

Одарченко Р.С., к.т.н.,
Харлай Л.О.,
Абакумова А.О., PhD
Чмих П.А.,
Скульська О.Ю.

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ ЗІ СТОРОНИ АБОНЕНТА СТІЛЬНИКОВОЇ МЕРЕЖІ

Національний авіаційний університет

odarchenko.r.s@ukr.net
lharlay@i.ua
nastia.abakumova@gmail.com
chmyh@i.ua
o.skulska@ukr.net

Розглянуто приклад застосування методу оцінки ключових показників в сучасних стільникових мережах. Існуючі нині засоби оцінки не розділяють ключові показники якості та ефективності для конкретних послуг, які надаються операторами мобільного зв'язку. Це обмежує можливості контролю якості наданих послуг та модернізацію стільникових мереж. На основі методики ключових показників якості та ефективності, було розроблено та представлено програмне забезпечення для оцінки цих показників. В цілому, розглянутий метод дозволяє здійснювати постійний контроль над якістю обслуговування та продуктивністю стільникової мережі, та попереджає їх погіршення

Ключові слова. KPI, KQI, стільникова мережа, послуги, якість обслуговування, LTE, 3G

Вступ

Побудова інформаційного суспільства в Україні є одним з найактуальніших завдань сьогодення. Велике значення при цьому відіграє впровадження перспективних інформаційних технологій та методів автоматизації. Питання використання глобальної інформаційної мережі Інтернет є одним з пріоритетних напрямів державної політики у сфері інформатизації. В Стратегії розвитку інформаційного суспільства в Україні до пріоритетів формування сучасної інформаційної інфраструктури країни віднесено створення високошвидкісних мереж широкосмугового мобільного доступу до Інтернет на всій території України [1]. Йдеться про широкосмуговий доступ на базі використання технологій мобільного зв'язку третього і четвертого поколінь 3G і 4G (від англ. Generation – покоління). На вирішення питань щодо впровадження 4G технологій на території України спрямовано реалізацію національного проекту «Відкритий

світ» [2], яким передбачається створення інформаційно-комунікаційної освітньої мережі національного рівня на базі технологій радіозв'язку четвертого покоління.

Швидкий мобільний інтернет – це не тільки зручність для користувачів-відеоманів, але і глобальна зміна якості життя в країні. Швидкий зв'язок вплине на багато сфер, починаючи з розвитку мобільної комерції і закінчуючи можливістю отримувати повноцінну онлайн-освіту в будь-який зручний час і без прив'язки до домашнього або робочого комп'ютера [1]. В цих умовах для користувачів важливо завжди отримувати високошвидкісний та якісний доступ до мережевих ресурсів, незалежно від місця знаходження. Натомість оператору важливо постійно відслідковувати ключові параметри якості обслуговування, що дозволить оперативно контролювати якість надаваних користувачам послуг та захищеність передаваних даних.

Аналіз досліджень та публікацій

В той час, як в іноземній літературі велося порівняння мереж нового покоління [3], визначення їх переваг та недоліків [4, 5], розроблялися вимоги до мереж нового покоління, наприклад, 5G [6], у вітчизняній літературі широко досліджувалися лише теоретичні аспекти впровадження мереж 3G та 4G [7] та у часткових випадках проводилась оцінка параметрів якості обслуговування абонентів [8], вибір оптимальних рішень для побудови радіомереж та транспортних мереж операторів стільникового зв'язку [9, 10] тощо. В Україні також діє стандарт, який визначає показники, параметри якості та методи випробування якості телекомунікаційних послуг рухомого (мобільного) зв'язку [11]. Проте вищезгадані наукові праці вітчизняних авторів присвячені мережам більш ранніх поколінь (здебільшого GSM). Що стосується мереж 4G, то оцінці якості обслуговування мереж LTE, наприклад, присвячено наступні праці [12, 13], в яких досліджується вплив показників якості обслуговування на швидкість передавання даних, зменшення імовірності бітової помилки тощо.

Постановка мети та завдання дослідження

Однією з найбільш актуальних задач, під час організації мереж мобільного стільникового зв'язку, залишається задача планування, оптимізації та максимально ефективного використання ресурсів цієї мережі.

Тому з метою оптимізації вже існуючих та побудови нових мереж 3G/4G необхідно було розробити певні процедури вибору оптимальних критеріїв показників якості обслуговування при впровадженні нових послуг, що надасть змогу операторам більш гнучко та точно контролювати дійсно ключові параметри.

Ця задача не являється тривіальною, тому буде розбита на декілька під задач. Розробці методу оцінки ключових показників якості обслуговування та продуктивності мережі було присвячено [1]. Тому,

метою даної роботи буде розробка програмного забезпечення для оцінки ключових показників захищеності в сучасних стільникових мережах, що було необхідне для реалізації роботи розглянутого методу.

Виклад основного матеріалу дослідження

Як вже зазначалося, для оцінки та аналізу якості існуючих послуг розроблено метод, який реалізується в 4 етапи [1]. Розглянемо приклад застосування даного методу для послуги передачі даних в мережі 3G.

Відповідно до аналізу послуг та класифікації представленої в [14], розроблено алгоритм проведення оцінки якості надання отриманих послуг. Представлений алгоритм, може використовуватись для всіх видів послуг, які надаються оператором мобільного зв'язку. Отже, розглянемо поетапно роботу даного алгоритму.

Етап 1 – Визначення послуги. Визначаємо для якої наданої послуги необхідно провести аналіз якості. В залежності від того яка послуга надається, обирають різні показники для контролю цих послуг, крім того, різні послуги мають різні граничні допустимі значення відповідних метрик KQI/KPI. Тому, виокремлюємо такі основні групи: доступність мережі, голосова телефонія, відео телефонія, SMS, MMS, доступ до мережі Інтернет, сервісні послуги, які надаються оператором зв'язку.

Для реалізації цього етапу введемо множину послуг аналіз яких потрібно провести S :

$$\{\bigcup_{i=1}^n S_i\} = \{S_{NA}, S_{SVT}, S_{MMS}, S_{SMS}, S_{VT}, S_{OAC}, S_{IA}\}, \quad (1)$$

де $S_i \subseteq S$, ($i = \overline{1, n}$), n – кількість послуг, а

$$S_i = \{\bigcup_{j=1}^{m_i} S_{ij}\} = \{S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{im_i}\}, \quad (2)$$

при цьому S_{ij} ($j = \overline{1, m_i}$) – підмножини показників якості для цих послуг. Зважаючи на (2) запишемо вираз (1) наступним чином:

$$\{\mathbf{U}^n S_i\} = \{\mathbf{U}^n \{\mathbf{U}^{m_i} S_{ij}\}\} = \quad (3)$$

$$= \{\{S_{NA_NAV}, S_{NA_NAC}\}, \{S_{SVT_SAC}, S_{SVT_SIn}, S_{SVT_SRe}\}, \{S_{MMS_SAC}, S_{MMS_SIn}\}, \{S_{SMS_SAC}, S_{SMS_SIn}\}, \{S_{VT_SAC}, S_{VT_SIn}\}, \{S_{IA_SAC}, S_{IA_SIn}\}, \{S_{OAC_SR}, S_{OAC_CP}, S_{OAC_SUS}\}\}$$

$$(j = \overline{1, m_i}).$$

Підмножини показників KQI/KPI

$S_{ij} \subseteq S_i$ визначимо як:

$$\{\mathbf{U}^n S_i\} = \{\mathbf{U}^n \{\mathbf{U}^{m_i} S_{ij}\}\} = \{\mathbf{U}^n \{\mathbf{U}^{r_{ij}} S_{ijp}\}\} =$$

$$= \{\{S_{NA_NAV_K_нрм}, S_{NA_NAC_K_нрм}, S_{NA_NAC_T_нрм}, S_{NA_NAC_Q_нрм}, S_{NA_NAC_Q_нсн}, S_{NA_NAC_T_нрп}, S_{NA_NAC_Q_нсн}\},$$

$$\{S_{SVT_SAC_Q_нрп}, S_{SVT_SAC_T_нрп}, S_{SVT_SAC_Q_нсн}, S_{SVT_SIn_Q_нрп}, S_{SVT_SIn_Q_нсн}, S_{SVT_SRe_Q_нрп}\},$$

$$\{S_{VT_SAC_Q_н/а}, S_{VT_SAC_T_н/а}, S_{VT_SAC_Q_нсн/а}, S_{VT_SIn_T_н/а}, S_{VT_SIn_Q_нсн/а}\},$$

$$\{S_{IA_SAC_Q_нрп}, S_{IA_SAC_T_нрп}, S_{IA_SAC_Q_нсн/р}, S_{IA_SIn_V_нрп}\},$$

$$\{S_{MMS_SAC_Q_нрп_MMS}, S_{MMS_SAC_Q_нрп_снрп_MMS}, S_{MMS_SIn_Q_нрп_MMS_KK}, S_{MMS_SIn_T_нрп_MMS},$$

$$S_{MMS_SIn_Q_нсн_нрп_MMS}, S_{MMS_SIn_T_нрп_снрп_MMS}\},$$

$$S_{MMS_SIn_Q_нсн_нрп_снрп_MMS}\},$$

$$\{S_{SMS_SAC_Q_нрп_снрп_SMS}, S_{SMS_SIn_T_нрп_снрп_снрп_SMS}, S_{SMS_SIn_Q_нрп_снрп_снрп_SMS}, S_{SMS_SIn_T_нрп_снрп_снрп_SMS},$$

$$S_{SMS_SIn_Q_нрп_снрп_снрп_SMS}, S_{SMS_SIn_Q_нрп_снрп_снрп_SMS}\},$$

$$\{S_{OAC_SR_T_нрп}, S_{OAC_SR_Q_нрп}, S_{OAC_CP_Q_нрп}, S_{OAC_CP_Q_нрп}, S_{OAC_SUS_Q_нрп}, S_{OAC_SUS_Q_нрп}\}\}$$

Етап 2 – Визначення показників KQI/KPI - незалежно від того які послуги надаються, наступним етапом обираємо ключові показники якості та ефективності приведені в додатку 1 (для відповідних послуг), які ми будемо оцінювати. Для

$$S_{ij} = \{\mathbf{U}^{r_{ij}} S_{ijp}\} = \{S_{ij1}, S_{ij2}, \dots, S_{ijr_{ij}}\}, \quad (4)$$

де S_{ijp} ($p = \overline{1, r_{ij}}$) – показники KQI/KPI, що характеризують відповідні послуги S_{ij} ; r_{ij} – кількість таких показників.

Тоді вираз (3) з урахуванням (4) отримає наступний вигляд:

визначення необхідних для аналізу послуги KPI/KQI, необхідно використати множинний кореляційно-регресійний аналіз.

Підмножини показників KQI/KPI $S_{ij} \subseteq S_i$ визначимо як:

$$S_{ij} = \{\mathbf{U}^{r_{ij}} S_{ijp}\} = \{S_{IA_AP_Q_нрп}, S_{IA_AP_T_нрп}, S_{IA_AP_T_нрп}, S_{IA_AP_R_нрп_нрп}, S_{IA_AP_T_нрп}\},$$

де, $S_{IA_AP_Q_нрп}$ - відсоток успішних реєстрацій в мережі,

де, $S_{IA_AP_T_нрп}$ - відсоток відмов,

де, $S_{IA_AP_T_нрп}$ - нормований час реєстрації в мережі.

де, $S_{IA_AP_R_нрп_нрп}$ - швидкість передачі даних

де, $S_{IA_AP_T_нрп}$ - час затримки

Етап 3 – Оцінка показників KQI/KPI.

Проведемо оцінку відповідних показників KPI/KQI, на основі формул, наведених в [14].

Етап 4 – Виявлення не відповідного елементу мережі.

На даному етапі отримані значення порівнюємо з гранично допустимими, можливими для забезпечення нормального функціонування мережі. Якщо ці значення перевищують допустимі, необхідно провести аналіз пристроїв які функціонують в стільниковій мережі, та виявити причини невідповідності отриманих значень.

Для порівняння отриманих значень в результаті розрахунків з гранично допустимими (дод.1) введемо логічну функцію еквівалентності:

$$E(x, y) = \begin{cases} 1, & \text{при } x > y, \\ 0, & \text{при } x \leq y. \end{cases} \quad (5)$$

Відповідно якщо значення показника перевищує нормальний допустимий рівень, це свідчить про некоректність роботи мережевих пристроїв, обладнання, транків, та ін.

Таким чином, бачимо, що для забезпечення роботи методу, зокрема 3-го етапу, необхідною є розробка програмного забезпечення для оцінки ключових показників продуктивності мережі та якості обслуговування.

Програмне забезпечення для оцінки ключових показників якості обслуговування. Для оцінки ключових показників якості обслуговування розроблено прототип додатку під операційну систему Android (рис. 1).

Для розробки додатка було використано програмне середовище Java і Android SDK рекомендоване компанією Google. Додаток призначений для відстеження якості сигналу самим абонентом і надси-

лання результату в компанію для обробки і поліпшення роботи мережі в конкретній локації та управлінням IoT пристроїв на відстані з можливістю самостійного конструювання типу послуги. Для прикладу розглянуто можливість керувати освітленням, у якому абонент: обирає локацію, тип датчику, може вмикати чи вимикати його, регулювати інтенсивність або виконувати будь-яку дію з використанням таймеру, здійснювати бонусні квести, під час яких відбуваються заміри якості у локаціях, якими зацікавлений оператор. При розробці була використана стороння бібліотека JSpeedTest отримання швидкості вхідного і вихідного з'єднання.



Рис. 1. Програмне забезпечення для оцінки ключових показників якості обслуговування

Таким чином, дані для проведення кореляційно-регресійного аналізу (етап 2 роботи методу) були отримані шляхом проведення вимірювань, при незмінних зовнішніх умовах для забезпечення чистоти експерименту. Схема проведення експериментальних досліджень відображена на рис. 2.

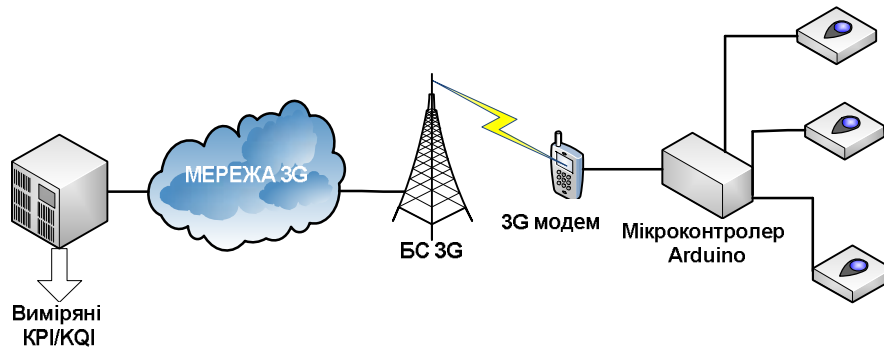
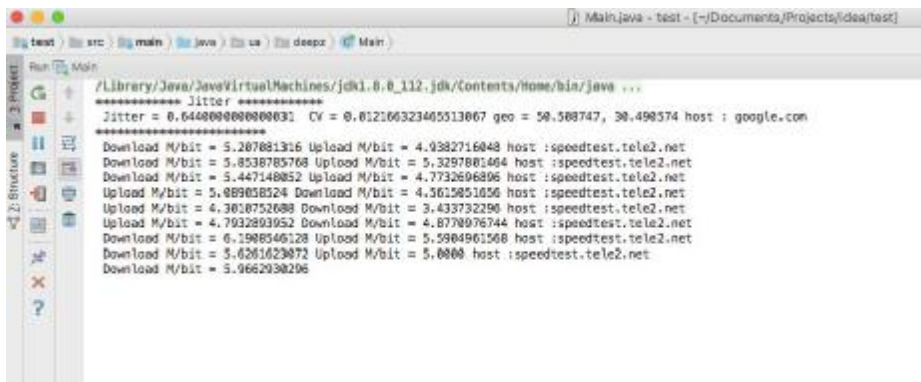
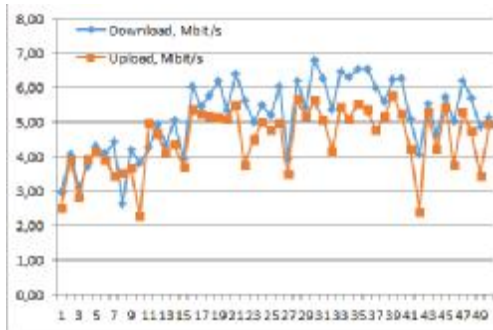


Рис. 2. Схема проведення вимірювань показників продуктивності мережі та якості обслуговування абонентів

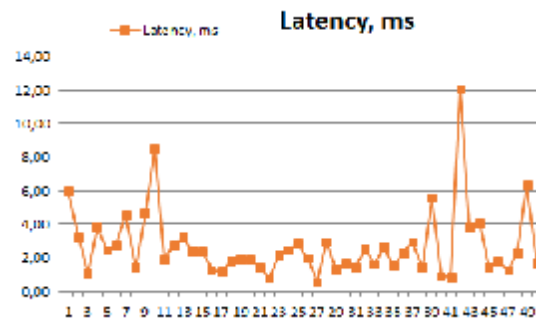
Під час проведення експериментальних досліджень були проведені вимірювання швидкості передавання до базової станції і в зворотньому напрямку (рис. 3 (а,б)) та затримки передачі даних в мережі (рис. 3 (в)).



(а)



(б)



(в)

Рис. 3. Результати вимірювання основних характеристик мережі передавання даних

В результаті проведених експериментальних досліджень ключових показників продуктивності мережі були отримані наступні результати:

- Максимальна швидкість завантаження даних – $R_{download,cep} = 5,17$ Мбіт/с;
- Максимальна швидкість відвантаження даних – $R_{upload,cep} = 4,52$ Мбіт/с;
- Середній час затримки – $t_{cep} = 2,73$ мс;
- Джитер – $J = 0,07$ мс;

- Коефіцієнт варіації затримки – $CV = 0,024$.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення довело спроможність свого використання для забезпечення роботи вищерозглянутого методу.

Висновки

Вперше розроблено метод оцінки ключових показників якості обслуговування та продуктивності стільникових мереж, який полягає у послідовному визначенні множини оцінюваних послуг,

виборі на основі кореляційно-регресійного аналізу статистичних даних якості обслуговування оптимальних критеріїв оцінювання функціонування мережі, безпосередній їх оцінці та порівнянні із допустимим рівнем. В даній роботі було розглянуто приклад застосування даного методу для процесу передавання даних. Для забезпечення роботи методу було розроблено програмне забезпечення для оцінки ключових показників продуктивності мережі та якості обслуговування абонентів. Крім того, розроблене програмне забезпечення може бути використане для поліпшення роботи мережі в конкретній локації та управлінням IoT пристроїв на відстані з можливістю самостійного конструювання типу послуги.

Список літератури

1. Одарченко Р.С., Гнатюк В.О., Вергелес Д.Д., Скульська О.Ю. Метод оцінки ключових показників захищеності в сучасних стільникових мережах. – Безпека інформації. Вип. 1 (Т. 23), 2017. – С. 19-26;
2. Про проект - Відкритий світ [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.educum.ua/uk-ua/about/>
3. Вишне夫斯基 В.М. Энциклопедия WiMAX: Путь к 4G / В. М. Вишне夫斯基, С. Л. Портной, И.В. Шахнович. – М.: Техносфера, 2009. – 472 с.
4. GSA Evolution to LTE report [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.gsacom.com/downloads/pdf/GSA_Evolution_to_LTE_report_060514.php4
5. Ericsson Mobility Report [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ericsson.com/mobility-report>
6. Understanding 5G [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.arnitsu.com>
7. Болюбаш О.О. Визначення показника якості обслуговування мобільної станції у випадку застосування процедури хендоверу // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – 2013, № 3(36). – С. 144-146.
8. Bezruk V.M. Multicriterion optimization in telecommunication networks planning, designing and controlling / V.M. Bezruk, A.N. Bukhanko, D.V. Chebotareva, V.V. Varich // Open Book “Telecommunications Networks”. - Chapter 11. – Rijeka: Intech, 2012. – P. 251 – 274.
9. Chebotareva D.V. Optimization of a Transport Cellular Communication Networks on Aggregate of Quality Indicators Totality / D. Chebotareva, R. Gorbenko // IX International Electronics and Telecommunication Conference of Students and Young Scientists, Warsaw, Poland, 10 – 12 March 2009. – p.16.
10. Телекомунікаційні мережі рухомого (мобільного) зв'язку загального користування. – Телекомунікаційні послуги. Показники якості. Методи випробування СОУ 64.2-00017584-006:2009 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://nkrzi.gov.ua/images/upload/141/3961/dodatok12009.pdf>
11. Klymash M.M. Improving throughput using channel quality indicator in LTE technology / M.M. Klymash, Haider Abbas Al-Zayadi, O.A. Lavriv // Наукові праці ДонНТУ. – Серія: обчислювальна техніка та автоматизація. – 2014. – №1 (26). – 2014. – С. 134-143.
12. Al-Shuraifi Mushtaq. How to Improve Bit Error Rate and Throughput by Resource Management and affect it on quality of service and modulation and coding schemes in resource block for LTE / Al-Shuraifi Mushtaq, Mikhail Reznikov, Al-Zayadi Haider // Електроніка та зв'язок. – № 3. – 2014. – С. 112-118.
13. Одарченко Р.С. Аналіз вразливостей систем захисту інформації в мережах Wi-Max та методів їх усунення / Р.С. Одарченко, Ю.В. Беженар, А.О. Ксендзенко // Защита информации. Сб. научных трудов.- К.: НАУ. – 2011. – Вип. 18. – С. 39-44.
14. Одарченко Р.С. Економічна ефективність впровадження систем захисту стільникових мереж 4G / Р.С. Одарченко, С.Ю. Лукін // Системи обробки інформації. – 2012. – №4 (102). – Т. 2 – С. 51-56.
15. KPI Reference Issue [Електронний ресурс]. — Режим доступу: https://www.slideshare.net/abdeyehia3/huawei_tekpiref.