

Системы телекоммуникации, связи и защиты информации

УДК 004.724.4

А.М. Короненко

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
проспект Перемоги 37, Київ-56, 03056, Україна.

Метод ефективного динамічного розподілення каналів між головними викликами та даними

В статті запропоновано новий метод динамічного розподілу каналів. Для визначення правил змін пріоритетів при резервуванні використовується аналіз статистики, що постійно збирається та оновлюється. Розроблено новий метод розрахунку QoS для запропонованого методу розподілення каналів. Бібл. 6, рис. 4, табл. 1.

Ключові слова: метод розподілу каналів, алгоритми розрахунку параметрів якості обслуговування, мережевий трафік, фрактальність, 3G-мережі.

Вступ

Нині основною проблемою фрактальних процесів в телекомунікаціях є використання неефективних методів розрахунку та оптимізації параметрів мереж, мінімізація конфліктних ситуацій та відповідність заданих вимог до параметрів якості обслуговування (Quality of Service, QoS). Як показано в дослідженні [1], класична теорія масового обслуговування не відповідає сучасному мережевому трафіку у випадку високого навантаження мережі. Відштовхуючись від того, що на сьогоднішній день не існує іншої загальноприйнятої теорії, яка замінила б класичну, ми розглянемо оптимізацію навантаження, базуючись тільки на статистичних даних. Для підвищення QoS необхідно динамічно змінювати число зарезервованих каналів для голосових викликів і даних. Щоб динамічно контролювати надходження викликів, в мережі використовується Dynamic Call Admission Control (DCAC) [2]. Механізми динамічного контролю надходження виклику розширюють можливості набору існуючих інструментів якості обслуговування (QoS). Наприклад, механізм організації черг забезпечує нагляд, а не контроль надходження викликів і відкидає останні пакети з черги, також через набір конфліктів у налаштуванні неможливо визначити

приналежність пакета до певного виклику. Внаслідок такої втрати пакетів погіршується якість обслуговування. Категорія механізмів контролю надходження викликів, що найбільше підходить для 3G-мереж, — це механізми контролю надходження викликів, що базуються на ресурсах: механізми для розрахунку ресурсів та механізми для резервування ресурсів виклику, таких як смуга пропускання, часові інтервали на каналах зв'язку, потужність центрального процесора та пам'ять. В цих методах наявна інформація про топологію, береться до уваги доступність смуги пропускання на кожному вузлі та каналі, гарантована наявність смуги пропускання для виклику на всьому шляху протягом всього часу виклику, резервування встановлюється для кожного виклику перед його дозволом. Тобто на якість виклику не впливають зміни динаміки мережевого трафіка, а також індивідуальне резервування потоків в граничних каналах з низьким рівнем пропускну здатності. Тому завдяки механізмам резервування можна гарантувати якість обслуговування впродовж виклику, в той час як всі інші механізми контролю надходження викликів (локальні, основані на вимірах чи розрахунках ресурсів) приймають одноразове рішення перед встановленням виклику на основі інформації про поточний стан мережі.

Постановка проблеми

Невідповідність між навантаженням, що передбачається класичною ТМО, та реальним навантаженням мережі видно на графіку дослідження (рис.1). Розрахунок за класичною теорією дає нам хибні значення в бік переменування оцінки навантаження, тому неможливо отримати оптимальне рішення. При використанні моделі Пуассона не враховується фрактальність трафіка, тому необхідно спиратись на постійно оновлювану статистику. Показ-

ник ймовірності втрати викликів є важливим показником якості обслуговування, а його оцінка та

аналіз використовується процесом управління доступом на рівні з'єднання DCAC.

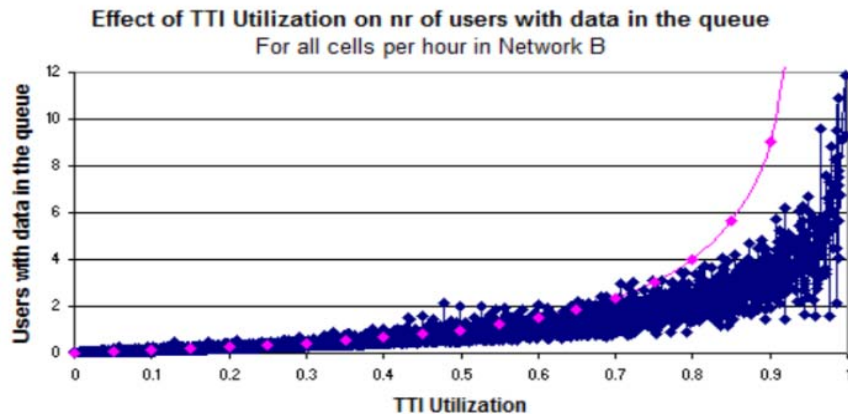


Рис. 1. Графіки залежності навантаження мережі від кількості користувачів, реальне навантаження позначено точками, а модель лінією [1]

Аналізуючи сучасний мережевий трафік, що має різну природу, важливо відзначити, що стало широко використовуватись багатоадресне мовлення (радіо, телебачення). Такі принципові відмінності не враховуються в класичній моделі Ерланга, так як для надання послуги кільком користувачам необхідно задіяти стільки ж ресурсів мережі, скільки при наданні цієї послуги одному користувачеві. Трафік в мережі складається з трафіка першого типу — потокового (відео, IP-телефонія, голосова пошта, багато-користувацькі ігри, телебачення IPTV, HDTV, радіо, відеоконференції), йому необхідна безперервна передача даних з постійною швидкістю протягом певного проміжку часу. Другий тип називають еластичним трафіком (завантаження файлів, обмін повідомленнями, передача гіпертексту, електронна пошта), для якого необхідна передача без втрат блоку даних певного об'єму, а швидкість може змінюватись.

Також в 3G-мережах пріоритетне значення має голосовий трафік. Він складає значну частину загального трафіка мережі і вимагає гарантованої доставки пакетів з малою затримкою. Проте динаміка голосового трафіку протягом доби суттєво відрізняється від динаміки інших видів трафіка, і саме ця різниця дає нам можливість оптимізувати розподіл каналів, використовуючи лише статистичну інформацію.

Аналіз даних

Автори [3] для голосових викликів використовували методи машинного навчання на основі гауссівських процесів, а для даних - методи, засновані на статистичних даних. Показано,

що алгоритми, засновані на гауссівських процесах не можуть розрізняти день і ніч щодо трафіка, хоча він і мав би включати всю попередню інформацію про регулярність часових рядів і використовувати контекстну інформацію, таку як наявність свят.

Для порівняння динаміки голосового трафіка з динамікою трафіка даних ми використали вихідні дані голосового трафіка з [4], які співставили з типовою динамікою трафіка даних (дані трафіка були взяті з відкритої статистики кількох провайдерів, візуальний аналіз показав, що в різні дні у різних провайдерів часовий профіль трафіка змінюється несуттєво, і в рамках даного дослідження припустимо обрати типовий приклад навантаження мережі замість узагальнення всіх даних). Такий вибір даних — голосовий трафік з одного джерела, а трафік даних з іншого — обумовлений тим, що у вільному доступі є лише дуже невелика кількість актуальних даних щодо голосового трафіку. Обидва графіки були приведені до одного масштабу амплітуд, масштаб часу не змінювався. Оскільки метою дослідження є якісна оцінка можливості оптимізації, а не точний розрахунок приросту QoS, то такий підхід є припустимим. Моделювання трафіка не проведено, бо в теоретичному розділі вже було зазначено, що класичні моделі не відображають фрактальність сучасного мережевого трафіка. Адекватність опису реального трафіка досягається шляхом ускладнення моделей, поєднання кількох моделей та введенням додаткових параметрів, але в рамках даного дослідження ми обмежимося статистичною інформацією про трафік.

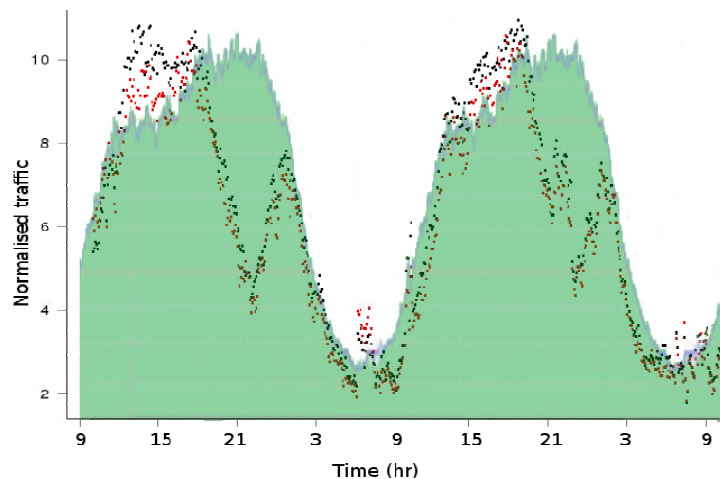


Рис. 2. Графічне зображення динаміки навантаження мережі протягом доби, голосові виклики (точки) та трафік даних (площа, обмежена лінією)

Навантаження мережі змінюється протягом доби, але динаміка цього процесу наступна: обидва види викликів (голосові й дані), починаючи з 9:00 ранку, однаково навантажують мережу і це навантаження зростає, але вже об 11:00 видно, що голосових викликів більше і навантаження продовжує зростати, а дані до 16:00 мають невелике коливання. Починаючи з 17:00 навантаження даних починає зростати, а голосові виклики спадати; на зображенні видно, що навантаження викликів змінює одне одного. З 23:00 знову починає збільшуватись навантаження голосових викликів, а дані спадають. О 1:00 ночі навантаження мережі падає по обох викликах і починає зростати о 6:00 ранку з навантаженням по голосових викликах значно більшим за дані. Потім до 8:00 ранку падає і до 9:00 рівномірно зростає навантаження по обох викликах. Очевидно, що на ділянці 11:00-16:00 голосові виклики становлять відносно більший відсоток порівняно з викликами даних, а на ділянці 17:00- 22:00 – навпаки. Пріоритет в резервуванні каналів має змінюватись відповідно до відносного завантаження різними типами трафіка. В залежності від зібраної статистики запропонований метод може дати як нульовий ефект, якщо навантаження голосовим трафіком точно співпадає з навантаженням даними, або відчутне покращення, наприклад, при

розподілі як на рис.2, буде відчутно значний приріст QoS на ділянці 17:00-22:00.

Метод балансування черги

Наведені графіки (рис. 2) ілюструють, що в реальних мережах динаміка голосового трафіка і трафіка даних суттєво відрізняються, і, опираючись на ці дані, можна оптимізувати роботу мережі. Проте, якщо розподілити канали пропорційно до поточного трафіка даних, то можна не тільки не підвищити, а навіть випадково знизити QoS [5], оскільки довжина черги залежить від кількості зарезервованих складним чином каналів. Для підвищення якості необхідно розрахувати кількість каналів при заданих параметрах довжини черги.

Для встановлення залежності довжини черги від кількості зарезервованих каналів ми використали чисельне моделювання в середовищі MATLAB. Стандартний Пуассонівський потік викликів займав доступні канали, канали звільнялись з постійною інтенсивністю. При перевищенні кількості доступних каналів надлишок викликів потрапляв у чергу. Експеримент проводився протягом достатньо великого часу, щоб середня довжина черги стабілізувалася. Експеримент проводився при різній кількості доступних каналів, результати наведені на рис.3.

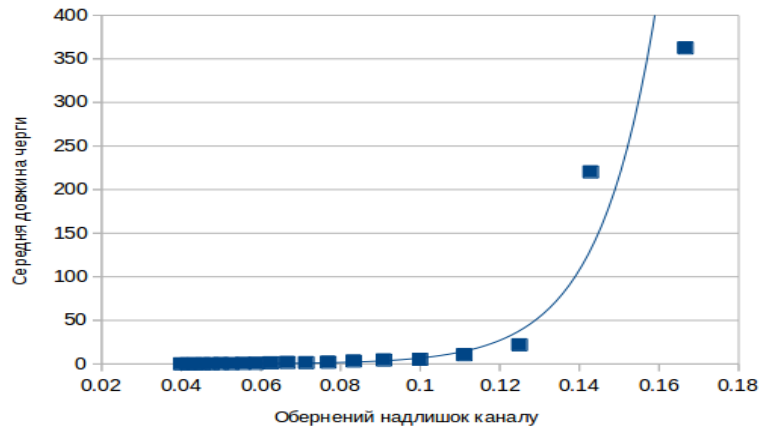


Рис. 3. Графік залежності довжини черги від оберненої величини надлишку каналів

Для цього розрахуємо:

$$Q \sim e^{1/(N-N_0)} \quad (1)$$

де N — кількість каналів, N_0 — мінімальна кількість каналів, при якій черга ще не росте необмежено. Величину $N - N_0$ можна сприймати як надлишок каналу — наскільки канал більший за мінімальну величину, при якій всі виклики ще можуть бути опрацьовані.

В реальній мережі голосовий трафік та трафік даних має різний пріоритет. Як показують звіти національних операторів [6], типове співвідношення між показником відмов для даних і голосових викликів становить приблизно 4:1. Таким чином, при оптимізації розподілення каналів, ми розраховуємо на різну типову довжину черги для викликів даних і голосових викликів:

$$Q_d = aQ_v \quad (2)$$

де a — показник відносного пріоритету, типове значення близько 4.

Зі співвідношення (2) та обмеження на загальну кількість каналів $N = N_d + N_v$, можна за допомогою (1) отримати наступний результат:

$$N_d = \frac{N}{2} + \frac{N_d^0 - N_v}{2} + \frac{1}{\ln \alpha} - \frac{1}{2} \sqrt{(N - N_v^0 - N_d^0) + \frac{4}{(\ln \alpha)^2}} \quad (3)$$

$$N_v = N - N_d$$

У ці формули входять невідомі N_v^0 і N_d^0 . Із

рис. 2 випливає, що їх величина суттєво змінюється протягом доби і має динамічно розраховуватись на основі статистики завантаження каналів наступним чином:

$$N_d^0 = \frac{1}{T} \sum_{i=1}^{k_1} \tau_d^i \quad (4)$$

$$N_v^0 = \frac{1}{T} \sum_{j=1}^{k_2} \tau_v^j \quad (5)$$

де τ_d^i — тривалість i -го виклику даних, τ_v^j — тривалість j -го голосового виклику, T — час за який ми розраховуємо поточне значення N_d^0 , k_1 , k_2 вибираються такими, щоб в суму ввійшли тільки ті виклики, які пройшли через базову станцію за час T .

Результати дослідження

Для оцінки ефективності методу було проведено моделювання потоку викликів за класичною теорією масового обслуговування, при умові, що інтенсивність голосових викликів та викликів даних змінюється з часом за різними правилами (тобто змінюється як сумарний об'єм викликів, так і співвідношення між викликами даних та голосовими викликами). Ми порівняли два випадки: статичний розподіл каналів та динамічний розподіл згідно формули (3).

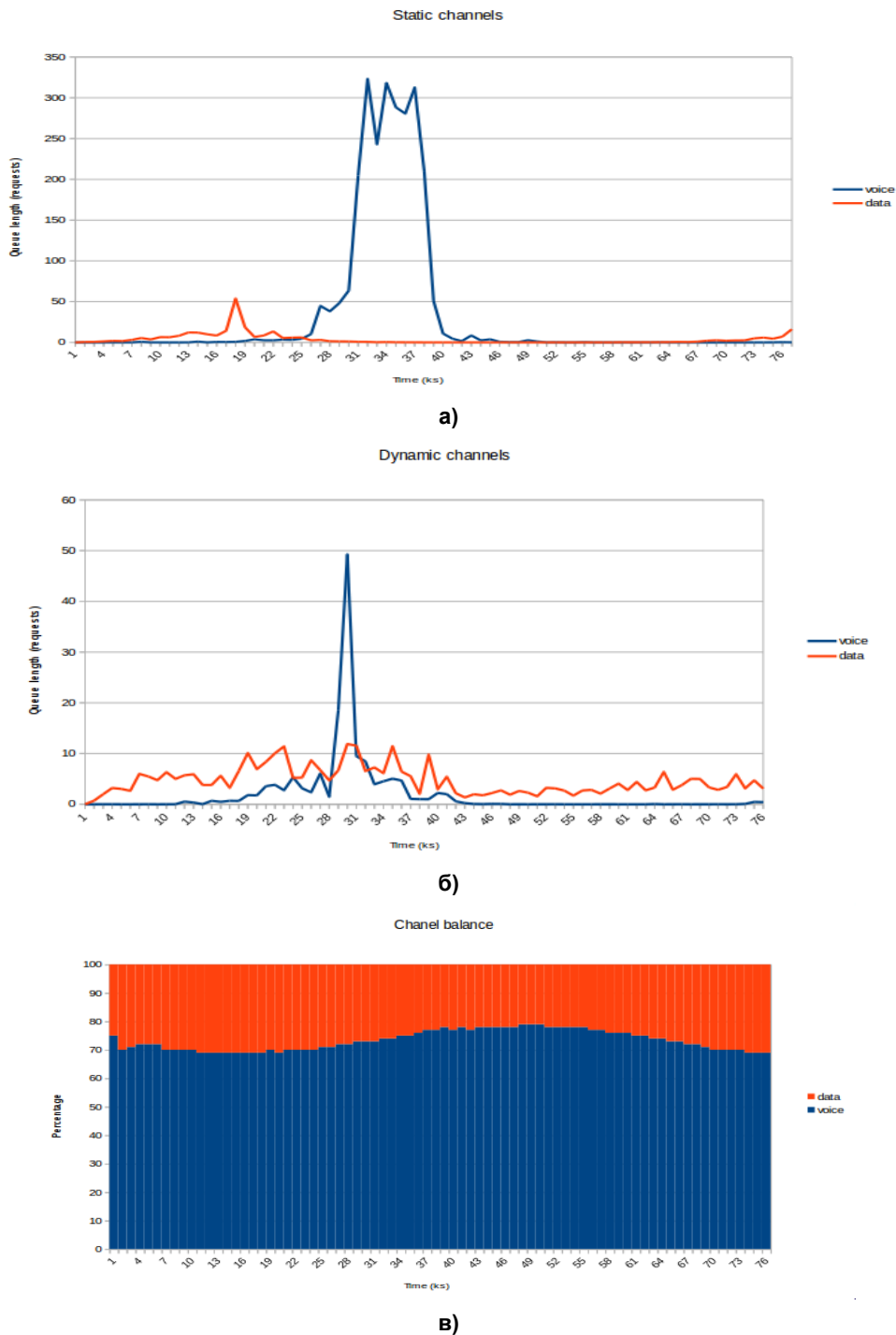


Рис. 4. Графічні зображення: а) залежності довжини черги голосових викликів та даних від часу при статичному розподілі каналів; б) залежності довжини черги голосових викликів та даних від часу при динамічному розподілі каналів; в) розподілу каналів між викликами даних та голосовими викликами від часу

З рис. 4(а) і 4(б) видно, що у випадку статичного розподілу максимальна довжина черги у моменти пікових навантажень росте і залишається на високому рівні, поки не знизиться навантаження. У випадку динамічного розподілу довжина черги у пікові моменти в

декілька разів нижча, ніж для статичного розподілу (50 викликів для динамічного розподілу, близько 300 для статичного), і одразу знижується, оскільки динамічний розподіл каналів балансує довжину черги голосових викликів і викликів даних.

Таблиця 1. Середній час у черзі голосових викликів та викликів даних у випадку статичного та динамічного розподілу каналів

	Статичний	Динамічний
Час у черзі (голос)	11,2 с	0,67 с
Час у черзі (дані)	0,36 с	0,46 с

На рис. 4(в) показано, як змінюється розподіл каналів між викликами даних і голосовими викликами. Ефективність методу можна оцінити за даними, наведеними в табл. 1: при збільшенні часу у черзі для даних лише на 0,1 секунди (з 0,36 до 0,46), час у черзі для даних зменшився на 10,5 секунди (з 11,2 до 0,67).

Проте отримані результати доводять лише потенційну корисність запропонованого методу для оцінки його ефективності на практиці необхідно провести розрахунки, виходячи з даних про кількість і тривалість викликів в реальній мережі.

Висновок

Запропонований метод розподілення каналів може залежно від різниці голосового трафіка та даних протягом доби значно підвищити QoS. Можна очікувати підвищення QoS в ранкові та вечірні години, проте необхідно отримати дані навантаження окремо голосового трафіку та окремо трафіка даних по ряду базових станцій, щоб підтвердити таку оцінку. Також в наступних роботах має бути розглянуто питання перехідних викликів від часу доби; можна очікувати, що динамічне резервування каналів для перехідних викликів дозволить наблизити навантаження каналів до оптимальної й зрівняти QoS для постійних абонентів стільника і для перехідних викликів. Але для впевненого твердження необхідно проаналізувати статистику перехідних викликів, що має бути темою подальших досліджень.

УДК 004.724.4

А.М. Короненко

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут",
проспект Перемоги 37, Київ -56, 03056, Україна.

Метод ефективного динамічного розподілення каналів між голосовими викликами та даними

В статті пропонується новий метод динамічного розподілення каналів. Для визначення правил змінюваності пріоритетів при резервуванні використовується аналіз статистики, посто-

Список використаних джерел

1. *Wikell A.* Evaluation of statistical models in 3G and 4G networks // Degree project in Computer Science Second cycle Stockholm, Sweden 2013, 90 pp.
2. *Si Wu.* A Dynamic Call Admission Policy With Precision QoS Guarantee Using Stochastic Control for Mobile Wireless Networks / Si Wu, K. Y. Michael Wong, and Bo Li, Senior Member, IEEE // IEEE TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 10 - NO. 2, APRIL 2002
3. *R. L. G. Cavalcante /* Voice and Traffic Prediction in GSM and UMTS Cells with Real Network Measurements / R. L. G. Cavalcante, S. Stańczak, A. Eisenblatter, T. Kürner, D. Montvila, R. Nowak, S. Stefanski // Ilmenau, Germany, April 28, 2013, P.4
4. *Bowei Xi /* Statistical analysis and modeling of Internet VoIP traffic for network engineering / Bowei Xi, Hui Chen, William S. Cleveland, Thomas Telkamp // Electronic Journal of Statistics Vol. 4 (2010) P. 58–116
5. *Robert Lloyd-Evans.* QoS in Integrated 3G networks-Boston: Artech House, 2002. p.350.
6. Звіт від 8 липня 2013 р., Науково-технічний центр "ОМНІС", м. Київ, Додаток до звіту С. – 21

Поступила в редакцію 26 мая 2014 г.

янно собирается и обновляется. Разработан новый метод расчета QoS для предложенного метода распределения каналов. Библ. 6, рис. 4, табл. 1.

Ключевые слова: метод разделения каналов, алгоритмы расчета параметров качества обслуживания, сетевой трафик, фрактальность, 3G-сети.

UDC 004.724.4

А.М. Короненко

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»,
st. Polytechnique, 16, Kyiv, 03056, Ukraine.

Method for dynamic allocation of channels between voice and data calls

The paper proposed a new method for dynamic allocation of channels. In order to determine changes in the rules of priority in reservation is used analysis of statistics, which is constantly collected and updated. A new method of calculating the QoS of the proposed method for distribution channels is created. Bibl. 6, fig. 4, table 1.

Keywords: method for allocation of channels, algorithms for calculating QoS, network traffic, fractal, 3G-network.

References

1. Wikell A. (2013), «Evaluation of statistical models in 3G and 4G networks». Degree project in Computer Science Second cycle Stockholm, Sweden. P. 90.
2. Si Wu, K. Y. Michael Wong, and Bo Li, Senior Member. (2002), «A Dynamic Call Admission Policy With Precision QoS Guarantee Using Stochastic Control for Mobile Wireless Networks». IEEE TRANSACTIONS ON NETWORKING, VOL. 10. NO. 2, APRIL 2002
3. R. L. G. Cavalcante, S. Stańczak, A. Eisenblatter, T. Kurner, D. Montvila, R. Nowak, S. Stefanski R. (2013), «Voice and Traffic Prediction in GSM and UMTS Cells with Real Network Measurements». Ilmenau, Germany, April 28. P.4
4. Bawei Xi, Hui Chen, William S. Cleveland, Thomas Telkamp. (2010), «Statistical analysis and modeling of Internet VoIP traffic for network engineering». Electronic Journal of Statistics Vol. 4, P. 58–116
5. Robert Lloyd-Evans. (2002), «QoS in Integrated 3G networks-Boston». Artech House, p.350.
6. Zvit vid 8 lypnya 2013 r., Naukovo-tehnichnyy tsentr "OMNIS", m. Kyiv, Dodatok do zvitu P. 21 (Ukr)