



**SIMULATION OF A WIRELESS COMPUTER NETWORK (WLN) AND ASSESSMENT OF ENERGY CONSUMPTION FOR SUPPORT OF MAINTENANCE AND OPERATION**

**ASSESSMENT OF THE WLN TRANSACTIONS TIME**

**ENERGY EFFICIENT METHOD OF WIRED NETWORKS TRAFFIC MANAGEMENT**

**ENERGY EFFICIENT METHOD OF THE FRAME SIZE MANAGEMENT IN THE WLN**

**RESEARCH OF THROUGHPUT OF WIRELESS LINK IN THE MODES OF THE ACCELERATED DATA TRANSMISSION**



University of Ioannina



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

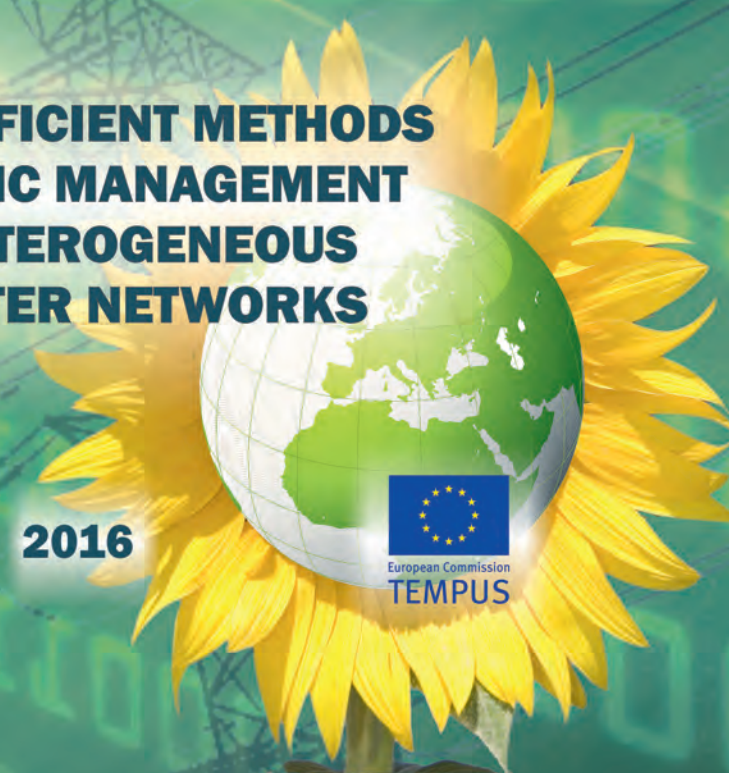
# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ТРАФИКОМ В ГЕТЕРОГЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ

Практикум

# POWER EFFICIENT METHODS OF TRAFFIC MANAGEMENT FOR HETEROGENEOUS COMPUTER NETWORKS



2016



**Министерство образования и науки Украины  
Национальный аэрокосмический университет  
им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»**

**Энергоэффективные методы управления  
трафиком в гетерогенных компьютерных  
сетях**

**Power effective methods of management  
of traffic on the heterogeneous computer  
networks**

**Практикум**

**Под редакцией А.В. Дрозда, В.С. Харченко**

**Проект  
*GREENCO 530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR*  
*Green Computing & Communications***

**2016**

Викладено матеріали тренінг-курсу LLL1 “Methods and Tools for Green Algorithms and Software”, який розроблено в рамках проекту TEMPUS «Green Computing & Communication» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Курс базується на методичних та інструментальних засобах, призначених для оволодіння практичними навичками розроблення енергоефективного програмного забезпечення, вимірювання та оптимізації енергоспоживання для алгоритмів і програм, які реалізуються у вбудованих системах на мікроконтролерах. Надано опис лабораторних робіт і тренінгів, які виконуються з використанням програмно-апаратного комплексу GreenCo Controller.

Для інженерів, які займаються розробленням та впровадженням енергоефективних мікропроцесорних систем, а також магістрів і аспірантів університетів, які навчаються за напрямками комп'ютерних наук, комп'ютерної та програмної інженерії, при вивченні методів і засобів зеленої ІТ-інженерії.

**Рецензенти:** **Мохор Владимир Владимирович**, директор Інститута проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Е. Пухова Національної Академії наук України, доктор технічних наук, профессор;  
**Levashenko Vitaly**, Dr, Professor, Faculty of Management Science and Informatics University of Zilina, Slovakia.

**Коллектив авторов:** Дрозд А.В., Нестеренко С.А., Шапорин Р.О., Мартынюк А.Н., Нестеренко Ю.С., Сугак А.С.

**Энергоэффективные методы управления трафиком в гетерогенных компьютерных сетях. Практикум /** Под ред. Дрозда А.В., Харченко В.С. – Министерство образования и науки Украины, Нац. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2016. – 100 с.

ISBN 978-966-662-715-8.

Викладені матеріали практичної частини модулів «Green network technologies foundation» та «Energy-saving traffic control in networks» учебного курса MSc4 «Технологии зеленых коммуникаций» (Technologies of Green Communication), що підготовлено в рамках проекту TEMPUS GREENCO «Green Computing & Communications» (530270-TEMPUS-1- 2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Курс присвячено розвитку зелених технологій стосовно до методів управління трафіком в гетерогенних комп'ютерних мережах і проектування компонентів розподілених комп'ютерних систем. Наводиться навчальна програма модуля MSc4, стисло надається теоретичний матеріал, опис лабораторних робіт та практичних занять, а також методичні рекомендації для самостійного вивчення матеріалу.

Призначено для студентів, аспірантів та викладачів університетів, що спеціалізуються в напрямку зелених мережевих технологій у комп'ютерній інженерії, а також розробників та дослідників в галузі проектування компонентів комп'ютерних мереж з використанням зелених технологій. Ил. 34. Табл. 2. Библиогр.: 37 назв.

Рекомендовано к изданию ученым советом Национального аэрокосмического университета имени Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт» (протокол № 1 от 2 сентября 2015 года).

УДК 004.052  
ББК 67.410(0)ц

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

БММ – библиотека моделей проектов  
БРМ – библиотека результатов моделирования  
БСП – библиотека структуры проектов  
ВВХ – вероятностно-временные характеристики  
ККС – корпоративная компьютерная сеть  
РГ – рабочая группа  
СМО – система массового обслуживания  
СУБД – система управления базой данных  
ТД – точка доступа  
AP – Access Point  
BER – Bit Error Rate  
BOP – Back of Period  
BTC – Base transmission cycle  
CSMA/CA – Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance  
DIFS – Distributed Inter Frame Space  
DT – Dynamic Turbo  
IG – Interframe Gap  
MCT – Maximum Channel Throughput  
SIFS – Small Inter Frame Space

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие является частью учебно-методического обеспечения учебного курса по тематике MSc4 «Технологии зеленых коммуникаций» (Technologies of Green Communication), подготовленного в рамках проекта TEMPUS GREENCO «Green Computing & Communications» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR), и служит дополнением к лекционному материалу, изложенному в [1].

Настоящий практикум «Энергоэффективные методы управления трафиком в гетерогенных компьютерных сетях» (Power effective methods of management of traffic on the heterogeneous computer networks) посвящен анализу современного состояния и перспектив развития зеленых технологий применительно к методам управления трафиком в гетерогенных компьютерных сетях и проектированию компонентов распределенных информационных систем. Приводится краткое изложение теоретического материала, описание лабораторных работ и практических занятий, а также методические рекомендации по самостоятельному изучению материала курса. Приложена учебная программа курса MSc4.

Практическая часть курса содержит 2 лабораторные работы и 5 практических занятий.

Лабораторные работы раскрывают энергоэффективную направленность современных сетевых технологий на канальном уровне и при проектировании компонентов распределенных информационных систем.

Лабораторные работы нацелены на:

– исследование энергоэффективности беспроводных компьютерных сетей;

– уменьшения вычислительных и временных затрат и, как следствие, энергопотерь на этапах сквозного структурно-функционального проектирования распределенных информационных систем; сокращения ранних проектных ошибок, приводящих к некорректной работе и потерям вычислительных, временных, информационных и энергетических ресурсов на этапе эксплуатации.

На практических занятиях рассматриваются вопросы:

- анализа моделей расчета времени транзакций в проводных и беспроводных сетях;
- использования энергоэффективных методов управления трафиком в проводных сетях и размером кадра в беспроводных сетях;
- анализа пропускной способности беспроводного канала в режимах ускоренной передачи информации.

Каждая из лабораторных работ и каждое практическое занятие включает: цель, учебные, практические и исследовательские задачи; программу подготовки; краткий теоретический материал; программу проведения исследований; требования к содержанию отчета; варианты заданий; контрольные вопросы и задания.

Пособие подготовлено коллективом авторов, участниками проекта GreenCo – кафедрами Института компьютерных систем Одесского национального политехнического университета (ОНПУ). Редактирование выполнено д.т.н., профессором Дроздом А.В. (ОНПУ) и д.т.н., профессором Харченко В.С. (ХАИ)

Оно предназначено для студентов университетов, обучающихся по направлению компьютерной инженерии, а также для работающих в указанной отрасли специалистов при изучении зеленых сетевых технологий, а также может быть полезно для преподавателей, ведущих занятия по соответствующим курсам.

Авторы выражают благодарность рецензентам, коллегам по проекту, кафедрам университетов за ценную информацию, методическую помощь и конструктивные предложения, которые высказывались в процессе обсуждения практической части данного курса.

## АНОТАЦІЯ

УДК 004.052

Д67

**Енергофактивні методи управління трафіком у гетерогенних комп'ютерних мережах. Практикум** / За ред. Дрозда О.В., Харченка В.С. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2016. – 100 с.

**ISBN 978-966-662-715-8**

У посібнику викладені матеріали практичної частини модулів «Green network technologies foundation» та «Energy-saving traffic control in networks» навчального курсу MSc4 «Технології зелених комунікацій» (Technologies of Green Communication), що підготовлено в рамках проекту TEMPUS GREENCO «Green Computing & Communications» (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR).

Даний курс присвячено розвитку зелених технологій стосовно до методів управління трафіком в гетерогенних комп'ютерних мережах і проектування компонентів розподілених комп'ютерних систем. Наводиться навчальна програма модуля MSc4, стисло надається теоретичний матеріал, опис лабораторних робіт та практичних занять, а також методичні рекомендації для самостійного вивчення матеріалу.

Посібник призначено для студентів, аспірантів та викладачів університетів, що спеціалізуються в напрямку зелених мережевих технологій у комп'ютерної інженерії, а також розробників та дослідників в галузі проектування компонентів комп'ютерних мереж з використанням зелених технологій.

Лл. 34. Табл. 2. Бібліогр.: 37 назв.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ .....	3
ПЕРЕДМОВА .....	4
1 ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ .....	6
1.1 Моделювання бездротової комп'ютерної мережі офісу та розрахунок енерговитрат на підтримку працездатності мережі .....	6
1.2 Зелені технології в проектуванні компонентів розподілених інформаційних систем.....	15
2 ПРАКТИЧНІ ЗАЙНЯТТЯ.....	40
2.1 Аналіз моделей розрахунку часу транзакцій у дротових мережах на базі комутаторів .....	40
2.2 Вивчення енергоефективного метода управління трафіком у дротових мережах.....	46
2.3 Аналіз моделей розрахунку часу транзакцій у бездротових мережах .....	53
2.4 Вивчення енергоефективного метода управління розміром кадру в бездротових мережах.....	59
2.5 Аналіз пропускнуєї спроможності бездротового каналу в режимах прискореної передачі інформації .....	65
3 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ.....	74
3.1 Пояснення до навчальної програми.....	74
3.2 Підготовка до занять та екзамену .....	77
3.3 Питання до самостійної роботи .....	77
ЛІТЕРАТУРА.....	79
АНОТАЦІЯ .....	83
ЗМІСТ .....	84
ДОДАТОК. НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА .....	87



## ABSTRACT

UDC 004.052

Д67

**Power effective methods of management f traffic on the heterogeneous computer networks. Practicum** / Drozd A., Kharchenko V. (editors). – Department of Education and Science of Ukraine, National aerospace university named after N. Zhukovsky “KhAI”, 2016. – 100 p.

**ISBN 978-966-662-715-8**

Practical materials of “Green network technologies foundation” and “Energy-saving traffic control in networks” modules of a study course of MSc4 “Technologies of Green Communication” are expounded. This book has been prepared within the framework of project TEMPUS GREENCO "Green Computing & Communications" (530270-TEMPUS-1-2012-1-UK-TEMPUS-JPCR) project.

The course is devoted to development of green technologies in relation to methods of traffic management on the heterogeneous computer networks and to design of components of the distributed information systems. Curriculum of the MSc4 course modules, brief theoretical materials, the description of laboratory works and a practical training and also methodical recommendations for self-sufficient study are given.

The book is intended for university students, postgraduate students and lecturer specializing in the direction of green network technologies in computer engineering and also designers and researchers in area of designing the components of computer networks with use of green technologies.

Ref. – 32 items, figures – 37.

## CONTENT

ABBREVIATIONS .....	3
PREFACE.....	4
1 LABORATORY WORKS .....	6
1.1 Simulation of a wireless computer network of office and calculation of energy consumption on maintenance of operability of a network .....	6
1.2 Green technologies in design of components of the distributed information systems.....	15
2 PRACTICAL TRAINING.....	40
2.1 The analysis of models for calculation of transactions time on the wired networks on the basis of switches.....	40
2.2 Study of a power effective method of traffic management on the wired networks .....	46
2.3 The analysis of models for calculation of transactions time on the wireless networks .....	53
2.4 Study of a power effective method of the frame size management on the wireless networks.....	59
2.5 The analysis of throughput of wireless link in the modes of the accelerated transmission of information.....	65
3 THE GUIDELINES ACCORDING TO SELF-SUFFICIENT WORK.....	74
3.1 Explanations to the teaching program .....	74
3.2 Preparation for the lessons and examination .....	77
3.3 Questions for private study.....	77
REFERENCES .....	79
ABSTRACT .....	83
CONTENT .....	84
APPENDIX. TEACHING PROGRAM .....	87

**ПРИЛОЖЕНИЕ. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА**  
**DESCRIPTION OF THE MODULES**

TITLE OF THE COURSE AND MODULES	Code
<b>Course: “Technologies of Green Communication Modules: “Green network technologies foundation”, “Energy-saving traffic control in networks”</b>	MSc4 MM4.1 MM4.2

Teacher(s)	Department
<b>Coordinating:</b> Prof. Sergey Nesterenko, Prof. Oleksandr Drozd <b>Others:</b> , Dr. Ruslan Shaporin, Dr. Martinuk Oleksandr, Master Julia Nesterenko, Master Anna Sugak	Computer Intellectual Systems and Networks

Study cycle	Level of the module	Type of the module
Master	A	Full-time tuition

Form of delivery	Duration	Language(s)
Full-time tuition	One semester	English

Prerequisites	
<b>Prerequisites:</b> Information theory; Computer System Analysis; Advanced Communication Systems Architectures Foundations, Foundations of Network protocols; Probability Theory; Modeling Foundation knowledge and skills.	<b>Co-requisites (if necessary):</b> Skills in using network protocol analyzers and network traffic generators

Credits of the module	Total student workload	Contact hours	Individual work hours
3	90	28	62

Aim of the module (course unit): competences foreseen by the study programme
The aim of module is to create a knowledge acquisition about technologies of green hardware computing. Obtaining skills in setting energy-efficient modes in operation of the computer systems and their components. Accumulation of experience in development of energy-

aware methods and techniques for co-design of embedded systems on chips.		
<b>Learning outcomes of module (course unit)</b>	<b>Teaching/learning methods</b>	<b>Assessment methods</b>
At the end of course, the successful student will be able to: 1. formulate the basic ideas of low-power hardware foundations.	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
2. select green solutions utilized in microcontrollers and processors.	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
3. conduct comparative analysis of throughput and power efficiency for graphical processor and CPU.	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
4. analyze and optimize power consumption in FPGA projects developed with using CAD Altera Quartus II.	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
5. present both power saving aspect and safety one of green testing.	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
6. analyze the modern green technologies in hardware computing on position of resource approach	Interactive lectures, Learning in laboratories, Just-in-Time Teaching	Module Evaluation Questionnaire
7. offer the new green solutions based on the methods of multiply effect	Interactive lectures, Learning in laboratories,	Module Evaluation Questionnaire

and focusing it into green values	Just-in-Time Teaching	
-----------------------------------	-----------------------	--

Themes	Contact work hours						Time and tasks for individual work		
	Lectures	Consultations	Seminars	Practical work	Laboratory work	Placements	Total contact work	Individual work	Tasks
<p><b>1. Problems and stages of energy-saving computer networks development.</b></p> <p>1.1. Introduction in energy-saving computer networks.</p> <p>1.2. The basic features of the energy-saving computer networks.</p> <p>1.3. The methods of energy-saving in business hours.</p> <p>1.4. The methods of energy-saving in off hours.</p>	2						2	4	1.5. Classification of energy-saving computer networks.
<p><b>2. The methods of optimization of the computer network resources deployment.</b></p> <p>2.1. The methods of data routes calculating between source and destination hosts.</p>	2			2	2		6	12	2.3. Standard IEEE 802.x.

2.2. The methods of resources deployment restructuring possibility analyses.									
<b>3. The designing of automated systems of communication equipment control.</b> 3.1. The designing of embedded systems of automated switching out of communication equipment in off hours.	2			2			4	12	3.2. Systems of distance control of network equipment's energy management
<b>4. The structural methods of energy-saving wireless computer networks co-designing.</b> 4.1. The methods of calculating and designing of the access points number and deployment. 4.2. The optimization criteria of the access points number and deployment choosing.	2			2	2		6	14	4.3. The factors of access point's productivity analyses.
<b>5. Principles of green-oriented analysis of wired networks.</b> 5.1. Energy and recourse-oriented analysis of wired communication devices. 5.2. Green-oriented analyses of communication protocols. 5.3. Mathematical model of traffic in wired networks.	2						2	4	5.5. Green wired networks: principles architecture and models.

<p>5.4. Structure of management information bases (MIB) and remote monitoring bases (RMON).</p>									
<p><b>6. Principles of green-oriented analysis of wireless networks</b></p> <p>6.1. Energy and recourse-oriented analysis of wireless communication devices.</p> <p>6.2. Green-oriented analyses of 802.11 wireless communication protocols.</p> <p>6.3. Mathematical models of wireless network traffic.</p> <p>6.4. Methods and instrumental tools for wireless traffic measurement.</p>	2					2	4		<p>6.5. Green wireless networks: principles architecture and models.</p>
<p><b>7. Green" network traffic control systems</b></p> <p>7.1. The structure and algorithms of traffic control systems work for wired networks.</p> <p>7.2. The structure and algorithms of traffic control systems work for wireless networks.</p> <p>7.3. Methods of analytical and experimental study the</p>	2		4			6	12		<p>7.4. Methods of traffic control in wired networks.</p> <p>7.5. Methods of traffic control in wireless networks.</p>



effectiveness of traffic control systems.									
<b>Total</b>	<b>14</b>		<b>10</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>62</b>			

<b>Assessment strategy</b>	<b>Weight in %</b>	<b>Dead lines</b>	<b>Assessment criteria</b>
Lecture activity, including fulfilling special self-tasks	10	7,14	<p><b>85% – 100%</b> Outstanding work, showing a full grasp of all the questions answered.</p> <p><b>70% – 84%</b> Perfect or near perfect answers to a high proportion of the questions answered. There should be a thorough understanding and appreciation of the material.</p> <p><b>60% – 69%</b> A very good knowledge of much of the important material, possibly excellent in places, but with a limited account of some significant topics.</p> <p><b>50% – 59%</b> There should be a good grasp of several important topics, but with only a limited understanding or ability in places. There may be significant omissions.</p> <p><b>45% – 49%</b> Students will show some relevant knowledge of some of the issues involved, but with a good grasp of only a minority of the material. Some topics may be</p>

			<p>answered well, but others will be either omitted or incorrect.</p> <p><b>40% – 44%</b> There should be some work of some merit. There may be a few topics answered partly or there may be scattered or perfunctory knowledge across a larger range.</p> <p><b>20% – 39%</b> There should be substantial deficiencies, or no answers, across large parts of the topics set, but with a little relevant and correct material in places.</p> <p><b>0% – 19%</b> Very little or nothing that is correct and relevant.</p>
Learning in laboratories	30	7,14	<p><b>85% – 100%</b> An outstanding piece of work, superbly organised and presented, excellent achievement of the objectives, evidence of original thought.</p> <p><b>70% – 84%</b> Students will show a thorough understanding and appreciation of the material, producing work without significant error or omission. Objectives achieved well. Excellent organisation and presentation.</p> <p><b>60% – 69%</b> Students will show a clear understanding of the issues involved and the work should be well written and well organised. Good work towards the objectives.</p> <p>The exercise should show evidence that the student has thought about</p>

		<p>the topic and has not simply reproduced standard solutions or arguments.</p> <p><b>50% – 59%</b> The work should show evidence that the student has a reasonable understanding of the basic material. There may be some signs of weakness, but overall the grasp of the topic should be sound. The presentation and organisation should be reasonably clear, and the objectives should at least be partially achieved.</p> <p><b>45% – 49%</b> Students will show some appreciation of the issues involved. The exercise will indicate a basic understanding of the topic, but will not have gone beyond this, and there may well be signs of confusion about more complex material. There should be fair work towards the laboratory work objectives.</p> <p><b>40% – 44%</b> There should be some work towards the laboratory work objectives, but significant issues are likely to be neglected, and there will be little or no appreciation of the complexity of the problem.</p> <p><b>20% – 39%</b> The work may contain some correct and relevant material, but most issues are neglected or are covered incorrectly. There should be some signs of appreciation of the laboratory work requirements.</p> <p><b>0% – 19%</b> Very little or nothing that is correct and relevant and no</p>
--	--	---

			real appreciation of the laboratory work requirements.
Module Evaluation Quest	60	8,16	The score corresponds to the percentage of correct answers to the test questions

Author	Year of issue	Title	No of periodical or volume	Place of printing. Printing house or internet link
<b>Compulsory literature</b>				
Ed. by V. Kharchenko	2014	Green IT-Engineering. Volume 2. Systems, industry, society		National Aerospace University “KhAI”. – 688 p.
Andrew S. Tanenbaum, David J. Wetherall.	2011	Computer Networks	5th Ed.	Prentice Hall, Cloth. – 960 p.
Manikonda P., Yerrapragada A.K., Annasamudram S.S.	2011	Intelligent traffic management system		IEEE Conference on Sustainable Utilization and development in Engineering and Technology (STUDENT), pp. 119 – 122.
Oka T., Inoue S., Kakuda Y.	2012	An adaptive control system using scheduling by		24th International Conference on Distributed

		imprecise computation and multiagent-based traffic information exchange and its experimental evaluation		Computing Systems Workshops, pp. 610. – 615.
A. Barbosa, M. Caetano, J. Bordim.	2011	The Theoretical Maximum Throughput Calculation for the IEEE802.11g Standard	Vol.11 No.4,	International Journal of Computer Science and Network Security, pp. 136 – 143
R. Sharma, G. Singh, R. Agnihorti.	2010	Comparison of performance analysis of 802.11a, 802.11b and 802.11g standard	Vol. 2, No. 6,	International Journal on Computer Science and Engineering, pp. 2042 – 2046
B. Battula, R. Prasad, M. Moulana	2011	Performance Analysis of IEEE 802.11 Non-Saturated DCF	Vol. 8, Issue 3, No. 1	International Journal of Computer Science Issues, pp. 565 – 568
T. Sridhar	2008	Wireless LAN Switches – Functions and Deployment	Vol. 9, No 3	The Internet Protocol Journal, pp. 2-16

Z. Ilic, A. Bazant, I. Colak and D. Jaksic.	2012	Optimal MAC Packet Size in Wireless LAN.	Vol. 5, No. 1	Journal of Internet Engineering, pp.345 – 354.
Yong Li, Pan Huiy, Depeng Jin, Li Su, Lieguang Zeng	2013	Performance Evaluation of Routing Schemes for Energy-Constrained Delay Tolerant Networks		8 p. <a href="https://bib.irb.hr/datoteka/197334.mipro2005_CTI30.pdf">https://bib.irb.hr/datoteka/197334.mipro2005_CTI30.pdf</a>
Feng Li, Mingzhe Li, Rui Lu, Huahui Wu, Mark Claypool and Robert Kinicki.	2006	Tools and Techniques for Measurement of IEEE 802.11 Wireless Networks		Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks, 4th International Symposium, pp. 1 – 8
<b>Additional literature</b>				
MetaGeek White Paper	2013	Optimizing Wireless Networks		10 p. <a href="http://www.metageek.com">http://www.metageek.com</a>
Andrews M., Anta A. F., Zhang L., Zhao W.	2010	Routing for power minimization in the speed scaling model		IEEE Infocom'2010, pp. 285 – 294
Vasić N., Kostić D	2010	Energy-aware traffic engineering		1st International Conference on Energy-Efficient Computing and Networking, ser.

				e-Energy '10. New York, NY, USA, ACM, pp. 169 – 178
Leyton-Brown K., Shoham Y.	2009	Multiagent Systems: Algorithmic, Game- Theoretic and Logical Foundations		London: Cambridge University Press, pp. 513.
Pattinson C.		Does 'thin client' mean 'energy efficiency'?		url: <a href="http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/greeningict/finalreports/ThinCFinalReport.pdf">http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/greeningict/finalreports/ThinCFinalReport.pdf</a>
Joshi T., Mukherjee A., Yoo Y., Agrawal D. P.	2008	Airtime Fairness for IEEE 802/11 Multirate Networks	Vol. 7, No. 4.	IEEE Transaction on Mobile Computing, pp. 513 – 527
Bianzino A., Chiaraviglio L., Mellia M.	2011	A green distributed algorithm for backbone networks		IEEE Online Conference on Green Communication s (GreenCom), pp. 113 – 119
Cisco Technology design guide	2013	Campus Wired LAN		97 p. <a href="http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/solutions/CVD/Aug2013/CVD-CampusWiredLANDesignGuide-AUG13.pdf">http://www.cisco.com/c/dam/en/us/td/docs/solutions/CVD/Aug2013/CVD-CampusWiredLANDesignGuide-AUG13.pdf</a>

# СОДЕРЖАНИЕ

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ .....	3
ПРЕДИСЛОВИЕ .....	4
1 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ .....	6
1.1 Моделирование беспроводной компьютерной сети офиса и расчет энергозатрат на поддержание работоспособности сети .....	6
1.2 Зеленые технологии в проектировании компонентов распределенных информационных систем .....	15
2 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	40
2.1 Анализ моделей расчета времени транзакций в проводных сетях на базе коммутаторов .....	40
2.2 Изучение энергоэффективного метода управления трафиком в проводных сетях .....	46
2.3 Анализ моделей расчета времени транзакций в беспроводных сетях .....	53
2.4 Изучение энергоэффективного метода управления размером кадра в беспроводных сетях .....	59
2.5 Анализ пропускной способности беспроводного канала в режимах ускоренной передачи информации .....	65
3 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ .....	74
3.1 Пояснения к учебной программе .....	74
3.2 Подготовка к занятиям и экзамену .....	77
3.3 Вопросы для самостоятельной работы .....	77
.....	.....
ЛИТЕРАТУРА .....	79
АНОТАЦІЯ .....	83
ЗМІСТ .....	84
ABSTRACT .....	85
CONTENT .....	86
ПРИЛОЖЕНИЕ. УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА .....	87



**Дрозд Олександр Валентинович  
Нестеренко Сергій Анатолійович  
Шапорін Руслан Олегович  
Мартинюк Олександр Миколайович  
Нестеренко Юлія Сергіївна  
Сугак Ганна Сергіївна**

# **ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ТРАФІКОМ У ГЕТЕРОГЕННИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖАХ**

**Практикум**  
(російською мовою)

**Редактори: Дрозд О.В., Харченко В.С**

**Комп'ютерна верстка**  
Харченко Л.Д.

Зв. план, 2015  
Підписаний до друку 15.01.2016  
Формат 60x84 1/16. Папір офс. №2. Офс. друк.  
Умов. друк. арк. 5,93. Уч.-вид. л. 6,38. Наклад 200 прим.  
Замовлення 2. Ціна вільна

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»  
61070, Харків-70, вул. Чкалова, 17 <http://www.khai.edu>

**Видавець:** ФОП Голембовська О.О.  
03049, Київ, Повітрофлотський пр-кт, б. 3, к. 32.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи в державний реєстр видавців, виготовлювачів  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК №5120 від 08.06.2016

Віддруковано ТОВ «Юстон ЛТД»  
01034, м. Київ, вул. О. Гончара, 36-а  
Тел. +38 044 360-2266, [www.yuston.com.ua](http://www.yuston.com.ua)