

УДК 621.391

Демидов І. В., к.т.н.; Мухамед Мехді Ель Хатрі, аспірант; Укаблі Юсеф, аспірант

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ХМАРНИХ СЕРВІСНИХ СИСТЕМ

Demydov I. V., Mohamed Mehdi El Hatri, Oukabli Youssef. Analysis of methods for telecommunication networks performance improving of cloud service systems. In this paper the brief analysis of existing methods of performance (productivity) increasing of cloud service network systems is carried out. According to the results the feasibility of differentiated user servicing methods applying is revealed, as the most advanced and resource-efficient in the studied area. According to the generated workload parameters was proposed to consider and allocate different categories of cloud service systems' users that have different priorities of servicing, functional service capabilities, the minimum guaranteed quality of service etc. At distribution of cloud service systems' users to categories there should be considered providing them with specific types of additional services. The perspective of further numeric research in this direction was revealed.

Keywords: service network systems, cloud systems, servicing of requests, service-oriented architectures, distributed network systems, performance improvement

Демидов І. В., Мухамед Мехді Ель Хатрі, Укаблі Юсеф. Аналіз методів підвищення продуктивності телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем. В роботі виконано стислий аналіз існуючих методів підвищення продуктивності хмарних сервісних мережних систем. Відповідно до параметрів створюваного навантаження, запропоновано виділяти і враховувати різні категорії користувачів хмарних сервісних систем, які матимуть різні пріоритети обслуговування, функціональні сервісні можливості, мінімальну гарантовану якість сервісу. Показана перспективність подальших чисельних досліджень у даному напрямку.

Ключові слова: сервісні мережні системи, хмарні системи, обслуговування запитів, сервісно-орієнтовані архітектури, розподілені системи, підвищення продуктивності

Демидов И. В., Мухаммед Мехди Эль Хатри, Укабли Юсеф. Анализ методов повышения производительности телекоммуникационных сетей облачных сервисных систем. В работе выполнен краткий анализ существующих методов повышения производительности облачных сервисных сетевых систем. В соответствии с параметрами создаваемого нагрузки, предложено выделять и учитывать различные категории пользователей облачных сервисных систем, которые будут иметь различные приоритеты обслуживания, функциональные сервисные возможности, минимальное гарантированное качество сервиса. Показана перспективность дальнейших численных исследований в данном направлении.

Ключевые слова: сервисные сетевые системы, облачные системы, обслуживание запросов, сервисно-ориентированные архитектуры, распределенные системы, повышение продуктивности

1. Вступ. Злиття послуг фіксованого та мобільного зв'язку, поширення концепції повсюдного комп'ютеризованого практично на всі галузі народного господарства висунуло надконвергентний принцип «одна людина – один термінал», який швидко еволюціонує в Інтернет речей, *англ.* Internet of Things (IoT). Проблема конвергенції (взаємопроникнення) мобільних і фіксованих мереж, а також мереж передавання даних в рамках реалізації хмарних обчислювальних та телекомунікаційних сервісів, стала підґрунтям для появи цілої палітри сучасних інфокомунікаційних платформ, яка успішно розвивається, охоплюючи все нові функціональні області, включаючи визначення місцеположення (LBS) і мобільну комерцію, як частину парадигми електронного бізнесу [1-3].

Відповідно до [1], сучасна конвергенція мереж пов'язана із забезпеченням мережесервісних можливостей, що не залежать від технології доступу. Це не обов'язково передбачає фізичну конвергенцію мереж і визначає розвиток ринку мережесервісних можливостей і відповідних стандартів. Набір стандартів може бути використаний для впровадження ряду мережесервісних послуг через фіксований або мобільний доступ до відповідних операторських мереж, мереж загального користування або приватних мереж [4].

Архітектура надання послуг абонентам в умовах конвергенції мереж (на прикладі мереж

мобільного зв'язку) містить чотири рівні [5]: рівень користувача, рівень інформаційної мережі (ІМ), рівень мережі сигналізації (МС) і рівень формування послуги з використанням відповідних сервісних систем та баз даних:

- На рівні користувача здійснюється взаємодія стаціонарних абонентів з відповідними телекомунікаційними мережами.
- На рівні ІМ стаціонарні та мобільні мережі з'єднуються спільними інформаційними каналами.
- Їх взаємодія при встановленні з'єднань, інформаційних потоків забезпечується на рівні МС.
- Надання сервісів здійснюється на рівні формування послуг.

Традиційно, в сучасних умовах оператори інфокомунікацій після якомога більш широкого охоплення аудиторії користувачів, фокусують свою увагу на додаткових послугах, використовуючи для цього всі існуючі технічні можливості та ресурси, зокрема концепцію інтелектуальних мереж (Intelligent Network – IN) [6]. Для інтелектуальних мереж (IN) був розроблений протокол користувача інтелектуальної мережі INAP. Він визначає процедури взаємодії модуля управління послугами (SCP) з модулем комутації послуг (SSP), і з модулем зберігання даних для послуг (Service data point - SDP) [7]. При застосуванні концепції IN до телекомунікаційних сегментів хмарних сервісних систем забезпечення збереження профілю послуг пов'язане з рядом труднощів.

По-перше, на відміну від традиційних мереж зв'язку, в платформах хмарних сервісів точки надання сервісу і профіль послуг, як правило, не є статичними даними, а визначаються при підключенні користувача. Інтелектуальні та функціонально-параметричні можливості «домашнього» і «гостьового» сегментів доступу хмарних сервісних систем можуть виявитися різними, що, швидше за все, позначиться на переліку та на характеристиках послуг, які зможуть бути запропоновані користувачеві, що перемістився в «гостьовий» сегмент системи, зокрема з використанням мережі рухомого доступу. По-друге, в процесі обслуговування запитів користувача може брати участь більше, ніж одна інтелектуальна сервісна платформа.

Ефективність будь-якої розподіленої мережної системи характеризується великим числом критеріїв. Це ускладнює розв'язання задачі оптимізації використання мережних ресурсів у загальному випадку і дослідження впливу окремих критеріїв на загальний результат.

Для оцінки ефективності використання мережних ресурсів як правило користуються двома критеріями:

- Якість обслуговування Q , що може виражатися як імовірністю відмов, так і іншими інтегральними характеристиками;
- Прибутковість сервісної мережної системи P , що являє собою різницю вартості наданих послуг і витрат.

Якість обслуговування по суті є інтегральною властивістю мережі, при якій вона зберігає здатність надавати набір послуг у відповідності до умов, які визначені угодою SLA (Service Level Agreement) про рівень сервісу (тобто – потенційною можливістю мережі забезпечувати задані експлуатаційні характеристики). З метою кількісного оцінювання показника якості обслуговування можна використати деякий коефіцієнт Ψ . При перевантаженні мережі службовим трафіком (сигнальними повідомленнями), який необхідний для надання сервісів, коефіцієнт Ψ знижується, а при перевантаженні мережної системи породженими інформаційними потоками – збільшується. Для стійкої роботи сервісної мережної системи цей коефіцієнт не повинен значно змінюватися, тобто якість можливо оцінити ступенем його флуктуацій (чим нижче флуктуації Ψ , тим краще):

$$Q = 1 - \frac{|\Delta\Psi|}{\Psi} . \quad (1)$$

При цьому прибуток сервісної мережної системи можливо визначити, як різницю доходів від користувацької бази і витрат на обслуговування та залучення нових користувачів.

Фізичний зміст коефіцієнта Ψ з (1) – це відношення середньої тривалості зайняття каналних ресурсів сервісної мережної системи до середнього часу очікування надання сервісу. Коефіцієнт Ψ можливо визначити експериментально для конкретної мережі, задавшись відповідно до норм SLA максимально допустимим часом очікування надання сервісу, а також визначивши експериментально середню тривалість зайняття каналних ресурсів сервісної мережної системи. У загальному випадку значення коефіцієнта Ψ залежить від багатьох факторів: повної інтенсивності вхідного навантаження; його розподілу між вузлами обслуговування (зокрема, перекосу навантаження); середньої тривалості зайняття каналних ресурсів під час обслуговування користувачів; імовірності зайнятості (недоступності) серверних систем, зокрема некоректного опрацювання запитів; існування супутникових ланок в мережній системі та інших.

Очевидно, що підвищення якості обслуговування користувачів приводить до необхідності збільшення витрат операторів сервісних мережних систем і, як наслідок, до зниження прибутковості мережі. Тобто, розглянуті критерії є взаємно суперечливими, що приводить до багатокритеріальної (векторної) задачі їх оптимізації [8].

Таким чином, в подальшому з метою спрощення міркувань пропонується прийняти якість обслуговування на рівні не нижче допустимого, що є характерним для більшості сучасних телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем внаслідок використання множини спеціальних технологій [3]. Найбільш суттєвим технічним показником ефективності в такому випадку виступає мережна продуктивність.

Мета даної роботи – проаналізувати методи покращення основного показника ефективності сервісних мережних систем, а саме їх продуктивності. У відповідності до поставленої мети, в роботі визначається найбільш оптимальний підхід, який можливо застосовувати у хмарних сервісних системах, які останнім часом зазнають стрімкого функціонального та структурного масштабування.

2. Аналіз існуючих методів підвищення продуктивності інформаційних мереж

Як вже було наголошено, основною характеристикою будь-якої мережі зв'язку, як системи розподілу інформації, є ефективність її функціонування. Основними критеріями ефективності телекомунікаційної системи з технічної точки зору визначимо її продуктивність і пропускну здатність. Дамо їх аналітичне визначення. Згідно [5] під пропускну здатністю мережі зв'язку розуміємо

$$D = \sum_{\forall i,j} c_{ij} l_{ij},$$

де c_{ij} – номінальна пропускну здатність лінії в біт / одиницю часу, або Ерл при заданій якості обслуговування; l_{ij} – довжина лінії в км.

Під продуктивністю телекомунікаційної мережі розуміємо навантаження, що обслужене одиницею довжини мережі за певний час:

$$\Pi = \sum_{\forall s,t} V_{st} l_{st} / T,$$

де V_{ij} – обсяг переданих (обслужених) за час T повідомлень (в бітах або Ерл) між пунктами a_s і a_t ; l_{st} – довжина найкоротшого шляху між цими пунктами (в км). Час T вибирається залежно від поставленого завдання, аналогічно – міра довжини.

Звичайно при розрахунках необхідної продуктивності обладнання використовується пропускну здатність в години найбільшого навантаження (ГНН). З погляду ефективності роботи мережі нас цікавить середньодобова пропускну здатність, при цьому для її підвищення необхідне «часове розмиття» коефіцієнта концентрації навантаження.

Нагадаємо, що під коефіцієнтом концентрації навантаження розуміється відношення навантаження, пропущеного мережною системою в ГНН до загально добового навантаження [8]: пропускна здатність мережі може бути оцінена в ГНН, або за добу. Існують також методики, що ґрунтуються на тривалих проміжках часу оцінювання навантаження. У даній роботі під пропускною здатністю хмарної сервісної мережної системи розуміється навантаження, обслужене мережею за добу із заданою якістю. Одним із показників, що характеризує ступінь завантаженості обладнання сервісної платформи протягом доби, є коефіцієнт концентрації навантаження [9], який визначає ступінь концентрації навантаження в ГНН $k_{ГНН} = u_{ГНН} / u_{ДОБ}$, де $u_{ГНН}$ – величина навантаження за ГНН; $u_{ДОБ}$ – величина навантаження за добу. Величина даного коефіцієнта в основному залежить від структурного складу користувачів системи і лежить в межах 0,09-0,15. Для того, щоб необхідні обсяг та продуктивність обладнання системи були мінімальними, а його завантаження – рівномірним, величина коефіцієнта концентрації повинна бути мінімальною.

Можна зробити висновок, що чим більш рівномірною є зміна коефіцієнта $k_{ГНН}$ протягом доби, тим вищою є пропускна здатність сервісної мережної системи.

Основні методи підвищення середньодобової пропускної здатності для сучасних сервісних мережних систем показані на Рис. 1 [5, 11].

Перший метод заснований на тому факті, що в більшості мережних систем ГНН для різних категорій користувачів не збігаються. Тому в цих мережах часто застосовують балансування якісного складу користувачів різних категорій, яких обслуговують тими ж самими сегментами. Для хмарних сервісних систем та їх телекомунікаційних мереж поділ користувачів на категорії поки не є вираженим. Спроби здійснити бізнес експлуатацію хмарної сервісної системи на сьогодні відбулися де-факто в компанії Google, проте в країнах, які розвиваються великого успіху даний підхід поки що не набуває. Якщо для мереж рухомого зв'язку в даний час навантаження в ГНН розраховується за питомим інформаційним навантаженням, однаковим для всіх користувачів (0,015 Ерл), то для хмарних сервісних систем такий підхід не завжди може принести адекватні результати, потребуючи додаткових міркувань, вхідних даних і більш складних розрахунків.

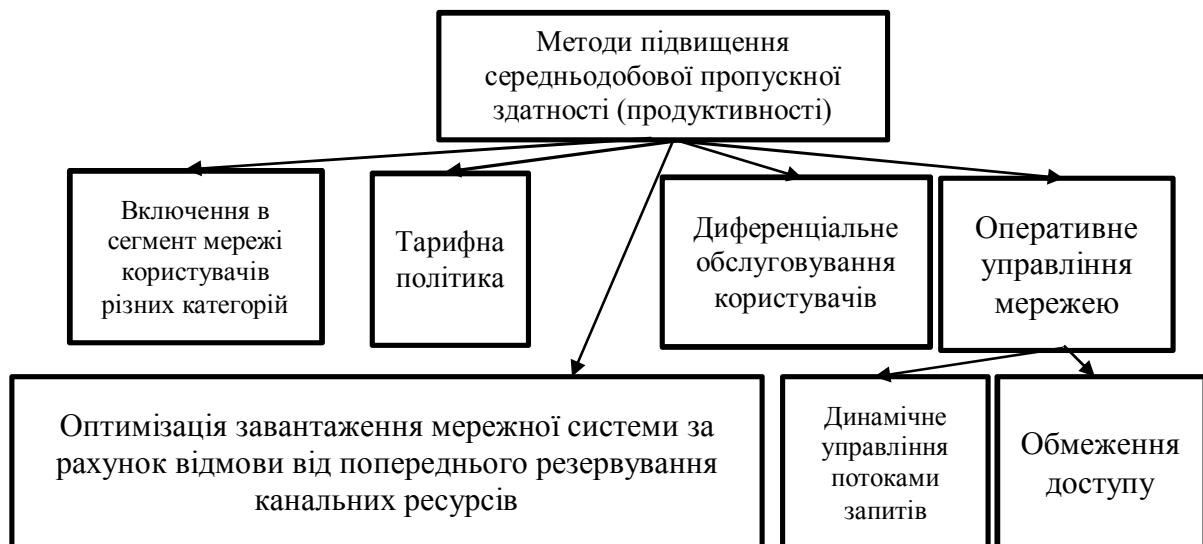


Рис. 1. Методи підвищення пропускної здатності в сервісних мережних системах

Другий метод – пільгові тарифи – застосовується в мережах зв'язку, де практикується погодинна оплата використання ресурсів для вирівнювання коефіцієнта концентрації навантаження протягом визначених часових інтервалів.

Третій метод – диференційоване обслуговування користувачів, тобто виділення категорій користувачів, обслуговування яких відбувається з підвищеною якістю, раніше знаходив своє застосування в телеграфії (термінові телеграми) і на міжміській телефонній мережі (терміновий виклик з 3-х кратною оплатою) при напівавтоматичному встановленні з'єднання. В даний час цей спосіб може знайти широке застосування в хмаринкових сервісних системах за допомогою надання користувачам різних рівнів обслуговування (функціональних можливостей, пріоритетів і т.д.), тим самим, знижуючи взаємний вплив користувачів різних категорій. При цьому, у відповідності до угоди про рівень обслуговування SLA за певну щомісячну плату встановлюється певний обсяг послуг, а за перевитрату може стягуватися додаткова оплата. При введенні певних обмежень, як правило, оператори вимушені запропонувати користувачам додаткові можливості.

При розподілі користувачів за категоріями, відповідно до створюваного ними навантаження, повинні бути враховані специфічні види послуг, які пропонуються для кожної категорії [12]:

1. *Категорія “традиційних” користувачів* характеризується малою інтенсивністю запитів (для прикладу, один запит від одного користувача в ГНН) і великою середньою тривалістю зайняття каналних ресурсів під час обслуговування. Для даної категорії користувачів не є характерним використання додаткових сервісів. Коефіцієнт Ψ для даної категорії становить близько 300.

2. *Категорія “бізнес” користувачів.* Вона характеризується меншою тривалістю зайняття каналних ресурсів під час обслуговування, але великим числом запитів (приблизно 3 запити в ГНН). Для даної категорії є характерним активне використання додаткових сервісів. Коефіцієнт Ψ для даної категорії користувачів становить близько 150.

3. *Категорія “економних” користувачів.* Поява даної категорії обумовлена тарифною політикою телекомунікаційних операторів. Для цієї категорії є характерними дуже низька середня тривалість зайняття каналних ресурсів під час обслуговування і дуже висока інтенсивність запитів. Особливістю даної категорії є те, що для опису розподілу тривалості зайняття каналних ресурсів запитами таких користувачів експоненціальний закон, що може бути використаний для інших категорій, не підходить. Тому приймається, що тривалість зайняття каналних ресурсів такими користувачами рівномірно розподілена на інтервалі від десяти до п'ятнадцяти секунд. Для категорії «економних» користувачів є характерним активне використання чатів. Ця категорія користувачів в основному створює службовий трафік, тому коефіцієнт Ψ для неї становить близько 15.

Метод диференційованого обслуговування користувачів є доволі перспективним, оскільки не вимагає підвищення продуктивності програмно-технічних засобів сервісної мережної платформи. Тим не менше, виходячи з аналізу літературних джерел, можна зробити висновок про необхідність проведення докладних чисельних досліджень щодо його застосування, зокрема комп'ютерного моделювання.

Четвертий метод полягає в тому, що відмова від попереднього резервування каналних ресурсів в телекомунікаційній платформі сервісної мережної системи дозволяє обслуговувати більшу кількість запитів, ніж у випадку виконання такого резервування. Якість обслуговування таких запитів, зокрема тривалість їх оброблення при цьому змінюється незначно [13]. Зокрема, за результатами моделювання спостерігається підвищення продуктивності сервісної мережної системи за обслугованим навантаженням трафіку запитів. Зокрема, при інтенсивності вхідного навантаження на сервісну мережну систему 17-20 тис. зап./с. відповідний виграш становить 16-22%, при цьому середній час тривалості сесій клієнтів у сервісній мережній системі збільшується в середньому на 5 с. при інтенсивності навантаження більше 20 тис. зап./с [14].

Проте, даний метод є менш ефективним при обмеженій продуктивності програмно-технічних засобів сервісної мережної платформи, а також в умовах значних навантажень на хмарну сервісну систему.

П'ятий метод застосовується для боротьби з перевантаженнями. Це оперативне управління мережею, яке, в свою чергу, припускає динамічне управління потоками інформації та обмеження доступу користувачів в мережу. При цьому розрізняють методи локального і глобального управління. Глобальне управління передбачає обмеження загального числа запитів до сервісної мережної платформи або динамічне управління маршрутизацією. Можливе використання комбінації обох прийомів.

Застосовують також локальне управління, відповідно до якого обмежується або загальна кількість запитів до сервісної мережної платформи, або обсяг мережних ресурсів, що виділяються різним категоріям користувачів.

3. Висновки

1. Аналіз існуючих методів підвищення продуктивності телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем показав, що найбільш доцільно застосовувати метод диференційованого обслуговування користувачів, оскільки він не вимагає підвищення продуктивності програмно-технічних засобів сервісної мережної платформи, а також залишається ефективним в умовах підвищених навантажень на хмарну сервісну систему. Методи оцінювання характеристик мережної системи, які пов'язані з використанням даного методу наразі потребують подальших досліджень, зокрема проведення комп'ютерного моделювання.

2. Пропонується при проектуванні телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем виділяти і враховувати різні категорії користувачів, які матимуть різні пріоритети обслуговування, функціональні сервісні можливості, мінімальну гарантовану якість сервісу тощо. При розподілі користувачів хмарних сервісних систем за категоріями відповідно до параметрів створюваного ними навантаження, необхідно враховувати інформацію про надання їм специфічних видів додаткових послуг.

3. На підставі розгляду методу підвищення продуктивності телекомунікаційних мереж хмарних сервісних систем, який базується на диференційованому обслуговуванні користувачів впливає, що існує необхідність проведення подальших досліджень за допомогою імітаційного комп'ютерного моделювання з метою оцінювання якісних показників функціонування та оптимізації розподілених платформ сервісно-орієнтованої архітектури.

Література

1. Elloumi O., Song J., Ghamri-Doudane Y., Leung V.C.M. IoT/M2M from research to standards: the next steps (Part I) // IEEE Communications Magazine — Communications Standards Supplement. – 2015. – Issue 9. – p. 8-9.

2. Kryvinska N., Strauss C., “Conceptual Model of Business Services Availability vs. Interoperability on Collaborative IoT-enabled eBusiness Platforms”, in the “Internet of Things and Inter-cooperative Computational Technologies for Collective Intelligence”, book Ed.: N. Bessis and F. Xhafa, D. Varvarigou, R. Hill, and M. Li, the book series “Studies in Computational Intelligence”, (SCI-460), Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2013, ISBN: 978-3-642-34951-5, pp. 167-187.

3. Лунтовський А. О. Розподілені сервіси телекомунікаційних мереж та повсюдний комп'ютинг і Cloud-технології / А. О. Лунтовський, М. М. Климаш, А. І. Семенко. – Львів: Львівська політехніка, 2012. – 368 с.

4. Блэк Ю. Сети ЭВМ: протоколы стандарты, интерфейсы / Ю. Блэк. – Москва : Мир, 1990. – 506 с.
5. Recommendation ETSI 3G TS 29.002 version 3.3.0. – ETSI, 1999. – 1226 p.
6. Q. 1711: Network functional model for IMT-2000 // Series Q: switching and signaling. – Geneva: ITU-T, 1999. – 67 p.
7. Q. 1208: General Aspects of the Intellegent Network Application Protocol // Series Q: switching and signaling. – Geneva: ITU-T, 1997. – 9 p.
8. Безир Х. Цифровая коммутация / Х. Безир, П. Хойер, Г. Кеттлер ; перевод с немецкого под ред. В. В. Штрагера. – Москва : Радио и связь, 1984. – 264 с.
9. Боккер П. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы / П. Боккер. – Москва : Радио и связь, 1991. – 304 с.
10. E. 713 (10/92): Control Plane Traffic Modeling // Series E: Telephone Network and ISDN Quality of Service, Network Management and Traffic Engineering. – Geneva: ITU-T, 1993. – 10 p.
11. M.3010: Principles for a Telecommunications Management Network // Series M: TMN and Network Maintenance: International Transmission Systems, Telephone Circuits, Telegraphy, Facsimile And Leased Circuits. – Geneva: ITU-T, 2000. – 44 p.
12. Домаскін О. М. Формалізація вимог користувачів до телекомунікаційних мереж: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук : 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі / Олег Михайлович Домаскін ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет «Львівська політехніка». – Львів, 2015. – 24 с. – Бібліографія: с. 17–18 (16 назв).
13. Демидов І. В. Моделювання процесів обслуговування потоків запитів у розподілених сервісних мережних архітектурах / І. В. Демидов, П. О. Гуськов, Мухамед Мехді Ель Хатрі // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2015. – №5(39). – С. 44-51.
14. Демидов І. В. Дослідження імовірнісних характеристик трафіку опорно-транспортної підсистеми мережі мобільного зв'язку / І. В. Демидов, М. М. Климаш, П. О. Гуськов, Мухамед Мехді Ель Хатрі // Наукові записки Українського науково-дослідного інституту зв'язку. – 2015. – №6(40). – С. 11-18.

Автори статті

Демидов Іван Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка». Тел. +380 (99) 371 58 54. E-mail: demydov@lp.edu.ua

Мухамед Мехді Ель Хатрі – аспірант кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка». Тел.: +380 (93) 438 14 01. E-mail: lviv.polytechnique@hotmail.fr

Укаблі Юсеф – аспірант кафедри телекомунікацій, Національний університет «Львівська політехніка». Тел.: +380 (32) 258 24 44. E-mail: tk@lp.edu.ua

Authors of the article

Demydov Ivan Vasylyovych – candidate of sciences (technical), associate professor at telecommunications department, Lviv Polytechnic National University. Tel. +380 (99) 371 58 54. E-mail: demydov@lp.edu.ua

Mohamed Mehdi El Hatri – postgraduate student of telecommunications department, Lviv Polytechnic National University. Tel. +380 (93) 438 14 01. E-mail: lviv.polytechnique@hotmail.fr

Oukabli Youssef – postgraduate student of telecommunications department, Lviv Polytechnic National University. Tel. +380 (32) 258 24 44. E-mail: tk@lp.edu.ua

Дата надходження в редакцію: 09.01.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. М. М. Климаш