных в системе хранятся в выделенном хранилище. Данная схема поддерживает несколько типов центров обработки данных (рис. 4):

- центры, поддерживающих собственное хранилище метаданных;
- центры первого типа, которые дополнительно обеспечивают поисковый интерфейс пользователя к собственному хранилищу метаданных;
- центры, не имеющие собственного хранилища метаданных.

Для работы с центрами первого и второго типов должен быть определен протокол сбора метаданных для каждого центра. Для поддержки центров третьего типа должен быть создан специализированный интерфейс, предназначенный для внесения пользовательских метаданных в каталог.

Данная схема не обладает недостатками предыдущей благодаря возможности обновления метаданных в режиме offline и поддержки нескольких типов центров обработки данных. В то же время частота обновления сведений о данных ограничена частотой сбора информации с центров обработки данных.

По данной схеме организованы большинство поисковых систем общего назначения, в частности поисковые системы Google (www.google.com) и Yahoo (www.yahoo.com).



Рис. 4. Централизованная схема организации метаданных

При создании каталога метаданных для системы GEO-Ukraine необходимо учитывать следующие особенности украинских организаций, занимающихся обработкой данных ДЗЗ:

- различное состояние информационной инфраструктуры в подобных организациях;
- существование организаций, для которых создание соответствующей инфраструктуры нецелесообразно (например, в случае небольших объемов данных);
- недостаточная обеспеченность многих организаций необходимым доступом в Internet.

Учитывая эти особенности и преимущества централизованного подхода к организации метаданных, для реализации каталога метаданных системы GEO-Ukraine была выбрана централизованная схема каталога метаданных.

В докладе будут рассмотрены рекомендации для представления и хранения пространственных метаданных, разработанные в Институте космических исследований НАНУ-НКАУ на основе стандарта ISO 19115.

Реализация каталога в системе GeoNetwork

Пилотная версия каталога метаданных реализована с помощью программного обеспечения (ПО) GeoNetwork. GeoNetwork – это свободно-распространяемое программное обеспечение с открытым программным кодом на языке Java и соответствующее условиям лицензии GNU General Public License v2. Разработчиком системы GeoNetwork является организация FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).

Среди основных свойств данного ПО необходимо отметить следующие:

- Поддержка разнообразных стандартов метаданных, в том числе ISO 19115 и 19139;
- Возможность задавать собственные профили ISO 19115;
- Создание, редактирование, импорт элементов метаданных;
- Возможность реализовать поиск метаданных по многим критериям, в том числе – геопространственным;
- Возможность поддержки OGC CSW как в роли клиента, который выполняет сбор информации из других каталогов (harvesting), так и в роли сервера, который может быть описан вышеуказанным каталогом;
- Возможность локализации.

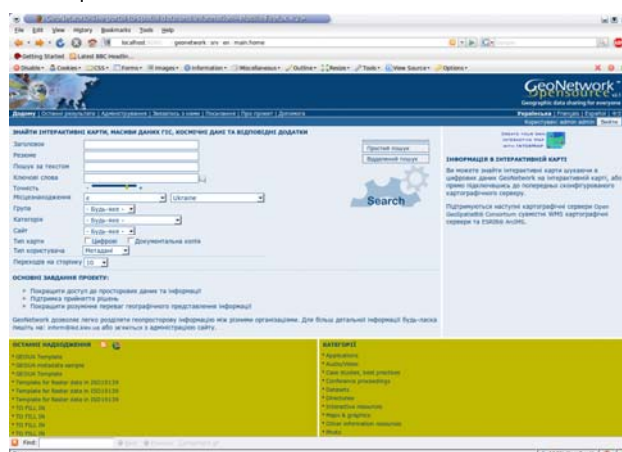


Рис. 5. Поисковый интерфейс ПО

GeoNetwork можно интегрировать с многими элементами информационной инфраструктуры, как с свободнораспространяемыми, так и коммерческими. Для хранения метаданных могут быть использованы следующие базы данных:

- McKoi (используется для отладки);
- MySQL;
- PostgreSQL;
- Oracle.

В качестве сервера приложений, в который интегрируется Geonetwork, могут выступать свободно распространяемые продукты Jetty и Tomcat, либо коммерческий IBM Websphere. Такая гибкость позволяет интегрировать Geonetwork в существующую информационную инфраструктуру.

На рис. 5 и 6 изображены реализованные интерфейсы поиска метаданных и интерфейс редактирования элемента метаданных соответственно.

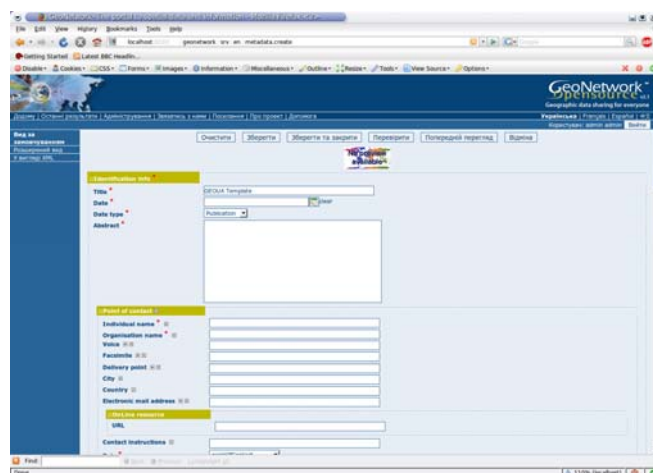


Рис. 6. Интерфейс редактирования

Выводы

В данной статье предложен концептуальный подход к созданию системы каталогизации, с учетом мирового опыта построения таких систем, а также описана его реализация в системе GeoNetwork.

Создаваемые каталоги данных и метаданных планируется интегрировать с иерархическим каталогом метаданных системы систем GEOSS.

Литература

- [1] Федоров О.П., Куссиль Н.Н., Шелестов А.Ю. Задачи и перспективы развития в Украине информационной системы наблюдения Земли из космоса// Проблемы управления и информатики. — 2006. — №6. — С. 116–121.
- [2] Global Earth Observation System of Systems GEOSS. 10-Year Implementation Plan Reference Document. Noordwijk, Netherlands: ESA Publication Division. 2005. 212 p

Авторы

Лавренко Сергей Иванович – Институт космических исследований НАН и НАКА Украины, научный сотрудник, проспект Академика Глушкова 40, 03680 Киев, Украина; e-mail: inform@ikd.kiev.ua.

Грипич Юлия Антоновна - Институт космических исследований НАН и НАКА Украины, инженер-программист 1 кат., проспект Академика Глушкова 40, 03680 Киев, Украина; e-mail: inform@ikd.kiev.ua.

Лавренко Алла Никоваевна – Национальный технический университет Украины «КПИ», доцент, проспект Победы 37, 03056 Киев, Украина; e-mail: alla_l@i.com.ua.

ФРАКТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Адиль Тимофеев

Аннотация: Обсуждаются проблемы фрактального моделирования и многокритериальной оптимизации, возникающие при проектировании и системном анализе компьютерных сетей (КС). Предлагаемый подход основан на методе построения множества недоминируемых (наилучших на рассматриваемом множестве) альтернатив и методе построения логических функций переменной значности по базе данных, содержащей информацию об альтернативах, в роли которых выступают типовые топологические структуры КС.

Keywords: фрактальное моделирование, многокритериальная оптимизация, компьютерная сеть.

ACM Classification Keywords: E.4 CODING AND INFORMATION THEORY

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

В последние годы важное значение приобретают проблемы фрактального моделирования и оптимизационного проектирования компьютерных сетей (КС) [1–3]. В настоящей работе предлагается решение этих проблем на основе нечетких моделей построения множества недоминируемых (наилучших на рассматриваемом множестве) альтернатив и метода построения логической функции по базе данных, содержащей информацию об альтернативах, в роли которых выступают типовые топологические структуры КС. Исследуемые КС характеризуются конечным числом признаков (критериев) и типовыми топологиями узлов и каналов связи.

Определим оценочную функцию альтернативных топологических схем КС в виде отображения

$$f_j : X \rightarrow \mathbf{R}, j = 1, 2, \dots, m. \quad (1)$$

Функции (1) формализуют оценку альтернативных топологий КС по некоторому признаку (критерию). Назовем эту функцию функцией полезности. Для конечного числа признаков n КС получим систему из m функций полезности вида (1).

Модели поисковой оптимизации фрактальных топологий КС

Постановка задачи и модель поиска наилучших альтернатив по конечному набору признаков при нечеткой исходной информации описаны в [3–5]. В этих работах требуется найти множество объектов (альтернатив, фракталов), оптимальных по максимально возможному количеству из n критериев (признаков). При этом, если специально не вводятся коэффициенты относительной важности критериев, то считается, что все критерии равнозначны и важность любого из n критериев равна n^{-1} .

Результатом решения задачи поиска является получение нечеткого множества объектов (множества недоминируемых альтернатив) и их интегральных оценок. Каждая из этих оценок показывает, насколько исследуемый объект (например, топология КС) не ухудшаем (оптимален) по отношению к другим объектам. Иными словами, всякое улучшение какого-либо объекта по некоторому критерию приводит к его ухудшению хотя бы по одному из оставшихся $n - 1$ критериев.

Другим эффективным методом моделирования свойств объектов в слабо формализуемых областях знаний является метод описания объектов при помощи переменнзначных логических предикатов [2–6].

Этот подход позволяет не только воспроизвести результаты, полученные при помощи аппарата нечетких множеств, но и обобщить и распространить их на задачи распознавания образов, диагностики состояний и т.п. При этом значение логической переменной можно понимать не только как взаимнооднозначное отображение значений функции полезности, но и как описание альтернатив или состояний объектов, вообще говоря, не связанное с понятием степени полезности.

Такая интерпретация значений логических предикатов позволяет рассматривать значение логической функции как описание совокупности автоматных состояний системы, включающих рассматриваемое множество альтернатив или объектов. Например, цвета: «синий», «зеленый» и «красный» в рамках такого подхода будут выражать лишь состояние, в котором находится объект по характеристике «цвет». При этом не утверждается, что «красный» самый лучший цвет, а «синий» или «зеленый» являются самыми худшими.

Таким образом, предлагаемая логическая модель описания альтернатив или объектов в терминах переменных предикатов является более универсальной, чем нечеткая модель. Значение соответствующей логической функции при конечной интерпретации является автоматом, характеризующим наиболее подходящие (близкие к запрошенной) совокупности состояний объекты. С другой стороны, формализовать совокупность состояний рассматриваемых объектов по каждому из n критериев-предикатов намного проще, чем оценить (например, при помощи эксперта), какое из указанных состояний является наилучшим, а какое – наихудшим.

2. Фрактальный анализ и многокритериальная оптимизация КС

Развитие современных информационных и телекоммуникационных технологий приводит к необходимости фрактального моделирования и многокритериальной оптимизации КС [1,3,5].

КС традиционно описывается неориентированным графом без петель и кратных ребер, узлам которого соответствуют сетевые компьютеры, а ребрам – каналы связи [6]. При сравнительном анализе и многокритериальной оценке КС важную роль играет их топологическая структура, т.е. топология узлов и каналов связи, и критерии (признаки), отражающие наиболее важные аспекты функционирования КС.

Наиболее существенными критериями (признаками) эффективности КС являются

- надежность;
- стоимость;
- пропускная способность.

Базовыми топологиями КС будем называть совокупность следующих пяти типовых топологий:

- полноячеистая топология;
- кольцевая топология;
- топология «звезда»;
- линейная топология;
- смешанная топология.

Задача состоит в нахождении оптимальной топологической структуры проектируемой КС с учетом описанных выше критериев (признаков).

Многокритериальный анализ любых сложных объектов (в данном случае сетевых топологических структур) является трудно формализуемой задачей [6,7]. Связано это с тем, что критерии, как указывалось выше, оказывают на анализируемый объект различное (чаще всего противоположное) влияние. Например, увеличение надежности КС приводит к появлению избыточных связей, требует более качественного оборудования и т.д. Стремление к удешевлению КС приводит к упрощению ее структуры и, как следствие, ведет к снижению надежности.

Наиболее успешным подходом при решении задачи поиска оптимальной топологии КС с учетом нескольких критериев являются модернизированные логические алгоритмы, использующие переменныхзначные предикаты [2–6].

Логические модели и алгоритмы хорошо зарекомендовали себя при решении различных задач. Это связано с тем, что они делают возможным логический анализ исходной предметной области и позволяют оптимизировать поиск.

Основной целью при решении рассматриваемой задачи является моделирование минимальной и полной системы аксиом, описывающих КС. Использование такой минимизированной базы данных аксиом позволяет провести автоматизированное разбиение характеризуемых топологий КС на классы и их качественный анализ. Вследствие этого возможен сокращенный вывод по заданному запросу с автоматической минимизацией (т.е. удалением) избыточной информации и логический поиск по оптимизированной базе данных.

Предлагаемый подход в сравнении с другими методами дает более продуктивную возможность для автоматизированного решения поставленной задачи многокритериальной оптимизации сетевых топологических структур КС. Эта возможность, т.е. получение оптимального решения по заданному запросу, особенно важна для проектировщика (или лица, принимающего решение), так как она уже на стадии проектирования позволяет учесть особенности будущего функционирования КС.

3. Результаты вычислительных экспериментов и рекомендации

Обозначим критерии надежности, стоимости и пропускной способности КС буквами A, B, C соответственно, а анализируемые топологии «полночестую», «звезду», «кольцо», «линейную», «смешанную» буквами

$$F - \text{"Full"}, S - \text{"Star"}, R - \text{"Ring"}, L - \text{"Line"}, M - \text{"Mix"}.$$

Используем подход, учитывающий плотности значений оценочных функций [3]. При этом интервал $[0, 1]$ для каждого из критериев разбивается на интервалы переменной длины в соответствии с расстояниями между значениями оценок. Такое разбиение порождает для трех критериев логические переменные различных значностей, а именно: для $A - 4$, для $B - 3$, для $C - 5$.

Соответствующая база данных приведена в табл. 1.

Таблица 1

Топология	Надежность (0-3)	Стоимость (0-2)	Пропускная способность (0-4)
Полночестая	3	0	4
Звезда	2	1	1
Кольцо	0	1	0
Линейная	1	2	2
Смешанная	2	1	3

Выбор топологии КС может быть осуществлен при помощи анализа частот присутствия искомого идентификатора (сетевой топологической структуры) в вычисленной логической функции.

В данном случае имеем следующие соотношения: " S, M, S, R, M, M ". Отметим, что дизъюнкт четвертой группы прикладного значения не имеет и поэтому при анализе значения функции не учитывается.

Соотношение частот будет следующим:

$$R = 1/6, S = 2/6, M = 3/6.$$

Таким образом, при заданных условиях приходим к следующим выводам:

- Наиболее предпочтительной является "смешанная" топология;
- Менее предпочтительна топология КС типа "звезда";
- "Кольцевая топология" КС является наименее предпочтительной.

В процессе решения задач фрактального моделирования и многокритериальной оптимизации альтернатив были программно реализованы алгоритм вычисления выше описанных оценочных функций

по заданным критериям (признакам), а также алгоритм построения и оптимизации логической функции, основой для построения которой является исходная база данных о КС. В рассматриваемой примере эта база данных содержит исследуемые топологические структуры КС и их анализируемые характеристики (критерии). Вычислительные эксперименты проводились при следующих предположениях: для всех сравниваемых топологий КС число узлов $N = 6$, а каналы связи имеют одинаковую пропускную способность или совпадают по длине. В результате моделирования были получены оценки, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Топология	Надежность	Стоимость	Проп. способность
Полноячеистая	1.0000	0.3333	1.0000
Звезда	0.2429	0.8333	0.5000
Кольцо	0.0000	0.8333	0.4567
Линейная	0.0667	1.0000	0.5800
Смешанная	0.2000	0.8333	0.7222

Заключение

Предложенные переменнзначные логические модели и методы многокритериальной оптимизации КС имеют ряд преимуществ по сравнению с нечеткими моделями и методами. Они позволяют сделать теоретически обоснованные выводы и сформулировать практические рекомендации при сравнительном анализе и многокритериальной оптимизации альтернативных топологий КС.

Благодарности

Работа выполнена при частичной поддержке грантов РФФИ–08-08-12183-офи и РФФИ № 09–08–00767 и Программы № 1 (GRID) Президиума РАН.

Литература

- [1]. Тимофеев А.В. Мульти-агентные системы управления региональными телекоммуникационными сетями. – Материалы международной конференции «Моделирование устойчивого регионального развития (МУРР–2007)». Изд. КБНЦ РАН, Нальчик, 2007, с. 45–50.
- [2]. Лютикова Л.А., Тимофеев А.В., Сгурев В.В., Йоцов В.И. Развитие и применение многозначных логик и сетевых потоков в интеллектуальных системах. // Труды СПИИРАН, вып. 2, 2005. С. 114–126.
- [3]. Тимофеев А.В., Димитриченко Д.П. Модели и методы многокритериальной оптимизации альтернатив // Труды СПИИРАН. Вып. 7. – СПб.: Наука, 2008.
- [4]. Димитриченко Д.П. О взаимосвязи нечетких отношений и логических структур, построенных для оптимизации процедур поиска. Доклады АМАН т. 10, №1, Нальчик 2008. С 101–105.
- [5]. Димитриченко Д.П. К вопросу об интерпретации дизъюнктов переменнзначных логических функций, построенных по базе знаний сетевых топологических структур. // Вестник ВГТУ. 2008. Том 4. № 4. С. 81–85.
- [6]. Тимофеев А.В., Сырцев А.В. Модели и методы маршрутизации потоков данных в телекоммуникационных системах с изменяющейся динамикой. – М.: Новые технологии, 2006, 85 с.
- [7]. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. – М.: Наука, 2006. – 410 с.

Информация об авторе

Тимофеев Адиль Васильевич – заведующий лабораторией информационных технологий в управлении и робототехнике Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук, доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия, д. 39, СПИИРАН, tav@ias.spb.su

СТРУКТУРНЫЙ СИНТЕЗ СЕТЕЙ С ТЕХНОЛОГИЕЙ MPLS

Елена Зайченко, Юрий Зайченко

Abstract: The problem of MPLS computer networks structural synthesis under constraints is considered. The method of network structure optimization is suggested which utilizes ideas of genetic algorithm. The experimental investigations of the suggested algorithm are presented and discussed.

Keywords: MPLS network, structure synthesis, quality of service (QoS), network optimization

ACM Classification Keywords: C2. Computer-communication networks

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Одной из наиболее перспективных телекоммуникационных технологий является технология многопротокольной коммутации меток (MPLS). Эта технология предоставляет унифицированный транспортный механизм для передачи разнотипной информации – аудио, видео и данных на высоких скоростях и обеспечивает заданное качество обслуживания (QoS).

Одной из важных задач, которые стоят перед проектировщиками сетей с технологией MPLS есть задача структурного, или топологического синтеза сети, под заданную входную нагрузку, в результате которой определяется общая структура сети, типы каналов связи, их пропускные способности, распределение потоков при ограничениях на заданный уровень QoS для потоков разных классов обслуживания (Class of Service) по критерию стоимости. При этом как дополнительные ограничения могут выступать показатели надежности и живучести сети.

В рамках решения задачи построения сети, кроме задачи выбора топологии, стоит задача выбора оптимальных пропускных способностей будущей сети при априори неизвестных, то есть нераспределенных потоках, базируясь лишь на требованиях к объему данных, которые должны передаваться между узлами сети. Решение этой задачи является необходимым для оценки стоимости построенной структуры, следовательно, и для выбора оптимальной.

Ранее задачи структурного синтеза сети с перспективными технологиями рассматривались для сетей с технологией ATM (Asynchronous Transfer Mode) и был разработан и исследован достаточно эффективный алгоритм оптимизации структурного синтеза, который учитывает специфику технологии ATM в частности наличие нескольких категорий сервиса CBR, VBR и ABR [Зайченко Е.Ю., 2003].

Целью настоящей работы является постановка и формализация задачи синтеза структуры сетей с технологией MPLS, разработка соответствующего метода ее решения и его исследования.

Математическая модель задачи структурного синтеза сетей

Задано множество узлов сети $X = \{x_j\}$ $j = \overline{1, n}$ - маршрутизаторов MPLS (так называемых LRS – Label Switching Routers), их размещение по территории региона, набор пропускных способностей каналов связи $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ из которых ведется синтез их удельных стоимостей на длины $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$, определены классы обслуживания CoS (Class of Service), известны матрицы входящих требований для k -го класса $H(k) = \|h_{ij}(k)\|$ $i, j = \overline{1, n}$; $k = 1, 2, \dots, K$, где $h_{ij}(k)$ – интенсивность k -го класса, который необходимо передавать из узла i в узел j за единицу времени (Кбит/с).

Кроме того, введены ограничения на показатели качества QoS для каждого класса k в виде ограничения на среднюю задержку $T_{зад,k}$, $k = \overline{1, K}$

Требуется найти структуру сети в виде набора каналов связи (КС) $E = \{(r, s)\}$, выбрать пропускные способности (ПС) каналов связи $\{\mu_{rs}\}$ и найти распределение потоков всех классов $F(k) = [f_{rs}(k)]$, таким образом, чтобы обеспечить передачу требований всех классов $H(k)$ в полном объеме и с задержками T_{cp} , не превышающими заданные $T_{зад,k}$ и при этом бы выполнялись ограничения на долю потерянных пакетов CLP_k , а стоимость сети была бы минимальной [Зайченко Е.Ю., 2006].

Составим математическую модель данной задачи синтеза.

Требуется найти такую структуру сети E , для которой:

$$\min_{E\{\mu_{rs}\}} C_{\Sigma}(M) = \sum_{(r,s) \in E} C_{rs}(\{\mu_{rs}\}) \quad (1)$$

при условиях

$$T_{cp}(\{\mu_{rs}\}; \{f_{rs}\}) \leq T_{зад,k} \quad k = \overline{1, K}, \quad (2)$$

$$f_{rs} < \mu_{rs} \quad \text{для всех } (r, s), \quad (3)$$

$$\mu_{rs} \in D, \quad (4)$$

$$CLP_k(\{\mu_{rs}\}; \{f_{rs}\}) \leq CLP_{k зад}, \quad (5)$$

где $CLP_k(\{\mu_{rs}\}; \{f_{rs}\})$ - доля потерянных пакетов для потока k -го класса (приоритета), $CLP_{k зад}$ - заданное ограничение на эту величину.

В работе [Зайченко Е.Ю., 2007] было получено следующее выражение для средней задержки $T_{cp,k}$:

$$T_{cp,k}(\{\mu_{rs}\}, F) = \frac{1}{H_{\Sigma}^{(k)}} \sum_{(r,s) \in E} \frac{f_{rs}^{(k)} \sum_{i=1}^K f_{rs}^{(i)}}{(\mu_{rs} - \sum_{i=1}^{K-1} f_{rs}^{(i)}) (\mu_{rs} - \sum_{i=1}^K f_{rs}^{(i)})} \quad (6)$$

при условии, что $\sum_{i=1}^K f_{rs}^{(i)} = f_{rs} < \mu_{rs}$ где $f_{rs}^{(i)}$ - величина потока класса i в КС (r, s) .

В работах [Зайченко Е.Ю., 2007] получено следующее выражение для величины доли потерянных пакетов в каналах (r, s) :

$$CLP_{rs} = P_k = P_0 (f_{rs} / \mu_{rs})^{n_{rs}} \frac{1}{n_{rs}!} \left(\frac{f_{rs}}{n_{rs} \mu} \right)^{N_{rs}}, \quad (7)$$

где

$$P_0 = \left[\sum_{k=0}^{n_{rs}} \left(\frac{f_{rs}}{\mu} \right) \frac{1}{k!} + \left(\frac{f_{rs}}{\mu} \right)^{n_{rs}} \frac{1}{n_{rs}!} \sum_{k=1}^N \left(\frac{f_{rs}}{n_{rs} \mu} \right)^k \right]^{-1} - \quad (8)$$

нормирующий множитель, n_{rs} - число цифровых каналов базовой пропускной способности μ (1.544 Мбит/с) в линии связи (r, s) ; N_{rs} - размер буфера коммутатора MPLS, выделенного для потока k -го класса.

Тогда вероятность отсутствия потерь пакетов в сети из множества каналов E равна $P = \prod_{(r,s) \in E} (1 - CLP_{rs})$, а средняя вероятность, (доля) потерянных пакетов K -го класса в целом по сети

равна

$$CLP_k = 1 - P = 1 - \prod_{(r,s) \in E} (1 - CLP_{rs}(\mu_{rs}; f_{rs})). \quad (9)$$

Данная задача синтеза структуры относится к классу комбинаторных задач дискретного программирования и является NP - полной задачей. Поэтому для ее решения предлагается генетический метод структурного синтеза.

Описание метода структурного синтеза

Метод состоит из двух этапов: предварительного и основного [Зайченко Е.Ю., 2006].

Цель предварительного этапа: синтезировать начальную структуру сети, удовлетворяющую условиям заданной связности.

На основном этапе, состоящем из однотипных итераций, осуществляем оптимизацию структуры текущей сети по стоимости при ограничениях на заданные значения показателей качества QoS.

На предварительном этапе, используя алгоритм Исау-Вильямса, сначала строим кратчайшее связывающее дерево из исходных узлов, а затем дополняем его до заданной связности 2.

Переходим на первую итерацию оптимизации основного этапа.

На этом этапе используется генетический алгоритм структурного синтеза. При этом генерируется случайным образом популяция из N начальных структур $E_1(0), E_2(0), \dots, E_N(0)$, что необходимо для реализации генетического метода.

Основной этап.

Этот этап состоит из однотипных итераций, на каждой из которых осуществляется оптимизация текущей структуры в памяти по критерию стоимости при ограничениях на среднюю задержку.

($k+1$) итерация.

Допустим, что в результате k -й итерации построена текущая популяция $\Pi = \{E_1(k), \dots, E_i(k), \dots, E_N(k)\}$. Обозначим через $C_\Sigma(E_i(k))$ - величину критерия для структуры $E_i(k)$.

1. С вероятностью $p_i(k)$ обратно пропорциональной $C_\Sigma(E_i)$ выбираем структуру $E_i(k)$ для модификации.

В качестве $p_i(k)$ выбираем:

$$p_i(k) = \frac{C_\Sigma(E_i(k))^{-1}}{\sum_{i=1}^N C_\Sigma(E_i)^{-1}}. \quad (10)$$

2. Для структуры $E_i(k)$ определяем множество КС - претендентов на удаление $R_{y_{\phi_i}}(k)$ по условиям сохранения заданной связности и множество КС - претендентов на ввод $R_{\phi_{\phi_i}}(k)$.

3. Для КС $(r, s) \in R_{y_{\phi_i}}(k)$ вычисляем показатель неэффективности

$$q_{rs} = C_{rs}(1 - \rho_{rs}) = C_{rs} \left(\frac{\mu_{rs} - f_{rs}}{\mu_{rs}} \right) \quad (11)$$

и с вероятностями $q_{rs} = \frac{q_{rs}}{\sum_{(r,s) \in P_{y_{\phi_i}}} q_{rs}}$ выбираем канал (r^*, s^*) , удаляем его из структуры $E_i(k)$ и

получим $E_i^{(n)}(k) = E_i(k) \setminus (r^*, s^*)$.

4. Для структуры $E_i^{(n)}(k)$ решаем задачу анализа сети, а именно ВПС РП, используя алгоритм ВПС и РП, описанные в [Зайченко Е.Ю., 2007], и находим новые ПС $\{\mu_{rs}^{(n)}(k)\}$ и распределение потоков $F^{(n)}(k) = [f_{rs}^{(n)}(k)]$. Вычисляем её стоимость $C_\Sigma^{(n)} = C_\Sigma(\{\mu_{rs}^{(n)}\})$.

5. Сравнение. Если

$$C_\Sigma^{(n)}(k) < C_\Sigma(E_i(k)), \quad (12)$$

то полагаем $E_i(k+1) = E_i^{(n)}(k)$ и записываем структуру $E_i(k+1)$ вместо $E_i(k)$ в популяцию П. И конец итерации (k+1). Иначе на шаг 6.

6. Анализируем множество КС претендентов на ввод - $R_{\text{вв},i}(k)$, для них рассчитываем показатели эффективности от ввода в структуру КС (i, j)

$$G_{ij}^{\text{вв}} = C(\pi_{ij}) - C_{ij}, \quad (13)$$

где $C(\pi_{ij}) = \sum_{(r,s) \in \pi_{ij}} C_{rs}(f_{rs}) \cdot \frac{f_{rs}^{(i,j)}}{f_{rs}}$ - стоимость передачи информации между узлами i и j по

маршруту π_{ij} в структуре $E_i(k)$;

C_{ij} - стоимость введения нового КС (i, j) ;

$f_{(r,s)}^{(i,j)}$ - доля трафика в КС (r, s) между узлами (i, j) ;

f_{rs} - суммарный трафик в КС (r, s) .

7. С вероятностями $P_{ij}^{\text{вв}} = \frac{G_{ij}}{\sum_{(i,j) \in P_{\text{вв}}} G_{ij}}$ выбираем из множества $R_{\text{вв},i}(k)$ КС (i^*, j^*) и вводим его в

структуру $E_i(k)$. Получим структуру $\bar{E}_i^{(H)}(k) = E_i(k) \cup (i^*, j^*) \setminus (r^*, s^*)$.

8. Для структуры $\bar{E}_i^{(n)}$ решаем задачу ВПС РП, используя алгоритмы ВПС и РП, находим новые ПС $\{\mu_{rs}^{(n)}(k)\}$ и поток $\{f_{rs}^{(n)}(k)\}$, а также стоимость новой сети:

$$C_\Sigma^{(n)}(k) = C_\Sigma(\bar{E}_i^{(n)}(k)) = \sum_{(r,s) \in \bar{E}_i^{(n)}} (\mu_{rs}^{(n)}(k))$$

9. Проверяем условие: если $C_\Sigma^{(n)}(k) < C_\Sigma(E_i(k))$, (14)

то фиксируем структуру $\bar{E}_i^{(n)}(k) = E_i(k+1)$, записываем структуру $E_i(k+1)$ вместо $E_i(k)$ в текущую популяцию П. Конец итерации.

10. В противном случае восстанавливаем прежнюю структуру $E_i(k)$ и удаляем КС (i^*, j^*) из списка претендентов: $R_{\text{вв},i}(k) = R_{\text{вв},i}(k) \setminus (i^*, j^*)$ и переходим на шаг 11.

11. Проверка условия $P_{\text{вв}}(k) \neq \emptyset$. Если да, то на шаг 6. Иначе на шаг 12.

12. Удаляем КС (r^*, s^*) из списка претендентов на удаление $P_{\text{уд}}^{(H)}(k) = P_{\text{уд}}(k) \setminus (r^*, s^*)$.

13. Проверка условия $P_{\text{уд}}^{(H)}(k) \neq \emptyset$. Если да, то восстанавливаем структуру $E_i(k)$. Восстанавливаем исходное множество претендентов на ввод $P_{\text{вв}}(k)$ и на шаг 2. Повторяем шаги 2-13. Иначе на шаг 14.

14. Восстанавливаем прежнюю структуру $E_i(k)$. Она не может быть улучшена и зафиксируем ее в популяции $\Pi(k)$.

Выбор другой структуры $E_j(k)$ из популяции $\Pi(k)$.

Повторяем с ней шаги 1=13 до тех пор, пока один либо из них не закончится исходом (14), и тогда конец (k+1)-й итерации, либо фиксируем в популяции структуру $E_j(k)$ как такую, которая не может оптимизирована и выбираем очередную структуру и из популяции для $\Pi(k)$ оптимизации.

Метод прекращает работу, когда все текущие структуры некоторой популяции $\Pi(r)$ будут зафиксированы, как невозможные для улучшения. Тогда выбираем из популяции структуру $E_i(k)$ с минимальным значением критерия C_Σ и конец работы метода.

Как следует из приведенного описания, данный метод использует идеи генетического алгоритма вместе с направленным перебором вариантов.

Поскольку используется механизм селекции, то на каждой итерации значение критерия улучшается. Этим обеспечивается сходимость к оптимальному решению.

В данном случае получаемая структура является локально-оптимальной. Но вместе с тем, при некотором усложнении механизмов генерации новых структур (потомков) и увеличении числа итераций можно обеспечить сходимость к глобально-оптимальному решению

Экспериментальные исследования

С целью реализации предложенного метода структурного синтеза была разработана соответствующая программа синтеза сетей MPLS, которая вошла составной частью в инструментальный программный комплекс "MPLS NETBuilder". Были проведены ее экспериментальные исследования в процессе проектирования глобальной сети с технологией MPLS Украины. В процессе экспериментов варьировались матрицы требований входящих потоков, ограничения на показатели качества обслуживания. Некоторые из результатов приводятся ниже.

В первой серии экспериментов исследовались зависимости получаемых структур сетей от величин матриц входящих требований $H(r)$. При этом матрица требований для класса r умножалась на коэффициент k : $H(r) = k H_0(r)$.

В первом эксперименте принималось $k=0,2$. Оптимальная структура приводится на рис.1.



Рис. 1. Оптимальная структура стоимостью 6265,9 тыс. у.е

В следующих экспериментах коэффициент k менялся в интервале $[0.5-2.0]$. Синтезированная структура сети для $k=1.0$ приводится на рис.2.

Анализируя структуры сети, полученные при варьировании коэффициента пропорциональности k в диапазоне $0.2-2.0$, можно сделать вывод об *устойчивости базовой структуры (бекбона) сети* в широком диапазоне вариации входящей нагрузки (при десятикратном её увеличении). Это свидетельствует о высокой эффективности разработанного метода структурного синтеза сетей.

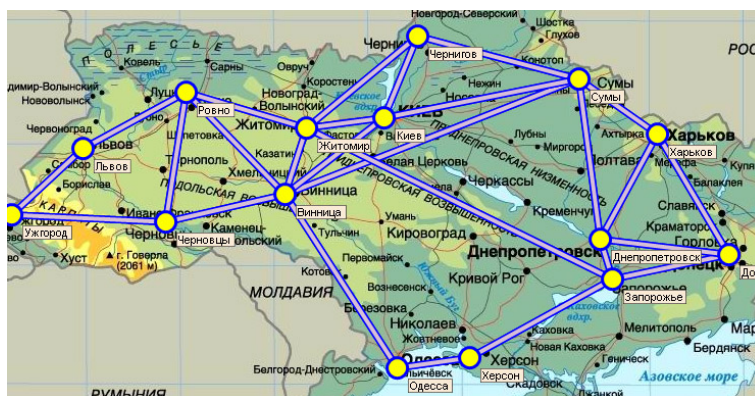


Рис. 2. Структура сети для $k=1$

Проведем сравнение полученных результатов структурного синтеза сетей с решением задачи ВПСРП для базовой структуры сети при варьировании коэффициента k .

В таблице 1 приведены следующие результаты для структур с оптимизированной топологией и для структур с фиксированной топологией, (оптимизированной при $k=1$) и оптимизированными с помощью алгоритма ВПС РП пропускными способностями:

Таблица 1

Коэффициент	Оптимизированная структура	Оптимизированные ПС с использованием ВПСРП
0,2	6265,934	8052,466
0,4	9117,214	10463,3
0,6	12056,44	12973,66
0,8	15432,63	15546,2
1	18560,43	18560,43
1,2	19057,57	22800,82
1,4	22385,43	Нет решения
1,6	25971,16	Нет решения
1,8	27787,29	Нет решения
2	34928,58	Нет решения

Как видим, полученная зависимость стоимости от суммарной интенсивности входящих потоков близка к линейной, что хорошо согласуется с теорией. При этом оптимизация структуры сети дает существенно лучшие результаты по сравнению с просто оптимизацией пропускных способностей при фиксированной структуре.

В последующих экспериментах исследовалась зависимость стоимости синтезируемых структур от значений средней задержки T_{cp} для различных классов сервиса. В этих экспериментах варьировались ограничения на T_{cp} для различных категорий сервиса. При этом величина $k=1$. Соответствующие

результаты приводятся в таблице 2. Анализируя их можно сделать вывод, что тем жестче требования по задержке, тем выше стоимость сети, что хорошо согласуется теоретическими положениями.

Таблица 2. Зависимость стоимости сети от средней задержки

Задержка	Оптимизированная структура тыс. у.е
1	18790,2
0,3	19449,8
0,12	20233
0,06	20410
0,03	20937,2

Заключение

В работе предложен метод структурного синтеза сетей с технологией MPLS при ограничениях на показатели качества обслуживания. Метод использует идеи генетической оптимизации и позволяет синтезировать субоптимальную структуру сети по критерию стоимости. Проведены экспериментальные исследования предложенного метода, позволяющие оценить его эффективность.

Благодарности

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теории и Приложений FOI ITHEA и Консорциума FOI Bulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com).

Литература

- [Зайченко Е.Ю., 2003] Зайченко Е.Ю. Сети ATM: Моделирование, анализ и оптимизация. – Киев ЗАТ «ВИПОЛ».- 2003.-224с.
- [Зайченко Е.Ю., 2007] Зайченко Е.Ю. Комплекс алгоритмов оптимизации сетей с технологией MPLS// Системні дослідження та інформаційні технології-2007.-№4.-с.58-71.
- [Зайченко Е.Ю., 2006] Зайченко Е.Ю., Зайченко Ю.П., Ашраф АбдельХилал Абу-Аин. Структурный синтез компьютерных сетей с технологией MPLS // Системні дослідження та інформаційні технології-2006.-№4.-с.65-70.

Информация об авторах

Зайченко Елена Юрьевна, профессор, д.т.н., кафедра «Институт прикладного системного анализа». Киев, НТУУ «КПИ», ул. Политехническая 14. тел: +8(044)287-69-67.

Зайченко Юрий Петрович, профессор, д.т.н., кафедра «Институт прикладного системного анализа». Киев, НТУУ «КПИ», ул. Политехническая 14. тел: +8(044)241-86-93,
e-mail: baskervil@voliacable.com

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ЗАЩИТЫ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С УДАЛЕННЫМ ДОСТУПОМ

Александр Миков, Елена Замятина, Михаил Панов

Аннотация: В работе рассматривается распределенная система имитации Triad.Net с удаленным доступом. Обсуждаются программные средства, позволяющие исследователям удаленно и совместно с другими исследователями через Internet взаимодействовать с имитационной моделью, а также наблюдать за поведением модели во время имитационного эксперимента. Реализация удаленной системы диктует необходимость разработки подсистемы защиты, которая осуществляет обнаружение вторжений и противодействует злоумышленникам. Для реализации подсистемы защиты был выбран мультиагентный подход, позволяющий осуществить эффективную работу в компьютерной сети.

Keywords: Имитационное моделирование; системы защиты от вторжений; мультиагентная система.

ACM Classification Keywords: I.6 Simulation and Modelling – I.6.2 Simulation Languages; I.2 Artificial Intelligence – I.2.5 Programming Languages and Software – Expert system tools and techniques.

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

В настоящее время актуален переход к созданию распределенных систем имитационного моделирования (СИМ). Как известно, имитационное моделирование является одним из наиболее часто используемых, а иногда и единственным методом исследования сложных систем. Сложность задач, решаемых методом имитационного моделирования, является причиной разработки такого программного обеспечения, которое позволило бы использовать ресурсы гетерогенных или гомогенных многопроцессорных или мультимикросистемных вычислительных систем (ВС). Кроме того, актуально и предоставление пользователям средств удаленного доступа к имитационным моделям. Исследователи, которые находятся в разных географических точках, получают возможность работать над одним имитационным проектом, совместно разрабатывать имитационные модели и наблюдать за ходом имитационного эксперимента. Удаленный доступ требует предоставления средств защиты от взломов и внешних атак, проработки вопросов аутентификации, прав доступа для пользователей различных категорий, т.е. разработки специальной подсистемы безопасности. Прежде, чем остановиться на обсуждении вопросов, связанных с проектированием и реализацией подсистемы безопасности, рассмотрим архитектуру распределенной системы имитации.

Распределенная система имитации

Распределенная система имитации разрабатывается с применением технологии .Net. Использование технологии .Net дают возможность реализовать гибкую компонентно-ориентированную систему. Для синхронизации распределенных объектов имитационной модели разработаны консервативный и оптимистический алгоритмы. Triad.Net является распределенной версией системы моделирования Triad. Первая версия этой системы разрабатывалась в 90-х годах и предназначалась для автоматизированного проектирования и моделирования вычислительных систем. Первоначальная цель отразилась на представлении имитационной модели. В Triad принято графовое представление модели. Модель является иерархической, т.е. каждая вершина в слое структур может быть расшифрована подструктурой.

Входной язык описания моделей содержит переменные типа «модель». Над моделями определены операции. Операции определены как для моделей в целом, так и для каждого слоя (в Triad модель представлена слоем структур, рутин и сообщений.). Имитационная модель может быть описана средствами языка Triad или построена в результате исполнения некоторого алгоритма преобразования модели. Подсистема анализа модели обеспечивает получение информации по заранее сформулированному запросу, а не ограничивать пользователя строго регламентированным набором собираемых данных. Такой подход к сбору информации позволяет избежать избыточности собранной информации или того, что она окажется недостаточной.

Рассмотрим особенности представления имитационной модели в Triad.Net, особое внимание уделим программному механизму, используемому для исследования моделей: информационным процедурам. Именно этот механизм авторы разработки используют для реализации удаленного доступа к модели и ряда компонентов системы безопасности.

Представление имитационной модели

Описание имитационной модели в Triad состоит из трех слоёв [Mikov, 1995]: слоя структур (*STR*), слоя рутин (*ROUT*) и слоя сообщений (*MES*). Таким образом, модель в системе Triad можно определить как $M = \{STR, ROUT, MES\}$.

Слой структур представляет собой совокупность объектов, взаимодействующих друг с другом посредством посылки сообщений. Каждый объект имеет полюса (входные P_{in} и выходные P_{out}), которые служат соответственно для приёма и передачи сообщений. Слой структур представляют графом. В качестве вершин графа следует рассматривать отдельные объекты. Дуги графа определяют связи между объектами. Объекты действуют по определённому алгоритму поведения, который описывают с помощью рутины (*rou*). Рутинa представляет собой последовательность событий, планирующих друг друга. Выполнение события сопровождается изменением состояния объекта. Рутинa так же, как и объект, имеет входные (Pr_{in} и выходные Pr_{out}) полюса. Входные полюса служат соответственно для приёма сообщений, выходные полюса – для их передачи. В множестве событий рутины выделено входное событие e_{in} . Все входные полюса рутины обрабатываются входным событием. Обработка выходных полюсов осуществляется остальными событиями рутины. Для передачи сообщения служит специальный оператор *out* (*out* <сообщение> *through* <имя полюса>). Совокупность рутин определяет слой рутин *ROUT*. Слой сообщений (*MES*) предназначен для описания сообщений сложной структуры. Система Triad реализована таким образом, что пользователь может описать только один слой. Так, если возникает необходимость в исследовании структурных особенностей модели, то можно описать в модели только слой структур.

Информационные процедуры

Для сбора, обработки и анализа имитационных моделей в системе Triad.Net существуют специальные объекты – информационные процедуры и условия моделирования. Информационные процедуры и условия моделирования реализуют алгоритм исследования.

Информационные процедуры ведут наблюдение только за теми элементами модели (событиями, переменными, входными и выходными полюсами), которые *указаны* пользователем. Если в какой-нибудь момент времени имитационного эксперимента пользователь решит, что следует установить наблюдение за другими элементами или выполнять иную обработку собираемой информации, он может сделать соответствующие указания, подключив к модели другой набор информационных процедур. Информационные процедуры являются единственным средством системы для одновременного доступа к элементам модели, принадлежащим разным объектам. Именно с помощью информационных процедур пользователь может осуществить взаимодействие (в том числе и удалённое) с объектами модели во время имитации. Условия моделирования анализируют результат работы информационных процедур и определяют, выполнены ли условия завершения моделирования. Система имитации Triad.Net

располагает языковыми средствами для описания алгоритмов работы информационных процедур. При изменении значения переменной, за которой ведётся наблюдение, при выполнении события, указанного пользователем, или после прихода (передачи) сообщения на входной полюс происходит подключение информационной процедуры к конкретному элементу модели (посредством параметров интерфейса) и данные обрабатываются по заданному в информационной процедуре алгоритму

Информационные процедуры и условия моделирования используют и для сбора информации о поведении модели, о ее характеристиках и в подсистеме защиты информации (внутренний уровень).

Реализация удаленного доступа

В СИМ Triad реализован удаленный доступ к имитационной модели [Mikov, 2007]. Удаленное взаимодействие с моделью осуществляется информационными процедурами. Разработан портал «Имитационное моделирование» и удаленный доступ можно осуществить через него. Программное обеспечение, реализующее СИМ Triad разделено на следующие модули: а) IMPortal – Интернет-портал, основанный на метаданных, который может использоваться отдельно от всего остального проекта как самостоятельное приложение; б) TriadCore – библиотека типов, содержащая описание базовых структур, используемых в имитационной модели; в) TriadEditor – графический пользовательский интерфейс для редактирования моделей (TriadEditor используется в модуле IMPortal для предоставления пользователям системы возможности совместной удаленной работы над моделями); г) TriadClient – приложение Windows, которое можно применять при однопользовательской работе с моделью или когда нет доступа к Интернет; TriadService-сервис Windows, используемый для выполнения моделей.

Подсистема защиты имитационной модели

Поскольку СИМ Triad предоставляет пользователям возможность удалённого доступа к модели, то возникает необходимость в защите СИМ от внешних атак злоумышленников.

Кроме удаленного режима работы СИМ Triad предоставляет сервисы для локальной работы с имитационной моделью. Однако компоненты модели распределены по отдельным компьютерам вычислительной системы и обмениваются сообщениями во время выполнения. Следовательно, злоумышленник может вмешаться в работу СИМ, заменив нужное сообщение, а результаты проведения имитационного эксперимента в этом случае станут недостоверными. Это может повлечь за собой принятие неверных решений. Для решения этой проблемы необходимо, чтобы система обнаружения вторжений отвечала не только за защиту компонента IMPortal, но и проводила анализ внутренних сообщений, которыми обмениваются компоненты системы Triad.NET.

Итак, ко всем перечисленным модулям системы Triad.NET добавляется еще один модуль TriadSecurity, который представляет собой систему обнаружения вторжений в объектно-ориентированную распределенную систему имитации Triad.NET.

При разработке подсистемы безопасности было принято решение выбрать мультиагентный подход. В защиту этого решения можно выдвинуть следующие аргументы: а) эффективная реализация задач, связанных с работой в компьютерных сетях (поиск, распределенная обработка информации); б) гибкая настройка системы, возможность в рамках одной системы реализовать разные подходы к решению задачи, поручив их реализацию разным агентам; в) масштабируемость за счёт возможности добавления или удаления агентов; г) увеличение функциональности за счет введения новых агентов; д) дополнительная степень защиты от злоумышленников за счет децентрализованного управления агентами.

В модуле TriadSecurity выделяют два уровня: а) внешний уровень модуля защиты системы Triad.NET (TriadInterSecurity); б) внутренний уровень (TriadIntraSecurity). *Внешний уровень* модуля защиты находится на сервере для публикации Web-приложений, взаимодействует с модулем IMPortal и предназначен для защиты системы от несанкционированного вмешательства через удаленный доступ.

Внутренний уровень находится на сервере БД и предназначен для защиты системы от попыток взлома изнутри, то есть от сообщений злоумышленника, направленных на разрушение таких компонентов системы, как TriadCore и TriadService.

Для взаимодействия этих уровней в рамках подсистемы защиты был выделен специальный агент: *агент взаимодействия уровней защиты*. Основной функцией этого агента является оповещение агентов внешнего уровня защиты о результатах работы агентов внутреннего уровня защиты. Любая система обнаружения вторжений при выявлении атаки на защищаемую систему должна сформировать некоторую ответную реакцию. В нашем случае при формировании ответной реакции необходимо учесть результаты работы агентов как внешнего, так и внутреннего уровней защиты. Особенно актуальным это становится при проведении распределенной атаки на систему Triad.NET, когда часть злоумышленников проводит атаку через удаленный доступ к системе, а другая часть злоумышленников, авторизовавшись в качестве легальных пользователей системы, пытается нанести ей вред изнутри. Было принято решение о том, что функция формирования ответной реакции подсистемы защиты будет возложена на внешний уровень защиты. Связано это, прежде всего, с тем, что вероятность проведения атак через удаленный доступ выше, чем вероятность проведения атак изнутри системы, так как проведение внутренней атаки требует преодоления внешнего уровня защиты.

Таким образом, легко выделяется следующая *вертикаль взаимодействия уровней подсистемы защиты*: администратор системы Triad.NET – внешний уровень защиты модуля TriadSecurity – внутренний уровень защиты модуля TriadSecurity.

Любую мультиагентную систему можно описать следующими множествами [Тарасов, 2002]: $MAS = \{A, E, R, Org, Act, Com, Ev\}$, где A – множество всех агентов, способных функционировать в некоторой среде E , находящихся в определённых отношениях R , и взаимодействующих друг с другом, формируя некоторую организацию Org , обладающих рядом индивидуальных и совместных действий Act (стратегий поведения и поступков), включая коммуникативные действия Com , и характеризуется (как и отдельные агенты) возможностями эволюции Ev . Каждый из агентов может быть охарактеризован следующими множествами $\langle S, Prog, Eff, Arch, P, A, G, E \rangle$, где E – среда, в рамках которой функционирует агент; S – множество рецепторов агента, с помощью которых он получает информацию о состоянии окружающей его среды; Eff – множество эффекторов, с помощью которых агент воздействует на окружающую среду; P – информация, которую агент получает от своих рецепторов; A – действия, которые совершает над окружающей его средой агент при помощи своих эффекторов; $Prog$ – алгоритм работы с информацией, поступающей агенту от рецепторов, направленный на формирование действий агента над окружающей средой ($Prog: P \rightarrow A$); G – множество целей агента; $Arch$ – архитектура агента.

Итак, целью мультиагентной системы защиты является определение следующих параметров: а) типа проводимой атаки; б) компонента системы, на который проводится атака; в) времени начала атаки; компьютера, с которого проводится атака; г) реакции на вторжение. Были выделены агенты следующих типов: а) агент-датчик (агент-сенсор); б) агент выявления атаки внешнего уровня защиты; в) агент реагирования; г) агент выявления атаки внутреннего уровня; д) агент взаимодействия с пользователем; агент взаимодействия уровней защиты. Рассмотрим более подробно функции каждого из них. Взаимодействие агентов подсистемы представлено на рис.1.

Агенты-датчики

К источникам внешних угроз относятся сетевой трафик и журналы регистрации. В подсистеме Triad.Net реализованы агенты-датчики, собирающие информацию из сетевого трафика, поскольку информация о любом удаленном воздействии, так или иначе, содержится в сетевом трафике, а журналы регистрации используются как вспомогательный источник. Опасаясь замедления реакции подсистемы защиты при сборе и обработке информации о системных журналах, авторы приняли решение не реализовывать агенты-датчики, собирающие информацию из сетевых журналов. Агент-датчик является реактивным, поскольку ему не нужна ни развитая модель внешнего мира, ни внутренняя память, ни мотивация, зато чрезвычайно важна быстрота его реакции [Тарасов, 2002]. Количество агентов-датчиков зависит от

масштабов вычислительной сети, точное их число определяет администратор системы Triad.NET. Архитектура агента-датчика является достаточно простой, в его работе можно выделить следующие этапы: рецепторы агента захватывают сетевой пакет, передают его исполнительному модулю агента (множество P); исполнительный модуль агента проводит разбор заголовка сетевого пакета по определенному алгоритму, о котором будет рассказано позднее (алгоритм $Prog$); эффекторы агента выкладывают результаты его работы на «доску объявлений» (множество A).

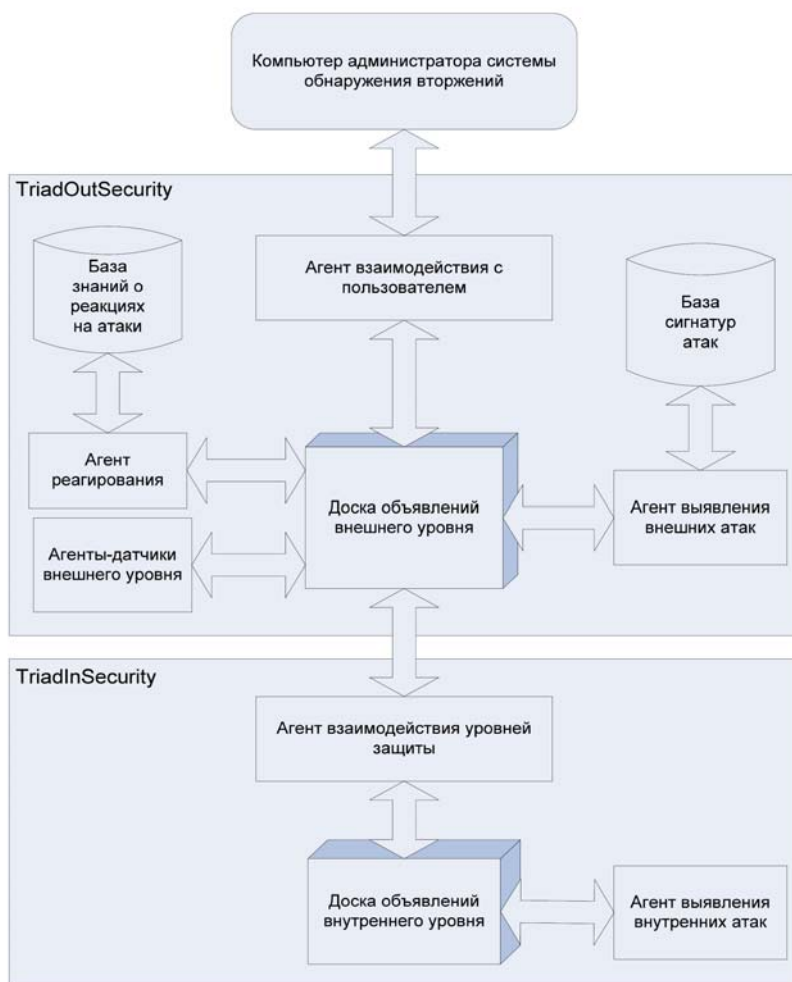


Рис.1. Взаимодействие агентов подсистемы защиты

Агент выявления атаки

Агент выявления атаки, несомненно, является самым важным компонентом всей подсистемы обнаружения вторжений, ведь именно ему предстоит решить самую сложную задачу – обнаружить попытку вторжения в систему Triad.NET (множество G целей агента). Этот агент реализуется как когнитивный агент с развитой моделью внешнего мира, у него должна быть своя внутренняя память, но главное – он должен уметь вести сложные и рефлексивные рассуждения. Основным компонентом агента выявления атаки является специальная база сигнатур атак. Под сигнатурой мы будем понимать некоторый признак трафика, определяющий одну из известных атак. База сигнатур состоит из правил. В базе сигнатур атак агент выявления атак хранит правила, описывающие различные виды атак, известные подсистеме обнаружения вторжений. Естественно, с появлением новых атак база сигнатур атак должна пополняться. Эту проблему должен решать сам агент выявления атаки, пополняя базу сигнатур. Кроме того, предусмотрен специальный компонент приобретения знаний, позволяющий администратору системы самому добавлять новые правила в базу сигнатур атак. Агент выявления атак функционирует

следующим образом: рецепторы агента сканируют «доску объявлений» с целью выявления новых записей с информацией о заголовке некоторого сетевого пакета и передают эту запись исполнительному модулю агента (множество P); исполнительный модуль агента, используя встроенный механизм вывода, базу сигнатур атак и внутреннюю (рабочую) память агента, анализирует эту запись на наличие информации о вторжении (алгоритм *Prog*); эффекторы агента выкладывают результаты анализа на «доску объявлений» (множество A).

Агент реагирования

Внешний уровень защиты формирует некоторую реакцию подсистемы обнаружения вторжений на выявленную атаку и предлагает этот вариант администратору системы. Формированием реакции внешнего уровня защиты занимается специально выделенный агент – агент реагирования (множество G целей агента). Это когнитивный агент, обладающий развитой моделью внешнего мира, внутренней памятью и мотивацией, кроме того, он должен иметь возможность проводить сложные рассуждения для определения верной реакции подсистемы защиты. Архитектура агента реагирования схожа с архитектурой агента выявления атаки за исключением того, что агент реагирования взаимодействует с базой знаний о реакциях на атаки. Функционирование агента реагирования можно описать следующим образом: рецепторы агента сканируют «доску объявлений» с целью выявления новых записей с информацией о подозрительных сетевых пакетах и передают эту запись исполнительному модулю агента (множество P); исполнительный модуль агента, используя встроенный механизм вывода, базу знаний о реакциях на атаки и внутреннюю (рабочую) память агента, анализирует эту запись с целью формирования ответной реакции подсистемы защиты (алгоритм *Prog*); эффекторы агента выкладывают результаты анализа на «доску объявлений» (множество A). При работе исполнительного модуля может сложиться ситуация, при которой агент реагирования не сможет по имеющимся у него данным сформировать реакцию системы. В этой ситуации агент реагирования обратится за помощью к своим рецепторам и потребует от них определенной информации с «доски объявлений» (например, он может потребовать информацию обо всех сетевых пакетах, пришедших с определенного IP-адреса).

Агент взаимодействия с пользователем

Назначение агента взаимодействия с пользователем – поддержка диалога с пользователем, которым в данной ситуации чаще всего будет администратор системы Triad.NET. Агент взаимодействия с пользователем является типичным реактивным агентом. Работа агента заключается в следующем: а) предоставление администратору информации о состоянии подсистемы защиты, а именно, списка сетевых пакетов, обрабатываемых подсистемой, с их параметрами (при этом администратор может динамически менять список отображаемых параметров); б) предоставление администратору информации об обнаруженных на систему Triad.NET атаках и возможные варианты реакции на создавшуюся ситуацию; в) предоставление администратору возможности запуска и остановки других агентов системы; г) предоставление администратору возможности различных настроек подсистемы безопасности.

Агент взаимодействия уровней защиты

Агент взаимодействия уровней защиты является самым простым агентом подсистемы защиты от вторжений, функцией этого агента является оповещение агентов внешнего уровня защиты о результатах работы агентов внутреннего уровня защиты. Безусловно, агент взаимодействия уровней защиты является реактивным, а его работа включает следующие действия: сканирование «доски объявлений» внутреннего уровня защиты в поисках любой новой информации и передача найденной записи эффекторам агента; добавление найденной записи на «доску объявлений» внешнего уровня защиты.

В предыдущих разделах данной работы были выделены агенты, входящие в состав мультиагентной подсистемы защиты TriadSecurity, были определены функции этих агентов и их архитектура. На следующем этапе необходимо спроектировать архитектуру уже всей подсистемы защиты, определив тем самым способ взаимодействия агентов.

Архитектура подсистемы защиты

В качестве базовой архитектуры для подсистемы защиты TriadSecurity была выбрана Blackboard-архитектура (архитектура «доски объявлений»), которая включает в себя следующие компоненты: «доска объявлений», которая отвечает за хранение сведений, доступных всем источникам знаний (агентам); источники знаний (агенты) – сущности, реализующие обработку этих сведений с целью решения тех задач, которые были поставлены как перед всей мультиагентной системой в целом, так и перед отдельно взятыми агентами этой системы. Результаты работы любого из агентов мультиагентной системы оказываются на «доске объявлений», после чего могут быть использованы любым другим агентом для достижения своих целей.

«Доска объявлений» – это тот компонент системы, который обеспечивает взаимодействие между всеми без исключения агентами подсистемы TriadSecurity, связывает всех агентов для решения общей задачи и является хранилищем всей информации о работе подсистемы обнаружения вторжений. Ранее упоминалось, что существует две «доски объявлений»: по одной на каждый уровень защиты. Вся информация с внутренней «доски объявлений» попадает и на внешнюю «доску объявлений».

С внутренней «доской объявлений» ведут работу всего два агента: агент выявления атак внутреннего уровня выкладывает на «доску объявлений» результаты своей работы, а агент взаимодействия уровней защиты сканирует «доску объявлений» с целью переноса всех новых записей на внешний уровень защиты. На «доске объявлений» внешнего уровня защиты выкладывается информация для множества агентов подсистемы защиты. Соответственно, возникает потребность в структуризации внешней «доски объявлений» с целью разграничения доступа к ней агентов подсистемы защиты: каждый агент подсистемы защиты сканирует информацию только на определенной части «доски объявлений», а не всю доску, что увеличивает быстродействие системы, а, следовательно, и быстроту ее реакции на вторжения.

Таким образом, «доска объявлений» внешнего уровня защиты представляет собой нормализованную базу данных, условно разделенную на три части (по той причине, что три агента взаимодействуют с «доской объявлений») с целью разграничения доступа агентов к «доске объявлений» и сокращения поиска агентами необходимой им информации.

Реализация подсистемы защиты имитационной модели

Архитектура приложения TriadSecurity базируется на принципах многослойной архитектуры, т.е. в рамках приложения выделяется несколько независимых слоев, каждый из которых работает со своими структурами данных и взаимодействует со смежными слоями, получая или, наоборот, отправляя запросы на обработку той или иной информации.

В приложении TriadSecurity выделяют следующие слои архитектуры: *Data Access Layer* (уровень доступа к данным), этот уровень отвечает за взаимодействие агентов с «доской объявлений» (класс *DataAccessOperations* реализует генерацию различных SQL-запросов от агентов подсистемы обнаружения вторжений к «доске объявлений»); *Agents Layer* (уровень работы агентов подсистемы), на этом уровне функционируют все агенты подсистемы обнаружения вторжений, за исключением агента взаимодействия с пользователем; *Presentation Layer* (уровень взаимодействия с пользователем), на этом уровне функционирует агент взаимодействия с пользователем, предоставляя администратору информацию о текущем состоянии системы.

Внутренний уровень подсистемы защиты имитационной модели

В настоящее время реализован внешний уровень подсистемы защиты имитационной модели. Внутренний уровень подсистемы защиты будет реализован с использованием механизма информационных процедур. Именно информационные процедуры являются удобным средством, которое может зафиксировать аномальное значение сообщения на входе объекта распределенной имитационной модели, определить верную последовательность событий, выполняющуюся в модели, зарегистрировать неверное значение

переменной в заданный момент модельного времени и т.д. Кроме того, информационные процедуры являются единственным средством для доступа к различным объектам имитационной модели в конкретный момент времени.

Заключение

Итак, в статье рассмотрены вопросы реализации подсистемы защиты распределенной имитационной модели с удаленным доступом. В настоящее время наиболее полно реализован компонент, который отвечает за выявление внешних атак и защиту от них. В статье приведена архитектура подсистемы, при проектировании которой применен мультиагентный подход, рассмотрен перечень агентов, их назначение, их функции и аспекты реализации.

Благодарности

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теории и Приложений FOI ITHEA и Консорциума FOI Bulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com).

Библиографический список

- [Mikov, 1995] Mikov A.I. Simulation and Design of Hardware and Software with Triad // Proc.2nd Intl.Conf. on Electronic Hardware Description Languages, Las Vegas, USA, 1995. Pp. 15-20.
- [Mikov, 2007] Alexander Mikov, Elena Zamyatina, Anton Firsov. Software for Remote Parallel Simulation// International Journal «Information Theories & Applications», Vol.14, № 4, Varna,2007, Pp. 389-395.
- [Тарасов, 2002] Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, практика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. – 352 с.

Сведения об авторах

Александр Миков – Кубанский государственный университет, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительные технологии»; Россия, г. Краснодар, ул. Аксайская, 40/1-28;
e-mail: alexander_mikov@mail.ru

Елена Замятина – Пермский государственный университет, доцент кафедры математического обеспечения вычислительных систем, Россия, г. Пермь, 614017, ул. Тургенева, 33–40;
e-mail: e_zamyatina@mail.ru

Михаил Панов – Пермский государственный университет, выпускник кафедры математического обеспечения вычислительных систем, Россия, г. Пермь, ул. Юрша, 21-271;
e-mail: panov-mikhail@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ОЦЕНОЧНОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ АНАЛИЗА УСЛОВИЙ ДОСТУПА К КЛАСТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ

Вячеслав Чумаченко

Аннотация: Рассмотрены вопросы построения информационного обеспечения территориального кластера и создания сети доступа для его участников. Рассмотрена проблема оценивания сети доступа как сложной развивающейся системы на примере использования векторной оценочной модели.

Ключевые слова: территориальный кластер, векторная оценочная модель, информационная система, сеть доступа, оценка набора параметров.

ACM Classification Keywords: C.2. Computer-communication networks, H. Information Systems - H.1 Models and Principles, K. Computing Milieux - K.6 Management of computing and information system

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Исходные предпосылки

Формирование агрегированных оценок представляет собой достаточно распространенную задачу. Она возникает при проведении квалиметрии (оценке качества), при управлении техническими или хозяйственными объектами, коллективами, при сравнении проектов, оценке знаний, определении эффективности или риска. Иными словами, эта задача возникает всегда, когда нужно получить некоторое обобщенное, интегральное представление, а объект в норме описывается набором частных, локальных признаков.

В данной работе описываются начальные этапы проектирования информационной системы (ИС) для территориального кластера, в которых и ставится цель получить агрегированное, обобщенное представление о возможных вариантах построения сети доступа для этой ИС и оценку этих вариантов. Таким образом, можно выделить ряд задач: выделение требований участников территориального кластера к сети; описание (модели) объекта для построения агрегированной оценки параметров сети; анализ результатов оценивания для корректирования весовых коэффициентов векторной модели и пр.

При этом под оценочной моделью понимается не только формирование некоторого набора алгоритмов вычисления оценки на основании множества внутренних факторов, но также построение связей между свойствами и требованиями к ним, расстановка весовых коэффициентов и определение эталонов, проектирование системы обратной связи для проверки результатов и корректирования весов, системы анализа результатов и т.д.

Для решения теоретических и практических задач важным вопросом является определение (отбор, формирование и т. д.) индикаторов развития, параметров, определяющих направленность, устойчивость, качество анализируемого или управляемого развития. При построении эффективного информационного обеспечения территориального кластера в нашем случае эта задача выливается, в частности, в поиск ответов на следующие немаловажные вопросы:

- из каких компонент и связей складывается кластерная структура?
- каким образом должен быть реализован доступ для разных участников кластера и какие виды услуг следует внедрить на территории района?

- за счет каких телекоммуникационных и информационных средств может быть повышена эффективность работы участников кластера, как будет проходить дальнейшее развитие ИС, какие цели будут более приоритетными?

1. О смысле формирования кластерной структуры

Под кластером следует понимать партнерское объединение по территориальному признаку производителей товаров или услуг - с поставщиками, смежниками и другими разными институциями с целью получения индивидуальной и совокупной экономической или другой выгоды на основе комплексного удовлетворения своих производственных потребностей и запросов потребителя [1]. Для хранения данных и обеспечения связей между фигурантами кластера, то есть, для решения не только информационных, но и организационных/координационных задач очень важной и необходимой явится развитая и потому эффективная ИС. Телекоммуникационные связи формируют сеть доступа, а общая ИС позволяет быстро обмениваться информацией, в том числе и инновационными разработками.

Несколько соображений необходимо высказать о метазадаче, в этом случае будет более понятной роль и значимость телекоммуникационной системы в целом и её информационного блока, в частности.

При формировании стратегии социально-экономического развития в целом одной из наиболее важных проблем является построение новых организационных форм и создание их эффективного инфраструктурного обеспечения. В настоящее время принципиальное значение приобретает взаимодействие государства, бизнеса и различных институциональных структур как трех важнейших субъектов региональной экономической политики, а также сетевое взаимодействие различных компаний между собой в реализации эффективных муниципальных программ и проектов, прежде всего наукоемких. Такое взаимодействие достигается в рамках кластерных структур, представляющих собой эффективное объединение (не всегда формальное) определенной совокупности взаимосвязанных между собой компаний, а также государственных и общественных институтов, имеющих некоторый общий интерес.

Примерами таких объединений может быть взаимодействие автопарка кластера (возможно, состоящего из нескольких фирм) с такими социальными объектами, как школа или больница. Второстепенным является вопрос об экономической взаимовыгоде, в данном случае возможна материальная поддержка автопарка муниципалитетом, а школа может, например, помочь в каких-либо работах автопарку. Обслуживание местным, то есть единым, автопарком участников кластера позволяет более централизованно управлять перевозками и распределять нагрузку на транспорт и на дороги. Предоставление информации о дорогах, обработка заявок и прочей документации, согласование различных вопросов в кратчайшие сроки — все это возможно при работе единой кластерной информационной системы. Последняя, в свою очередь, должна внедрять новейшие телекоммуникационные (VoD, IPTV и т.д.) и информационные технологии (СУБД, электронный документооборот, программы Е-бизнеса, элементы электронного управления и т.д.).

Работа экологов и медиков часто требует принятия немедленных решений и быстрого взаимодействия, так как речь идет, в первую очередь, о здоровье населения. Внедрение современных медицинских технологий диагностики и лечения (передача рентгеновских снимков, электронные медицинские книжки) позволит не только экономить время медицинских работников, но и сохранять жизни людей. Работа экологов часто связана с выездами на объекты, и для связи им необходим комплекс беспроводных технологий, позволяющий обмениваться информацией и передавать результаты исследований с объекта или результаты мониторинга с датчиков в кратчайшие сроки.

Кластеризация вообще, и для территории – особенно, приводит к социализации действий — привлечению населения к производству (борьба с безработицей в районе), увеличению количества участников

(повышение устойчивости производства, резервирование), созданию открытого информационного общества. Особенно нужно отметить, что создание не отраслевого, а территориального кластера станет одним из уверенных шагов к подготовке самоуправления территории, децентрализации власти. Повышение экономических показателей становится стимулом для получения соответствующего позитивного эффекта от внедрения новых информационных и организационных технологий.

К сожалению, как отмечается в [1], в стране накоплено большое количество безотлагательных проблем, которые существенно сдерживают развитие кластерных структур в Украине. К важнейшим можно отнести:

- диспропорция в размещении производительных сил, торможения социально-экономического развития, медленное осуществление рыночных превращений на местах;
- распыленность финансовых ресурсов, слабые результаты инвестиционной деятельности;
- отсутствие прогнозных и программных документов развития отдельных регионов, территориальных единиц и отраслей экономики;
- низкая инвестиционная привлекательность регионов;
- недостаточно развитая инфраструктура регионов как в производственной, так и непромышленной сферах;
- рост безработицы, особенно в депрессивных районах;
- серьезный дефицит квалифицированных кадров в области развития предпринимательства.

2. Структура сети доступа и телекоммуникационной сферы (участники и связи)

В первую очередь, исследуя коммуникационную предметную область, необходимо рассмотреть параметры сети абонентского доступа, что она собой представляет и какова ее структура, из каких элементов складывается и какой именно является объемлющая (внешняя) система. На рисунке ниже показано место сети доступа в телекоммуникационной системе [5], как можем видеть, сеть доступа состоит из двух основных частей: сети переноса (Transfer Network) и абонентских линий (Loop Network). Доступ пользователя, в свою очередь, трактуется рекомендацией МСЭ I.112 как средства, с помощью которых пользователь соединяется с сетью, чтобы пользоваться услугами и/или технико-эксплуатационными возможностями этой сети.

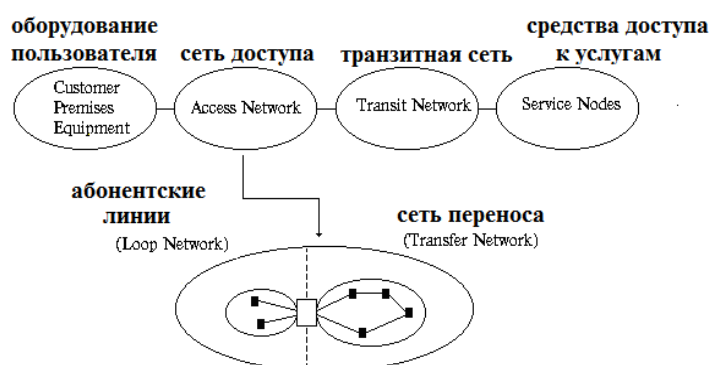


Рис.1 Структура телекоммуникационной системы

Совокупность абонентских линий (АЛ) - для существующей системы электросвязи - представляет собой сеть абонентского доступа. По этой причине функции АЛ и сети абонентского доступа совпадают. Функции АЛ в существующей телекоммуникационной системе заключаются в решении трех основных заданий:

- обеспечение двустороннего переноса сообщений на участке между терминалом пользователя и абонентским комплектом местной станции;
- обмен сигнальной информацией, необходимой для установления и разъединения соединений;
- поддержка заданных показателей качества передачи информации и надежности связи терминала с местной станцией.

Нельзя не учитывать человеческий фактор при рассмотрении сети доступа, потому что необходимо распределять приоритеты для пользователей в зависимости от их роли в общей структуре информационной системы и кластера в целом. Модельное представление структуры телекоммуникационного рынка или определенная модель структуры телекоммуникационной отрасли была разработана в рамках работы над выбором параметров для описания сети доступа. В эту структуру входят разные пользователи, операторы, источники информации и так далее.

Предложенная модель взаимодействия отображает основные стороны работы отрасли. Три основных участника:

- абоненты, заинтересованные в услугах электросвязи операторов;
- операторы, проектирующие сети связи на базе оборудования производителей;
- производители оборудования, разрабатывающие технические средства, которые отвечают требованиям оператора и потенциальных абонентов.

Необходимым компонентом кластера выступает муниципалитет, который играет важную роль в развитии отрасли на территориально-административном уровне и влияет на разработку нормативно правовой базы, непосредственно регулирующей развитие инфраструктуры региона.

Настоящая модель позволяет охватить не только техническую сторону, но и показать насколько активно она взаимодействует с сферой финансов, юриспруденцией, социальной сферой и местной администрацией. В разработанной модели целесообразно выделить четыре основных типа взаимодействия и активных представителей:

- обмен информацией (служебная информация, отчеты, новости, жалобы и предложения и др.);
- предоставление оборудования (аренда, продажа, ремонт, обмен за гарантией и др.);
- нормативно правовое взаимодействие (разработка законодательных актов, штрафы и др.);
- социально-экономическое взаимодействие (оплата предоставленных услуг, оборудования и информации, разработка и финансирование социальных проектов, налоги и арендная плата и др)

В подтверждение актуальности проблемы оценивания сетей доступа можно отметить работу на национальном уровне в следующем ракурсе: кроме внедрения новых услуг для мобильной и стационарной связи, проводятся работы по созданию новой системы показателей развития рынка телекоммуникаций и действенного контроля за уровнем конкуренции, в том числе:

- количественных характеристик развития отдельных секторов телекоммуникаций;
- показателей уровня обеспечения пользователей телекоммуникационными услугами;
- характеристик качества телекоммуникационных услуг;
- показателей эффективности функционирования компенсационного механизма;
- соблюдение операторами и провайдерами лицензионных требований.

Целесообразно отметить работы по повышению качества обслуживания и уровня предоставляемых услуг:

- определение перечня и нормирование обобщенных показателей качества услуг;
- дифференциация уровня качества услуг для установления цены на них;

- усовершенствование механизма нормирования, обеспечения и контроля качества услуг связи.

Хотя по инерции человечество все еще продолжает подсчитывать составные основы традиционного богатства в тоннах, метрах, декалитрах выработанной продукции, становится очевидным, что экономическая мощь государства определяется уже далеко не этими показателями. Быстрое развитие телекоммуникационной отрасли в наше время обусловлено возникновением сегмента новейших высокотехнологичных услуг - передачи данные, сотовой связи и услуг по предоставлению доступу в сеть Интернет, мультимедийные и новые интерактивные услуги.

Предложенный кластерный подход позволяет контролировать развитие инфраструктуры района, содействовать этому развитию и более эффективно направлять и использовать капитал, как отечественных, так и зарубежных инвесторов. Разрабатываемый набор параметров необходим для определения целесообразности капиталовложений в ту или иную технологию при данных условиях, для помощи при анализе качества существующих подключений к операторам и предоставляемым услугам.

Несколько слов необходимо сказать о смысле выделения множеств требований и свойств в данной задаче. Для получения оценки субъект формирует требования к объекту, описывая более подробно (формализуя) поставленные перед собой цели. Векторная модель, описанная в работе [4], которая используется для построения агрегированной оценки, является субъект- и объект-ориентированной одновременно, то есть предполагает наличие субъекта оценивания с его набором требований для выполнения цели(-ей) и наличие объекта с набором свойств, соответствующих множеству требований субъекта. Таким образом, первоочередной становится задача описания оценочной модели, а именно множеств требований, свойств, их связей, множеств весовых коэффициентов в зависимости от поставленных целей.

3. Информационная система территориального кластера

Под реализацией информационной системы кластера подразумевается создание программно-аппаратного комплекса для работы развитой системы телекоммуникаций (мультисервисной сети) на территории района, которая максимально бы удовлетворяла потребности разных абонентов. Отмеченное оборудование ИС располагается на территории узла предоставления услуг (УПУ) или местной станции оператора, а также содержит распределенные территориально базы данных отдельных подкластеров.

Одной из основных задач при проектировании ИС кластера является выбор оптимального варианта построения сети доступа для организации надежной и эффективной связи между участниками территориального кластера. Перед тем, как переходить к оценке вариантов построения сети, то есть, собственно для построения оценочной модели, целесообразно рассмотреть внешние системы с их запросами (участники кластера, внешние телекоммуникации, система связей кластера с внешним миром и т.д.), – чтобы сформировать определенную систему требований к параметрам сети.

В нашем случае, по существу дела, речь идет о радикальном изменении, существенном совершенствовании данной телекоммуникационной системы. Радикальным потому, что предполагается подвергнуть изменению все три (методологических) компоненты развития рассматриваемых в работе [2], описывающие характер изменения: количественные, качественные и изменения отношения. Говоря о процессе развития в целом, можно выделить различные виды изменений, которые рассмотрены в работе: количественные изменения размера сети, тарифных планов, качественные изменения в потоках информации, изменения отношения при смене приоритетов пользователей и пр. Следует заметить, что изменения происходят если не одновременно, то за очень короткие периоды времени, что усложняет анализ взаимосвязи и влияния свойств (как внутренних факторов) друг на друга.

В составе программно-аппаратного комплекса для предоставления максимально полного набора услуг целесообразно использовать самое разнообразное оборудование: файловые серверы, Web-серверы, серверы БД, серверы прикладных программ, серверы для отдельных услуг и т.д., а также коммутационное оборудование (мультиплексоры, концентраторы, шлюзы, брандмауэры, мосты, АТС, коммутаторы, базовые станции беспроводной связи и т.д.) и рабочие станции операторов и сотрудников узла предоставления услуг. Операторы, основываясь на прогнозах, собственном опыте и сформированной ситуации на рынке, будут внедрять услуги, постепенно наращивая производительность оборудования, или же устанавливая более мощное оборудование с избыточной производительностью с расчетом на большое количество потенциальных абонентов и более ресурсоемкие услуги (IPTV, Video-on-demand и др.). Это связано с ростом количества участников кластеру со временем, а также ростом спроса на разные телекоммуникационные услуги. Внедрение альтернативных вариантов доступа одним или несколькими операторами позволяют абоненту сделать более подходящий выбор в зависимости от сложившейся ситуации. Необходимо также учесть социальную значимость отдельных объектов, как например, администраций, правоохранительных органов и аварийных служб, экологических организаций и секторов гражданской обороны.

Среди информационных полей первичной структуры БД ИС кластера отметим следующие:

- номер абонента является шагом к персональной мобильности, благодаря единственному номеру абонент имеет возможность сам управлять набором услуг и делать оплату одним взносом;
- карта взаимосвязей предприятий внутри кластера или подкластера позволит более гибко распределять нагрузку и планировать информационные потоки разных предприятий (имеет смысл применять современные ГИС-технологии для построения таких карт и работ с ними);
- приоритетность и социальная значимость абонента влияет на скорость его обслуживания, а также позволяет абонентам и предприятиям более честно конкурировать, принимать участие в социально значимых мероприятиях и так далее ради повышения скорости обмена информацией.

В системе информационного обеспечения кластера, в предлагаемой информационной системе, наряду с собственно организацией связи, необходимо предусмотреть внедрение современных систем учета и документооборота, систем управления базами данных и прочих составляющих современного электронного офиса. Значительного внимания потребует вопрос безопасности информации как личной (отдельного участника кластера), так и общедоступной.

Практически все функциональные и структурные изменения сетей доступа, появление новых услуг и технологий их предоставления связаны с изменением требований, предъявляемых со стороны абонента к предоставляемым услугам и к терминалам, которыми они пользуются. Здесь будут иметь место как количественные, так и качественные изменения не только сети доступа, но и сферы в целом.

Все эти особенности должны найти отражение как при формировании ИС кластера, так и при совершенствовании системы абонентского доступа к ней. Это означает уточнение и дополнение системы требований, с одной стороны, и корректировку набора параметров сети доступа, с другой.

Для решения поставленных подзадач оптимальным является применение целеориентированной векторной модели построения агрегированных оценок. Как известно, оценки применяются не только в технике, военном деле и экономике, но и в социально экологических взаимодействиях, социальных исследованиях и так далее. Предложенная модель выступает инструментом для характеристики агрегированного состояния объектов, описываемых в норме набором локальных параметров. Сеть абонентского доступа являет собой сложный объект, потому что имеет значительно больше, чем 7 ± 2 количественных и качественных свойств. Оценка сложного объекта - это нахождение (построение)

обобщенного количественного показателя, который характеризует анализируемый объект на основании его свойств. Классификация - это отнесение анализируемого объекта к одному из классов в соответствии с его свойствами, структурой, функциями. Количественный показатель характеризует меру принадлежности объекта к определенному классу.

4. Анализ требований участников телекоммуникационной отрасли

Необходимо также проанализировать влияние проблем в сфере телекоммуникаций на развитие требований и выполнение этих требований всеми участниками сферы. Основные требования к услугам связи формируют в итоге абоненты. Кроме того, каждый из нас в полной мере является абонентом с набором предоставляемых нам услуг. Поэтому вопрос требований близок всем участникам рынка, но у операторов свои представления о том, которой должна быть сеть доступа. Приведем для примера некоторые из требований:

Абонентов: увеличение пропускной способности, связанное с потребностями мультимедийных услуг; совместимость оборудования и услуг; снижение цен на информационные (телекоммуникационные) услуги; гарантии и отсутствие монополизма в тарифной политике; отчетность оператора и защита информации; равные права на доступ к информации; мобильность услуг; «услуги под ключ» (все услуги от одного оператора); возможность интерактивности + самообслуживание; максимальное покрытие и гибкие тарифные планы и т.д.

Оператор: помощь государства/ кластера в получении лицензий и отсутствие монополизма на рынке; гибкая система налогообложения; совместимость оборудования и услуг с национальными сетями; максимальное количество клиентов, услуг, максимальная территория и т.д.

Муниципалитет: качественное выполнение заказов работниками связи; гибкая система скидок и тарифных планов; социальная значимость проектируемой сети и т.д.

Кроме того, существуют обобщенные требования к оборудованию, как практически в каждой системе, одинаковые для всех участников как абонентов разных сетей доступа: надежность; эффективность; гарантия; качество; доступность модулей системы (ремонт, модернизация); и др.

Безусловно, в процесс развития услуг, оборудования вовлечены не только абоненты. В частности, много идей относительно перспективных технологий и услуг, обычно рождаются в научно-исследовательских центрах. Однако именно абоненты определяют спрос на предлагаемые возможности, “голосуя” за них своими деньгами. Естественно, абоненты не специфицируют свои требования к такому уровню, когда можно сформулировать техническое задание на разработку соответствующих аппаратно-программных средств. Эти требования им удобно представить в самом общем виде: передача речи, обмен данными, выход в Internet и подобные услуги.

5. Результаты и перспективы исследований

Следующими шагами в этих исследованиях будут являться задачи: анализ использования ГИС-технологий при создании ИС кластера; работа с зависимыми свойствами; анализ изменений сети и пр.

Описанные выше требования с помощью разработанной трансформационной таблицы преобразуются в требования к техническим параметрам абонентских линий, оборудованию сети доступа, и социально-экономическим параметрам. Таблица также является инструментом для экспертных оценок качества обслуживания абонентов и позволяет оценить запланированные проекты и выделить места, которым стоит уделить внимание. Трансформационная таблица является исходным материалом для построения программной реализации системы оценивания параметров сети доступа.

Анализируя построенную таблицу, обнаруживаем, что некоторые требования остаются вакантными, то есть такими, которые не имеют соответствующего им параметра. Складывается также другая ситуация, когда на удовлетворение требования влияет изменение лишь одного или нескольких параметров. Перечисленные варианты свидетельствуют о том, что набор технико-экономических параметров недостаточно полон, и нужны дополнительные исследования для формирования более полного множества свойств сети в соответствии с множеством требований. В этом случае проявляется определенное преимущество предлагаемого подхода, поскольку появляется возможность целенаправленного формирования множества свойств. Оно расширяется такими свойствами, которые могут быть поставлены в соответствие конкретным требованиям. С другой стороны, анализ соответствия параметров требованиям показывает, что изменение некоторых параметров слабо влияет на уровень качества обслуживания. Таким образом, есть возможность уменьшить число параметров.

Результатами оценивания могут являться: рекомендации по развитию сети доступа, агрегированные оценки набора параметров сети, множество непокрытых свойствами требований, множество непокрытых требованиями свойств, множество требований и свойств, требующих реконфигурации и т.д. Необходимо отметить, что любой из этих вариантов приводит к дальнейшему развитию сети доступа как сложной системы. С этой целью следует рассмотреть изменения всех трех компонент развития одновременно. Анализ подобного рода изменений представляет собой сложную задачу выявления взаимовлияния в системе организации доступа к ИС территориального кластера.

Благодарности

Статья частично финансирована из проекта **ITHEA XXI** Института Информационных теории и Приложений FOI ITHEA и Консорциума FOI Bulgaria (www.ithea.org, www.foibg.com).

Литература

1. С. Соколенко «Кластеры в глобальній економіці». – К.: «ЛОГОС», 2004 – 843 с.
2. Ю.А. Урманцев. Эволюционика. – Пущино; ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1988.
3. А.Д. Крисилев. Модельное описание процессов развития: механизмы, структура, система целей, индикаторы. Proc. XIV Intern. Conference KDS", vol. # 3, June-July 2008, Varna (Bulgaria). – ITHEA, Sofia, 2008.
4. А.Д. Крисилев, В.Д. Крисилев. Формирование целеориентированной векторной модели для построения агрегированных оценок сложных объектов. // Моногр. «Методы решения экологических проблем». Под ред. проф. Л. Мельника. – Сумы: «Козацький вал», 2005
5. Н.А. Соколов. Сети абонентского доступа. Принципы построения. – Пермь, «Энтер-профи», 1999, – 208 с.

Информация об авторе

Вячеслав Чумаченко – Факультет информационных технологий Одесской государственной Академии холода, аспирант кафедры информационно-коммуникационных технологий; ул. Дворянская, 1/3, Одесса-26, 65026, Украина; моб. (38097)-98-05-999; E – mail: sjavchik@mail.ru

Engineering

OUTSOURCING CONTRACTS: A SYSTEMATIC REVIEW

**Jose Calvo-Manzano, Gonzalo Cuevas, Lucas Grossi,
Jezreel Mejia, Tomás San Feliu**

Abstract: *This paper presents the application of a systematic review protocol for Software Engineering. This protocol is used as a formal model by applying systematic review of outsourcing contracts. The objective is to search for papers related to outsourcing contracts in the software acquisition process. Furthermore, the systematic review is focused in order to identify initiatives and reports of outsourcing contract proposals for the software acquisition. Results obtained show that most of the studies that tried to define a model for outsourcing did not exactly develop a fixed model to be used in the IT area and that there is a need for more in-depth studies.*

Keywords: *Outsourcing Contracts, Systematic Review.*

ACM Classification Keywords: *D.2.9 Software Engineering – Management, software process models*

Conference: *The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

1. Introduction

In the past few years outsourcing has gained a lot of importance in the market and, for example, the IT services outsourcing market is still growing every year [6, 7]. Outsourcing as a concept gained common acceptance in the 1980s and is still used today to describe “a contractual relationship with a specialized outside service provider for work traditionally done in-house” [1].

Trend analysts such as Morgan & Chambers [2] and IDC [3] predict annual growth figures of approximately 10%. The Gartner Group [4] has estimated that the worldwide IT outsourcing market will grow €162,1 billion in 2008. Forrester [4] forecasts that European enterprises will spend over €128 billion on computer outsourcing in 2008. This growth has also been emerged in China [4, 5]. According to international analysis, China's IT outsourcing services market size reached €0,28 billion in 2005, increasing about 16% over the previous year. Finally this analysis predicts that the total IT outsourcing services market will reach €0,68 billion by 2009.

According to a recent study [8], 20 to 25 percent of large information technology (IT) acquisition projects fail within two years and 50 percent fail within five years. Mismanagement, the inability to articulate customer needs, poor requirements definition, inadequate supplier selection and contracting processes, insufficient technology selection procedures, and uncontrolled requirements changes are factors that contribute to project failure. Responsibility is shared by both the supplier and the acquirer.

The majority of project failures could be avoided if the acquirer learns how to properly prepare for, engage with, and manage suppliers [8]. The case of Southern Pacific Transportation Co. described by [9] is an example. After

negotiating a deal with Integrated Systems Solutions Corp. for all of its IT functions, including service, the outsourcer came perilously close to derailment after portions of the contract were not met.

Between the works that deal specifically with Outsourcing Contracts, it is possible to mention the works of [2, 3, 10, 11]. The work of [10], relied on transaction cost theory to develop a series of propositions on the relationship between the characteristics of the transaction - asset specificity, number of suppliers, measurement problems, uncertainty, and permanent character of the contract - and the level of contract completeness, using a survey of 200 firms to test the propositions. Using an approach that includes desk research involving six European IT outsourcing companies, including one that was worldwide in scope, the work of [11] presented a series of propositions related to the management of IT outsourcing contracts.

A really important study was conducted by [2], which presented a practical and systematic overview of some key IT outsourcing contractual issues, exploring and highlighting management implications where appropriate. Issues such as service level transfer of assets, staffing, pricing and payment, warranty and liability, dispute resolution mechanism, termination, intellectual property matters, and information security were discussed. Practical advice on pre-contractual negotiation and post contractual management was also given.

This work shows the results of a systematic review of outsourcing contracts in the areas of information technology and information systems.

2. Systematic Review of Outsourcing Contracts

Before the twentieth century there were not approaches to integrate research results. In 1904, Pearson calculated the average of results of correlation between the typhoid fever inoculation and mortality. Then systematic review began to formalize and at the end of the 80's systematic review achieves legitimacy as a field of research [10, 12].

The writer of a systematic review uses an explicit and rigorous method to identify, critically appraise, and then synthesize relevant studies in the published research, using quantitative methods to assess research from different studies [13]. Benefits of the systematic review include: 1) Reduce the amount of literature the researcher must read, 2) Assess consistency across studies, 3) Widen the generalizability of individual studies across participants and settings.

The search for issues related to outsourcing contracts was based on the work of [12] that proposed a protocol for systematic review, on the guidelines proposed by [14] and on the forms of extracting information from software engineering papers, developed by [15] and other similar systematic reviews.

The systematic review developed during this work followed the protocol established by [12]. Defined assessment objectives, reference sources, both exclusion and inclusion criteria to be applied in the study, data extraction method, data analysis of primary studies are some of the topics contained in this protocol.

3. Prototype Development

Next, the prototype development used during the systematic review in Outsourcing Contract is presented.

3.1 Question Formulation, Focus and Quality and Amplitude

This section aims at defining the syntax of the research question (the context in which the review is applied and the question the study must answer) and its semantics specificity (or question range) described by the remaining items of this section – intervention, control, effect, outcome measure, population and application [12]. Next, each of them is described for Outsourcing Contracts.

- Problem: Outsourcing has gained a lot of importance in the market during the past few years. The implementation of a good contract is really important for a successful outsourcing, but until now a well-defined model to create an outsourcing contract is not defined.
- Question: Which are the initiatives or proposals developed for the Outsourcing Contracts?
- Intervention: The actual development of the outsourcing contracts.
- Effect: Initiatives and proposals related to the Outsourcing Contracts.
- Outcome Measure: Number of identified proposals.
- Population: Publications related to Outsourcing Contracts.
- Application: Any company that has a client-vendor/buyer-seller relationship. Researchers working at Outsourcing Contracts.
- Experimental Design: None experimental design will be performed.

3.2 Sources Selection

The objective of this section is to select the sources where searches for primary studies will be executed [12]. To perform the selection the author of the systematic review protocol proposes to address the following issues:

3.2.1 Sources Selection Criteria Definition and Study Languages

- Use search mechanisms with keywords and sites suggested by experts.
- Papers recommended by other experts.
- Papers available on the website.
- English.

3.2.2 Sources Identification

- Sources search methods: The identification of sources has been based on the criterion of experts in our research area. This source include journals as: European Journal of Operational Research, Information and Software Technology, Software: Practice and Experience, Software Process: Improvement and Practice, IEEE Software, Software Technology and Engineering Practice, Computer and research workshops and technical reports of Software Engineering Institute – SEI, among others.
- Search string: Keywords from the word set defined in the question formulation were extracted. Combining these keywords with the logical operators “AND” and “OR”, two search strings were obtained (see Table 1). Also analyzing the references of the first papers found, a third search string was found. These search strings have been adapted for each web browser of the sources.
- Source list: These sources have been selected taking into consideration the sources search method defined. In Table 2 the source list is presented.

Table 1 - Search strings

	Search Strings
1	outsourcing and contract and (clauses or structures or characteristics)
2	outsourcing and contract
3	(outsourcing or buyer-seller or client-vendor) and (relationship or partnership)

Table 2: Sources List

#	Source
1	Science@Direct
2	Springer Link
3	Computer Database – GALE
4	ISI Web of Knowledge
5	IEEE Computer Science Digital Library
6	ACM Digital Library

3.2.3 Sources Selection after Evaluation

It was evaluated if sources fit all defined criteria. After applying the search string to all sources, it was found that some items were common in some sources. Most of the papers were at IEEE Computer Science Digital Library and some of these papers were found also at Science@Direct, Springer Link and principally at ACM Digital Library. Repetitions were also found between Science@Direct, Springer Link and ISI Web of Knowledge.

3.3 Studies Selection

In this systematic review an iterative and incremental procedure is used for studies selection: a) Iterative, to group all activities that could be repeated during the procedure, and b) Incremental, because the studies are approached and recorded one by one until achieving the systematic review results [16]. This iterative and incremental procedure is used due to its functionality in other systematic reviews. Once the sources are defined, it is necessary to describe the process and the criteria for studies selection and evaluation, which will be explained during this section.

3.3.1 Studies Definition

This item defines the way how studies were selected [12].

- Studies Inclusion and Exclusion Criteria Definition: It presents criteria by which studies will be evaluated to decide if they must be selected or not in the context of the systematic review [12]. Table 3 shows the studies Inclusion (IC) and Exclusion Criteria (EC).

Table 3: Studies Inclusion (IC) and Exclusion (EC) Criteria

#	Criteria
IC1	Include papers whose title is related to Outsourcing Contract
IC2	Include papers that contain keywords that match with those defined in the search string
IC3	Include papers whose abstract is related to the topic considered
IC4	Include papers after partial or total reading
EC1	Exclude those papers that do not match with the previous inclusion criteria
EC2	Exclude all duplicated papers (those selected in various search engines)

- Studies Types Definition: Initially all studies related to outsourcing contract will be taken into account. However, the greatest interest will focus on studies that show results on how to define a model or how to structure the clauses or characteristics of outsourcing contracts.
- Procedures for studies selection: With the regard to the selection criteria, the title was initially the main criterion; nevertheless, in some cases, it did not provide enough information, thereby reading the summary of each of them was necessary and in some cases a review of the full text was required. The flow diagram of Figure 1 illustrates this procedure.

The flow diagram shows the performed process to select primary studies and to apply defined criteria in the previous section. This diagram shows in dotted lines the activities blocks for primary studies selection and information extraction. Information extraction will be presented later.

Before executing the systematic review, it is necessary to evaluate the planned review. If the obtained results are not suitable, the protocol must be reviewed and a new version must be created. After evaluating this planning, systematic review execution can be started [12].

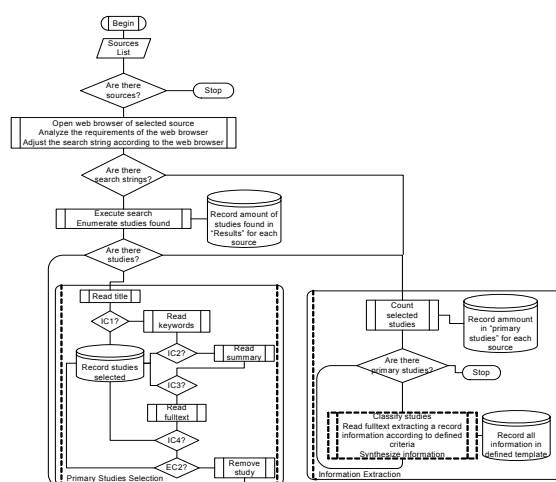


Figure 1 – Flow Diagram of the systematic review

3.3.2 Selection Execution

Next, the register of the primary studies selection process, the obtained report studies and the results of their evaluation are presented [12].

- Initial Studies Selection: At first a search execution was conducted to verify the parameters used by each engine and adapt the search string to them. Table 4 shows in the column “Found” the obtained values.
- Studies Quality Evaluation: To determine the quality of the study, the author of this paper, applying IC and ED, obtained the relevant and primary studies (see Table 4). Relevant are the studies that contain 4 of the selection criteria and primary studies are the ones that contain all the selection criteria. Table 4 shows the distribution of found studies in each of the sources search, using established search strings and applying the defined inclusion and exclusion criteria through this systematic review protocol development.

Table 4: Results derived from each source search

Source	Search Date	Found	Repeated	Relevant	Primary	%
Science@Direct	9-12-15/12/2008	111	3	5	2	6.5
Springer Link	9-12-15/12/2008	159	0	6	6	19.4
Computer Database GALE	9-12-15/12/2008	70	1	5	5	12.9
ISI Web of Knowledge	9-12-15/12/2008	166	3	4	3	9.7
IEEE Explore	9-12-15/12/2008	218	9	14	14	45.2
ACM Portal	9-12-15/12/2008	126	8	10	2	6.5
TOTAL:		850	24	44	32	100

3.4 Information Extraction

This section begins once primary studies are selected. Then, in this section, extraction criteria and result are described.

Table 5: Information inclusion and exclusion criteria

#	Criteria
IC1inf	Collect information about the organization's trend related to outsourcing contract.
IC2inf	Classify processes followed by companies for outsourcing contract.
IC3inf	Identify proposed methodologies, methods and procedures in studies for Outsourcing Contract Development and/or Management.
EC1inf	Exclude the information that is not related to the inclusion criteria defined above.

3.4.1 Data Extraction Forms

To analyze the information from the selected studies, first they were divided in folders each of them related to the search source where they were found. The selected studies then where put together in a final folder to eliminate the repetition. The relevant information of each study was highlighted and then extracted to a separated file, containing the name of the study and all related useful information.

3.4.2 Extraction Execution

- Objective Results Extraction: A complete and detailed reading from these studies allowed us to organize and classify them for a later analysis. With an unbiased evaluation of the information, identified and classified studies record were generated in a structured table containing the following rows Consecutive Study (sequential paper number), Study Methodology (remarks of main ideas concerned with the methodology), and Study Outcome (data and information of the conclusions presented in each study).
- Subjective Results Extraction: The following rows where added to the previous table: Data about Authors (full names and available contact information in the studies), Additional Notes (a specific field to store general information related to the subject covered in the study).

Following this methodology, the information extracted was organized following the fields: number consecutive, paper title, journal/conference, authors, topic, type of study, date, country, goals(analyze, for the purpose of, with respect to, from the point of view of), method (name, type, possible values, data collection procedure), implementation (company, category, size), results of study and other issues.

4. Results Summary

Now, with the information extracted from the primary studies on hand, it is necessary to do some analysis of them. In this section, these informations were analyzed and provided useful information as it will be shown.

4.1 Studies Trends

The first analysis done was related to organization's trends respect to outsourcing contract, where any study referring to outsourcing contract development and/or management were classified. Figure 2 shows the graph related to this analysis.

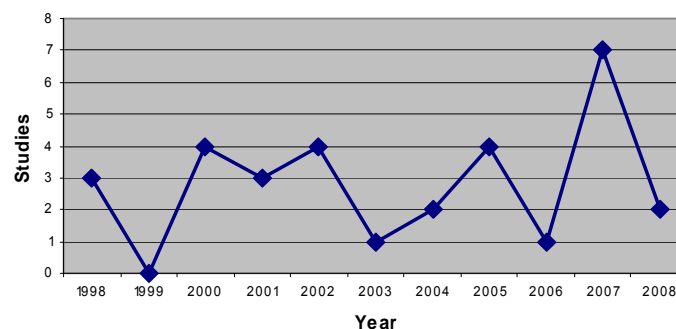


Figure 2 – Studies trends

Taking a look at this graph, it is not possible to see a specific and defined trend during the years from where the primary studies were selected. The graphs do not follow a linear trend which could mean an increasing or decreasing interest to the topic. In the year of 2007 is possible to see that the number of studies was really high but then in 2008, this number decreases again.

4.2 Studies Classification and Classification of studies by country

The primary studies were selected following the methodology defined during the protocol definition and they could be classified in some areas of interest. The classification showed 6 different areas: 1) Related to Information Technology, 2) Related to Information Systems, 3) Related to Marketing, 4) Related to Enterprise Resource Planning, 5) Related to Network Security and, 6) Related to Transports.

The explanation for the inclusion of 2 areas (Marketing and Transports) is that the studies showed an interesting discussing of how to develop (definition of structure and characteristics) and maintain a contract during the buyer-seller relationship. Figure 3 shows this classification:

Figure 3 shows that 69% of the studies were related to Information Technology and 16% to Information Systems. The combination of both (85%) showed that the systematic review was well conducted since most of the studies were related to the area that we are looking for. It is also important to look at the 6% related to Marketing (3%) and Transports (3%) which does not have a strong influence in the final classification but shows interest results for the study of outsourcing contracts.

A study showing the source origin of the papers was done which shows that searches related to Outsourcing Contracts are largely been conducted in USA, with 49%. The second country is China with 13% which could be related to the economical development by which this country is passing through. However, 20% of studies do not show the source and the others are divided by Germany, Ireland, Finland, Netherlands and Brazil. Figure 4 shows these results.

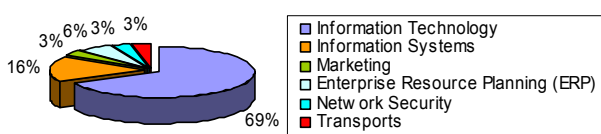


Figure 3 – Studies Classification

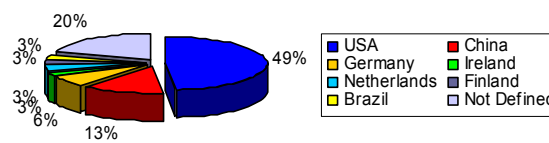


Figure 4 – Studies classification by country

4.3 Classification of studies by size of companies and Classification of studies by model

The large amount (80%) of the studies did not mention the company where the study was carried on, as shown in Figure 5. However, the other 20% of the studies that presented this information were related to large companies.

Most of the studies (40%) did not indicate the model followed during the research, where sometimes it is acceptable since the study do not need to show it or due to lack of information by the authors. The most used model was the Transaction Cost with 13%, followed by the Relational Contract or Exchange Theory (10%) and by the Incomplete Contract Theory, Principal Agent Theory and Workflow Modeling, all the three with 6%. All these information can be seen on Figure 6.

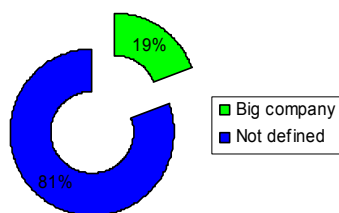


Figure 5 – Studies classification by size of companies

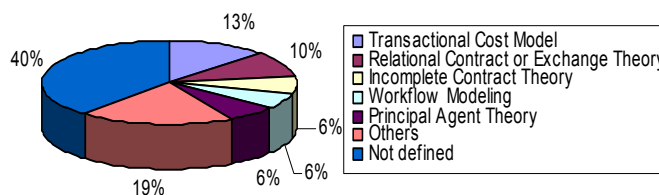


Figure 6 – Studies classification by model

4.4 Proposals of the studies

Most of the studies analyzed are related to the IT or IS area, which are exactly the topics that this systematic review was proposed to find. They use some general ideas of outsourcing and also from development of contracts. Two studies were related to Marketing and Transports, as stated on section 2.3.2 and give more information about the development and management of contracts in outsourcing, not relating exactly to the IT or IS area. Figure 7 shows the results.

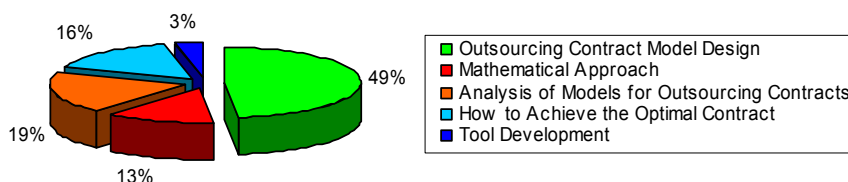


Figure 7 – Proposals of the studies

Most of the proposals (49%) are related to the design of a specific model for outsourcing contract, showing how to structure the contract and which are the most important characteristics that a contract must contain. Some proposals (19%) analyzed some models related to outsourcing, like Transaction Cost Model, Incomplete Contract Theory and Relational Contract or Exchange Theory, 13% focus on a mathematical approach of how to select the best contract for a company. These approaches create some formulas and constraints using the Transaction Cost Model. Some studies (16%) focuses on how to achieve the optimal contract analyzing, for example, the IT structure of the company. One study aims to develop tools based on discrete-event simulation to aid outsourcing companies when costing contracts.

5. Conclusions

This systematic review related to the Outsourcing Contracts was carried out using the protocol proposed by [12]. This protocol has 5 main characteristics related to the systematic review process, where a final statistical analysis of the primary studies is conducted to achieve important results and also to check the quality of selected papers.

Systematic review takes more time to be done and also more effort than the normal literature review, but the results achieved are more consistent, since they are based on a well defined prototype that detail all the methods for inclusion and exclusion of studies and important informations. The results presented here focus on the initiatives and proposals related to outsourcing contracts where it was possible to see that there is not an specific trend related to this area, besides a big amount of work was done in 2007.

The large percentage (85%) of the studies analyzed was related to IT and IS, which are the main topics that this systematic review was proposed to analyze. USA is the country was most studies were done followed not so close by China, 49% to 13%. Regarding the models used and the proposals defined by the studies, 40% did not mentioned the models used and the most used was the Transaction Cost Model (13%) and 49% designed a model for outsourcing contracts.

These results indicate a lack of studies in this area, since just 31 were found and not all of them are specific related to the Outsourcing Contracts. Most of the 49% studies that tried to define a model for outsourcing did not exactly develop a fixed model to be used in the IT area.

Bibliography

- [1] Corbet and Associates, "Outsourcing's Next Wave," 2002.
- [2] M. Lee, "IT outsourcing contracts: Practical issues for management," *Industrial Management & Data Systems*, vol. 96, pp. 15-8, 1996.
- [3] C. Gellings, "Outsourcing Relationships: The Contract as IT Governance Tool," in *System Sciences*, 2007. HICSS 2007. 40th Annual Hawaii International Conference on, 2007, pp. 236c-236c.
- [4] P. Zhang, Z.-x. Zeng, and C.-p. Huang, "Study on Critical Success Factors for IT Outsourcing Lifecycle," in *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2007. WiCom 2007. International Conference on, 2007, pp. 4379-4382.
- [5] D. Jens, G. Tim, H. Rudy, and J. Bandula, "Information systems outsourcing: a survey and analysis of the literature," *SIGMIS Database*, vol. 35, pp. 6-102, 2004.
- [6] J. Huai, "An Incentive Model of IS Outsourcing Contract," in *Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, 2007. WiCom 2007. International Conference on, 2007, pp. 6588-6592.
- [7] P. Liston, J. Byrne, P. Byrne, and C. Heavey, "Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation," *International Journal of Production Economics*, vol. 110, pp. 97-114, 2007.
- [8] S. E. Institute, *CMMI for Acquisition*, Version 1.2, 2007.
- [9] E. Shein, "Railroad wields penalties to keep its service contract on track. (Southern Pacific Transportation Co)," *PC Week*, vol. v12, p. p14(1), 1995.
- [10] B. Aubert, J. F. Houde, M. Patry, and S. Rivard, "Characteristics of IT outsourcing contracts," in *System Sciences*, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on, 2003, p. 9 pp.
- [11] E. Beulen and P. Ribbers, "IT outsourcing contracts: practical implications of the incomplete contract theory," in *System Sciences*, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on, 2003, p. 10 pp.
- [12] J. Biolchini, P. Mian, A. Natali, and G. Travassos, "Systematic Review in Software Engineering," *COPPE/UFRJ*, Rio de Janeiro May 2005.
- [13] K. R. Stevens, "Systematic reviews: the heart of evidence-based practice," *AACN Clinical Issues: Advanced Practice in Acute & Critical Care*, vol. 12, pp. 529-538, 2001.
- [14] B. A. Kitchenham, S. L. Pfleeger, L. M. Pickard, P. W. Jones, D. C. E.-E. Hoaglin, K., and J. Rosenberg, "Preliminary Guidelines for Empirical Research in Software Engineering," *National Research Council of Canada*, 2001.
- [15] D. Craze, M. Mendonca, V. Basili, F. Shull, and M. Jino, "Extracting Information from Experimental Software Engineering Papers," in *Chilean Society of Computer Science*, 2007. SCCC '07. XXVI International Conference of the, 2007, pp. 105-114.
- [16] F. Pino, F. Garcia, and M. Piattini, "Software process improvement in small and medium software enterprises: a systematic review," *Software Quality Control*, vol. 16, pp. 237-261, 2008

Authors' Information

Calvo-Manzano Jose A. – *Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Campus Montegancedo, Boadilla del Monte-28660, Madrid-España; e-mail: jacalvo@fi.upm.es*

Cuevas Gonzalo. – *Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Campus Montegancedo, Boadilla del Monte-28660, Madrid-España; e-mail: gcuevas@fi.upm.es*

Grossi Lucas G. – *Universidad Politecnica de Madrid, Facultad de Informática, Campus Montegancedo, Boadilla del Monte-28660, Madrid-Spain; e-mail: lqcgrossi@gmail.com*

Mejia Jezreel. – *Universidad Politecnica de Madrid, Facultad de Informática, Campus Montegancedo, Boadilla del Monte-28660, Madrid-Spain; e-mail: jmejia@mpsei.fi.upm.es*

San Felio Tomás. – *Universidad Politécnica de Madrid, Facultad de Informática, Campus Montegancedo, Boadilla del Monte-28660, Madrid-España; e-mail: tsanfe@fi.upm.es*

GLOBAL MEMORY STRUCTURE FOR ANT COLONY OPTIMIZATION ALGORITHMS

Ángel Goñi, Paula Cordero

Abstract: *Ant Colony Optimization (ACO) is a computer emergence model to solve problems by swarm intelligence. The aim of this paper is to provide ant colonies with a global memory structure (GMS) so that the time needed to resolve a problem decreases drastically. In the past few years ACO have become a strong alternative to classic algorithms. However, the biggest disadvantage of ACO is the lack of structures which can provide every individual of the population with simple memory mechanisms. The GMS presented in this paper is applied to cleaner robots that must search a gallery looking for piles of marks and clean them. It is based on the variation of the common map by deleting all the superfluous nodes which appears as the resolution of the problem progresses. A node is considered as superfluous when it is useless for every ant and it delays every route of the colony. All the robots must share and update the GMS when they find any superfluous node. The extra process charge needed for executing the memory in parallel to ant's activities is absorbed by the time saved in the resolution of the problem which depends on the characteristics of the map and its abstracted graph.*

Keywords: *Ant Colony Optimization, Swarm Intelligence, Memory.*

ACM Classification Keywords: *I.6. Simulation and Modelling, B.7.1 Advanced Technologies, I.2.8 Problem Solving, I.2.11 Distributed Artificial Intelligence*

Conference: *The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

The algorithms known as Ant Systems (AS) are based on the observed behavior of the ants of a colony during the food search they carry out for their survival (also called ant colony optimization or ACO). This work focuses its attention in AS although the research area in Swarm Intelligence is developing several algorithmic theories derived from other insects. The reason for turning the research efforts towards the natural behaviors seen on nature it is of relative common sense: the nature has had more than a million years to purify algorithms that assure an optimal use of the resources during the functions of survival of species.

The study of the various natural processes is being in the last years a source of inspiration of incalculable value in different investigation areas like DNA computing, membrane computing, synthetic biology, artificial neural networks or genetic algorithms. In those cases in which we want to find the optimal behavior of several robots in a community we can base our developments on ant colony optimization. It seems difficult and interesting to understand how almost blind animals, moving approximately randomly, can find the shortest way from its nest to the food source and return. The ant when moving leaves signals which are called pheromones so that the others can follow it.

The methodological philosophy in which ACO is included is called emergence [Clark, 1999]. Emergence is central to the theories of integrative levels and of complex systems. It makes reference to those properties of those processes of a system which are not reducible to the properties or processes of its constituent parts. The emergence concept is related closely to autoorganization concepts and it is defined in opposition to the concepts of reductionism and dualism. The emergence concept has acquired renewed force as a result of the height of complexity sciences and plays a fundamental role in the philosophy of the mind and the philosophy of Biology.

This model of algorithmic computation was first presented in the doctoral thesis of Marco Dorigo [DOR] who in 1996 published three possibilities to solve the well known Traveling Salesman Problem. The main characteristic of Ant Colony Optimization algorithms is the explicit use of elements that belongs to previous solutions. This characteristic was also introduced by genetic algorithms (GA's) which are based on the results returned by previous generations in order to improve the results of the next one. However, in ACO the probabilistic distribution of partial results is explicitly detailed in previous steps without using extra algorithms (like selections and crossovers in the case of GA's). During the next section it is explained how ACO algorithms work in the domain of problems tackled in this paper. The rest of the sections show how a global memory can be very useful for their resolution.

Ant Colony Optimization

Swarm intelligence is based on the observation of nature in order to construct computational models [Maniezzo, 2004]. Figure 1 show graphically and in a very intuitive way how the algorithms based on ant colonies work by showing the behaviour of real ants. In the first image (figure 1a) the ants travel straight to the food. There is only one path and only one possibility to place the pheromones. In figure 1b an obstacle is situated in the middle of the route used by the ants. In that moment, the ants that are behind the obstacle can smell the pheromones of the ants in front so they start looking for alternative paths to reach the lost route (figure 1c). What happens in the last step that can be seen in figure 1d is that the ants decided to travel across the shorter path which avoids the obstacle. That decision is based on the amount of pheromones present in the path. Those ants who first decided to take the shorter path reached the original route before those ants who first decided to take the longer one so the shorter path will be full of pheromones quickly.

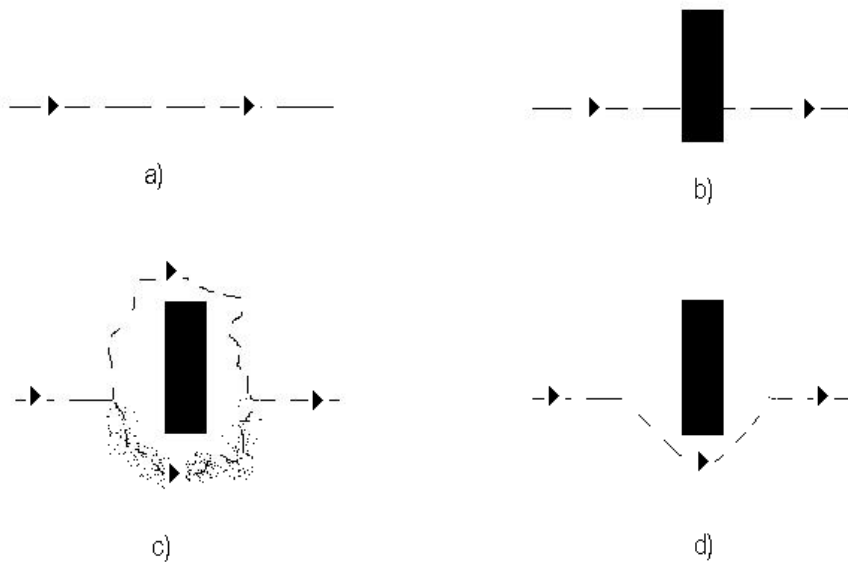


Figure 1. Ant's behaviour

It is necessary to translate the behaviour of ants explained above to computer software. In order to construct a model based on an analogy of nature it is created a distributed computer model. This model creates a process for each ant so that they can work in parallel following each ant of the colony its own synchronism. The ants can also be activated at the same time. This last option is better when trying to find improvements to the algorithm. The pseudo-code of the entire procedure would be similar to:

```

procedure ACO algorithm()
    while (final_objective_not_satisfied)
        ant_action()
        pheromone_evaporation()
        memory_evaluation()
    end while
end procedure

```

The evaporation of pheromones is done after the action of every ant. This function is always executed in a synchronous way. That means that in every iteration of the algorithm we evaporate the same amount of pheromones in all the spaces of the map which pheromones are placed. This function is the target of lots of studies and developments because the way the pheromones are evaporated can change the resolution of the problem.

The function `ant_action()` is subdivided in several steps. This function handles all the input ants of the problem in a synchronous or asynchronous way like it was explained before. The pseudo-code that leads the action of the ants would be similar to:

```

procedure ant_action()
    decide_movement()
    put_pheromones()
    if (target_found)
        eat_target()
    end
end procedure

```

The function `put_pheromones()` is also very important to the correct resolution. The way each ant put the pheromones affects very much the time of execution of the method. It is not trivial the fact that an ant could put one pheromone unit or two. If the model evaporates one pheromone unit per iteration it could easily be changed the time that pheromones are present in the map.

In this work we focus our attention on the function `decide_movement()` in which the global memory structure presented in this paper is used. If several paths part from the point where an ant is, that ant must decide which way should it go. At the beginning of the problem all the paths are pheromone free so the probability of choosing one path or another is exactly the same. As the problem is being resolved the paths can contain different amounts of pheromones and this function must choose probabilistically the path to follow. The global memory structure provides the ant the ability of avoiding the useless paths.

Memory Requirements

Over the last years there are a lot of papers published in which the researchers try to apply memory structures to ant colonies [Manfrin, 2006]. That is due to the fact that ACO have become a strong alternative to classic algorithms. However, the biggest disadvantage of ACO is the lack of structures which can provide every individual of the population with simple memory mechanisms.

The most intuitive problem in which we are bound to apply ACO is any problem that belongs to the “Check Problem Class” (CPC). We would say that a problem is included in CPC when the input of such a problem consists of a set of three elements:

- A number n of input ants. The problem starts with n ants which are seen like the processes we can manipulate in order to solve the problem. This number can be variable during the resolution.
- A graph $G = (N, E)$ where N is the set of nodes of the problem and E is the set of edges. Each edge is in the form $E = (N1, N2)$ where $N1$ and $N2$ are the nodes that this edge connects.
- A number m of input targets. The targets are spread along the input graph. The characteristic of those objectives depends on each problem. Usually the objectives are in the nodes of the graph because the graph represents a set of rooms in a building and the edges the doors existing between the rooms. In the case that two rooms communicate through a long corridor, the objectives could be on the edge. However, the case we face in this paper is the first.

The main objective of those problems is to check that a concrete goal is achieved or to check the state of all the targets. In the next section we will see how to implement a memory structure over a problem of the first class, in which the n initial ants will try to complete a concrete mission. The other class would contain those problems related to the typical problem of the security in an art gallery, where it is very important to develop a trusty security device which could cover the entire gallery during the night and check if the different objects are all in their correct place.

The problem solved in this paper and improved by a global memory is a problem in which the ants (cleaner robots in our problem) should walk around the rooms of a building floor checking for food (dirty marks in our problem) and eat it (clean them would be the action for our robots) if they found it. After carrying out its action with a target, an ant must go on walking around the map. The problem will be finished when all the targets disappear. After finishing the problem (all the dirty marks have been cleaned) the ants should return to their starting point. The global memory structure (GMS) developed in this work will help the ants to know when the goal is achieved so that they do not have to continue wandering the map.

GMS consists of a knowledge base of the superfluous nodes of the graph so that the probabilistic movement decision of the ants takes it into account in order to avoid non useful movements. A superfluous node is that one that has no objectives in it (a room without dirty marks) and does not make shorter the path of an ant who passes through it. In order to incorporate GMS to the robots they must store the information about the paths they followed in the past so that they could know how costly one path or another is. The cost of the paths is calculated by all the rooms or graph nodes that the ant has passed through during its path. All the nodes have the same cost C so that $C(\text{node}_i) = 1, \forall i \in [1...N'_{\text{last}}]$.

The memory structure will work as a parallel process so that all the ants can have access to the information about the superfluous nodes of the graph in order to avoid travelling along them. In this way, all the ants will collaborate to create the GMS and all of them will also be benefited from it. This structure will need more computability charge in each ant because of the knowledge base update necessary in every movement. However, the time saved thanks to GMS in solving the problem exceeds the computability charge used.

In the next section there is an example explained about how to add GMS to a single problem solved with ant colony optimization.

Superfluous Nodes Elimination

In this section it is explained how the global memory structure works in an ant colony. In the present problem we have several input robots which are all in a concrete room of an art gallery. As they are cleaner robots, we suppose that this room is the room of the building where the robots are kept. That room would be the nest in an analogy with real ants. All the robots must work in a complete concurrent and asynchronous way in order to simulate a real ant-algorithm.

The floor plan of the gallery can be seen in figure 2a. Each room $r_i \forall i \in [1..24]$ must have at least 1 connection and a maximum of 8 connections with the surrounding rooms. A room has as an attribute an array of rooms connected to it. For example, room r_7 has the attribute $connected_7 = [r_3, r_8, r_{12}, r_{11}, r_6]$. An abstraction of the gallery is shown in figure 2b in the form of a graph. That graph is the real input of the problem. Another attribute of each node is the number of marks or targets there are in that room. As the aim of this paper is to show how to create a global memory structure, the attribute *pheromone* is omitted in this example. A novel reader would understand how that parameter acts following the brief explanation of previous sections.

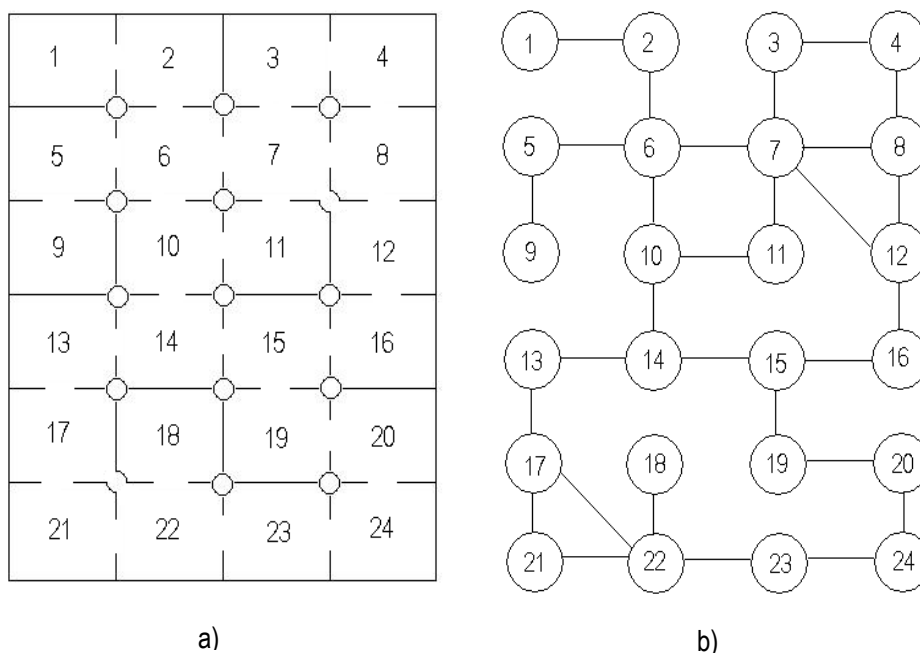


Figure 2. Map of the gallery and abstraction graph

All robots are initially kept on room 1 and they do not know where the targets are. When the problem starts, all the robots must start wandering around the map following the actions we have programmed in advance as it was been seen previously in this paper. In order to decide a movement each robot takes into account all the rooms which surround the actual room in which the robot is in. What the GMS is going to do is to eliminate from the initial graph those nodes which are considered superfluous so that the size of the map decreases. All nodes can become superfluous at any time so it is necessary to check them every time a robot makes an iteration. It is important to notice that the GMS is common for all the ants so it is very important to synchronize the access to it by every robot.

Next it is shown how to eliminate a node. In the next example it is eliminated node number 4 because is consider as superfluous. In order to simplify the problem we will focus our attention in the movement across the neighbours of r_4 when the situation is: $r_3 = ([7], [r_4, r_7])$; $r_4 = ([2], [r_3, r_8])$; $r_7 = ([8], [r_3, r_8, r_{12}, r_6])$; $r_8 = ([11], [r_4, r_7, r_{12}])$; $r_{12} = ([9], [r_8, r_7, r_{16}])$ where the first

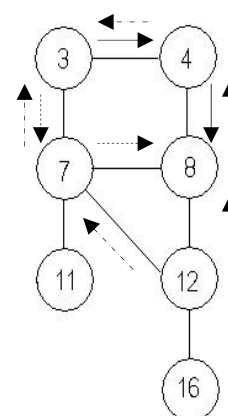


Figure 3. Detail of R_4

attribute of a room is the number of objectives and the second attribute is the connections. As the algorithm runs, the number of objectives decreases because when a robot gets into a node he cleans a mark and then decide if moving to another room or staying in the actual room in order to look for more targets.

The first room which will be totally cleaned is room number 4 because the number of targets it has is much slower than the rest of the rooms. After several iterations of the robots, $r_4 = ([0], [r_3, r_8])$. The first condition that a node must have to be ambiguous is then validated in r_4 . Now, the process in charge of GMS must study the cost of the paths which go through r_4 and the cost of the alternative paths. In figure 3 are described all the paths that a possible robot can choose travelling through r_4 . Between r_3 and r_8 there are two paths whose cost is 3 in both cases: $\langle r_3, r_8 \rangle = (C [r_3, r_4, r_8] = 3, C [r_3, r_7, r_8] = 3)$.

Other routes are:

$$\langle r_3, r_{12} \rangle = \langle C [r_3, r_4, r_8, r_{12}] = 4; C [r_3, r_7, r_8, r_{12}] = 4; C [r_3, r_7, r_{12}] = 3; C [r_3, r_4, r_8, r_7, r_{12}] = 5 \rangle$$

$$\langle r_7, r_{16} \rangle = \langle C [r_7, r_3, r_4, r_8, r_{12}, r_{16}] = 6; C [r_7, r_8, r_{12}, r_{16}] = 4; C [r_7, r_{12}, r_{16}] = 3 \rangle$$

$$\langle r_8, r_3 \rangle = \langle r_3, r_8 \rangle; \langle r_{12}, r_3 \rangle = \langle r_3, r_{12} \rangle; \langle r_{16}, r_3 \rangle = |\langle r_{12}, r_3 \rangle| + 1$$

$$\langle r_8, r_{12} \rangle = \langle C [r_8, r_{12}] = 1; C [r_8, r_4, r_3, r_7, r_{12}] = 5; C [r_8, r_7, r_{12}] = 3 \rangle$$

As it can be seen in the routes shown above, the cost of every possible path ρ_i that a robot can take between the two nodes of the route which is $C [\rho_i] = \sum C (r_j), \forall r_j \in \rho_i$, is always higher when that path cross r_4 . The fact that turns r_4 a superfluous node is that there is always a possible path for each route θ with lower or equal cost as the path across r_4 . If we divide each set of paths that forms a route into two new subsets S_1 and S_2 in such a form that S_1 contains all the paths that travel along r_4 and S_2 contains all the paths that avoid r_4 , we can affirm that $\forall \theta / r_4 \in \theta [\rho \text{ 'first..}\rho \text{ 'last}] \Rightarrow \exists \rho_i \in S_2 \wedge C (\rho_i) \leq C (\rho_j)$ where ρ_j represents any path of S_1 .

That is why the node number 4 can be considered as superfluous and it is eliminated from the abstracted graph which is stored in the GMS. Remember that GMS is common for all the robots so that as far as the problem is running each robot will take into account a smaller graph to make the decision of where to move next. The time saved by the lack of non useless movements of the ants increases as the problem grows.

Superfluous nodes will always delay the resolution of the problem so the objective of GMS is to eliminate them.

Conclusion

Ant colonies are able to recollect the food in a very special way. Every individual of the population follow the same path as the rest of the colony which turns to be the shorter path possible. That is due to the capacity they have to communicate between each other by the deposit and evaporation of pheromones. The global memory structure (GMS) presented in this paper guarantees important advantages during the process of decision that every ant of the colony must do every iteration before moving to another node of the graph.

The GMS method is based on processing the map of the problem in a different way than traditional swarm intelligence algorithms do. This method focuses its attention on how to avoid useless spaces in the map so that the ants of the colony do not travel across them. It is extremely necessary to be totally sure about the spaces to eliminate because very often a space with no food can lead the ants to another space where food is abundant. That is why GMS support a matrix of weights that calculates every moment the superfluous nodes that exists on the graph.

For the correct execution of this global memory structure, two different instances of the graph are needed. One of them is the initial input of the problem and the other one must be filled as the ants wander through the nodes. The memory of the ants is in some way downloaded to this second map which is the aim of the structure. By using this technique we can observe that the time saved by ant algorithms increases as the problem gets bigger.

Bibliography

- [CNCP] Centro de Computación Nacional. Paraguay. URL: <http://www.cnc.una.py/cms/cnc/index.php>.
- [DOR] Dorigo M., Ant Colony System: URL: <http://iridia.ulb.ac.be/dorigo/ACO/ACO.html>
- [Holland, 1975] J.H. Holland: Adaptation in natural and artificial systems, University of Michigan Press, 1975
- [Clark, 1999] Andy Clark: Estar ah__. Cerebro, cuerpo y mundo en la nueva ciencia cognitiva, Editorial Paidós, 1999.
- [Lee, 2008] ZJ Lee, SF Su, CC Chuang, KH Liu. Genetic algorithm with ant colony optimization (GA-ACO) for multiple sequence alignment. Applied Soft Computing Journal, Elsevier 2008.
- [Ramos, 2000] Vitorino Ramos and Filipe Almeida: Artificial Ant Colonies in Digital Image Habitats - A Mass Behaviour Effect Study on Pattern Recognition
- [Gagné, 2006] G Gagné, M Gravel, WL Price. Solving real car sequencing problems with ant colony optimization. European Journal of Operational Research. Elsevier 2006.
- [Dorigo, 2001] Marco Dorigo: The Ant Colony Optimization Metaheuristic: Algorithms, Applications, and Advances, Methaheuristics Handbook 2001
- [Maniezzo, 2004] Vittorio Maniezzo, Luca Maria Gambardella, Fabio de Luigi Ant Colony Optimization. (Book Chapter)
- [Socha, 2008] K Socha, M Dorigo. Ant colony optimization for continuous domains. European Journal of Operational Research. Elsevier, 2008
- [Dorigo, 1997] Marco Dorigo, Luca Maria Gambardella: Ant Colonies For The Traveling Salesman Problem, BioSystems press, 1997
- [Dorigo, 1999] Marco Dorigo and Gianni Di Caro: Ant Algorithms for Discrete Optimization, Artificial Life Vol5 No3 pp137-172, 1999
- [Parpinelli, 2002] Rafael S.Parpinelli, Heitor S.Lopes and Alex A.Freitas: Data Mining with an Ant Colony Optimization Algorithm.
- [Karpenko, 2005] Oleksiy Karpenko, Jianming Shi, Yang Dai: Prediction of MHC class II binders using the ant colony search strategy, Elsevier Artificial Intelligence in Medicine, 2005.
- [Boyd, 2004] Jeffrey E. Boyd, Gerald Hushlak and Chistian J. Jacob: Swarm Art: Interactive Art from Swarm Intelligence, MM'04 New York.
- [Manfrin, 2006] M Manfrin, M Birattari, T Stutzle, M Dorigo. Parallel ant colony optimization for the travelling salesman problem. Lecture Notes in Computer Science. Springer 2006.
- [Birattari, 2007] M Birattari, P Pellegrini, M Dorigo. On the invariance of ant colony optimization. IEEE transactions on evolutionary computation 2007
-

Authors' Information

Ángel Goñi Moreno – Natural Computing Group. Universidad Politécnica de Madrid, Boadilla del Monte, 28660 Madrid, Spain: e-mail: ago@alumnos.upm.es

Paula Cordero Moreno – Natural Computing Group. Universidad Politécnica de Madrid, Boadilla del Monte, 28660 Madrid, Spain: e-mail: paula.cormo@gmail.com

SPECIALIZED SHELLS OF INTELLIGENT SYSTEMS FOR DOMAINS WITH COMPLICATED STRUCTURES

Irene Artemieva

Abstract: *The paper covers the properties of domains with complicated structures and describes information and program components of shells of intelligent systems for such domains, defines all the properties of shell components. It is noted that the maintenance subsystem that adds new program components to the shell is an important component.*

Keywords: *Specialized Shell of Intelligent System, Program System Based on Ontology, Multilevel Domain Ontology*

ACM Classification Keywords: *I 2.5 – Expert system tools and techniques.*

Conference: *The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

Several problems are to be solved when a knowledge based intelligent system is being designed: how to represent the domain knowledge, how to use it to solve tasks, how to maintain the knowledge base. The more domain is complicatedly structured, the more difficult it is to develop such a system and to maintain its knowledge base. Universal and specialized shells are tools simplifying the intelligent system design process. Universal shells are based on a certain universal language used to represent knowledge. Many of existing commercial universal shells are rule-based systems [Commercial shells]. To represent knowledge, specialized shells use a domain-specific scheme defined by an ontology of the area the shell is designed for. This allows a domain expert to develop a knowledge base without the participation of a knowledge engineer which is an intermediary.

In science-associated domains with complicated structures, not only knowledge may change, but ontologies may also change leading to the changes in a set of classes of tasks to solve. However, methods for development of specialized shells do not embrace such properties of domains with complicated structures. The aim of this paper is to describe the features of specialized shells of intelligent systems for such domains.

Properties of domains with complicated structures

First, let us examine the properties of domains with complicated structures that define the properties of the specialized shells for such domains.

Each domain is characterized by many quantities and sets of mathematical terms to define operations and relations within the elements of these quantities [Artemieva et al, 1997]. The type of quantities used in domains is defined by the way of getting data about values and also by the way of verbal representation of information about domain objects. The elements of verbal representation can specify the information about the values of domain objects properties, the structure of objects and the (functional and nonfunctional) relations between domain

objects. Each quantity is characterized by a number of elements of this quantity and also by a set of functions, operations and relations.

Quantities can be either standard (e.g. dimension quantities, scalar and structural quantities, quantities of sets and mappings [Artemieva et al, 1997]) or nonstandard. Each domain comprises its own nonstandard quantities. Nonstandard quantities for the area of chemistry are structural formulas of compounds and spectra.

Knowledge, which is defined as a set of statements about the properties of the reality situations, characterizes domains. Knowledge can be considered structured if it can be represented as a set of pairs <term, term value>. Otherwise, knowledge is not structured and represented by a set of statements on a certain logical language. There are domains in where only a part of knowledge is verbally represented. Such feature is characteristic of chemistry, where the structured part of knowledge describes the properties of various domain objects, while not structured part of knowledge contains the laws of this domain.

If knowledge of a domain or a part of it is structured, then ontology of knowledge is considered to be a property of domain [Kleshchev and Artemjeva, 2007] that defines notions used in verbal representation of knowledge and ontological agreements that specify constraints for sets of values for such terms. For domains with not structured knowledge, the ontology of knowledge is empty, and all domain laws are represented with the usage of terms of ontology of reality consisting of the descriptions of terms and ontological agreements that set the integrity constraints for the reality.

If domain knowledge is structured, then the set of ontological agreements except integrity constraints for the reality and knowledge contains another group of agreements that set the links between the knowledge and the reality of a domain.

Ontologies of domains with complicated structures are multilevel and modular [Artemieva, 2007]. The level with maximum n number represents the ontology of a domain with complicated structure. It contains terms which define the next level ontology (an ontology of a domain section). Transitions to a level with a lower number implies the setting of the ontology terms (of an ontology of domain section or subsection), as well as the setting of the ontological agreements for this level. To determine these ontological agreements it is necessary to set term values of a previous level ontology or to set the agreements on a language to represent these agreements.

Let us call the ontology with the knowledge system the ontology of level 1. Such an ontology defines the properties of a set of situations of the domain reality and therefore the values for the terms of ontology of the reality are not matched. By specifying the values of the terms of ontology of the reality we receive the description of the concrete situations of a domain (or the 0 level "ontology").

Chemistry can be seen as an example of a domain with complicated structure [Artemieva et al, 2007], the multilevel ontology of which is shown on Fig. 1.

2. Specialized shell components

The following groups of users of the specialized shell of intelligent systems for domains with complicated structures can be distinguished: support programmer, knowledge engineer, expert, domain specialist.

Support programmer ensures program components development, knowledge engineer and expert provide development of information components, while domain specialist uses complete program and information components to solve applied problems.

The basic components of a specialized shell are the following: editor of multilevel ontology, ontology-controlled knowledge editor and systems for solving tasks of different classes.

Specialized editor of multilevel ontology is used by knowledge engineers. It provides the opportunity to develop and edit a new module of an ontology of level $i+1$ and allows the reusability of the existing modules of the every level ontologies.

Specialized knowledge editors, controlled by an ontology, are used by experts in a domain with complicated structure. They provide the opportunity to develop and edit a new module of knowledge controlled by the knowledge ontology module.

Specialized solvers for classes of applied tasks are used by domain specialists to specify input data, to get the results of solutions and their descriptions in terms of the ontology of the reality.

An important component of a specialized shell for the developing domains is a support subsystem that is used by a support programmer. It makes it possible to change the structure of the program components of a shell.

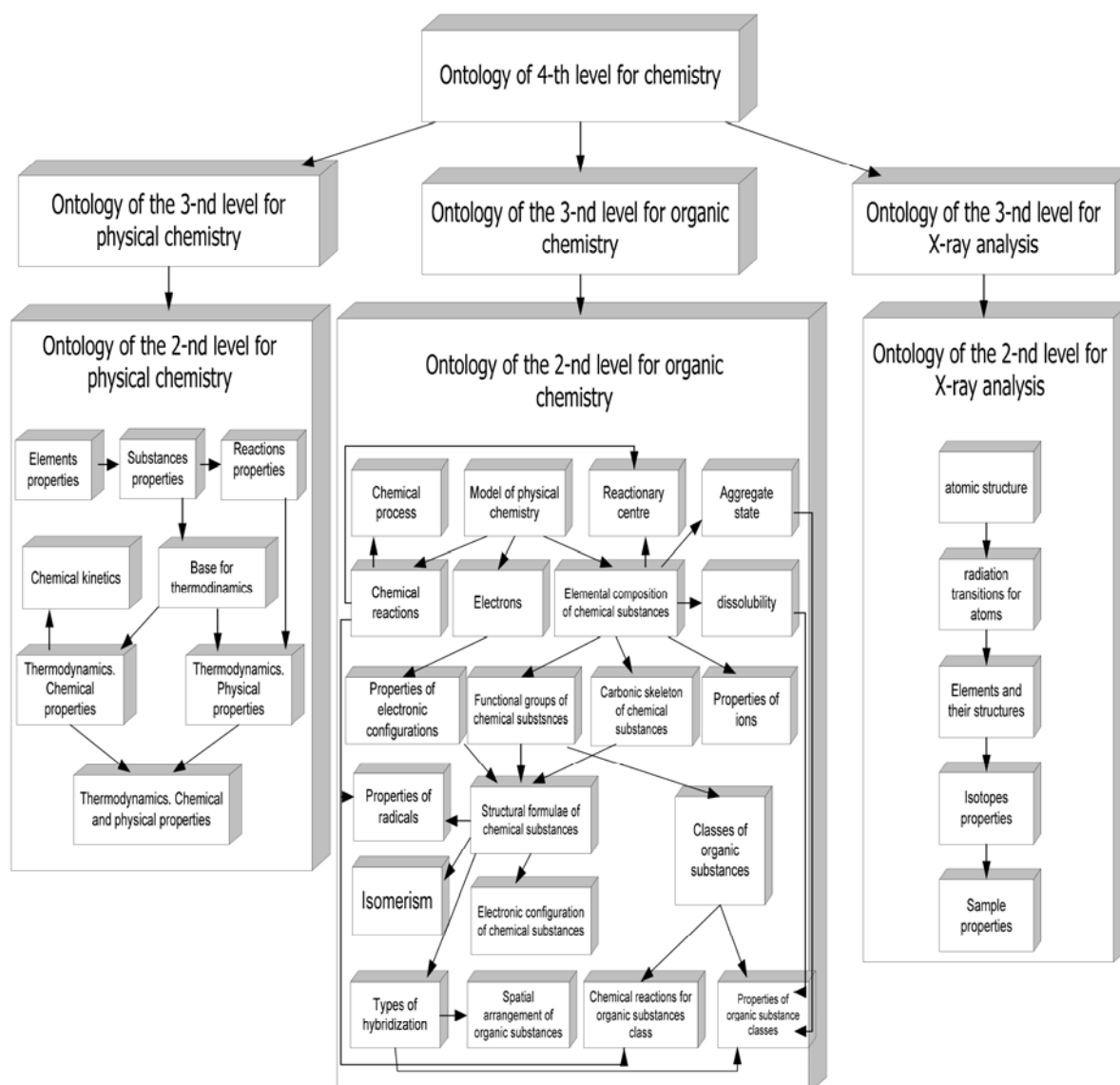


Fig. 1. A multilevel ontology for chemistry.

3. Properties of information components editors

Multilevel module ontology and module knowledge base are information components of a specialized shell for a domain with complicated structure. Development and editing of information components is carried out by a multilevel ontology editor and editor of knowledge, the development of which is based on the n level ontology.

Multilevel ontology editors and knowledge editors are to provide the development and editing of module ontologies and knowledge and to ensure the reusability of the modules for the development of ontologies and knowledge for new sections and subsections of a domain. Thus the development and editing of a module for the ontology of $i-1$ level are to be controlled by the ontology of i level, while that of a knowledge module is to be controlled by the ontology of level 2.

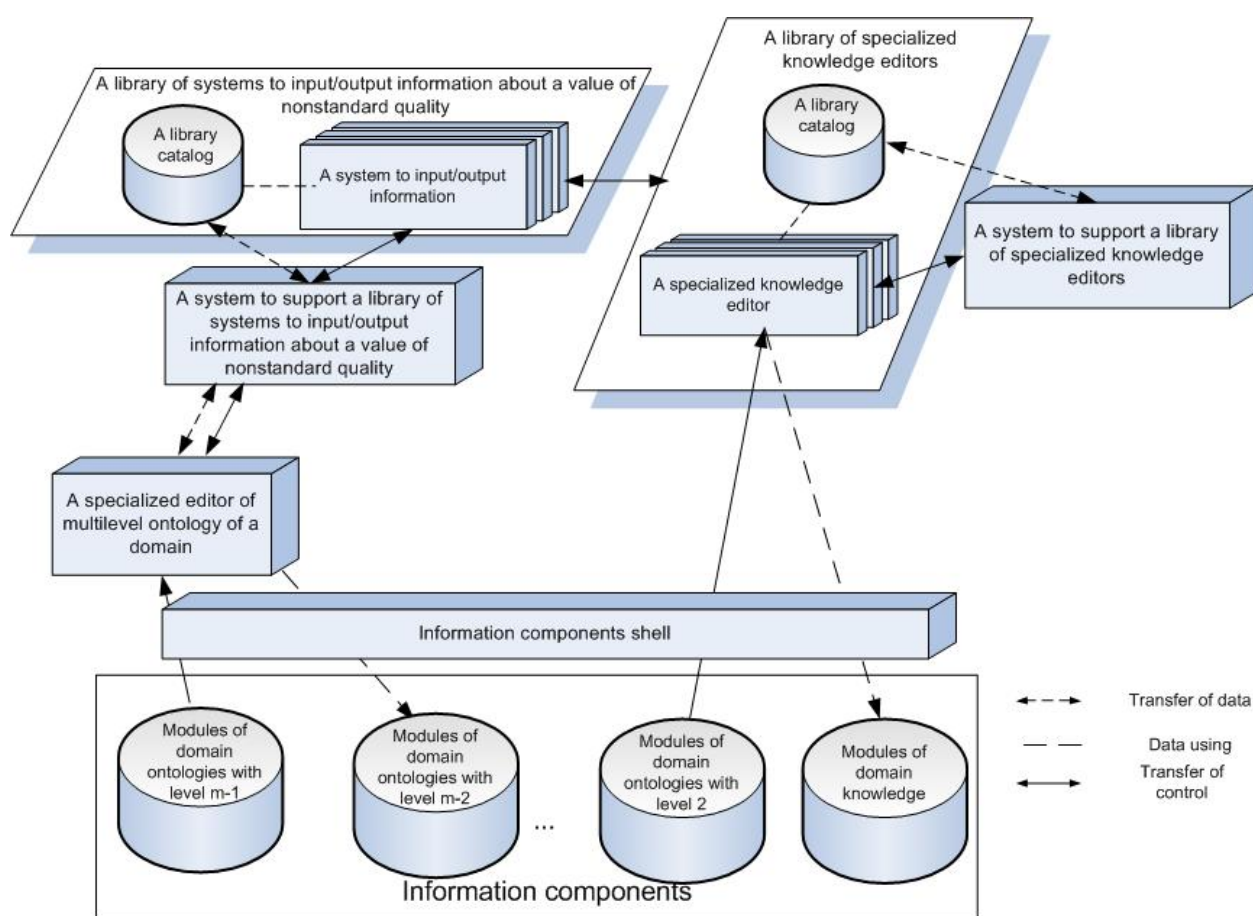


Fig. 2. Information editors for a specialized shell.

Ontology editor is to provide the opportunity to choose that of the existing modules of the ontology of level i that controls the editing of a module under development. The same pattern is used in the editing of a knowledge module, when an opportunity to choose the "controlling" module of the ontology of level 2 is to be provided.

Editors of ontology and knowledge are to provide the opportunity to specify the structured and not structured parts of the ontology and the structured and not structured parts of knowledge, i.e. a program component for these editors would be a specialized statement editor that allows to input the ontological agreements and laws of a domain.

Knowledge editor is to provide the input/output values of nonstandard quantities. There can be a method of graphic representation for the values of nonstandard quantities. For instance, in chemistry [Artemieva et al, 2008] there can be a graphic representation of a short structural formula or structural formula of a chemical compound. Therefore, while developing and editing knowledge, knowledge editor is to provide the opportunity to use the method of graphic representation of the values of nonstandard quantities accepted in a domain. The quantity, to which corresponds a value of a certain property, is specified by the ontology of level 2. Therefore knowledge editor is to provide an automatic choice (controlled by the ontology of level 2) of the means for graphic representation of values of nonstandard quantities.

Ontology editor interprets the ontology of level i while developing a module of the ontology of level $i-1$. Knowledge editor interprets the ontology of level 2 while developing knowledge module. The same ontology can be interpreted differently by different knowledge editors. Knowledge editors can vary by the ways of knowledge interpretation and by interface as well. It is obvious that for an editor aimed to interpret one ontology, not the whole class of ontologies, more easy-to-use interface and more comprehensible way of interpretation for an expert can be developed. Therefore a specialized shell should allow the application of editors supporting different ways of interpretation of a module of the ontology of level 2, as well as providing an expert with the opportunity to choose the editor needed.

Thus, information components editors are to comprise (Fig.2) specialized editor of multilevel module ontology, specialized knowledge editors controlled by ontologies of level 2, systems to input/output values of nonstandard quantities, statement editor allowing to specify laws and ontological agreements of a domain. 4. Properties of systems for solving applied tasks

The values of nonstandard quantities are used to edit knowledge and enter input data. The method of graphic representation of input data is more convenient for a domain specialist since in this case it is unnecessary to apply cumbersome verbal data representation [5]. Graphic representation of the results of a solution proves to be a more easy-to-see method of representation. Therefore the shell is to provide input/output of the values of nonstandard quantities while specifying input data of the tasks and ensure the use of the method of graphic representation of the values of nonstandard quantities accepted in a domain while entering input data of the tasks and outputting of the results of their solutions.

It has been noted that the quantity to which a value of a certain property pertains is specified by the ontology of level 2. Shell is to provide an automatic choice (controlled by an ontology) of the means for graphic representation of the values of nonstandard quantities while specifying input data of tasks.

Each section (and subsection) of a domain with complicated structure is characterized by its own set of classes of applied tasks though different sets can comprise both common classes of tasks and classes specific for a section (subsection). Solver can be intended for solving classes of tasks of one section (thus it uses the ontology and knowledge of this section) or for classes of tasks of different sections (in this case it uses different ontologies and knowledge). In the first case, the ontology used by a solver is defined by the class of tasks. In the second case, an additional indication what ontology and knowledge are to be used while solving tasks is required. Specialized shell of intelligent systems for domains with complicated structures is to ensure the solution of different classes of tasks with the user being able to specify the module of an ontology and the module of knowledge that are to be used while solving tasks. While solving tasks of one class various systems with different specifications of complexity can be used. These specifications are determined by input data and the statement of a problem. The systems for solving of one class of tasks can also vary by the interface, use different methods of solving of tasks of this class. For example, different laws of a domain can be used while calculating a value of a certain property of a physical-chemical process.

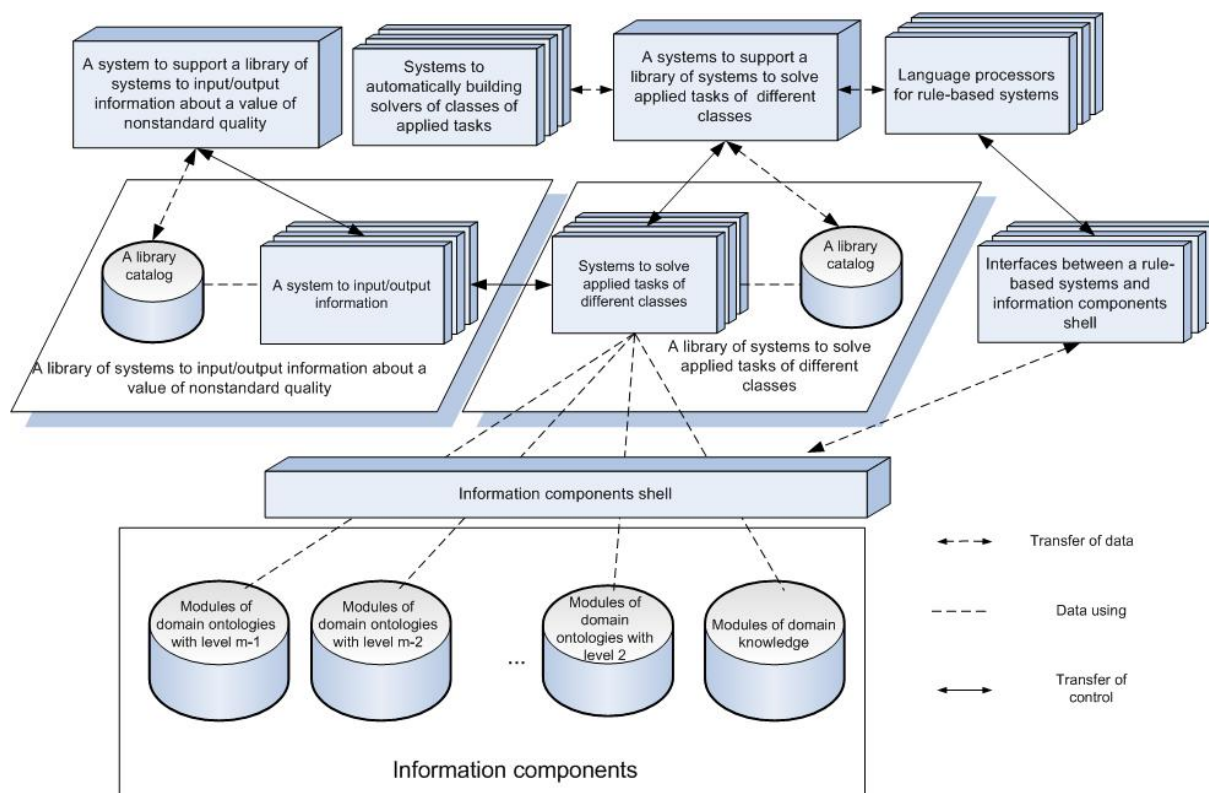


Fig. 3. Systems to solve applied tasks.

Thus, specialized shell is to contain extensible system libraries for solving tasks of different classes, systems for automatic building of methods of solving tasks according to their specifications (Fig.3). A task solving method can be represented in a form of an algorithm or as a set of rules of productions system. In the first case, an algorithmic language processor is applied to develop a solver, in the second case a rule-based language processor [] that is one of program components of specialized shell is used.

Conclusion

If a domain is developing, its ontology and knowledge are changing. Changes in ontology lead to change in a set of classes of tasks solved. Thus, the development of a domain with complicated structure implies the emergence of new information and program components of an intelligent system. Alteration of information components is supported by the editors of these components. Program components development implies the existence of a support subsystem for this process.

The maintenance subsystem for a specialized shell is to make it possible to add new subsystems to input/output values of nonstandard quantities, in particular for those quantities supporting the method of graphic representation of these values, new classes of tasks and subsystems for their solution. It is also to ensure the inclusion of subsystems for automatic building of solvers for classes of tasks into program components. Thus, the program components of the maintenance system are the following: subsystem to maintain subprogram library for nonstandard quantities, subsystem to maintain knowledge editors library (Fig. 4), subsystem to maintain solvers library, subsystem to maintain library of systems for automatic building of solvers for tasks specification (Fig. 4). Rule-based language processor is used while developing the problem-solving methods for the tasks presented as a set of rules.

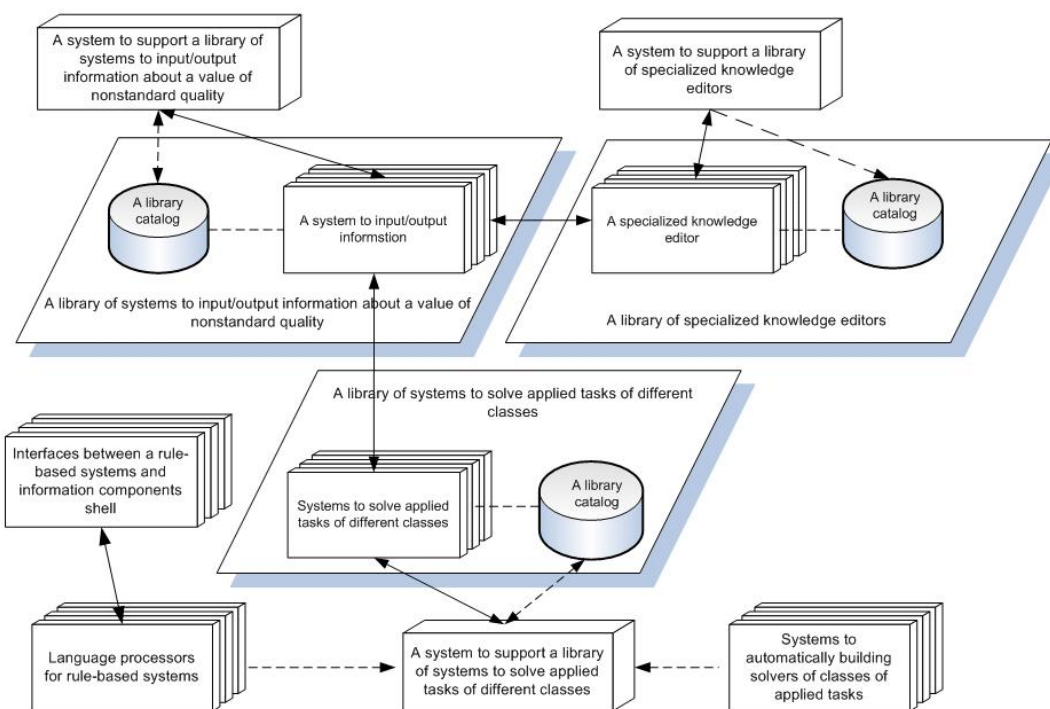


Fig. 4. Components of the maintenance subsystem.

The maintenance subsystem for a specialized shell is to make it possible to add new subsystems to input/output values of nonstandard quantities, in particular for those quantities supporting the method of graphic representation of these values, new classes of tasks and subsystems for their solution. It is also to ensure the inclusion of subsystems for automatic building of solvers for classes of tasks into program components. Thus, the program components of the maintenance system are the following: subsystem to maintain subprogram library for nonstandard quantities, subsystem to maintain knowledge editors library (Fig. 4), subsystem to maintain solvers library, subsystem to maintain library of systems for automatic building of solvers for tasks specification (Fig. 3). Rule-based language processor is used while developing the problem-solving methods for the tasks presented as a set of rules.

The maintenance subsystem for a specialized shell is to make it possible to add new subsystems to input/output values of nonstandard quantities, in particular for those quantities supporting the method of graphic representation of these values, new classes of tasks and subsystems for their solution. It is also to ensure the inclusion of subsystems for automatic building of solvers for classes of tasks into program components. Thus, the program components of the maintenance system are the following: subsystem to maintain subprogram library for nonstandard quantities, subsystem to maintain knowledge editors library (Fig. 4), subsystem to maintain solvers library, subsystem to maintain library of systems for automatic building of solvers for tasks specification (Fig. 4). Rule-based language processor is used while developing the problem-solving methods for the tasks presented as a set of rules.

Acknowledgements

This paper was made according to the program № 2 of fundamental scientific research of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, the project 09-I-П2-04.

Bibliography

- [**Artemieva et al, 1997**] Artemieva I.L., Gavrilova T.L., Kleshchev A.S., Logical models of the second order for domains // Scientific and technical Information, Ser. 2. 1997. № 6. P.14-30.
- [**Artemieva, 2007**] Artemieva I.L. Domains with complicated structures and their ontologies // Inf. Theories and Appl. – 2008. - Vol. 15.- № 4. – PP. 330-337. – ISSN 1310-0513.
- [**Artemieva et al, 2007**] Artemieva I.L., Reshtanenko N.V., Tsvetnikov V.A. Multilevel ontology of chemistry // All-Russian Conference with International Participants «Knowledge-Ontologies-Theories». Novosibirsk, 14-16 September 2007. Novosibirsk: Institute of Mathematics. Vol.1. P. 138-146.
- [**Artemieva et al, 2008**] Artemieva I.L., Reshtanenko N.V. Intelligent system based on multilevel ontology of chemistry // Program products and systems. 2008. № 1. P. 84-87.
- [**Kleshchev and Artemjeva, 2007**] Kleshchev A.S., Artemjeva I.L. Mathematical models of domain ontologies // Inf. Theories and Appl. – 2007. - Vol. 14, № 1. - PP. 35-43. – ISSN 1310-0513.
- [**Artemieva and Tyutyunnik, 2008**] Artemieva I.L., Tyutyunnik M.B. Parallelization of Logical inference for confluent rule-based system // International Book Series "Information Science and Computing". Book 1 "Algorithmic and Mathematical Foundations of the Artificial Intelligence ". 2008. PP.81-87
- [**Artemieva et al, 2008**] Artemieva I.L., Reshtanenko N.V., Tsvetnikov V.A. Upgradable tree levels editor of metaontologies, ontologies and knowledge for a chemistry // International Book Series "Information Science and Computing". – Number 5. – Supplement to the International Journal "Information Technologies & Knowledge". – Vol. 2. – 2008. – PP. 119-124. – Sofia, Bulgaria. – ISSN 1313-0455.
- [**Commercial shells**] <http://inf.susu.ac.ru/~polak/expert/commercial/faq=doc-7.htm>

Authors' Information

Irene L. Artemieva – Institute for Automation & Control Processes, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences; 5 Radio Street, Vladivostok, Russia; e-mail: artemeva@iacp.dvo.ru

MERGING WIKI AND ONTOLOGICAL APPROACH TO E-LEARNING PORTAL DESIGN

Tatiana Gavrilova, Vladimir Gorovoy, Elena Petrashen

Abstract: *The paper presents an ontological approach towards e-learning portal development. Special stress is put on structuring procedure as it is the kernel of ontology development and on visual design as a powerful learning mindtool. We also describe the experience of ontology developing based on Knowledge Engineering educational course in St.Petersburg State Polytechnical University and "OntolingeWiki" tool for creating ontology-based e-learning portals.*

Keywords: *e-Learning, e-Learning Objects, Ontologies, Subject Domain, Wiki-technology*

ACM Classification Keywords: *I. Computing Methodologies - I.2 Artificial Intelligence - I.2.4 Knowledge Representation Formalisms and Methods*

Conference: *The paper is selected from Fourth International Conference "Modern (e-) Learning" MeL 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009*

Introduction

The development of information and communication technologies is becoming more and more intense and increasingly fast, so e-learning also needs to evolve, to find new solutions and to reach several goals. What are they? It has to be effective, well designed, not expensive, reusable, and fast in development. Society changes too: it becomes more and more visually dominated, parallel processing and multi-tasking are widely practiced, life is faster and more and more overloaded with information. Students think and process information differently from their predecessors [Prensky, 2001]. So, educative systems also need to become more up-to-date, flexible and adequate.

One of really interesting topics in e-learning nowadays is the convergence of knowledge management and technology enhanced learning towards the effectiveness in the design and exploitation of learning content. In the last years an intensive application of Semantic Web concepts and technologies seems to solve a lot of problems and concerns that existed earlier.

The importance of specification and structuring the content and its visual presentation – followed with such connected issues as design, adaptation and usability has been underestimated to a certain extent until recent times. The researchers often were far more concerned about how to educate (with methods of instruction or reasoning over the content) than how to present the object of the research (content specification and knowledge structure) [Ikeda et al., 1999]. When ontologies were being started to be used in educational systems its main advantage was considered the fact that it provides a common vocabulary, and an explication of what has been often left implicit. The systematization and structuring of knowledge becomes the backbone of the system.

And concepts and relations among them are like this specified and can be used as building blocks without really complex actions [Mizoguchi et al., 1997]. So the new approach in using ontologies in e-learning is more about constructing ontologies to form content and/or navigation system, improving navigation usability and level of knowledge acquisition. In recent years, there has been a growing interest in the development and use of domain ontologies, mainly motivated by the Semantic Web initiative [Woukeu et al., 2003].

In this paper we describe the experience of ontology developing for Knowledge Engineering courses based on educational course for undergraduate students of Saint-Petersburg State Polytechnic and Saint-Petersburg State Universities. It also seems important to specify why ontology-based conceptual domain modeling is so efficient for needs and purposes of e-learning using researches which have already been made and applying our own considerations. Next section gives details of goals we wanted to achieve while starting to develop the ontology. Then OntolingaWiki, ontology-based tool which takes advantage of both wiki-technology and ontologies for creating educational portals, is described. The paper is concluded with summary and future work discussion in the last section.

Ontology-based conceptual domain modeling and its efficacy

So why is structuring followed by visual presentation of course's structure so important and helpful?

- To share common understanding of the structure of information among people or software agents [Musen, 1992]
- To make domain assumptions explicit so that it would be possible to change these assumptions easily if knowledge about the domain changes.
- To separate domain knowledge from the operational knowledge [Noy, McGuinness, 2001]
- It's simpler and more effective to perceive and analyze domain knowledge when it's clearer how all small pieces of information connected between each another are. It can be compared with having a picture of a complete puzzle before and while inspecting each of the separated pieces. It's easy: we know how this piece is connected with others, what's pictured on it and how we can use it. But when the puzzle is undone and the only thing we know it's that this is a picture of a pretty princess, a lot of time can be spent while deciding whether that little blue piece is sky or princess's dress.
- Despite the fact that many IES (Intelligent Educational Systems) exist and keep being developed, knowledge reuse from one system to another is almost non-existent. Content-oriented view over the IES could facilitate knowledge sharing and reuse [Mizoguchi et al., 1997]. Therefore two of the most current research issues in the e-learning community are specifying reusable blocks of learning content and defining an abstract way for designing different units (e.g. lessons) [Knight, Gašević, 2005].
- It also provides the ability to modify easily the course's structure for different educational purposes adapting to current needs. Just like when using Lego we can build castle for a knight and rose cottage for an old lady using the same blocks. So it will be possible to use different structures for a beginner/a professional, a third-grader/a Ph.D. etc.
- As two major problems of learning online are loss of overview due to low information density of the medium and short attention spans due to fast fatigue of perception structure and presentation of learning material it will be a lot more effective if it reflects the characteristics of hypermedia and the web [Psyché et al., 2004]
- The web itself is a very large scale hypertext information space where users can search and find information in different domains. But considering the constant increasing of resources on the Web getting an overview of all the available information relevant to their current needs and tasks becomes pretty much impossible. And if this user is not fully experienced in the knowledge domain as it happens in the majority of cases (if he/she was, why would he/she need to find this information?) he/she is not totally able to define for sure whether found content is entirely appropriate and useful for their cognitive state, tasks and level or accurate, conforming exactly to truth or to a up-to-date standard [Aroyo, Dicheva, 2004]. Within the class of Web-based educational systems, a major role in various instructional contexts play the Educational Information Systems that are aimed at providing intelligent, task-centered information support for solving

problems and performing learning tasks. And ontology is really good for maintaining functionality required for those ones [Psyché et al., 2004]

Knowledge Engineering Ontology Elaboration

Pedagogical and psychological construction and delivery of contents rather than the actual content are actually major key issues. If students also are interested in process, student performance is really likely to be up after being introduced to new ways of learning. The use of visual paradigm enables students to process and understand greater volume of information and visual form influences both analyzing and synthesizing procedures in ontology development process [Gavrilova, Puuronen, 2007]. This is why we've decided to make first a visual representation of the top level of ontology as a powerful mind tool in data structuring process [Gavrilova, 2007]. The developed ontology will be also used as a table of contents for educational system.

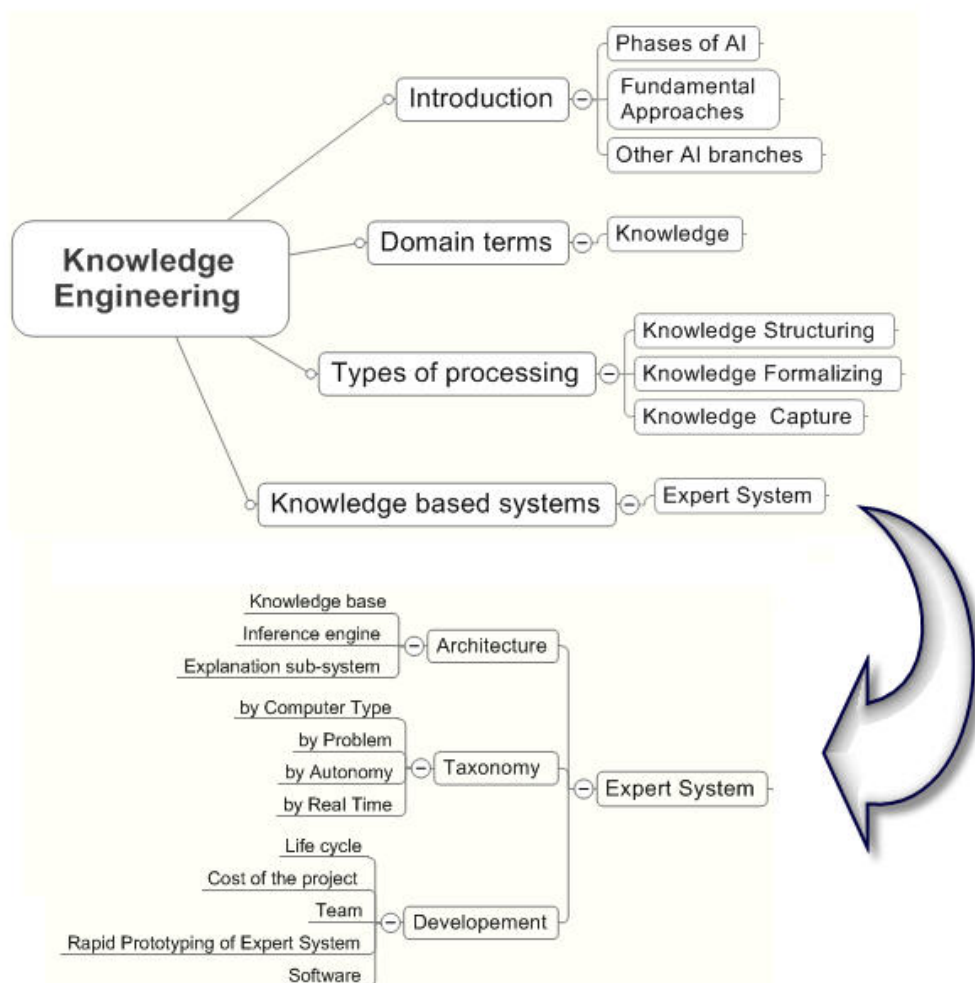


Fig.1 Top Levels of the Educational Ontology of Knowledge Engineering

As while developing learning design we should try to exclude excessiveness and contradictions and to avoid the ontology being too complex and big, we thought it would be reasonable to make it more scalable – e.g. when user chooses the leave of top level ontology it proves to be the root of another one (see Fig.1) – the screen is not overloaded so the information is perceivable yet all the advantages of using ontology are kept.

OntolingeWiki Tool

Wiki technology is a perfect base for on-line knowledge engineering. It supports collaboration, it's easy to add and modify information there. One of its other great advantages – nearly everyone can create, modify and delete the data (of course, now it's not exactly like that – access control lists permit to give different rights to different persons). But it not only an advantage, but a disadvantage too – after some time wiki-portal can become a mess of chaotically messed hypertext where it's not really easy to find and learn something. The solution is to use ontologies as a framework.

Thus, OntolingeWiki is a tool that takes advantage of both wiki-technology as a good environment for collaboration and ontologies as a tremendous tool for knowledge structuring. It can take any ontology saved in OWL format as an input and provide web-interface for ontology navigation with visualization based on hypergraph technology (<http://hypergraph.sourceforge.net>). Each concept of the ontology can be annotated with wiki-page created on demand (see <http://ontowiki.org.ru:8180/ontolinge/dispatcher>). OntolingeWiki was created on the base of Ontolinge-KAON system [Gorovoy, Gavrilova, 2007]

This technology can be used for creating ontology-based educational portals and was successfully leveraged in the design of the ontology-based content management system for the virtual exposition of the optical technologies museum in Saint-Petersburg State University of Information Technologies, Mechanics and Optics. Many electronic teaching materials such as presentations, animations or java-applets were united in the virtual exposition which introduces a visitor with optics according to the chosen ontology model.

Conclusion

As e-learning lacks teacher or tutor in a traditional way, knowledge structuring is really important for better understanding course ideas. And by using visual paradigm students can better understand and remember the course. It also permits to reuse knowledge units, expand and modify e-learning system, enables a shift away from the teacher-centric and curriculum-oriented course perspective towards a more learner-centric and interest-oriented approach. We consider OntolingeWiki tool a step forward in creating a useful technological environment for creating ontology-based educational portals supporting collaboration as it has advantages of both wiki technology and ontological engineering.

Acknowledgements

The work is partially supported by grants of RFBR and St.Petersburg State University.

Bibliography

- [Aroyo, Dicheva, 2004] L.Aroyo, D.Dicheva. The New Challenges for E-learning: The Educational Semantic Web. In: Educational Technology & Society, 7 (4), pp. 59-69, 2004.
- [Gorovoy, Gavrilova, 2007] V.Gorovoy, T.Gavrilova. Technology for ontological engineering lifecycle support. In: Information Theories & Applications, Vol.14, pp. 19-25, 2007.
- [Knight, Gašević, 2005] C.Knight, D.Gašević, G.Richards. Ontologies to integrate learning design and learning content. In: Journal of Interactive Media in Education, 2005.
- [Mizoguchi et al., 1997] R.Mizoguchi, M.Ikeda, K.Sinita. Roles of shared ontology in AI-ED research: intelligence, conceptualization, standardization, and reusability. In: Artificial Intelligence in Education, Proceedings of AI-ED 97, pp. 544. IOSPress, 1997.
- [Musen, 1992] M.Musen. Dimensions of knowledge sharing and reuse. In: Computers and Biomedical Research 25, pp. 435-467. 1992.

-
- [Noy, McGuinness, 2001] N.Noy, D.McGuinness. Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Knowledge Systems Laboratory, Stanford, Technical Report KSL-01-05, 2001.
- [Psyché et al., 2004] V.Psyché, O.Mendes, J.Bourdeau. Apport de l'ingénierie ontologique aux environnements de formation à distance. In: Revue Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF), Volume 11, Numéro Spécial Formation à distance, pp. 89-126, 2004.
- [Gavrilova, 2007] T.Gavrilova. Ontological Engineering for Practical Knowledge Work. In: Lecture Notes in Artificial Intelligence 4693, Proc. of 11-th Int. Conf. Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems KES 2007, pp. 1154-1162, 2007.
- [Prensky, 2001] M. Prensky. Digital Natives, Digital Immigrants. In: On the Horizon, MCB University Press, Vol. 9 No. 5, 2001.
- [Gavrilova, Puuronen, 2007] T.Gavrilova, S.Puuronen. Cognitive Bias in Knowledge Engineering course. In: International Journal "Information Technologies and Knowledge" Vol.1, 2007.
-

Authors' Information

Tatiana Gavrilova – Head of Information Technologies in Management Department; Saint-Petersburg State University, Graduate School of Management, Information Technologies for Management Dpt. 199004, Volkhovsky, per. 3, St. Petersburg, Russia; e-mail: tgavrilova@gsom.pu.ru

Vladimir Gorovoy – Researcher; Saint-Petersburg State University, Graduate School of Management, Information Technologies for Management Dpt. 199004, Volkhovsky, per. 3, St. Petersburg, Russia; e-mail: gorovoy@gsom.pu.ru

Elena Petrashen – Student; Saint-Petersburg State Polytechnic University, School of Information Technologies, Politechnicheskaya, 29, 195251, St. Petersburg, Russia; e-mail: elena.petrashen@gmail.com

DYNAMIC SYSTEM QUALITY PROVIDING UNDER UNDETERMINED DISTURBANCES. MULTI-DIMENSIONAL CASE

Iryna Zbrutska

Abstract: Multi-dimensional dynamic system under impact of the undetermined disturbing influences is reviewed. Control system that allows to influence over system reaction value in proportion to the disturbance is defined. An algorithm for system quality estimation and making decision about control aiming to provide required quality is proposed. Control algorithm for multi-dimensional system is developed.

Keywords: dynamic system quality; undetermined disturbances; condition estimation; resulting disturbance control; control algorithm; quality function.

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Introduction

Dynamic system quality guaranteeing under the undetermined disturbances is one of the current problems of control theory. Existing methods presuppose either complete a priori information about disturbances, or their constraints are known [Lin, Su, 2000], [Poliak, Sherbakov, 2002], [Nikiforov, 2003], [Hou, Muller, 1992], while regulators with dynamic disturbance compensators might have high dimensions [Liubchik, 2007].

Control Structure Forming

Dynamic system with n state variables can be described by a matrix equation

$$\dot{x} = -Ax - KU + EF, \quad (1)$$

where $x = [x_1 \dots x_n]^T$ - state variables; $x_{2k} = \dot{x}_{2k-1}$; disturbance $F = [F_1 \dots F_m]^T$, $E = \|e_{nm}\|$ - disturbance coefficient matrix ($n \times m$), whose uneven lines are filled by zeros ($e_{nm} = 0$, $n = 2k$, $k = 1, \dots, 0.5n$); controlling $U = Bx$, $B = [b_1 \dots b_n]$, $K = [0 \ k_2 \ 0 \ \dots \ 0 \ k_n]^T$; A - ($n \times n$) system parameter matrix.

Let's put equation (1) in operator form

$$(sI + A)x = -KBx + EF, \quad (2)$$

s - Laplace operator, control matrix coefficients b_i are in general case the polynomials depending on s . Structure and order of those polynomials are defined by optimizing control functional.

From (2) we can get

$$x = (sI + A + KB)^{-1} EF = (sI + A + KB)^{aa} EF \Delta^{-1}, \quad (3)$$

$x = (sI + A + KB)^{aa} = \|a_m^{aa}\|$ - algebraic complement matrix ($n \times n$) for matrix $(sI + A + KB)$, Δ - characteristic polynomial of the system (3).

By analogy we can define

$$x = (sI + A)^{-1} \Delta F, \quad (4)$$

$$\Delta F = EF - KBx = (sI + A + KB)^{-1} \cdot (sI + A)EF = (sI + A + KB)^{aa} \cdot (sI + A)EF \Delta^{-1}. \quad (5)$$

If $(KB)_{ij} \square (sI + A)_{ij}$, $i, j = 1, \dots, n$, then system (3) characteristic polynomial when $K_i = K_0$,

$$\Delta = K_0 \Delta_0 \quad (6)$$

where Δ_0 polynomial does not depend on K_i control coefficients.

If $(KB)_{ij} \square (sI + A)_{ij}$, $i, j = 1, \dots, n$, let us form an additional control channel for the system (3) so that

$$(sI + A + KB)x = -K_T(sI + A + KB) + EF, \quad K_T = \text{diag}[K_{Ti}].$$

Then

$$x = (I + K_T)^{-1}(sI + A + KB)^{-1}EF, \quad I = \text{diag}[1], \quad (7)$$

and while $K_{Ti} \gg 1$

$$x = K_T^{-1}(sI + A + KB)^{-1}EF, \quad x_i = (1 + K_{Ti})^{-1} \sum_{j=1}^n a_{ij}^{aa} f_j, \quad f_j = \sum_{k=1}^m e_{jk} F_k, \quad (8)$$

$$\Delta F = EF - K_T(sI + A + KB)x = K_T^{-1}EF, \quad (9)$$

$$x = (sI + A + KB)^{-1} \Delta F. \quad (10)$$

In those cases K_0, K_{Ti} control coefficients alteration causes a proportional change in the state variables x value, (3), (8), and resulting disturbance ΔF (5), (9) affecting the dynamic system.

System Condition and Resulting Disturbance Estimation

Let us assume that system state variables x are measurable. System quality means having x variables in the certain range of alteration. Disturbances F (or ΔF) may take the system out of this range and cause errors.

To estimate disturbance effect over the state variables it is possible to use Duamel integral. For the system (4) we get

$$x = (sI + A)^{aa} \Delta F \Delta_1^{-1} = \left[\sum_{j=1}^n c_{1j}^{aa} \Delta f_j \dots \sum_{j=1}^n c_{nj}^{aa} \Delta f_j \right]^T \Delta_1^{-1},$$

$$x_i = \Delta_1^{-1} \sum_{j=1}^n c_{ij}^{aa} \Delta f_j, \quad \Delta f_j = \sum_{k=1}^m e_{jk} \Delta F_k,$$

Δ_1 - characteristic polynomial of the system (4).

By analogy for the system (10)

$$x = (sI + A + KB)^{aa} \Delta F \Delta^{-1} = \left[\sum_{j=1}^n a_{1j}^{aa} \Delta f_j \dots \sum_{j=1}^n a_{nj}^{aa} \Delta f_j \right]^T \Delta,$$

$$x_i = \Delta^{-1} \sum_{j=1}^n a_{ij}^{aa} \Delta f_j, \quad \Delta f_j = \sum_{K=1}^m e_{jk} \Delta F_K.$$

Then

$$x_i = \int_0^t \sum_{j=1}^n w_{ij}(t-\tau) \Delta F_j(\tau) d\tau = \int_0^t \psi(t, \tau) d\tau, \quad (11)$$

$$\psi(t, \tau) = \sum_{j=1}^n w_{ij}(t-\tau) \Delta F_j(\tau) = \dot{x}(\tau) = x_{i+1}(\tau), \quad (12)$$

where $w_{ij}(\tau)$ - system weight functions for i state variable from disturbance by j variable. Those are known functions for the systems (4) and (9).

In this way, to estimate system quality by its state variables x_i it is sufficient to know function (12) depending on the acting disturbances and system (4), (9) dynamic features. The state variables will be characterized by square limited by the function (12) at observation interval.

Making Decision about Starting Disturbance Control

Based on the system quality definition introduced, to provide quality it is necessary for the function (12) (quality function) to have value within predefined range, whose square S_Q does not exceed the limit value x_{ip} of the variable x_i in the interval where the function (12) has constant sign

$$S_Q \leq x_{ip}. \quad (13)$$

To define the quality range it is necessary to estimate (or measure) x_i value in the $t \in (0, t_g)$ interval, where

$$t_g - \text{moment of time when } x_i(t_g) = \varepsilon x_{ip}, \quad 0 < \varepsilon < 1,$$

and function (12) that in the same interval creates a range $S_1 = x_i(t_g)$ as part of the range (13). Second part S_2 of the range (13) should provide meeting the demand

$$S_1 + S_2 \leq S_Q, \quad S_2 \leq (1 - \varepsilon)S_Q. \quad (14)$$

When $\varepsilon = 0.5$ it is constructed as a reflection of the function (12) relative to $t = t_g$ line at the range $t > t_g$

$$\psi(\tau) = \psi(2t_g - \tau). \quad (15)$$

$t = t_g$ is a moment of disturbance control start.

Disturbance Control and System Quality Providing Algorithm

Figures (3), (6), and (7) prove that value of external disturbance that impacts the system is altered by the operators K_0 or K_T . Meanwhile external disturbance value alteration is equal for the resulting disturbance as well as for quality function (12) and system state variables. Thus, disturbance control algorithm by the operators K_0 or K_T can be implemented by the drift of one of those functions from its permissible value. This permissible value should be forecasted considering system dynamic features. Let us use function (12) and let us develop a control algorithm relative to (14) and (15). Let us assume quality function (15) to be permissible

$$\psi(2t_g - \tau) = \psi_p(\tau), \quad \tau = t_g, \quad x_i > x_{ip}.$$

Let us define the drift of the existing x_i from the permissible state variable

$$y = x_i - x_{ip} = \int_0^t [\psi(t, \tau) - \psi_p(\tau)] d\tau, \quad |x_i| > |x_{ip}|,$$

and let us use direct Lyapunov method to define the control $K_T(t)$ (7) or $K_0(t) = 1 + K_*(t)$ (6).

Let us introduce Lyapunov function $V = y^2$ and provide

$$\frac{dV}{dt} = 2y \frac{dy}{dt} < 0, \quad (16)$$

where $y(t) = \int_0^t [\psi_g(\tau) - \psi_p(\tau)] d\tau$, $\frac{dy}{dt} = \psi_g(t) - \psi_p(t)$, $\psi_g = \frac{\psi}{1 + K_{Ti}}$, $\left(\psi_p = \frac{\psi}{1 + K_*} \right)$.

Condition (16) will be fulfilled if

$$K_{Ti}(t) > \frac{\psi(t) - \psi_p(t)}{\psi_p(t)}, t > t_g, |x_i| > |x_{ip}|, K(t) > 0. \quad (17)$$

Condition (17) is fulfilled by the following rules of operator K_{Ti} (8) (or K_0 (6)) formation:

$$K_{Ti}(t) = \left[\frac{\psi(t)}{\psi_p(t)} - 1 \right] \cdot \left[1 + \text{sign}(|x_i| - |x_{ip}|) \right] \cdot \left[1 + \text{sign}(\psi - \psi_p) \right],$$

$$K_{Ti}(t) = \left[\frac{\psi(t)}{\psi_p(t)} - 1 \right] \cdot \left[1 + \text{sign}(|x_i| - |x_{ip}|) \right] \cdot \left[1 + \text{sign}(\psi - \psi_p) \right] \cdot \left[\frac{x_i}{x_{ip}} - \varepsilon \right]^2. \quad (18)$$

Operator (18) becomes undefined when $\psi_p = 0$, $y > 0$. To avoid uncertainty, it is sufficient to set in the algorithms (18)

$$K_{Ti}(t) = K(\psi_p \rightarrow 0_+, y > 0) = \text{const} \quad (19)$$

in the time interval starting from the moment where (19) value is accepted until the moment when $\psi(t) = 0$.

Conclusion

Proposed algorithm of controlling the undetermined external disturbances is based upon the quality function estimation, that takes into account the disturbance itself and system dynamic features. Quality function allows to forecast the possible scale of its value range and to make a decision about control start. Control algorithm, developed on the basis of current and estimated quality function values, provides the necessary quality of the dynamic system.

Bibliography

- [Hou, Muller, 2002] Hou M., Muller P.C. design of observers for linear systems with unknown inputs. IEEE Trans. On Automatic Control, 37, 871-875.
- [Lin, Su, 2000] Lin C.-L., Su H.-W. Intelligent Control Theory in Guidance and Control System design: an Overview, Proc. Natl. Sci. Council. ROC(A), 24(1), 15-30.
- [Poliak, Sherbakov, 2002] Poliak B.T., Sherbakov P.S. Robust Stability and Control. Moscow, Nauka, RU.
- [Nikiforov, 2003] Niliforov V.O. Adaptive and Robust control with Measuring Compensation. St.-P., Nauka, RU.
- [Liubchik, 2007] Liubchik L.M. Reverse Dynamic Model Method in Problems of Synthesis of the Multi-Dimensional Combination Systems by Disturbance Observers. Radio-electronic and Computer Systems, 5, 77-83, UA.

Authors' Information

Iryna Zbrutskya - Master, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", P.O.Box: 37, Peremogy Av., Kyiv, 03056, Ukraine; e-mail: zbrutsky@cisavd.ntu-kpi.kiev.ua

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ПОРТАЛ «ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ»

Людмила Лядова, Жанна Мингалева, Наталья Фролова

Аннотация: Представлен проект, направленный на создание информационно-аналитической системы, предназначенной для решения задачи организации коллективной работы исследователей, поддержки их оперативного взаимодействия по одной из актуальных проблем в области экономики – проблеме инновационного развития регионов. В рамках проекта создается портал, обеспечивающий возможность публикации, поиска, анализа и каталогизации материалов по заданной тематике, обмен информацией. В системе должны быть размещены не только публикации, полученные из различных источников, но и результаты работы исследователей, участвующих в проекте, в частности, предлагаемые ими модели инновационного развития предприятий, отраслей, регионов, количественной и качественной оценки уровня их инновационного развития в условиях, с одной стороны, интеграции, а с другой – усиления конкуренции. Особое внимание в проекте уделяется использованию современных информационных технологий для проведения исследований. Программное обеспечение портала включает средства поиска информации в различных источниках, ее аналитической обработки в соответствии с разработанными методиками. Доступ к portalу будет обеспечен для пользователей различных категорий (ученых, преподавателей, студентов, специалистов органов власти и управления). Первый этап – создание исследовательского прототипа системы. Первоначальное наполнение предлагается выполнить на основе материалов, предоставленных участниками проекта (в частности, методика комплексной оценки инновационного развития региона, основой которой являются экономико-математические методы и модели; модель предметной области, построенная на основе онтологий, используемая для поиска и анализа документов и данных; и пр.).

Keywords: инновации; модели инновационного развития; онтология; интеллектуальный поиск; аналитическая обработка данных; Web-технологии.

ACM Classification Keywords: H. Information Systems. H.3 Information storage and retrieval: H.3.5 Online Information Services – Web-based services; H.3.6 Library Automation – Large text archives.

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Медленные темпы развития инновационной деятельности российской экономики и связанные с этим неудачи внедрения инновационных мероприятий в значительной степени обусловлены недостатками системы анализа инновационного процесса как в целых секторах экономики и так в рамках отдельных хозяйствующих субъектов.

Важным аспектом управления конкурентоспособностью любой экономической системы является наличие надежных и качественных инструментов оценки основных показателей развития системы и достигнутых результатов, возможность их сравнения с другими субъектами, а также возможность постоянного контроля динамики и направлений изменения ключевых показателей развития. Особую актуальность и сложность имеет оценка уровня инновационной конкурентоспособности.

В этих условиях насущной задачей является интеграция в едином информационном пространстве имеющихся моделей и методик, их систематизация, выделение основных показателей инновационного развития, а также определение интегрального показателя, характеризующего уровень инноваций.

Одной из задач, требующих решения для достижения поставленной цели, является создание инструментария для проведения исследований инновационного развития регионов, апробации разрабатываемых моделей и методик. Сложность задачи определяется необходимостью интеграции исследований в области теории инновационного развития и применения современных информационных технологий, что обеспечит возможность реализации новых подходов к исследованиям.

Проект создания исследовательского портала «Инновационное развитие регионов» направлен на разработку и апробацию прототипа информационно-аналитической системы сбора и обработки данных об инновационной активности регионов для поддержки принятия эффективных управленческих решений. Данные для анализа извлекаются из гетерогенных неструктурированных или слабоструктурированных источников данных, в частности, Internet-ресурсов, а также оперативных баз данных. Система должна обеспечивать интеграцию, согласование, агрегацию и сопровождение ранее разрозненных данных. В разрабатываемой системе должны поддерживаться различные формы визуализации данных и результатов анализа, настраиваемые в соответствии с потребностями пользователей.

Создаваемая исследовательская система представляет собой инструментарий экономического анализа инновационной деятельности отдельных подразделений, организаций, объединений организаций, отраслей, регионов. Портал должен обеспечить возможность коллективной работы исследователей, возможность апробации предлагаемых ими моделей и методик оценки инновационного развития и инновационной активности.

Исследования по проблематике инновационной деятельности

Исследование отечественных и зарубежных методик оценки инновационного потенциала и инновационной конкурентоспособности показало значительное расхождение подходов, а также наличие существенных недостатков в статистической базе расчетов [1-4].

Прежде всего, следует отметить, что в российской теории и практике отсутствуют и методологический подход, и методики оценки инновационной конкурентоспособности экономических систем. Уровень инновационности бизнеса рассматривается через уровень инновационной активности предприятий, который, в свою очередь, определяется через показатель удельного веса инновационно-активных предприятий. При этом под инновационно-активными предприятиями понимаются организации, осуществляющие разработку и внедрение новых или усовершенствованных продуктов, технологических процессов и иные виды инновационной деятельности. В зависимости от удельного веса данных предприятий в общем числе предприятий отрасли (сектора), отечественные исследователи говорят об уровне инновационной активности отрасли или отдельного региона.

В отечественных исследованиях по инновационной проблематике для количественной и качественной оценок уровня инновационной деятельности предприятий (регионов, страны) применяются такие показатели как: доля инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции; объем затрат на исследования и разработки; удельный вес затрат на технологические инновации в объеме продукции, отгруженной предприятиями; количество внедренных предприятиями новых технологий; количество созданных передовых технологий; доля инновационно-активных предприятий в общем количестве предприятий и ряд других. Однако все эти показатели рассматриваются автономно, а их взаимосвязь и соотношение оцениваются только через качественные категории.

Таким образом, говорить о наличии в отечественной науке и практике какой-либо целостной и общепринятой методики оценки инновационного потенциала и инновационной конкурентоспособности экономических систем (в том числе предприятия) не приходится.

Исследование аналогичной зарубежной литературы показало, что большинство применяемых в развитых странах мира методик основывается в своих расчетах на ряде схожих показателей. Так, в рамках методики определения инновационной конкурентоспособности отраслей и секторов экономики, используемой в Европейском Союзе (ЕС), применяется не простая прямая количественная оценка

значения каждого фактора инновационной активности (как это делается в методике Госкомстата), а рассчитывается интегральный показатель, который представляет собой общий итог инновационной деятельности. В результате, с помощью методики ЕС можно проанализировать уровень инновационной активности не только отдельной отрасли, например, кабельной, и сравнить с уровнем развития аналогичных отраслей в других странах мира, но и оценить положение отдельного предприятия внутри отрасли, определить насколько отличается его уровень от инновационности других предприятий; выделить те факторы, которые являются основополагающими для обеспечения роста уровня инновационной конкурентоспособности, а также те факторы, которые тормозят развитие предприятия.

Одной из задач представляемого проекта является разработка методики комплексной оценки инновационного развития региона, использующей экономико-математические и статистические методы и модели на базе современных информационных технологий, позволяющей определить место региона среди других субъектов инновационной деятельности, выделить сильные и слабые стороны, сопоставить преимущества и недостатки с основными конкурентами (зарубежными и российскими), сформулировать основные направления инновационного развития.

Проводимые исследования должны проходить апробацию в оперативном режиме. Необходимо обеспечить возможность проведения аналитической обработки получаемых данных, визуализации и сравнения результатов, полученных на основе данных, извлекаемых из гетерогенных источников. Исследователи должны иметь возможность оперативно получать доступ к информации, иметь средства ее поиска и первичной обработки. Этими возможностями их и должен обеспечить создаваемый исследовательский портал.

Информационно-аналитическая система в исследовании инновационной деятельности

Один из основных результатов реализуемого проекта – исследовательская система, основная задача которой – интеграция разрабатываемых исследователями моделей, ранее разрозненных данных, получаемых из различных источников в разных форматах (данные оперативных систем, общедоступные коммерческие данные и пр.), в едином хранилище, их согласование с дальнейшей возможной аналитической обработкой.

Система должна содержать статистические показатели, отчеты по измерению инноваций различными методиками, различного вида публикации в данном разрезе и т.п. и использоваться для накопления, интеграции и сопровождения информации по инновационному развитию. Исследовательская система должна обслуживать сложные запросы пользователей как на поиск необходимой информации, так и на ее выбор и обработку, причем должны быть предусмотрены различные способы формирования запросов, доступные и удобные для пользователя, являющегося специалистом в соответствующей предметной области. Для представления результатов исследований необходимы средства предоставления информации в различных формах (в виде таблиц, графиков, диаграмм, картографического представления, трехмерного представления, а также визуализации различного вида моделей).

Информационная система реализуется как исследовательский портал, основные задачи которого:

1. Автоматизированный поиск источников данных среди Интернет-ресурсов, посвященных инновационной деятельности отдельных подразделений и организаций в целом, объединений организаций, отраслей и регионов, на основе созданных пользователями запросов, создаваемых с учетом специфики предметной области и ее моделей, создаваемых пользователями.
2. Интеллектуальный анализ, классификация и каталогизация документов, полученных из различных гетерогенных источников, обеспечение удобных средств навигации для работы с ними.
3. Извлечение данных из полученных источников с последующим их согласованием и размещением в едином хранилище данных.
4. Аналитическая обработка данных, помещенных в хранилище.

5. Предоставление доступа к хранилищу данных посредством удобного Windows- и Web-интерфейса, с развитой системой визуализации данных и удобным инструментарием построения отчетов.
6. Предоставление пользователям «портфеля» экономико-математических моделей инновационной деятельности с возможностями редактирования имеющихся в портфеле моделей, разработки новых моделей пользователями и проведения экспериментов на созданных моделях.

Пользователи могут использовать систему для анализа имеющихся данных и проведения экспериментов, апробации построенных моделей и предлагаемых методик. Руководители, аналитики и исследователи могут использовать систему для анализа архивных и оперативных данных. Особенно важна возможность интерпретации важнейшей информации. Конечная цель внедрения системы – облегчить пользователям доступ к необходимой информации с целью дальнейшего использования ее для принятия решений, а также возможность их взаимодействия в ходе исследований.

Реализация исследовательского портала

Создание подобной системы предполагает необходимость применения технологий, позволяющих создавать гибкие, динамически адаптируемые системы с высокой степенью обратной связи, что позволит осуществлять ее оперативную настройку на меняющиеся условия и специфические потребности пользователей различных категорий [5-6].

В области информационных технологий ведутся исследования в данном направлении, результаты этих исследований широко представлены в трудах конференций различного уровня. Исследования посвящаются как теоретическим вопросам создания адаптируемых систем, так и созданию технологий, инструментальных средств (причем свойство адаптации рассматривается чрезвычайно широко: от возможности настройки пользовательского интерфейса, генерации запросов и документов на основе форм, определяемых пользователем, до возможности полной реструктуризации, реинжиниринга системы). Однако в настоящее время существует лишь несколько программных продуктов, удовлетворяющих перечисленным требованиям (в частности, MetaCASE). В России в настоящее время промышленных систем такого уровня не существует.

Для разработки системы предлагается использовать технологии хранилищ данных, оперативной аналитической обработки и интеллектуального анализа данных, поиска и анализа текстовых и слабоструктурированных источников данных, визуального анализа [7-8]. Анализ данных предполагает использование экономико-математических, статистических и эконометрических методов. Для поиска и извлечения данных из текстовых и слабоструктурированных источников планируется применять статистические, онтологические методы, а также методы распознавания, структурного и семантического анализа текстов.

Для реализации проекта применяется опыт проведенных ранее работ, в частности по созданию средств разработки динамически настраиваемых Web-ориентированных систем [9].

Структура исследовательской системы показана на рис. 1.

Функционирование системы основано на интерпретации многоуровневых моделей, метаданных, описывающих информационную систему (ИС). Средства метамоделирования, создания и редактирования моделей ИС позволяют настраивать ИС на меняющиеся условия и потребности пользователей. Метаданные различных уровней описывают структуры данных, пользовательский интерфейс и основные функции ИС. Изменение модели ведет к изменениям в функционировании системы. Настройка может выполняться динамически, в ходе эксплуатации системы [5-6].

Средства интеллектуального поиска документов, их каталогизации основаны на использовании онтологий [7]. Каждый пользователь может создать свою модель предметной области и сохранить ее в репозитории или воспользоваться ранее созданными моделями для поиска информации, отвечающей его потребностям. Эти средства обеспечивают не только поиск информации, но и ее каталогизацию в хранилище, удобные средства навигации по документам, извлечение данных для анализа.

Комплекс анализа данных ориентирован на работу с многомерными данными [8]. Пользователи имеют возможность создания собственных моделей анализа данных и генерации отчетов, основанных на построенных пользователями моделях. Каждый пользователь имеет возможность разрабатывать собственные макеты отчетов и использовать ранее созданные макеты.

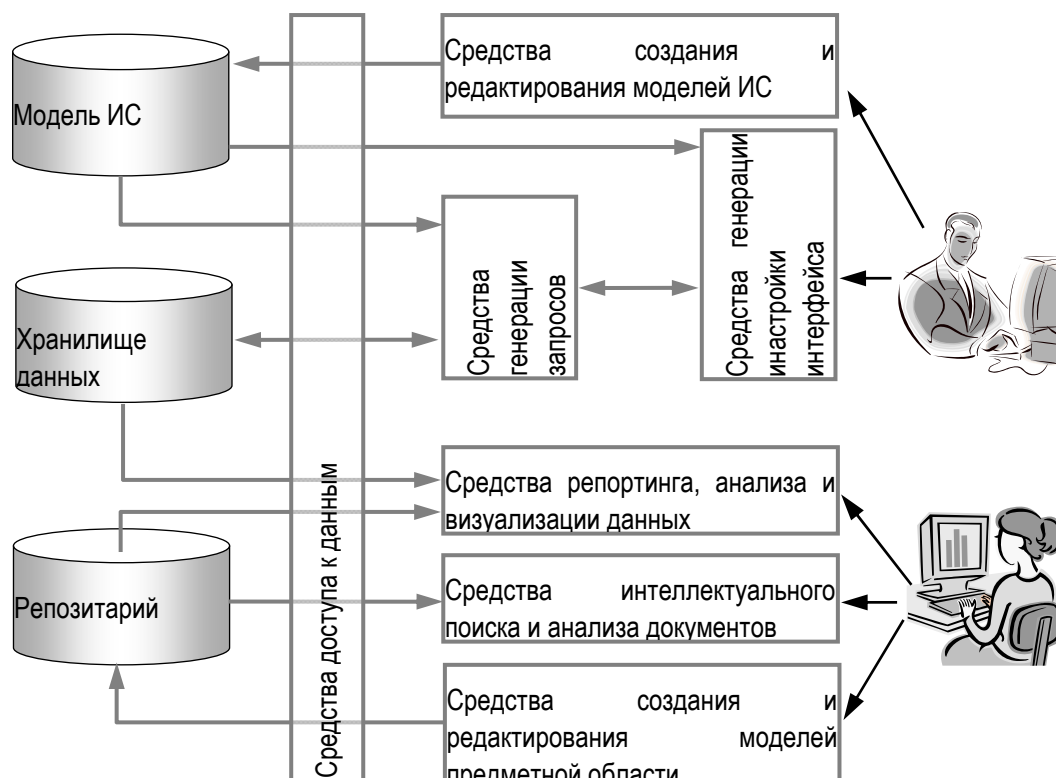


Рис. 1. Структура информационно-аналитической исследовательской системы

Заключение

Использование возможностей исследовательского портала позволит не только публиковать работы по теории инновационной экономики, но и проводить их апробацию с использованием накопленной информации в оперативном режиме. Кроме того, средства портала обеспечат исследователей инструментарием для интеллектуального поиска и автоматизации первичной обработки информации в соответствии с их запросами. Предлагаемые средства в значительной мере позволяют снизить трудоемкость этой работы, автоматизировать операции, требующие больших затрат времени. Открытая архитектура портала и используемые для реализации технологии позволяют расширять возможности портала, его функциональность, настраивать имеющиеся средства на потребности пользователей, работающих в различных предметных областях.

Разрабатываемые в ходе выполнения проекта модели и методики оценки инвестиционного развития имеют самостоятельное научное и практическое значение и могут быть использованы на различных уровнях управления.

Исследовательский портал, обеспечивающий оперативный доступ к материалам в области теории инновационного развития предприятий, отраслей, регионов, апробацию предлагаемых исследователями моделей и методик оценки, возможность коллективной работы, позволит активизировать сотрудничество в данной области.

Предлагаемые для создания системы технологические решения позволяют адаптировать систему к меняющимся условиям и потребностям пользователей, что гарантирует ее живучесть, возможность

развития. Эти решения могут использоваться и для создания информационных систем различного назначения для других предметных областей.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 09-02-00373В/И).

Библиографический список

1. Инновационное развитие – основа модернизации экономики России: Национальный доклад. – М.: ИМЭМО РАН, ГУ-ВШЭ, 2008. – 168 с.
2. Мингалева Ж.А., Гайфутдинова О.С. Основные методологические подходы к оценке уровня инновационной конкурентоспособности экономических систем // Методология планирования инновационного развития экономических систем. СПб, 2008. С. 648-681.
3. Мингалева Ж.А. Оценка инновационного и научно-технического потенциала и инновационной конкурентоспособности регионов // Регион в новой парадигме пространственной организации России. – М.: Экономика, 2007. С. 556-576.
4. Мингалева Ж.А. Развитие научно-технического и инновационного потенциалов региона: Монография. – Пермь: Пермский университет, 2006. 226 с.
5. Лядова Л.Н. Метамоделирование и многоуровневые метаданные как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering. International Book Series "Information Science & Computing", Number 4. Supplement to the International Journal "Information Technologies & Knowledge". Volume 2, 2008. Institute of Information Theories and Applications FOI ITHEA, Sofia, Bulgaria.
6. Лядова Л.Н. Технология создания динамически адаптируемых информационных систем // Труды международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'07) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2007). Научное издание в 4-х томах. Т. 2. – М.: Физматлит, 2007. С.350-357.
7. Ланин В.В., Лядова Л.Н., Чуприна С.И. Система интеллектуального поиска и автоматической каталогизации документов на основе онтологий // The XII th International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" (KDS'2006). Proceedings of conference / Varna (Bulgaria), June 20-25, 2006. Pp.139-145.
8. Мальцев П.А. Моделирование многомерных данных в системе METAS BI-PLATFORM // International Book Series / Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering. Sofia. 2008. С. 173-180.
9. Хлызов А.В., Чичагова М.В. Создание динамически настраиваемых Web-ориентированных информационных систем // Научно-технический журнал «Инженерный вестник 1(21)/1 '2006» / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2006. С. 189-192.

Сведения об авторах

Людмила Лядова – Пермский филиал Государственного университета – Высшей школы экономики, доцент кафедры информационных технологий в бизнесе; Россия, г. Пермь, 614070, ул. Студенческая, д. 38; e-mail: LNLyadova@mail.ru

Жанна Мингалева – Пермский государственный университет, зав. кафедрой национальной экономики и экономической безопасности, Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д. 15; e-mail: mingal1@psu.ru

Наталья Фролова – Пермский государственный университет, доцент кафедры информационных систем и математических методов в экономике, Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д. 15; e-mail: nvf_psu@mail.ru

РАБОТА С АНАЛИТИЧЕСКИМИ ОТЧЁТАМИ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОМ ПОРТАЛЕ “ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ РЕГИОНОВ”

Павел Мальцев

Аннотация: Рассмотрена архитектура и базовые концепции подсистемы представления отчётов в программном комплексе ViP. Программный комплекс ViP предназначен для многомерного анализа данных, получаемых из гетерогенных источников. Он позволяет упростить разработку приложений Business Intelligence. Программный комплекс ViP включает набор готовых компонентов, которые могут быть использованы при разработке приложений. В частности, в комплексе ViP реализована подсистема представления отчётов. В данной работе приводится описание этой подсистемы и пример её использования при разработке исследовательского портала “Инновационное развитие регионов”.

Keywords: Business Intelligence, BI, бизнес-анализ, OLAP, Reporting, системы поддержки принятия решений, DSS, информационно-аналитические системы.

ACM Classification Keywords: H.4 Information Systems Applications: H.4.2 Types of Systems – Decision support (e.g., MIS).

Conference: The paper is selected from Seventh International Conference on Information Research and Applications – i.Tech 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Проект создания портала «Инновационного развития регионов» решает задачу разработки информационно-аналитической системы, реализующей сбор, хранение, предоставление и анализ данных об инновационной активности регионов. При реализации данного проекта одно из важнейших мест занимает задача визуализации данных. Эта задача заключается в представлении данных в удобной для восприятия пользователем форме, позволяющей «погрузиться» в данные, работать с их визуальным представлением, понять их суть и выявить существующие закономерности, сделать выводы и напрямую взаимодействовать с данными.

В данной статье приводится описание подхода к решению задачи визуализации данных на основе программного комплекса ViP (информацию о комплексе ViP можно получить в [1]).

Архитектура подсистемы представления отчётов в системе ViP

Отчётом будем называть документ, содержание которого динамически определяется на основе данных, содержащихся в базе данных. На рис. 1 схематично представлен путь данных из базы до того, как их увидит пользователь на экране в виде отчёта. Поскольку комплекс полностью ориентирован на работу с многомерными данными, данные для отчётов выбираются из гиперкубов. Все доступные гиперкубы в системе ViP хранятся в каталоге показателей. Каталог показателей полностью открыт, что позволяет разработчикам и пользователям использовать все доступные гиперкубы.

Использование гиперкубов в качестве источников данных для отчётов в системе ViP обусловлено рядом преимуществ:

- Многомерная модель в наибольшей степени удовлетворяет потребностям Business Intelligence благодаря своей возможности получать агрегированные данные по различным группировкам [1].

- Реализация гиперкубов в комплексе ViP предполагает наличие семантического уровня, который скрывает внутреннюю структуру куба и позволяет пользователю оперировать данными в терминах предметной области.
- Гиперкубы в системе ViP могут содержать вычисляемые показатели; кроме того, менеджер математических моделей комплекса реализует возможность построения вычисляемых кубов, что расширяет возможности системы.

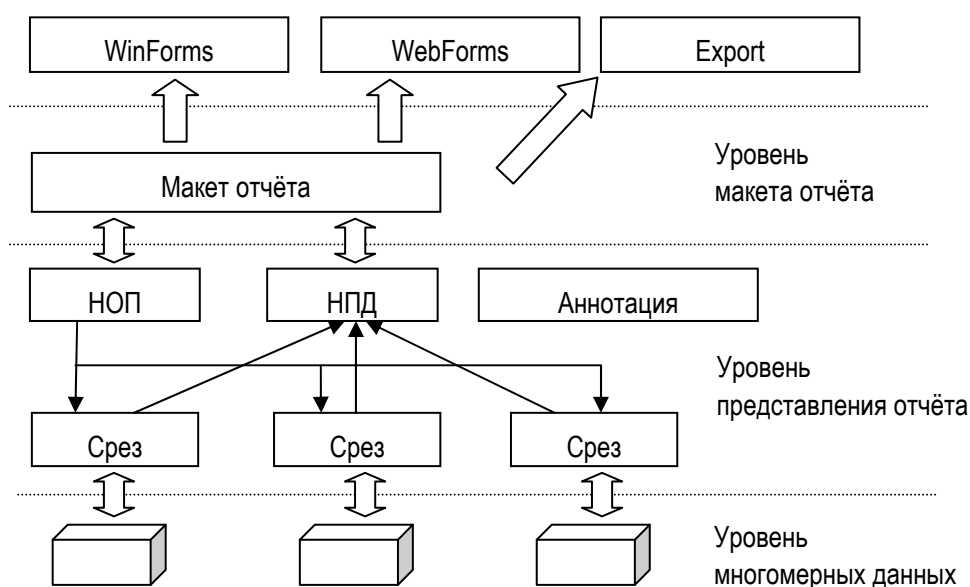


Рис. 1. Архитектура отчёта в подсистеме представления отчётов

Для каждого гиперкуба, участвующего в построении отчёта, строится срез. Срез куба представляет собой объект репозитория, который определяет набор фиксированных измерений с установленными отметками, а для каждого открытого (не фиксированного) измерения определяются ограничения на отметку (возможность множественной отметки и разрешённые отметки). Другими словами можно сказать, что срез – это параметризованный запрос к многомерной базе данных.

В системе ViP все отчёты группируются по каталогам отчётов. В каталогах отчётов каждый отчёт сопровождается метаданными (аннотацией) которые позволяют разработчику упростить реализацию поиска отчётов и разграничение прав пользователям на отчёты.

Все отчёты в системе ViP имеют многоуровневую структуру, каждый уровень которой соответствует определённой степени абстракции. Самым первым является уровень представления отчёта (рис. 1).

На уровне представления отчёта определяются:

- Срезы гиперкубов.
- Набор открытых параметров отчёта (НОП). Данный набор предназначен для задания отметок всем открытым измерениям всех срезов, участвующих в построении отчёта, кроме того, для каждого открытого параметра определяется значение по умолчанию.
- Основная задача, стоящая перед отчётами, это визуализация данных. Поэтому на уровне представления отчёта строится набор представлений данных (НПД). Для каждого представления данных определяются срезы и способ визуализации (таблица, диаграмма, график карта и т.п.), хотя конкретные свойства каждого способа визуализации не определяются. Библиотека средств

визуализации программного комплекса ViP открыта для расширения и может быть дополнена новыми элементами. Имеется возможность отобразить данные нескольких срезов в одном элементе визуализации, но для этого необходимо, чтобы срезы гиперкубов, на основе которых построены срезы, имели общие измерения.

- Для каждого отчёта на уровне представления задаётся *аннотация*, которая призвана помочь найти нужный отчёт в каталоге отчётов. Каждый разработчик может использовать в своём приложении несколько каталогов отчётов и в каждом каталоге определить собственную структуру аннотации, но внутри одного каталога отчёты имеют одну и ту же структуру аннотации.

Таким образом, на уровне представления отчёта определяется, что будет отображать отчёт.

На следующем уровне на основе представления строится *макет отчёта*.

Представление отчёта является самостоятельным объектом репозитория, что даёт возможность построения нескольких макетов на основе одного представления отчёта. На уровне макета отчётов определяются конкретные *свойства средств визуализации данных*. Кроме того, определяются дополнительные объекты, такие как надписи и графические изображения. Для каждого открытого параметра определяется элемент управления, который будет задавать значение данного параметра, его свойства размеры и размещение.

Таким образом, на уровне макета отчёта определяется, как будет выглядеть отчёт. Макет отчёта, как и представление отчёта, является объектом репозитория.

Для каждого макета возможны разные способы представления: отчёт может быть отображён в Web-приложении, Windows-приложении или экспортирован в документ PDF, за то, как отобразить отчёт, отвечает презентационный уровень.

Отдельного модуля, отвечающего за весь жизненный цикл построения отчётов, в программном комплексе нет, вместо этого *в разных модулях комплекса реализованы отдельные части подсистемы представления отчётов*.

Прежде всего, *менеджер метаданных* комплекса [1] реализует сервисы по работе с объектами, участвующими в построении отчётов: срезы, параметры отчётов, представления данных, аннотации, представления отчётов, средства визуализации, макеты отчётов. Разработчику предоставляется программный интерфейс для манипулирования данными объектами.

Менеджер сервера реализует функциональность по выполнению запросов на построение, создание и манипулирование отчётами.

В библиотеке готовых компонентов реализованы элементы управления как для различных средств визуализации, так и для визуализации отчётов в целом.

Навигация по данным портала

Основным источником данных в портале является *каталог показателей*. Каталог показателей представляет собой базу гиперкубов (термин «гиперкуб» в пользовательском интерфейсе не используется, вместо этого используется понятный пользователю термин «показатель»). При работе с порталом пользователь имеет доступ к каталогу показателей портала и способен загружать и просматривать данные по интересующим его показателям. В портале реализована концепция *пользовательского портфеля показателей*. Пользовательский портфель показателей – это коллекция ссылок на показатели из глобального каталога, формируемая самим пользователем: в портфель пользователь помещает ссылки на показатели, с которыми регулярно работает, что помогает облегчить его работу, сократив время на поиск.

Каждый показатель в каталоге сопровождается информацией об источниках данных, на основе которых был сформирован этот показатель, дате и времени формирования показателя, дате и времени внесения последних обновлений; если показатель является регулярно обновляемым, то для показателя устанавливается экономический календарь, в котором отражается периодичность обновлений данных и планируемая дата следующего обновления, а пользователь имеет возможность подписаться на рассылку, в которой бы отражалась информация об обновлениях интересующих его показателей.

Стандартным средством отображения данных показателя является *сводная таблица*. Сводная таблица является самым универсальным средством представления многомерных данных благодаря своей возможности выполнения всех типов запросов к многомерным данным, таким как:

1. Запрос "slice-and-dice" – сокращение гиперкуба путём фиксации части измерений.
2. Запрос "drill-down" – получение более детальных данных путём установки отметок части измерений на более низкий уровень.
3. Запрос "roll-up" – получение агрегированных данных путём установки отметок части измерений на более высокий уровень.
4. Запрос "rotating" – получение новой группировки куба, представляющей данные в удобной для пользователя форме.

Несомненным достоинством сводной таблицы как средства визуализации является универсальность и гибкость. С другой стороны, использование сводной таблицы требует от пользователя определённого уровня подготовки, поэтому большинство пользователей предпочтут работать с готовыми отчётами.

Работа с отчётами в портале

В портале пользователю доступно сразу несколько каталогов отчётов:

1. *Глобальный* каталог отчётов, который формируется аналитиками портала и доступен всем пользователям.
2. *Личный* каталог отчётов формируется пользователем. Отчёты в данном каталоге разрабатываются самим пользователем на основе данных из глобального каталога показателей. Данный каталог доступен только для самого пользователя.
3. *Публичные* каталоги пользовательских отчётов формируются, когда часть своих отчётов пользователь может опубликовать для других пользователей портала. В этом случае пользователем формируется публичный каталог отчётов, который может быть доступен для других пользователей. Кроме того, отчёт после соответствующей проверки и при желании пользователя может быть помещён в глобальный каталог отчётов.

Отчёт в портале представляет собой документ, состоящий из следующих элементов:

1. *Статические элементы*, т.е. элементы, содержимое которых не зависит от данных. К таким элементам относятся картинки, надписи и заголовки.
2. *Элементы визуализации данных* – элементы, содержимое которых зависит от данных из каталога показателей. К таким элементам относятся: таблицы, графики, карты, диаграммы. При размещении элементов визуализации для каждого элемента указывается показатель, данные которого должен отображать элемент. Часть элементов визуализации способны отображать данные сразу нескольких показателей, в этом случае указывается группа визуализируемых показателей. Для каждого показателя фиксируются отметки измерений, на основе которых будет сформирован срез гиперкуба.

3. При размещении элементов визуализации для части измерений показателей отметки могут быть не заданы, для таких измерений в отчёте размещаются *элементы управления, задающие данные отметки*. На этапе проектирования отчёта пользователем определяется привязка данных элементов к конкретным измерениям конкретных срезов. В качестве подобных элементов управления, наряду с традиционными списками и переключателями могут выступать и другие элементы визуализации, например карта, отображающая данные некоторого показателя, может фиксировать нажатия пользователем мыши в своей области для получения более детальной информации по выбранному на карте региону.

Поддержка отчётами открытых параметров делает их интерактивными, наглядными и позволяет избавить часть пользователей от использования сложных сводных таблиц.

Заключение

В данной статье описаны архитектура и базовые концепции подсистемы представления отчётов в комплексе BiP. Данный комплекс предлагается использовать в качестве подсистемы при разработке исследовательского портала «Инновационное развитие регионов». Существуют различные методики оценки инновационной активности, развития регионов. Разрабатываемый портал должен помочь исследователям изучить и сравнить эти методики, попробовать применить их на практике. Решение этой задачи требует реализации гибких средств настройки, предоставления пользователям возможности работы в терминах их предметной области. Данные для анализа собираются из различных источников, что делает задачу их анализа и визуализации еще более важной и сложной. Описанные компоненты интегрируются со средствами поиска, классификации и каталогизации документов, их анализа с целью извлечения полезной информации.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке РГНФ (проект № 09-02-00373В/И).

Библиографический список

- [1] Мальцев П. Моделирование многомерных данных в системе METAS BI-PLATFORM // Advanced Studies in Software and Knowledge Engineering: International Book Series / Sofia, 2008. Pp. 173-180.

Сведения об авторе

Павел Мальцев – Пермский государственный университет, аспирант кафедры математического обеспечения вычислительных систем; Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, 15;
e-mail: pavel_maltsev@mail.ru

СИСТЕМА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОИСКА, КЛАССИФИКАЦИИ И РЕФЕРИРОВАНИЯ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-ПОРТАЛА

Вячеслав Ланин

Abstract: В статье представлено описание предполагаемых подходов к реализации подсистемы обработки информации на Интернет-портале. Основные проблемы связаны с экспоненциальным ростом числа документов, отсутствием семантического индексирования и неструктурированным характером информации. При реализации предлагаемого подхода пользователь получает эффективные интеллектуальные средства поиска электронных документов на основе семантической индексации, автоматической классификации и каталогизации документов с построением семантических связей между ними и автоматического реферирования документов с использованием знаний. Эффективность работы с электронными документами предлагается значительно увеличить за счет их интеллектуального анализа, для которого применяются агентный и онтологический подходы. В соответствии с предлагаемым подходом онтология используется для описания семантики данных документа и его структуры. В процессе анализа документа онтология является центральным понятием – благодаря использованию онтологий из документа можно получить требуемые данные: известно, где искать данные и как они могут быть интерпретированы. Репозиторий онтологий содержит три уровня онтологий: на первом уровне расположены онтологии, описывающие объекты, используемые в конкретной системе и учитывающие ее особенности; на втором в терминах объектов первого уровня описываются объекты, инвариантные к предметной области; объекты третьего уровня описывают наиболее общие понятия и аксиомы, с помощью которых описываются объекты нижележащих уровней. Третий и второй уровни можно разделить на две составляющие: описание структур и описание самих документов.

Keywords: онтология, агент, мультиагентные системы, интеллектуальный поиск, семантическое индексирование, анализ документов, адаптируемые информационные системы, CASE-технология.

ACM Classification Keywords: H.2 Database Management: H.2.3 Languages – Report writers; H.3.3 Information Search and Retrieval – Query formulation.

Conference: The paper is selected from XVth International Conference "Knowledge-Dialogue-Solution" KDS 2009, Varna, Bulgaria, June-July 2009

Введение

Экспоненциальный рост количества электронных документов, наблюдающийся в настоящее время, наглядно показывает, что традиционные механизмы обработки электронных документов не справляются с потребностями пользователя. Эта тенденция заметна как в сети Интернет, так и в корпоративных сетях. В настоящее время все большую популярность приобретают так называемые информационные порталы (тематические и корпоративные), основная цель которых консолидация информации и знаний.

Одним из таких решений является исследовательский портал – информационно-аналитическая система сбора и аналитической обработки данных об инновационной активности регионов для поддержки принятия эффективных управленческих решений («Исследовательский портал "Инновационное развитие регионов"»). Данные для анализа извлекаются из гетерогенных неструктурированных или слабоструктурированных источников данных, в частности, Интернет-ресурсов, а также оперативных баз

данных. По замыслу система должна обеспечивать интеграцию, согласование, агрегацию и сопровождение ранее разъединенных данных, поддерживать различные формы визуализации данных и результатов анализа, настраиваемые в соответствии с потребностями пользователей. Из этого следует, что поиск и обработка неструктурированных текстовых данных, получаемых из различных источников в разных форматах, становится одной из основных функций разрабатываемой системы.

Таким образом, актуальность задачи вызвана следующими причинами:

- экспоненциальный рост числа документов, делающий невозможной обработку данных традиционными методами без потери качества;
- отсутствие семантического индексирования, что не позволяет приводить интеллектуальную обработку документов в полном объеме;
- неструктурированный характер информации, не позволяющий применить традиционные механизмы ее обработки и анализа.

Рассмотрим перечисленные проблемы более подробно.

Экспоненциальный рост объема информации, содержащейся в Интернете, является причиной все более и более возрастающей трудности поиска необходимых документов (рис. 1) и организации их в виде структурированных по смыслу хранилищ [6]. Пользователю становится все труднее найти необходимую информацию, традиционные механизмы поиска оказываются малоэффективными.

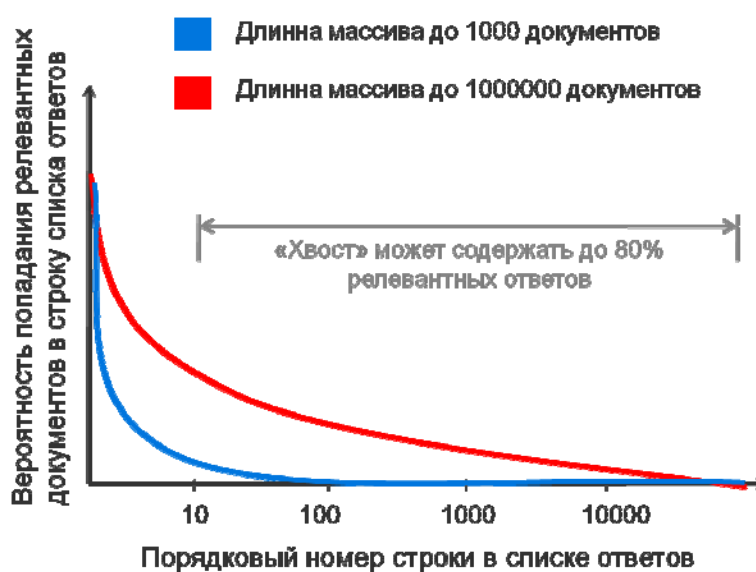


Рис. 1. Проблема поиска информации при росте числа документов

Большинство технологий работы с документами ориентированы на организацию удобной работы с информацией для человека. Но зачастую методы работы с электронной информацией просто копировали методы работы с «бумажной» информацией. В текстовом редакторе присутствуют широкие возможности форматирования текста (представления в удобном для человека виде), но практически отсутствуют возможности для передачи смыслового содержания текста, т.е. *отсутствует семантическое индексирование*. Для эффективного решения задачи поиска необходимо расширить понятие традиционного документа: *с документом необходимо связать знания, позволяющие интерпретировать и обрабатывать хранящиеся в этом документе данные*.

Неструктурированная информация составляет значительную часть современных электронных документов (рис. 2). Системы класса Data Mining работают со структурированными данными, а для

работой с неструктурированным контентом используются системы Text Mining. Фактически они решают одну и ту же задачу для разных типов данных, поэтому предполагается, что эти системы сойдутся в «одной точке».

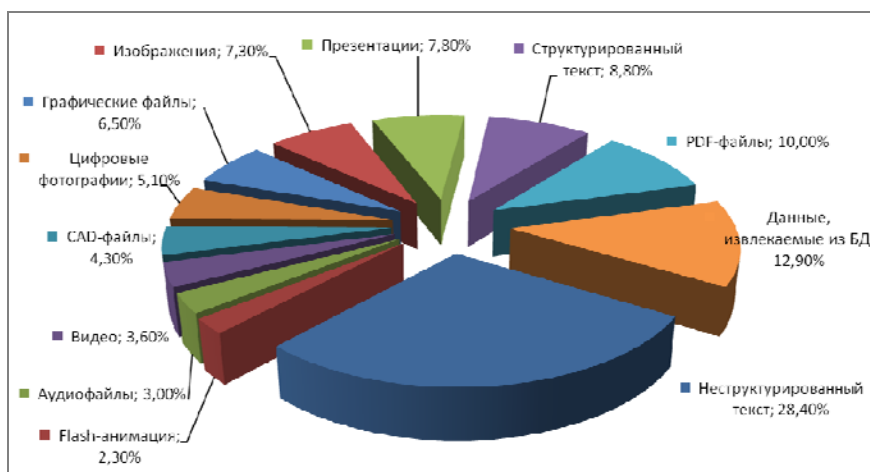


Рис. 2. Распределение категорий документов

Text Mining – это алгоритмическое выявление прежде неизвестных связей и корреляций в уже имеющихся текстовых данных [5]. Важная задача технологии Text Mining связана с извлечением из текста его характерных элементов или свойств, которые могут использоваться как метаданные документа, ключевых слов, аннотаций. Другая важная задача состоит в отнесении документа к некоторым категориям из заданной схемы их систематизации. Text Mining также обеспечивает новый уровень семантического поиска документов. Возможности современных систем Text Mining могут применяться при управлении знаниями для выявления шаблонов в тексте, для автоматического «вытаскивания» или размещения информации по интересующим пользователей профилям, создавать обзоры документов.

Реализовать интеллектуальные возможности портала при работе с электронными документами планируется за счет реализации средств и подходов Text Mining.

Подход к семантическому индексированию

На результативность процесса поиска необходимых документов оказывает большое влияние и человеческий фактор: зачастую пользователь не готов к долгому ожиданию результатов поиска, к просмотру и анализу большого объема результирующей выборки. Кроме того, большинство пользователей неэффективно используют поисковое программное обеспечение и, как правило, они игнорируют расширенные поисковые возможности и ограничиваются короткими типовыми запросами.

Для повышения эффективности обработки электронных документов требуется наличия метаданных, описывающих структуру и семантику документов. Одним из возможных подходов к описанию информации, заложенной в документе, является подход на основе онтологий. Под онтологией понимается база знаний специального типа, которая может «читаться» и пониматься, отчуждаться от разработчика и/или физически разделяться ее пользователями [4].

В качестве подхода к семантическому индексированию был выбран онтологический подход [1], в котором онтология может описывать как структуру, так и содержание документа, т.е. *онтология используется для описания семантики данных документа и его структуры*. Учитывая специфику решаемых в данной работе задач, конкретизируем понятие онтологии: будем считать, что *онтология – это спецификация некоторой предметной области*, которая включает в себя словарь терминов (понятий) предметной

области и множество связей между ними, которые описывают, как эти термины соотносятся между собой в конкретной предметной области. Фактически в данном контексте *онтология* – это *иерархическая понятийная основа рассматриваемой предметной области*.

Онтология документа используется для анализа документов, благодаря ей из документа можно получить требуемые данные: известно, где искать данные и как они могут быть интерпретированы. Если представлять документ с использованием онтологий, то задача сопоставления онтологии и имеющегося документа сводится к задаче поиска понятий онтологии в документе. Как следствие, системе необходимо ответить на вопрос: описывает ли данная онтология документ или нет. На последний вопрос можно ответить утвердительно, если в процессе сопоставления в документе были найдены все понятия, включенные в онтологию. Таким образом, исходная задача сводится к задаче поиска в тексте документа общих понятий на основе формальных описаний.

Репозиторий онтологий содержит *три уровня онтологий*. На первом уровне расположены онтологии описывающие объекты, используемые в конкретной системе и учитывающие ее особенности. На втором уровне описываются объекты, инвариантные к предметной области. Объекты второго уровня описываются в терминах объектов первого уровня. Это выражается в отношениях наследования и меронимии. Объекты третьего уровня описывают наиболее общие понятия и аксиомы, с помощью которых описываются объекты нижележащих уровней. Третий и второй уровни можно разделить на две составляющие: описание структур и описание самих документов, причем документы описываются в терминах структур.

Для решения проблемы выделения общих понятий на основе формальных описаний предлагается агентный подход [2]. Данный подход будет удовлетворять требованиям, предъявляемым к процессу поиска, если при построении системы будут реализованы все преимущества мультиагентных систем.

При использовании данного подхода для каждой вершины онтологии, содержащей общее понятие, создается агент, который проводит поиск данного конкретного понятия. В данном подходе агент рассматривается как система, направленная на достижение определенной цели, способной к взаимодействию со средой и другими агентами. Для признания агента интеллектуальным необходимым условием является наличие у него базы знаний. Таким образом, чтобы определить агентов, действующих в системе, необходимо выбрать способ для описания базы знаний, характера взаимодействия со средой и сотрудничества.

Базу знаний агента для поиска общих понятий онтологии удобно представлять также в виде онтологии. Для предоставления пользователю возможности добавления новых шаблонов необходимо выделить базовые понятия для формирования общих.

Одним из важнейших свойств агентов является *социальность*, или способность к взаимодействию [2]. Как было сказано ранее, для каждой вершины онтологии, содержащей общее понятие, создается агент. Согласно принятой классификации агентов он является *интенциональным*.

Данный агент нацелен на решение двух задач:

1. Весь имеющийся список шаблонов понятия он разбивает на отдельные компоненты и запускает более простых агентов для поиска полученных компонент.
2. Производит сборку результатов из всех списков, полученных агентами более низкого уровня.

Упомянутые выше агенты более низкого уровня являются *рефлекторными*. Они получают шаблон, и их целью становится отыскание в тексте фраз, подпадающих под этот шаблон. Результаты поиска агентов всех уровней заносятся на «доску объявлений».

На данный момент в других системах инструменты онтологического характера применяются в перечисленных ниже направлениях:

- WordNet в сочетании с векторной и булевой моделями информационного поиска;
- традиционные информационно-поисковые тезаурусы в комбинации с разного рода статистическими моделями;
- тезаурус для автоматического индексирования в булевских моделях поиска документов, в задаче автоматической рубрикации, автоматического аннотирования.

Онтологии станут ядром метаданных портала при работе с электронными документами. Четко очерченная предметная область позволяет создать достаточно детализированные онтологии, которые могут быть использованы всеми его подсистемами.

Автоматическое реферирование

На данный момент для автоматического реферирования применяются два подхода. Традиционный подход (*квазиреферирование*), который используют такие системы, как Microsoft Office, IBM Intelligent Text Miner, Oracle Context, основан на выделении и выборе фрагментов текста из исходного документа и соединении их в короткий текст. Подход, *основанный на знаниях*, предполагает подготовку краткого изложения и передачу основной мысли текста, возможно даже другими словами.

Квазиреферирование основано на выделении характерных фрагментов (как правило, предложений). Для этого методом сопоставления фразовых шаблонов, выделяются блоки наибольшей лексической и статистической релевантности. В большинстве реализаций метода применяется модель линейных весовых коэффициентов. Основу аналитического этапа в этой модели составляет процедура назначения весовых коэффициентов для каждого блока текста в соответствии с такими характеристиками, как расположение этого блока в оригинале, частота появления в тексте, частота использования в ключевых предложениях, а также показатели статистической значимости. Таким образом выделяют при основные направления, часто применяемые в совокупности: статистические методы, позиционные методы и индикаторные методы.

Главное преимущество данной модели заключается в простоте ее реализации. Однако выделение предложений (или параграфов), не учитывающее взаимоотношений между ними, приводит к формированию бессвязных рефератов. Некоторые предложения могут оказаться пропущены, либо в них могут встречаться «висящие» слова или словосочетания.

Для реализации второго метода нужны некие онтологические справочники, отражающие соображения здравого смысла и понятия, ориентированные на предметную область, для принятия решений во время анализа и определения наиболее важной информации.

Метод формирования краткого изложения предполагает два основных подхода.

Первый опирается на традиционный лингвистический метод синтаксического разбора предложений. В этом методе применяется также семантическая информация для аннотирования деревьев разбора. Процедуры сравнения манипулируют непосредственно деревьями с целью удаления и перегруппировки частей, например, путем сокращения ветвей на основании некоторых структурных критериев, таких как скобки или встроенные условные или подчиненные предложения. После такой процедуры дерево разбора существенно упрощается, становясь, по существу, структурной «выжимкой» исходного текста.

Второй подход к составлению краткого изложения уходит корнями в системы искусственного интеллекта и опирается на понимание естественного языка. Синтаксический разбор также входит составной частью в такой метод анализа, но деревья разбора в этом случае не порождаются. Напротив, формируются

концептуальные репрезентативные структуры всей исходной информации, которые аккумулируются в текстовой базе знаний. В качестве структур могут быть использованы формулы логики предикатов или такие представления, как семантическая сеть или набор фреймов.

Функция автоматического реферирования является необходимой для разрабатываемого портала. При поиске пользователю необходимо выдать аннотацию документа, по которой пользователь сможет принять решение о полезности данного документа.

Классификация и каталогизация документов

Задача автоматической классификации и каталогизации документов является задачей разбиения поступающего потока текстов на тематические подпотоки в соответствии заранее заданными рубриками. Автоматическая каталогизация электронных документов, а документов размещенных в сети Интернет в особенности, осложнена ввиду следующих причин [8]:

- большой массив документов;
- отсутствие специальных структур, отслеживающих появление новых документов;
- необязательность авторской классификации электронных документов (в отличие от печатных изданий) посредством их аннотирования, приписывания кодов классификатора и т.п.;
- проблема отслеживания изменений документов.

Как и для автоматического реферирования, существует два противоположных подхода к каталогизации. Наиболее эффективными, но сложными в реализации, являются *методы, основанные на знаниях*. При каталогизации текстов на основе знаний используются заранее сформированные базы знаний, в которых описываются языковые выражения, соответствующие той или иной рубрике, и правила выбора рубрик [5]. Другим классом методов для автоматической рубрикации текстов являются *методы машинного обучения*, которые в качестве обучающих примеров могут использовать заранее отрубрицированные вручную тексты.

При реализации системы автоматической каталогизации на портале необходимо решить две задачи:

- *Создание механизма введения и описания рубрик*, как некоторого выражения на основе слов и терминов документов. Задача может быть решена на основе экспертного описания рубрики или методов машинного обучения по уже отрубрицированным коллекциям документов.
- *Анализ языкового материала, контекста употребления* того или иного слова, требующий привлечения обширных знаний о языке и предметной области.

Заключение

Описанные выше подходы применяются при разработке подсистемы управления электронными документами исследовательского портала. Отличительной особенностью является ориентация на явное представление знаний с помощью онтологий. Данный подход позволит реализовать интеллектуальные сервисы для поиска и обработки электронных документов по тематике портала, получаемых из различных источников.

Таким образом, при создании исследовательского портала будут решены следующие задачи:

- семантическое индексирование документов и интеллектуальный поиск данных, соответствующих запросам пользователей и специфике предметной области;
- извлечение информации из неструктурированных документов;
- интеллектуальная классификация и каталогизация и автоматическое реферирование найденных

документов;

- ведение хронологии электронных документов.

Реализация подсистемы существенно снизит трудоемкость поиска необходимой информации, ее анализа и возможности использования в исследованиях.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке грантов РФФИ № 08-07-90006-Бел_а и РГНФ № 09-02-00373В/И.

Библиографический список

- [1] Ланин В.В. Интеллектуальное управление документами как основа технологии создания адаптируемых информационных систем // Труды международной научно-технической конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'07). Т. 2 / М.: Физматлит, 2007. С. 334-339.
- [2] Тарасов В.Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал, УРСС, 2002.
- [4] Хорошевский В.Ф., Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2001.
- [5] Ландэ Д. Поиск знаний в Internet. Профессиональная работа. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.
- [6] Ефремов В. Search 2.0: огонь по «хвостам» // Открытые системы. СУБД №08 (134), 2007.
- [7] Черняк Л. Корпоративный поиск 2.0 // СУБД. – 2007. – №07 (133).
- [8] Федотов А.М., Барахнин В.Б. Ресурсы интернета как объект научного исследования [Электронный ресурс]. – 2007. – Режим доступа: <http://www.rfbr.ru/pics/28320ref/file.pdf>.
- [9] Weal M.J., Kim S., Lewis P.H., Millard D.E., Sinclair P.A.S., De Roure D.C., Nigel R. Ontologies as facilitators for repurposing web documents / Shadbolt. Southampton, 2007.

Сведения об авторе

Вячеслав Ланин – Пермский государственный университет, аспирант кафедры математического обеспечения вычислительных систем; Россия, г. Пермь, 614990, ул. Букирева, д. 15; e-mail: lanin@psu.ru

BULGARIAN-UKRAINIAN SCIENCE RESEARCH PROJECT: "DEVELOPING OF DISTRIBUTED VIRTUAL LABORATORIES BASED ON ADVANCED ACCESS METHODS FOR SMART SENSOR SYSTEM DESIGN"

Supported by: Bulgarian National Science Fund under contract No: D 002-331 and Ukrainian Ministry of Education and Science under contract No: 145

Duration: 2009-2010

The Project Aim

The aim of the project is developing of methods and tools for remote virtual design of smart biosensor devices and systems and creating on this base the distributed virtual laboratory (VLCAD) as tool for interdisciplinary researches.

This aim courses necessity to solve next tasks:

to develop theory elements and methods of virtual design, ontology of typical distributed laboratory with advanced access methods on the base of numbered information spaces;

to develop and optimize effective methods of virtual design of smart biosensor devices and systems;

to create on this base samples of biosensor systems for medical and environment protection purposes (biosensor systems for express-diagnostic of plant state and detecting of acute infectious diseases, such as bird flu, cow leucosis and etc.).

There will be formulated new principles of creating of VLCAD and smart computer devices and biosensor systems.

On basis of subject fields analysis there will be created high level and low levels of VLCAD ontology, which has to meet such properties as clearness, coordination and expansibility.

On basis of created ontology there will be developed distributed VLCAD for designing of smart computer devices. This VLCAD will be created on the base of formalized representation of knowledge with usage of numbered information spaces.

High reliability is important parameter for smart biosensor devices for wide use. This causes creating of program modules for calculation of reliability parameters in the VLCAD structure. According to this there will be developed original program models for calculation of reliability parameters of microelectronic components, devices and systems. Program models will be built on methods, which are based on different probability distribution laws: standard exponential (one-parametric function) and DN-distribution (two-parametric function). For every method there will be created algorithm, realized as VLCAD computer program (software).

During creation of program modules one of important purposes is to find errors on the early stage of development. In this project there will be developed algorithm for automatic translation the system, written in MSC language, to the Petri Net. On the base of this algorithm there will be created program module and it will be integrated into the VLCAD. This module will be also used during designing and creating of VLCAD itself for control of its reliability and security.

There will be developed algorithms for experiment data processing and software for automatic building and visualization integral dependences, which allow to get in real-time integral data from outputs of smart biosensor devices, created during this project.

By means of VLCAD there will be developed and created samples of smart biosensor devices for express-diagnostic of plant state and express-detecting of acute infectious diseases, such as bird flu, cow leucosis and etc.).

Expected Results

Results of the execution of the Project will be presented as science articles. The next main tasks will be provided:

1. Having made analysis and determination of typical features of design process there will be formulated main principles of creating of VLCAD for designing of devices for biological object express-diagnostic.
2. There will be created ontology of virtual design subject field with taking into account features of product life, design stages and proper output documentation. According to ontology there will be developed main components of virtual laboratory, such as, formalized methods, program modules and electronic libraries.
3. There will be creating original program models to calculate reliability parameters of microelectronic components, devices and systems on their base, by using of different probability distribution laws: one-parametric exponential and two-parametric DN-distribution.
4. By means of VLCAD there will be developed and created samples of smart biosensor devices for express-diagnostic of plant state and express-detecting of acute infectious diseases, such as bird flu, cow leucosis and etc. Applications of devices will allow providing fast and effective medico-ecological monitoring in Ukraine and Bulgaria, estimate agricultural plant state, prevent and protect from pandemia of bird flue and other acute viral infections etc.

