

## ПОДХОДИ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ИНФРАСТРУКТУРИ ЗА МРЕЖОВИ И ИНТЕРНЕТ ИНОВАЦИИ

Маргарита Петкова

### APPROACHES FOR CREATING INFRASTRUCTURES FOR NETWORK AND INTERNET INNOVATIONS

Margarita Petkova

**Резюме:** Цел на настоящата работа е да се разгледат различните варианти за изграждане на тестови платформи за иновативни изследвания предимно на Интернет от следващо поколение. Разгледани са тестови платформи за мрежи от следващо поколение NxGN в различни свързани с темата проекти: PlanetLab, глобална среда за мрежови иновации GENI (Global Environment for Network Innovations), FIRE (Future Internet Research and Experimentation), FEDERICA, OneLab2, PANLAB, PII (Panlab II, WISEBED. Резултатите са свързани с получаване на обобщена информация за структурите и особеностите на функциониране на тестовите платформи. Приноси на работата са направеният задълбочен анализ на особеностите на изграждане, виртуализация, разделяне и предоставяне на споделени ресурси, както и на начините на обединение (федерация) и управление на тестовите платформи.

**Ключови думи:** тестови платформи, мрежи от следващо поколение NxGN, работна рамка за управление

**Abstract:** The aim of the present work is to consider the different options for building of test platforms (testbeds) for innovative research mainly on the next generation Internet. Test platforms for next generation networks in various related projects are considered: PlanetLab, Global Environment for Network Innovations (GENI), FIRE (Future Internet Research and Experimentation), FEDERICA, OneLab2, PANLAB, PII ( Panlab II, WISEBED. The results are related to obtaining summary information about the structures and features of the operation of the test platforms. Contributions to the work are the in-depth analysis of the features of building, virtualization, division and provision of shared resources, as well as the ways of unification (federation) and management of test platforms.

**Keywords:** Testbed platforms, next generation networks NxGN, control framework

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Подходите за създаване на инфраструктури за мрежови и Интернет иновации се базират на текущото състояние на Интернет и на историята на неговия растеж<sup>1</sup>. Също така имат отношение и въпросите за недостатъците, предизвикателствата и изискванията на бъдещия Интернет, както и въпросите за неговата архитектура. Основните фактори за развитието са нарастващото и променящо се търсене от различни групи потребители, увеличаването на контрола на потребителите върху мрежи/услуги/приложения, IoT, конвергенция на мрежи/устройства/услуги, мобилност, сигурност, мащабируемост и гъвкавост, по-висока производителност и повече функционалност, развитие на технологиите.

През последните години Интернет е много успешен, използвайки инкрементално, еволюционно нарастване с постепенни подобрения и разширения. Друг вариант е дадена система (Интернет) да се преработи основно, за да се даде възможност за подобрени абстракции и/или производителност, като същевременно предоставя подобна

---

<sup>1</sup> Choong Seon Hong, What is Future Internet.

[http://networking.khu.ac.kr/html/lecture\\_data/2010\\_09\\_Future\\_Internet/What\\_is\\_Future\\_Internet.pdf](http://networking.khu.ac.kr/html/lecture_data/2010_09_Future_Internet/What_is_Future_Internet.pdf)

### МАРГАРИТА ПЕТКОВА

функционалност, базирана на обновени основни принципи. Това изисква различни подходи за създаване на изследователски инфраструктури и експериментални съоръжения за мрежови и Интернет иновации.

В това направление има множество разработки и проекти, които имат характерни особености. Такива са, например: US NSF (National Science Foundation), Бъдещ Интернет дизайн FIND (Future Internet Design), Глобална среда за иновации в мрежата GENI (Global Environment for Networking Innovations), Бъдещи Интернет изследвания и експерименти FIRE (Future Internet Research and Experimentation), Бъдеща Интернет инициатива на EIFFEL (EIFFEL's Future Internet Initiative), EuroNGI & EuroFGI, FP7, AsiaFI by CJK, China NSFC & MOST, 973 Fundamental Research Project, MOST 863 High-tech Project, CNGI Project, NICT's New Generation Network (NWGN), Japan Gigabit Network II (JGN2), AKARI Project, Future Internet Forum (FIF) и др.

GENI е Инициатива за планиране, инициирана от дирекцията CISE на NSF, включваща разработка и поддръжка на експериментално съоръжение за валидиране на изследвания (инфраструктура за демонстриране на изследвания), както и програмируемо съоръжение в национален мащаб за изследване на бъдещи Интернет технологии<sup>2</sup>. Инициативата включва:

- Изследователска програма GENI - за дългосрочна поддръжка на основни изследвания и експерименти в мрежи и мрежови въпроси.
- Изследователска база GENI - глобално експериментално съоръжение, което мащабируемо да поддържа изследването и оценката на новите мрежови архитектури в реални условия

Основните принципи на GENI са: програмируемост, виртуализация и други форми на споделяне на ресурси, обединение на платформи и ресурси (федерация), експерименти на базата на разслояване (Slice-based Experimentation). Разработвани клъстери на GENI са:

- Работна рамка „PlanetLab“, базирана на системата PlanetLab (Princeton Univ.)
- Работна рамка за управление „ProtoGENI“, базирана на системата Emulab (University of Utah).
- Работна рамка за управление на ORCA (Duke University and RENCi).
- Работна рамка за управление на OMF (Rutgers University).

## 2. ИНФРАСТРУКТУРИ ЗА ЕКСПЕРИМЕНТИРАНЕ ЗА БЪДЕЩ ИНТЕРНЕТ

### 2.1. Платформи PlanetLab и др.

Бързият растеж и диверсификацията на Интернет затруднява изключително много въвеждането на нови технологии и протоколи, подкрепено със стабилна експериментална валидация в условия за тестване с реалистичен мащаб. Проектът PlanetLab е първи опит да се създаде такъв инструмент, който да имитира ефективно мащаба на Интернет, като организира с обща рамка за управление хиляди Интернет възли, разпределени на различни географски места. Тези Интернет възли, предлагани от различни изследователски, образователни и индустриални организации, изпълняват софтуер за виртуален сървър на Linux, за да виртуализират ресурсите си, същевременно осигурявайки изолирани групи разпределени ресурси (slivers) за потребителите при множество едновременно активни експерименти. Основната единица за разпределение на ресурси за експерименталните нужди на потребителя е дял (slice). Виртуалните сървъри на възела се управляват от NM (Node Manager), който от своя страна взаимодейства с централизиран модул за управление - PLC (PlanetLab Control). Експериментите са разпределени като дялове, които са съставени от множество групи разпределени ресурси, обхващащи множество сайтове.

<sup>2</sup> Paul, Subharthi; Pan, Jianli; and Jain, Raj, "Architectures for the Future Networks and the Next Generation Internet: A Survey" Report Number: wucse-2009-69 (2009). All Computer Science and Engineering Research

Подобна федеративна и разпределена организация, включваща управление на възлите от техните собственици, и потребители, които извършват експерименти върху тези възли, гарантира базиран на доверие мащабируем модел за сигурност.

PLC действа като доверен посредник, който управлява възлите от името на своите собственици в съответствие с набор от политики (посочени от собствениците), създава дялове чрез комбиниране на ресурси от тези възли и управлява разпределението на дяловете към експериментаторите.

Постепенно дизайнът на PlanetLab е разширен и модифициран, за да се осигури по-добър и по-ефективен контрол и поддръжка. Едно такова разширение, в рамките на самата рамка за управление на PlanetLab, е федерация на отделни и независими екземпляри на PlanetLab. Федерация от такъв характер изисква отделни екземпляри на PLC, за да могат да комуникират и да се координират помежду си чрез добре дефинирани интерфейси. PLC изпълнява две различни функционалности - мениджмънт на възлите от името на собствениците и създаване на дялове от името на потребителите, което позволява на PLC да оперира с два отделни интерфейса. Приемането на йерархична система за именуване на дяловете, улеснява въпросите, свързани с доверието и делегирането във федерацията.

Пример за разширение на федерацията PlanetLab е тестовата платформа Planetlab-Europe, подкрепена от проекта Onelab, който е европейският принос към публично достъпната в света тестова платформа Planetlab. Проектът Onelab обаче допринася за подобряване на мониторинговата инфраструктура на Planetlab, разширявайки Planetlab до по-нови контексти като безжични тестови платформи, добавяйки възможности за мулти-присъединяване (multi homing) на сайтове, базирани на IPv6, справяне с нестабилна свързаност, интегриране и смесване на инструменти за емуляция и осигуряване на рамка за измервания в мрежата.

Като недостатък на експерименталното валидиране в реалистични тестови среди с PlanetLab е слабата повтаряемост и липсата на експериментален контрол. Например, изследовател, който тества ново приложение, оптимизирано за справяне с мрежови откази, трябва да изчака основната мрежова среда да се изправи пред подобна ситуация. Също така, естеството на отказите не може да се контролира и следователно е трудно да се тества реакцията на приложенията в широк спектър от режими на отказ. Освен това експериментите не могат да бъдат повторени, така че да може да бъде проверено детерминирано поведение на приложението. Симулирана тестова среда може да се справи с тези изисквания, но не е в състояние да имитира мащаба и многообразието на реалистичен тестов слой. Emulab е разширение на PlanetLab, което адаптира симулирани връзки и възли в рамките на PlanetLab. Това разширение позволява на изследователите достъп до реалистични експерименти и в същото време позволява фино детайлизирано управление и повтаряемост.

## **2.2. Тестови платформи за мрежи следващо поколение: Виртуализация и федерация**

Следващото поколение тестови платформи за мрежи е фокусирано основно върху виртуализацията и федерацията (обединението). Виртуализацията предлага ефикасни методи за споделяне на ресурси чрез множество едновременни експерименти върху тестовите платформи при поддръжане на висока степен на изолация, достоверност и сигурност. Федерацията разглежда методите за обединяване на множество разнообразни тестови платформи, предназначени да обслужват различни експериментални контексти в реалистична експериментална среда.

МАРГАРИТА ПЕТКОВА

**2.2.1. Федерация**

Тестовите платформи за мрежи осигуряват на изследователите реалистично средство за тестване и експериментиране. Основната цел е платформата да е възможно най-близка до производствената среда. Използването на федерация помага за реализирането на тази цел чрез (1) По-широко предоставяне на сценарии за тестване, (2) Предоставяне на разнообразие на тестовата платформа със специализирани и/или разнообразни ресурси, като технологии за достъп и т.н., (3) Създаване на научни общности с разнообразен изследователски опит и интердисциплинарни изследвания, (4) намаляване на разходите чрез по-ефективно споделяне.

Съществуват различни предизвикателства при реализиране на федерацията, които могат да бъдат категоризирани като технически предизвикателства и политически или социално-икономически предизвикателства.

Техническите предизвикателства включват проблеми като (1) хомогенизиране на различни контексти, за да се улесни лесното разгръщане на експерименти, (2) справедливо и ефективно споделяне на ограничени ресурси, (3) оперативна съвместимост на протоколите за сигурност и др.

Политическите или социално-икономическите предизвикателства се основават повече на последиците върху икономиката и организационните политики при споделянето, като политики на правителства, конфликти между изследователски агенции, конфликти между търговски и нетърговски интереси, конфликти, свързани с правата на интелектуална собственост и др.

По такъв начин проблемът с федерацията на тестовите платформи има различен контекст и решението на конкретен сценарий за федерация варира в зависимост от този контекст.

**2.2.2. Виртуализация**

Въпреки огромния успех на Интернет, понастоящем се налага да доставя услуги, за които той не е предназначен - например: мобилност, мулти-насочване (multi-homing), мултикастинг, ефирни предавания (anycasting) и т.н.. Независимо от това, изследователски IP базиран модел за Интернет не позволява нови и новаторски архитектурни идеи да бъдат интегрирани безпроблемно в архитектурата. Иновативни предложения или никога не се разгръщат, или са принудени да прибягват до неефективни средства. Огромните инвестиции в разгърнатата инфраструктурна база на днешните мрежи допринасят за това, като не позволяват тестване и разгръщане на нови принципи на мрежите. Виртуализацията е едно възможно решение за преодоляване на съществуващите проблеми.

При Интернет архитектура с виртуализация на компонентите (рутери и др.) на мрежовата инфраструктура, би могло да се прилагат и тестват различни протоколи за маршрутизиране (вкл. не IP базирани) и принципи за обслужване. Аргументът е, че множество конкуриращи се технологии трябва да могат да съществуват в експерименти с големи мащаби и по такъв начин бариерата за навлизане от експериментиране в производствена среда ще бъде значително намалена.

В проекта САВО (Concurrent Architectures are Better than One) се предлага дизайн за следващо поколение Интернет, който позволява едновременно съществуване на конкурентни архитектури. Ключовата идея е да се отдели инфраструктурата от инфраструктурните услуги. Очаква се доставчиците на инфраструктура в САВО да наемат инфраструктурни единици (като маршрутизатори и връзки в опорната (backbone) мрежа, комутатори и т.н.), над които доставчиците на услуги могат да внедрят свои собствени специфични протоколи и да изпълняват свои мрежови услуги, оптимизирани за специфични параметри на тези услуги, като качество на услугата, ниско закъснение, поддръжка в реално време и др. Доставчиците на инфраструктура могат да виртуализират своята инфраструктура и по този начин да позволят изолираното съвместно съществуване

на множество доставчици на услуги.

В проекта AKARI се разширява идеята за изолирани виртуални мрежи до: (1) Сътрудничество на транзитивни виртуални мрежи и/или комуникация между виртуални мрежи, (2) Припокрити (overlaid) виртуални мрежи (една виртуална мрежа над друга).

### **Виртуализация в дизайна на тестовите платформи (Testbed)**

Идеята за виртуализация за изолиране на мрежови експерименти, работещи върху споделена инфраструктура, не е нова. Съществуващите мрежови тестови платформи обаче работят като наслагване (overlay) над IP базирани мрежи, което ограничава реалистичността на експериментите на ниво мрежа. За да се преодолее този проблем, мрежовите тестови платформи трябва да са проектирани за изолиране "от край до край", което изисква виртуализация също и на крайните хостове, връзките и възлите на инфраструктурата.

В проекта GENI се предлага дизайн на инфраструктурата, при който съществуват множество мета-мрежи. Всяка мета-мрежа се състои от мета-рутер (виртуализирана част, дял от рутер) и мета-връзки (meta-links), свързващи мета мрежите. Дизайнът на маршрутизаторите, които да поддържат съвместното съществуване на няколко мета-рутера, трябва да се справи с предизвикателствата за гъвкаво разпределение на честотната лента и общите ресурси за обработка между тези мета-рутери, поддържайки изолация между тях.

Разработването на специализирани възли за инфраструктурата изисква много време, усилия и изследвания, освен това такива възли, налични само в изследователски съоръжения, силно ограничават мащаба и реалистичността на експериментите. Едно сравнително краткосрочно решение, което може да бъде гъвкаво при експериментиране върху възли в мрежите на кампуса, е, че възлите в кампусните мрежи трябва да осигурят отворена, програмируема виртуализирана среда, в която изследователите да инсталират и провеждат своите експерименти. Този подход обаче има два проблема:

- Мрежовите администратори не могат да позволяват използването на експериментален код в действащи рутери или комутатори,
- Производителите на маршрутизатори и комутатори не са склонни да разкрият технологията на техните продукти от висок клас.

За решаване на проблемите е проектиран комутатор с отворен поток (open-flow switch), който (1) осигурява пълна изолация на производствения трафик от експерименталния трафик, (2) не изисква производителите да отворят своята вътрешна архитектура, с изключение на включването на комутатора Open-flow в техния хардуер.

Описаните примери за виртуализация са в допълнение към различните други схеми за виртуализация на крайните системи чрез виртуална машина/виртуален сървър. Тези техники за виртуализация обаче не задоволяват нуждите на безжичната среда.

Ключовите проблеми са: (1) Изолация: Ограничеността на ресурса на безжичната честотна лента принуждава моделите за разделяне (partitioning models) да могат да поддържат разумен брой изолирани експерименти, (2) Уникалност на възлите: Безжичното разпространение на сигнал е специфично за възлите (кодиране, мултиплексиране и т.н.) и е трудно за управление.

Някои от техниките за споделяне на безжичния ресурс са:

(1) Множествен достъп с честотно разделение FDMA (Frequency Division Multiple Access): Предаващите (transmitting) честоти могат да бъдат разделени (partitioned) с помощта на FDMA,

МАРГАРИТА ПЕТКОВА

- (2) Множествен достъп с времево разделяне TDMA (Time Division Multiple Access): Възелът е разделен във времевата област,
- (3) Комбинирани TDMA и FDMA: Виртуализиране на възела, като различни потребители могат да използват част от честотната лента за определен период от време,
- (4) Скачащи честоти (Frequency Hopping): Виртуализиране на възела, като различни потребители могат да използват различни честотни ленти в различни времеви интервали,
- (5) Множествен достъп с кодово разделяне (Code Division Multiple Access): на всеки потребител се дава уникален и ортогонален код и му е позволено да използва цялата честота за цялото време, без да има взаимна намеса (interference).

Използвайки комбинация от тези техники за виртуализация, безжичната тестова платформа може да предложи разделяне на дялове (sliceability) чрез:

- (1) Множествен достъп с пространствено разделяне SDMA (Space Division Multiple Access): Възел с фиксиран безжичен обхват е предоставен (dedicated) изцяло на потребителя и разделянето се извършва чрез пространствено разделяне на множество възли в тестовата платформа,
- (2) Комбинирани SDMA и TDMA: Възлите са разделени пространствено и всеки възел е разделен с помощта на TDMA, създаващ времеви интервали (time slots),
- (3) Комбинирани SDMA и FDMA: възлите са разделени пространствено и всеки възел е разделен с помощта на FDMA, създавайки честотни дялове,
- (4) Комбинирани SDMA, TDMA и FDMA: Възлите са разделени пространствено и всеки възел е разделен на честотни дялове и всеки честотен дял е разделен на времеви слотове.

По такъв начин виртуализацията е широко приета да бъде основа за осигуряване на гъвкава Интернет архитектура за бъдещето, която да адаптира (accommodate) множество архитектури и да позволи иновации и нови технологии да бъдат лесно включвани в основните архитектури. Дизайнът на тестовите платформи, базирани на виртуализация, служат както като доказателство за виртуализируема Интернет архитектура, така и като хостинг инфраструктура за тестване на иновативни технологии.

### 2.3. Тестови платформи за следващо поколение мрежи (Next Generation Networks).

Водещи разработки за тестови платформи за NxGN са проектите глобална среда за мрежови иновации GENI (Global Environment for Network Innovations) в САЩ и FIRE (Future Internet Research and Experimentation) в Европа. Основната цел на проекта GENI е да се предостави специално предназначен споделен инструмент за поддръжка за широкомащабни и дългосрочни изследвания и експерименти, а основен фокус на проекта FIRE е да обедини (federate) множество съществуващи мрежови тестови платформи в Европа (в резултат на предишни програми) и да предостави голяма многоконтекстна тестова платформа, достъпна за изследвания в реални условия.

#### 2.3.1. Глобална среда за мрежови иновации GENI (Global Environment for Network Innovations)

Проектът GENI е на националната научна фондация NSF (National Science Foundation) в САЩ и разполага със собствена специализирана гръбначна инфраструктура за връзки в опорната мрежа (backbone link infrastructure) чрез партньорства с проектите LambdaRail и Internet2. Структурата на проекта включва основни изисквания, обобщена рамка за управление и няколко различни проекта за клъстери, всеки от които разработва прототипна рамка за управление, въз основа на компонентите на обобщената рамка за управление на GENI.

**Изисквания:** GENI включва набор хардуерни компоненти, вкл. компютърни възли, връзки за достъп (access links), адаптивни (customizable) маршрутизатори, комутатори, връзки към опорната мрежа (backbone links, tail links), безжични подмрежи и др. Експериментите в проекта GENI се извършват чрез формиране на подмножества от тези

ресурси, т.нар. дялове (slices). Тестовата платформа на GENI поддържа като цяло два типа дейности: (1) разгръщане на прототипни мрежови системи и тяхното наблюдение в реална експлоатация, (2) провеждане на контролирани експерименти.

Някои от основните изисквания за инфраструктурата на GENI са:

1. Разделимост на дялове (Sliceability): С оглед на ценова ефективност и за да може да задоволи възможно най-много експериментални изисквания, е необходимо масово споделяне на ресурси, като в същото време се осигурява независимост (изолация) между експериментите.
2. Програмируемост (Programmability): Всички компоненти са програмируеми, така че изследователите да могат да внедрят и разгърнат собствен набор от протоколи на ниво компонент.
3. Виртуализация и споделяне на ресурси (Virtualization and Resource Sharing): Разделимостта включва споделяне на ресурси, с често срещана форма чрез техники за виртуализация, когато това е възможно. Поради специфични свойства на някои ресурси могат да се използват и други методи като мултиплексиране и т.н.
4. Обединение/Федерация (Federation): Очаква се платформата да бъде обединено цяло от много различни части, притежавани и управлявани от различни организации. Федерацията също добавя разнообразие към основния ресурс, като позволява експериментите да се приближават до реалните производствени системи.
5. Наблюдаемост (Observability): Платформата е експериментално съоръжение, следователно нейният дизайн трябва да позволява ефективна, гъвкава и лесно определяема (specifiable) работна рамка.
6. Сигурност (Security): Очаква се платформата да работи с много и различни иновативни протоколи и алгоритми. Освен това може да се разреши отделните експерименти да взаимодействат със съществуващите Интернет функции. От това следва изискването за сигурност, т.е. възлите да не могат да навредят на Интернет средата, която е в експлоатация, злонамерено или случайно.

Ключови особености на GENI са:

1. Разгръщане в широки мащаби.
2. Разнообразен и разширяем набор от мрежови технологии.
3. Поддръжка за реален потребителски трафик.

**Обобщена рамка за управление на платформата GENI:** Платформата в проекта GENI се състои от няколко подсистеми/равнини:

1. Компоненти и агрегирани компоненти: Устройство, което хоства набор от ресурси, се нарича компонент. Ресурсите на даден компонент могат да се споделят чрез виртуализация или други методи между множество експерименти, така че да удовлетворяват свойствата на програмируемост, изолация и сигурност. Набор от компоненти с централно управление се нарича агрегат. Компонентът може да принадлежи към един или повече такива агрегати.
2. Централизиран регистър и рамка за управление (Clearinghouses and Control Framework): Централизираният регистър поддържа информацията за дялове (slices) и компоненти. Тази информация в регистрите се използва за управление на политики за управление на достъпа, политики за управление, механизми за сигурност и механизми за обединяване на компонентите/агрегатите, в нейния обхват на управление.
3. Подсистема за измерване (Measurement Subsystem): Подсистемата за измерване удовлетворява целта Наблюдаемост (Observability), като осигурява рамка за измерване,



МАРГАРИТА ПЕТКОВА

архивиране и извличане на експериментални данни.

4. Подсистема за Администриране и операции (Administration & Operations): Тази подсистема предоставя инструменти, услуги и техническа поддръжка за активиране и включване на нови ресурси в платформата, идентифициране и мениджмънт на неправилно поведение на ресурси и др.

5. Подсистема за Инструменти и услуги на експериментатора (Experimenter Tools & Services): Подсистемата осигурява инструменти за поддръжка за лесно разгръщане и изпълнение на експерименти. Тези инструменти включват функции като откриване на ресурси, резервиране на ресурси, проектиране, модифициране, отстраняване на грешки, специфичен инструментариум, политики за достъп и др.

Освен изброените компоненти, в управляващата рамка на платформата всеки агрегат има агрегат мениджър АМ (Aggregate Manager) и всеки компонент има компонент мениджър СМ (Component Manager). Централизираният регистър има мениджър на дялове SM (Slice Manager), който може да резервира дялове за определен експеримент. Също така рамката за управление определя:

- (1) Интерфейси между обектите,
- (2) Типове съобщения,
- (3) Поток на съобщения между обектите за реализиране на експеримент,
- (4) Управляваща равнина за транспортиране на съобщения между обектите.

**Прототипни клъстери (Prototype Clusters):** Обобщената рамка за управление на платформата GENI дефинира обща мета-архитектура, която осигурява декомпозирано на дялове (sliceable) експериментално съоръжение. Точният характер на дейностите за управление, проектирането на управляващата равнина и нейното изпълнение продължават да се развиват. В проекта GENI са разработени 5 клъстера (spiral 1 [101]), като всеки клъстер е отговорен за внедряването на прототипно изпълнение на подходящ механизъм за управление. Тези пет клъстера са:

- Клъстер А: Тестова среда за интеграция с управляваща рамка DETER (TIED).
- Клъстер В: Рамка за управление на PlanetLab.
- Клъстер С: Рамка за управление на ProtoGENI.
- Клъстер D: Рамка за управление на архитектурата за управление на отворени ресурси ORCA (Open Resource Control Architecture).
- Клъстер Е: Рамка за управление на ORBIT.

### 2.3.2. Тестови платформи FIRE (Future Internet Research and Experimentation)

Проектът FIRE (Future Internet Research and Experimentation) е на Европейския съюз за изследвания и експерименти за бъдещ Интернет.

Разнообразен набор от тестови платформи за експерименти и тестване в мрежа, в различни контексти на технологии за достъп, инженерни мотивации и с разслоена (layered, cross layered) архитектура са разработени като част от различни минали изследователски проекти в Европа. Основата на по-голямата част от тях е свързана с проекта GEANT, който е предприет като инициатива за свързване на 30 национални образователни и изследователски мрежи NREN (National Research And Education Network), разпространени в Европа и свързани чрез мултигигабитна мрежа, специално предназначена за научноизследователски и образователни цели. Мрежата GEANT осигурява инфраструктура с висока пропускателна способност, споделена между различни изследователски проекти, вариращи от мрежови грид-компютри (grid computing) до поддръжка на съвместни експерименти в реално време. Чрез GEANT са внедрени и достъпни многобройни авангардни мрежови услуги, като IPv6, IP с QoS, мултикастинг, премиум IP (приоритизирани IP базирани услуги) и др. По такъв начин GEANT не е само тестова платформа, а мрежова инфраструктура (в процес на експлоатация), обслужваща



изследователската общност в Европа, много в духа на мрежите NSFNet, LambdaRail, CSENET или Internet2 в различни други части на света.

Европейските усилия за развитие на инфраструктурата за експериментиране и тестване на следващо поколение Интернет са насочени най-вече към формиране на федерация на различни индивидуални тестови платформи и инфраструктурното съоръжение GEANT. Основа на проекта FIRE са проекти като Onelab 2, Panlab II, VITAL ++ и WISEBED. Друг проект, FEDERICA, е насочен към разработване на отделно "от край до край" изолирано експериментално съоръжение чрез специализирани високоскоростни връзки, предвидени в съществуващите образователни и изследователски мрежи. FEDERICA има сходен с проекта GENI подход за разделяне на дялове (sliceability). Докато проектите, част на проекта FIRE, се концентрират главно върху формирането на федерация, която има за цел да подкрепи експериментирането на разнообразен и богат набор от основни технологии, проектът FEDERICA е предложение за виртуализация, насочено към осигуряване на "от край до край" иновации в дизайна на архитектурата и протоколите.

### **Проект FEDERICA**

Проектът FEDERICA свързва 12 точки на присъствие PoPs (Point of Presence), използвайки високоскоростна специално предназначена инфраструктура, осигурена чрез образователната и изследователска инфраструктура на GEANT2 и NREN. Проектът използва техники за виртуализация, за да създава дялове (slices), състоящи се от виртуални схеми, виртуализирани и програмируеми комутатори и рутери и виртуализирани изчислителни ресурси. "Дял" (slice) е основната единица за разпределение за експерименталните нужди на потребителя. Платформата създава само необходимата конфигурация на ресурсите и е напълно независима по отношение на протокола, услугите и приложенията, работещи върху тях. Тези потребители, които искат да тестват например разпределено приложение, могат да заявят набор от предварително IP конфигурирани виртуални рутери и хостове, а тези потребители, които искат да тестват нов протокол за маршрутизиране, могат да заявят набор от виртуални хостове и рутери, свързани по Ethernet и формиращи определена топология.

Проектът FEDERICA има четири сайта в ядрото и 8 сайта присъединени към ядрото. Сайтовете в ядрото са свързани в топология с пълна мрежа (full mesh) чрез високоскоростни инфраструктурни връзки на GEANT2. В ядрото се предоставят директни канали между комутаторите, поради което ядрото е много еластично и ефективно. Ядрото позволява също така BGP peering с глобалния Интернет, подчинен на ограниченията за сигурност. POP извън ядрото нямат строго изискване за директна връзка и могат да се свържат с FEDERICA чрез инфраструктурата на GEANT2, NREN или чрез публичния Интернет. Освен това има и друга група POP (POPs за сътрудничество), които не предоставят гарантирани ресурси в инфраструктурата. Проектът FEDERICA е по-ограничен по отношение на размера и разнообразието и единствената цел е да се разработи изолирана среда за тестване "от край до край", за да може да се поддържат иновативни експерименти в мрежата.

### **Проект OneLab2**

Проектът OneLab2 е разширение на OneLab и се фокусира върху изследвания, използвайки инструменти и софтуерни програми с отворен код. Проектът е предимно некомерсиален и следователно основните предизвикателства пред федерацията са технически. Неговият модел е необходимо да е основан на икономически стимули, за да

### МАРГАРИТА ПЕТКОВА

се увеличи приносът на ресурсите от всеки участващ сайт. По принцип предоставянето на ресурси в Planetlab следва правило за минимален фиксиран принос, при което всеки сайт трябва да предостави най-малко 2 възли, за да бъде част от системата. Политиките за разпределение на ресурси ограничават всеки сайт да има най-много 10 дяла (slices). Въпреки това, тези политики за разпределение не са икономически центрирани, т.е. няма достатъчно стимули за даден сайт да предостави повече ресурси за системата. За да се разработят ефективни модели на икономически стимули, при които разпределението по някакъв начин да е свързано с приноса, е необходимо да се разработи показател за оценка на стойността на даден сайт чрез характеризирани на предлаганите ресурси, например въз основа на следните характеристики: (1) Разнообразие (Diversity) - технология, брой на възлите и т.н., (2) Капацитет (процесорна мощност, честотна лента, памет и т.н.) и (3) Време (продължителност, надеждност и т.н.).

**Механизъм на федерацията:** Настоящите политики за формиране на федерация между Planetlab и Planetlab-Europe са тези на „peering“, при които потребителите от двете съоръжения (facilities) имат еднакви права за достъп в цялата инфраструктура, като и двете съоръжения прилагат една и съща местна политика. Двойната федерация води до често срещаните проблеми с мащабируемостта на пълната мрежа (full mesh). Проблемът се усложнява при разполагане на широкомащабни локализиращи федерации в разнородни мрежови контексти. Това налага йерархична архитектура на федерацията. Друг модел на федерация може да се основава на отношения потребител-доставчик в сценарии, при които потребителите на една местна федерация образуват подгрупа от потребители на по-голяма федерация.

### PANLAB и PII (Panlab II)

Паневропейската лаборатория Panlab (Pan European Laboratory) е консорциум на доставчиците на телекомуникационни услуги в цяла Европа. Това е опит да се федерират разпределени лаборатории за изпитване и тестови платформи в Европа, за да се осигурят разнообразни и разнородни съоръжения за мащабни мрежови експерименти. Тя осигурява тестова среда за нови концепции за услуги в реални условия, мрежови технологии и бизнес модели, преди пускането им в производствени среди.

**Механизъм на федерацията:** Основните предизвикателства при създаването на Panlab включват дефиниране на архитектура за различни контекстуални платформи, които да могат да се федерализират в една безпроблемна хомогенизирана платформа, достъпна за нейните потребители. PANLAB използва еволюционен подход, преминавайки към по-висока степен на автоматизация при функциите за мениджмънт и управление на тестовата платформа. Трите фази на еволюцията са:

1. Централизиран подход: В първата фаза всеки партньорски сайт трябва да попълни уеб формуляр, в който подробно се дават описанията и ресурсите, достъпни за споделяне. Тази форма се предоставя от уеб базирани услуги за търсене. Потребителите, които желаят да проведат експеримент, предават естеството на изискванията си към услугата за търсене, която търси в хранилището на метаданните на тестовите платформи и се опитва да намери съвпадение.
2. Ръчен подход за конфигуриране: В тази фаза партньорските сайтове рекламират метаданните на тестовите платформи чрез специализиран междинен софтуер (middleware) и излагат интерфейс на „Инфраструктура като услуга (IaaS)“. В тази фаза ресурсите се виртуализират, и следователно IaaS може да скрие действителното местоположение на ресурс от потребителя, предоставящ инфраструктура от един или повече партньорски сайтове.
3. Подход за конфигуриране при поискване: В тази фаза услугата за търсене ще установи тестова платформа при поискване, в съответствие с изискванията на потребителя, като директно взаимодейства с виртуализираните ресурси.

В PANLAB се използва IP мултимедийната подсистема IMS (IP Multi-media Sub-system) за поддържане на управляващата равнина на федерацията. Р II или PANLAB II е разширение на PANLAB и включва федерална тестова платформа от иновативни кълстери в ядрото и спътникови кълстери. Р II има по-цялостен поглед върху федерацията, като отчита нейните технологични, социални, икономически и политически съображения.

### 2.3.3. WISEBED

Проектът WISEBED е насочен към обединяване/федериране на мащабируеми безжични сензорни тестови платформи, за да осигури разширяема, диверсифицирана, многостепенна (multi-level) инфраструктура за ограничен брой разнородни устройства. Дефиниран е алиансът OFA (Open Federation Alliance), в който се разработват отворени стандарти за достъп и управление на федерацията. В проекта WISEBED разнообразните тестови платформи се класифицират в две категории: (1) Напълно интегрирани: тестовата платформа дефинира пълен набор от услуги, както са дефинирани от OFA, (2) Полуинтегрирани: Осигурява поддръжка на услугата, дефинирана в OFA. Друга класификация, основана на достъпа към тестовата платформа, също включва две категории: (1) Пълна достъпност: потребителите могат да имат достъп до данните от тестовата платформа, както и да препрограмират устройствата в нея, (2) Полудостъпни: На потребителите е разрешено да извличат само експериментални данни от тестовата платформа.

**Механизъм на федерацията:** В проекта WISEBED се обединяват множество тестови платформи на възли за безжични сензори, включващи разнообразна гама от хардуерни и софтуерни технологии. Механизмът на федерация на WISEBED се състои от йерархия на слоеве, като всеки слой включва един или повече равноправни възли (peers). Долният слой се състои от мрежа от безжични сензорни възли, принадлежащи към различни хардуерни и софтуерни технологии. Всяка тестова платформа предоставя уеб базиран портал, чрез който потребителите могат да разгръщат, управляват и изпълняват експерименти. Тези портални сървъри формират втория слой от архитектурата на федерацията WISEBED. Третият слой представлява наслагване (overlay) на порталните сървъри. Всеки портален сървър представя услугите си чрез унифициран интерфейс, който позволява на федерацията да изложи за потребителите унифицирана виртуална тестова платформа. Всеки сайт, участващ във федерацията, трябва да предостави на OFA (Open Federation Alliance) стандартизирани интерфейси за достъп и управление на тестовата платформа.

Порталните сървъри от високо ниво са отговорни за управлението и мениджмънта, и за измерванията на даден сайт. Всеки портален сървър е свързан към едно или повече локални хранилища на данни за съхранение на измервателните данни. Вътрешният слой включва услуги, които могат да комуникират със сензорните устройства чрез шлюзове към безжичните мрежи. Потребителските команди се превеждат в общ двоичен пакетен формат, който може да бъде разбран от разнообразните технологии за безжични инфраструктури в тестовата платформа. Външният слой предоставя сервизни интерфейси, за да могат потребителите да получат достъп до тестовата платформа чрез портален сървър.

Даден портален сървър или отделен насложен (overlay) възел, изпълняващ клиентски услуги към сървъра на портала в неговия „вътрешен слой“ и експортиращ интерфейс на порталния сървър във външния му слой, стартира софтуер за наслагване (overlay), за да формира федерацията с други сайтове. Потребител, който се нуждае от използване на федерални ресурси, може да се свърже чрез стандартните насложени уеб услуги на OFA.

### 3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработването на инфраструктура за тестови платформи за внедряването на иновации и експериментирание за Интернет от следващо поколение (Future Internet Infrastructure Design for Experimentation) е предмет на множество проекти в цял свят. Националната научна фондация NSF (National Science Foundation), която стартира програма GENI (Global Environment for Networking Innovations) за разработване на инфраструктура за изследване и тестване на футуристични мрежови идеи, като част от нейната програма FIND (Future Internet Design). Инициативите на NSF са последвани от програмата FIRE (Future Internet Research and Experimentation), поддържаща многобройни проекти за мрежи от следващото поколение по програми на Европейския съюз, програмата AKARI в Япония, както и други специализирани програми в Китай, Австралия, Корея, и други части на света.

Основните акценти на разработките по тези проекти са свързани с няколко направления:

- виртуализация, разделяне на ресурсите и предоставяне на споделени ресурси, осигуряване на изолация между експериментите и споделяне на съвкупност от експериментални ресурси, включително рутери, комутатори и крайни хостове;
- начините на обединение (федерация) на разнородни тестови платформи, осигуряване на мащабни среди за тестване в реални условия чрез федерация на множество разнообразни тестови платформи, предназначени да представят разнообразни контексти;
- начините за ефективно управление и мениджмънт на тестовите платформи.

#### ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ (REFERENCES):

1. Choong Seon Hong, What is Future Internet. [http://networking.khu.ac.kr/html/lecture\\_data/2010\\_09\\_Future\\_Internet/What\\_is\\_Future\\_Internet.pdf](http://networking.khu.ac.kr/html/lecture_data/2010_09_Future_Internet/What_is_Future_Internet.pdf)
2. Paul, Subharthi; Pan, Jianli; and Jain, Raj, "Architectures for the Future Networks and the Next Generation Internet: A Survey" Report Number: wucse-2009-69 (2009). All Computer Science and Engineering Research.
3. T. Anderson, L. Peterson, S. Shenker, J. Turner, "Overcoming the Internet Impasse through Virtualization," *Computer, Volume 38, Issue 4*, pp 34-41, April 2005.
4. R. Canonico, S. D'Antonio, M. Barone, et al, European ONELAB project: *Deliverable D4B.1 UMTS Node*, September 2007, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4b.1.pdf>
5. R. Canonico, A. Botta, G. Di Stasi, et al, European ONELAB project: *Deliverable D4B.2 UMTS Gateway*, February 2008, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4b.2.pdf>
6. M. Carbone, L. Rizzo, European ONELAB project: *Deliverable D4E.3 Emulation Component*, February 2008, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4e.3.pdf>
7. B. Donnet, L. Iannone, O. Bonaventure, European ONELAB project: *Deliverable D4A.1 WiMAX component*, August 2008, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/onelab14a1.pdf>
8. N. Feamster, L. Gao and J. Rexford, "CABO: Concurrent Architectures are Better Than One," *NSF NeTS FIND Initiative*, <http://www.nets-find.net/Funded/Cabo.php>
9. P. Szegedi, Deliverable JRA2.1: Architectures for virtual infrastructures, new Internet paradigms and business models, Version 1.6, *FEDERICA project, European Union 7th framework*, October, 2008.
10. Deliverable DSA1.1: FEDERICA Infrastructure, Version 7.0, *FEDERICA project, European Union 7th framework*, October 2008.
11. P. Francis and J. Lepreau, "Towards Complexity Oblivious Network Management," *NSF NeTS-FIND Initiative*, <http://www.nets-find.net/Funded/TowardsComplexity.php>
12. GENI-SE-SY-RQ-01.9: GENI Systems Requirements, *Prepared by GENI Project Office, BBN Technologies*, January 16, 2009, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/SysReqDoc/GENI-SE-SY-RQ-02.0.pdf>
13. GENI-SE-CF-RQ-01.3: GENI Control Framework Requirements, *Prepared by GENI Project Office, BBN Technologies*, January 9, 2009, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/GeniControlFrameworkRequirements/010909b%20%20GENI-SE-CH-RQ-01.3.pdf>
14. (Online) Hiroaki Harai, AKARI Architecture Design Project in Japan, August 2008, <http://akari-project.nict.go.jp/eng/document/asiafi-seminar-harai-080826.pdf>
15. B. Mathieu, D. Meddour, F. Jan, et al, European ONELAB project: *Deliverable D4D1 – OneLab wireless mesh multi-hop network*, August 2007, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4d.1.pdf>
16. N. McKeown, T. Anderson, H. Balakrishnan, et al, "OpenFlow: Enabling Innovation in Campus Networks," *OpenFlow Whitepaper*, March 2008, <http://www.openflowswitch.org/documents/openflow-wp-latest.pdf>
17. de la Oliva A., B. Donnet, I. Soto, et al, European ONELAB project: *Deliverable D4C.1 Multihoming*

- Architecture Document, February 2007, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4c.1.pdf>
18. de la Oliva A., B. Donnet, I. Soto, European ONELAB project: *Deliverable D4C.2 Multihoming Mechanisms Document*, August 2007, <http://www.onelab.eu/images/PDFs/Deliverables/d4c.2.pdf>
19. OneLab2 Whitepaper: On Federations, January 2009, <http://www.onelab.eu/index.php/results/whitepapers/294-whitepaper-1-on-federations.html>
20. P. Antoniadis, T. Friedman, X. Cuvellier, "Resource Provision and Allocation in Shared Network Testbed Infrastructures," *ROADS 2007*, Warsaw, Poland, July 11-12, 2007.
21. S. Paul, S. Seshan, "GDD-06-17: Technical Document on Wireless Virtualization," *GENI Design Document 06-17*, September 2006, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/OldGPGDesignDocuments/GDD-06-17.pdf>
22. L. Peterson, A. Bavier, M. E. Fiuczynski, et al, "Experiences building planetlab," in *Proceedings of the 7th symposium on Operating systems design and implementation (OSDI 2006)*, pp. 351-366, Berkeley, CA, 2006.
23. Panayotis Antoniadis et al., "The Onlab2 Project and research on federations," Kassel, March 2009, [http://www.onelab.eu/images/PDFs/Presentations/onelab\\_pa\\_kivs09.pdf](http://www.onelab.eu/images/PDFs/Presentations/onelab_pa_kivs09.pdf)
24. J. Sanjuas, G. Iannaccone, L. Peluso, et al, European ONELAB project: *Deliverable D3A.2 Prototype Passive Monitoring Component*, January 2008, <http://www.onelab.eu/index.php/results/deliverables/252-d3a2-passive-monitoring-component.html>
25. J. Turner, "GDD-06-09: A Proposed Architecture for the GENI Backbone Platform," *Washington University Technical Report WUCSE-2006-14*, March 2006, <http://groups.geni.net/geni/attachment/wiki/OldGPGDesignDocuments/GDD-06-09.pdf>
26. J. Turner, P. Crowley, S. Gorinsky, et al, "An Architecture for a Diversified Internet," *NSF NeTS FIND Initiative*, <http://www.nets-find.net/Funded/DiversifiedInternet.php>
27. WISEBED: Grant Agreement, Deliverable D1.1, 2.1 & 3.1: Design of the Hardware Infrastructure, Architecture of the Software Infrastructure & Design of Library of Algorithms, *Seventh Framework Programme Theme 3*, November 30, 2008, <http://www.wisebed.eu/images/stories/deliverables/d1.1-d3.1.pdf>
28. Станчева, А., В. Къдрев. Анализ на Интернет услугите като стимул за иновации в малки и средни предприятия. *Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”*, В. Търново, 27-28.06.2013. В: Сб-к доклади на конференцията, том 11, стр. 70-80. ISSN 1314-1937. Stancheva, A., V. Kadrev. Analiz na Internet uslugite kato stimula za inovatsii v malki i sredni predpriyatia. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”*, V. Tarnovo, 27-28.06.2013. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, tom 11, str. 70-80. ISSN 1314-1937
29. Къдрев, В., А. Станчева. Предоставяне на ICT ресурси в телекомуникационните мрежи. *Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”*, В. Търново, 27-28.06.2013. В: Сб-к доклади на конференцията, том 11, стр. 165-175. ISSN 1314-1937. Kadrev, V., A. Stancheva. Predostavyane na ICT resursi v telekomunikatsionnite mrezhi. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”*, V. Tarnovo, 27-28.06.2013. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, tom 11, str. 165-175. ISSN 1314-1937
30. Къдрев В., Г. Петров, А.Станчева. „Предоставяне на телекомуникационни услуги с разпределена обработка”, Научна конференция с международно участие "Актуални проблеми на сигурността" на НВУ „В. Левски”, В. Търново, 13-14.11.2014. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 363-372, ISSN 2367-7473. Kadrev V., G. Petrov, A.Stancheva. „Predostavyane na telekomunikatsionni usluzhi s razpredelena obrabotka”, *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie "Aktualni problemi na sigurnostta" na NVU „V. Levski”*, V. Tarnovo, 13-14.11.2014. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 363-372, ISSN 2367-7473.
31. Къдрев В., А. Станчева, Г. Петров. Аспекти на функционалността в процеса на обслужване на абонатите в корпоративни телекомуникационни мрежи. Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”, В. Търново, 14-15.06.2018. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 1064-1076, ISSN 2367-7481, ISBN 978-619-7246-20-9 (online e-book). Kadrev V., A. Stancheva, G. Petrov. Aspekti na funktsionalnostta v protsesa na obsluzhvane na abonatite v korporativni telekomunikatsionni mrezhi. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”*, V. Tarnovo, 14-15.06.2018. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 1064-1076, ISSN 2367-7481, ISBN 978-619-7246-20-9 (online e-book).
32. Станчева А., Р. Пасарелски, В. Къдрев. Методи за намаляване на радиосмущенията в LTE мрежи. *Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”*, В. Търново, 01-02.06.2017. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 670-677, ISSN 2367-7481. Stancheva A., R. Pasarelski, V Kadrev. Metodi za namalyavane na radiosmushteniyata v LTE mrezhi. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”*, V. Tarnovo, 01-02.06.2017. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 670-677, ISSN 2367-7481
33. Къдрев В., А. Станчева., Р. Пасарелски, И. Богомилов. Анализ на факторите за развитие на функционалността на сигнализацията в телекомуникационните мрежи. *Научна конференция с международно участие на НВУ „В. Левски”*, В. Търново, 01-02.06.2017. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 734-743, ISSN 2367-7481. Kadrev V., A Stancheva., R. Pasarelski, I. Bogomilov. Analiz na faktorite za



МАРГАРИТА ПЕТКОВА

razvitiе na funktsionalnostta na signalizatsiyata v telekomunikatsionnite mrezhi. *Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”, V. Tarnovo, 01-02.06.2017. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 734-743, ISSN 2367-7481*

34. Къдрев В., А. Станчева, Р. Пасарелски. Анализ на влиянието на средствата за мрежова и информационна конфиденциалност върху сигнализацията в телекомуникационните мрежи. *Научна конференция с международно участие на НБУ „В. Левски”, В. Търново, 26-27.10.2017. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 454-464, ISSN 2367-7473. Kadrev V., A. Stancheva, R. Pasarelski. Analiz na vliyaniето na sredstvata za mrezhova i informatsionna konfidentsialnost varhu signalizatsiyata v telekomunikatsionnite mrezhi. Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”, V. Tarnovo, 26-27.10.2017. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 454-464, ISSN 2367-7473.*

35. Станчева А., В. Къдрев Смущения между LTE мобилни потребителски устройства. *Годишник Телекомуникации, НБУ, София, 2017, том 4, стр. 23-34, ISSN 2534-854X (online). Available from: <https://telecommunications.nbu.bg/bg/godishnik-telekomunikacii>. Stancheva A., V. Kadrev Smushteniya mezhdu LTE mobilni potrebitelski ustroystva. Godishnik Telekomunikatsii, NBU, Sofiya, 2017, tom 4, str. 23-34, ISSN 2534-854X (online). Available from: <https://www.cceol.com/search/journal-detail?id=1546>.*

36. Пасарелски Р., А. Станчева, В. Къдрев. Когнитивно радио. *Научна конференция с международно участие на НБУ „В. Левски”, В. Търново, 14-15.06.2018. В: Сб-к доклади на конференцията, стр. 1026-1032, ISSN 2367-7481, ISBN 978-619-7246-20-9 (online e-book). Pasarelski R., A. Stancheva, V. Kadrev. Kognitivno radio. Nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie na NVU „V. Levski”, V. Tarnovo, 14-15.06.2018. V: Sb-k dokladi na konferentsiyata, str. 1026-1032, ISSN 2367-7481, ISBN 978-619-7246-20-9 (online e-book).*

37. Симеонова Цв. Особености на съвместната работа на системите SCADA и NMS в жп инфраструктура. *Сп. „Механика, транспорт, комуникации”, ISSN 1312-3823, София, том 16, брой 3/2, статия № 1739, 2018. Simeonova Tsv. Osobenosti na savmestnata rabota na sistemite SCADA i NMS v zhp infrastruktura. Sp. „Mehanika, transport, komunikatsii”, ISSN 1312-3823, Sofiya, tom 16, broy 3/2, statiya № 1739, 2018.*

38. Симеонова Цв. Особености на функционалното развитие на системите SCADA и NMS в жп инфраструктура. *Годишник Телекомуникации 2018, том 5, стр. 145-156. eISSN 2534-854X. Available from: <https://telecommunications.nbu.bg/bg/godishnik-telekomunikacii>. Simeonova Tsv. Osobenosti na funktsionalното razvitiе na sistemite SCADA i NMS v zhp infrastruktura. Godishnik Telekomunikatsii 2018, tom 5, str. 145-156. eISSN 2534-854X. Available from: <https://telecommunications.nbu.bg/bg/godishnik-telekomunikacii>.*

39. Пасарелски Р., А. Станчева, Т. Пасарелска. Модел за информационна сигурност и контрол на достъпа до мрежовите ресурси на държавно и частно дружество, *Сборник доклади от научна конференция „Актуални проблеми на сигурността”, Национален военен университет „Васил Левски”, ISSN 2367-7465, 13-14.11.2014, В. Търново. Том 4, 2014, с.19-30. Pasarelski R., A. Stancheva, T. Pasarelska. Model za informatsionna sigurnost i kontrol na dostapa do mrezhovite resursi na darzhavno i chastno druzhestvo, Sbornik dokladi ot nauchna konferentsiya „Aktualni problemi na sigurnostta”, Natsionalen voenen universitet „Vasil Levski”, ISSN 2367-7465, 13-14.11.2014, V. Tarnovo. Tom 4, 2014, s.19-30.*

40. Пасарелски Р., А. Станчева, К. Маринов. Сигурност и структура на видео наблюдение през глобалната мрежа, *Сборник доклади от университетска годишна научна конференция, Национален военен университет „Васил Левски”, ISSN 2367-7481, 20-21. 10. 2016 г., В. Търново, с. 760-770. Pasarelski R., A. Stancheva, K. Marinov. Sigurnost i struktura na video nablyudenie prez globalnata mrezha, Sbornik dokladi ot universitetska godishna nauchna konferentsiya, Natsionalen voenen universitet „Vasil Levski”, ISSN 2367-7481, 20-21. 10. 2016 g., V. Tarnovo, s. 760-770*

**Информация за авторите:**

проф. Маргарита Петкова, НБУ департамент „Телекомуникации“, [mpetkova@nbu.bg](mailto:mpetkova@nbu.bg)

**Contacts:**

Prof. Margarita Petkova, NBU, Department Telecommunications, [mpetkova@nbu.bg](mailto:mpetkova@nbu.bg)

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 01.09.2019

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 27.09.2019