

УДК 621.397

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОЇ ЯКОСТІ ПОТОКОВОГО ПЕРЕДАВАННЯ MPEG-СИГНАЛІВ ЧЕРЕЗ LTE-МЕРЕЖІ

БАЛЯР В. Б., ДМИТРЕНКО І. Ю., СТАНЄВА І.І., ВОЙТКО К.В.

*Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
вул. Кузнечна, 1, Одеса, 65029, Україна
ДП «Український науково-дослідний інститут радіо і телебачення»
вул. Буніна, 31, Одеса, 65026, Україна
balyar_vb@mail.ru; balyar.vb@onat.edu.ua*

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ПОТОКОВОЙ ПЕРЕДАЧИ MPEG-СИГНАЛОВ ЧЕРЕЗ LTE-СЕТИ

БАЛЯР В. Б., ДМИТРЕНКО И.Ю., СТАНЕВА И.И., ВОЙТКО К.В.

*Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова
ул. Кузнечная, 1, Одесса, 65029, Украина
ГП «Украинский научно-исследовательский институт радио и телевидения»
ул. Бунина, 31 Одесса, 65026, Украина
balyar_vb@mail.ru; balyar.vb@onat.edu.ua*

ESTIMATION OF TECHNICAL QUALITY FOR MPEG STREAMING IN LTE NETWORKS

BALIAR V. B., DMITRENKO I.YU., STANEVA I.I., VOYTKO K.V.

*O.S. Popov Odessa national academy of telecommunications
Kuznechna st., 1, Odessa, 65029, Ukraine
SE "Ukrainian Research Institute of Radio and TV"
Bunin st., 31, Odessa, 65026, Ukraine
balyar_vb@mail.ru; balyar.vb@onat.edu.ua*

Анотація. У статті надано результати досліджень у напрямі визначення мінімально необхідних умов приймання відеосигналів MPEG при потоковому передаванні через мережі стандарту LTE, за яких суттєві погіршення візуальної якості будуть відсутні.

Ключові слова: структурні спотворення відеосигналу, MPEG, технічна якість, Long Term Evolution, Matlab.

Аннотация. В статье приведены результаты исследований в направлении определения минимально необходимых условий приёма видеосигналов MPEG при потоковой передаче через сети стандарта LTE, при которых существенное ухудшение визуального качества будет отсутствовать.

Ключевые слова: структурные искажения видеосигнала, MPEG, техническое качество, Long Term Evolution, Matlab.

Abstract. Article presents research results in the direction of determining the minimum necessary conditions for the reception of MPEG video signals that are transmitted with streaming over the LTE network, at which there will be no significant degradation of visual quality.

Key words: video structural impairments, MPEG, technical quality, Long Term Evolution, Matlab.

1 ВСТУП

Одним з варіантів впровадження послуг цифрового мультимедійного мовлення є стандарт стільникового зв'язку Long Term Evolution (LTE), що починає широко впроваджуватись в Україні. Він є більш ефективним ніж попередні покоління стандартів стільникового зв'язку й надасть можливість впроваджувати широкосмугові відеопослуги у більш оптимальний спосіб. Передавання цифрових відеосигналів MPEG за цього способу реалізації реалізується у вигляді потокового передавання цифрових потоків. Користувачі стільникового зв'язку характеризуються їх мобільністю й забезпечення надійного відеозв'язку є нагальною задачею. Таку задачу

можливо вирішувати різними шляхами, з яких можливо виділити такі як збільшення кількості базових станцій, незначного збільшення потужності передаваних сигналів (з дотриманням відповідних вимог до електромагнітної сумісності), тощо. Все це потребує поглибленого аналізу, передумовою якого є визначення мінімальних умов приймання цифрових відеосигналів, за яких будуть відсутні структурні та часові спотворення на зображенні, з урахуванням типових умов приймання сигналів стільникового зв'язку та характеристик передаваних сигналів. Саме цьому присвячено дослідження, поточні результати яких приведено авторами в цій статті.

До цього часу дослідження в напрямі аналізу потокового передавання відеопотоків через мережі LTE та оцінці спотворень цифрових відеосигналів було проведено рядом наукових організацій та дослідників, серед яких можливо відзначити [1-6]. Hyunwoo Nam, Kyung Hwa Kim, Bong Ho Kim, Dogu Calin та Henning Schulzrinne у [1] провели дослідження щодо можливості потокового передавання сигналів цифрового телебачення на базі платформи OTT. В цій публікації великої уваги приділено саме потоковому переданню через HTTP-протокол для таких послуг, як YouTube та Netflix, та балансуванню навантаження на сервери, тобто більше уваги мережним питанням. Mr. Jaimin Surati та Mr. Ketan Goswami у [2] приділили уваги питанням потокового передавання відеопотоків H.264 (SVC) через мережу LTE, але результати достатньо обмежені в термінах результатів саме для оцінки спотворень відеопотоків та будь-яких інших питань, а також під час дослідження використовувався мережний емулятор NS3, що вимагає підтвердження на практиці. Практично аналогічні недоліки виявлено у [3] та [4]. Smruti Ranjan Ranigra в його магістерській роботі [5] приділив уваги потоковому передаванню відео через реальні мережі LTE, але аналіз роботи показав, що більше уваги приділено можливостям системи при різній кількості активних користувачів на комірку та надано оцінки щодо того, який відсоток користувачів можливо обслужити без погіршення якості відео або за різних його рівнів якості. В цілому можливо стверджувати, що більшість уваги також приділено мережним питанням та питанням взаємодії обладнання провайдера/ оператора мережних послуг з обладнанням користувачів. В роботі [6] Gaurav Pande приділив уваги питанням оцінки якості передавання відеосигналів через мережу LTE, при цьому спотворення відеосигналів автор характеризував виникненням блокінг-ефекту та розмиттям за різних методів модуляції та відношення сигнал/шум. Результати також отримано шляхом моделювання.

Під час проведення дослідження авторами цієї статті було враховано поточний стан досліджень в цьому напрямі та результати проведеного вище аналізу, а також було враховано особливості передаваних сигналів (відеосигнали в форматі MPEG) та використано параметри радіосигналів, що характеризують якість роботи стільникової мережі в точці приймання.

2 АНАЛІЗ ПАРАМЕТРІВ, ЩО ХАРАКТЕРИЗУЮТЬ ТЕХНІЧНУ ЯКІСТЬ РОБОТИ РАДІОТРАКТУ СИСТЕМИ LTE

Під час проведення досліджень було використано основні параметри, що характеризують якість приймання сигналів стільникової мережі й які застосовують у типовому користувацькому обладнанні як відповідні індикатори. Серед таких можливо виділити такі параметри RSSI, RSRP, RSRQ, CQI та SINR. Далі коротко пояснимо кожен параметр, що визначає якість сигналу LTE. Для цього було використано матеріали сайту <http://anisimoff.org/lte/lte.html> [7] з відповідними посиланнями в тексті статті.

Показник рівня потужності сигналу, що приймається (Received Signal Strength Indicator, RSSI): це значення потужності сприйманого сигналу системи LTE, виражений у одиницях потужності в дБм.

Потужність еталонного сигналу, що приймається (Reference Signal Received Power, RSRP): середнє значення потужності в дБм прийнятих пілот-сигналів, що також називаються опорними (еталонними) сигналами. При значеннях RSRP = -120 дБм і нижче LTE-підключення може бути нестабільним або взагалі не встановлюватися [7].

Якість еталонного сигналу, що приймається (Reference Signal Received Quality, RSRQ): відносний параметр, що усереднено характеризує якість приймання сигналу LTE, що її визначено на базі аналізу прийнятих пілот-сигналів. Значення RSRQ вимірюється в дБ [7].

Відношення рівня корисного сигналу до рівня сигналів шуму й завади (Signal Interference + Noise Ratio, SINR): «класичний» параметр, що характеризує якість приймання сигналів в радіотехніці та який вимірюють в дБ.

Індикатор якості каналу (Channel Quality Indicator, CQI): для кожної абонентської станції UE (User Equipment) і кожного частотного блоку формуються індикатори якості каналу CQI. Залежно від необхідної для UE швидкості передавання даних базовою станцією приймається рішення про кількість ресурсних блоків, що виділяються користувачу, а які саме частотні блоки виділяти користувачам, залежить від індикатора CQI. Користувачам виділяються ті ресурсні блоки, які мають найвище значення CQI, а значить, найкраще відношенням сигнал/ шум. Чим вище значення, тим краще (тим вище швидкість, яку може виділити базова станція стандарту LTE) [7].

У таблиці 1 вказано різні значення цих параметрів, які відповідають дуже поганій (приймання на границі комірки стільникового зв'язку (Cell Edge)), поганій (приймання в середині комірки стільникового зв'язку (Mid Cell)), добрій (Good) і дуже добрій (Excellent) якості сигналу LTE [7].

Таблиця 1 – Шкала якості сигналу [7]

Умови приймання	RSRP, дБм	RSRQ, дБ	SINR, дБ
Дуже добрі	≥ -80	≥ -10	≥ -20
Добрі	-80 до -90	-10 до -15	13 до 20
Погані	-90 до -100	-15 до -20	0 до 13
Дуже погані	≤ -100	≤ -20	≤ 0

3 ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОТОКОВОГО ПЕРЕДАВАННЯ ЦИФРОВИХ ВІДЕОСИГНАЛІВ

Опис експерименту. Авторами за допомогою мобільного телефону SAMSUNG A5 на базі операційної системи Android проводились вимірювання вказаних вище параметрів для вимірювання була обрана типова місцевість типу «міська забудова» (район вулиці Бочарова, поселок Котовського). Вимірювання було проведено в 10 типових точках за різних рівнів індикатора та рівня сигналу мобільного телефону. Для аналізу використовувались програми Network Cell Info Lite та nPerf, що встановлено на мобільному телефоні.

Програмне забезпечення nPerf дозволяє проаналізувати характеристики з'єднання під час різноманітного навантаження. Вона дозволяє провести такі випробування:

- швидкість доступу до мережі (як мережі оператора, так й до мережі Інтернет): швидкість завантаження (download) та вивантаження (upload),
- значення затримки, що характеризується затримкою сигналу під час проходження до визначеного програмним забезпеченням мережного вузла (з використанням команди ping);
- якість потокового передавання відео;
- швидкість відкриття сторінок веб-сайтів (веб-серфінг).

Випробування (тестування) швидкості доступу та затримки: випробування швидкості передавання базується на оцінці швидкості цифрового потоку під час завантаження бінарних файлів протягом декількох секунд. Пікове значення швидкості відповідає середньому значенню, що досягається в 30 % від найвищих значень швидкості при завантаженні (й відповідно в 50 % при вивантаженні). Середнє значення розраховується після відкидання 5 % від найменших значень і 5 % від найвищих значень. Випробування величини затримки виконується десять ра-

зів. При цьому обчислюються мінімальні та середні значення, а також значення часового джитера (максимальна різниця між значеннями) [8].

Випробування швидкості відкриття сторінок веб-сайтів. Випробування швидкості переходу між сторінками здійснюється шляхом доступу до різних веб-сайтів та вимірювання відповідного часу завантаження сторінок. Коефіцієнт ефективності залежить від тривалості часу завантаження [8].

Випробування якості потокового передавання відео. Під час виконання тесту здійснюється завантаження та відтворення потокового відео. Вимірюється як час завантаження, так і час буферизації відео (паузи). Результат випробування подається у відсотках як співвідношення між часом безперервного відтворення відео та тривалістю відео. Таким чином, значення 80 % відповідає випадку, коли відео в 80 % часу відтворювалось нормально, а в 20 % відбувалась затримка (завмирання) відтворення зображення [8].

Повне випробування системи. Також програма дозволяє провести повний тест. Результат буде визначатись як рівень якості роботи системи доступу за всіма критеріями (свого роду рейтинг). Рейтинг буде складатись з 60 % від оцінки при випробуванні на швидкість доступу, 20 % - від оцінки після проходження тесту на швидкість відкриття веб-сторінок та 20% - від результату тесту потокового передавання відео [8].

Програмне забезпечення Network Cell Info Lite дозволяє виміряти параметри RSSI, RSRP, RSRQ, CQI та SINR для поточного місцезнаходження мобільного пристрою LTE та поточної мережі, до якої його підключено, з відповідною візуалізацією та фіксуванням координат на карті місцевості.

Під час випробування фіксувалось поточне положення мобільного пристрою на карті місцевості, робились відповідні записи в протоколі дослідження й робились знімки екрану мобільного пристрою. Результати досліджень приведено на рисунках 1-10 та у таблиці 2.

На рисунку 1 приведено результат візуалізації двох точок вимірювання на географічній карті місцевості, що базовано на онлайн-картах Google й нанесено за допомогою підсистеми геолокації. Також тут візуалізовано результат фіксації якості сприйманого сигналу та деякої інформації поточного стільника мобільної мережі.

Окрім того, було використано режими поглибленого аналізу параметрів мережі стільникового зв'язку (зокрема службову інформацію мережі та результат оцінки аналізованих параметрів для поточного місцезнаходження), див. рисунок 2.

Враховуючі той факт, що якість приймання сигналу навіть в одній точці може змінюватись в часі, проводився аналіз відповідних параметрів (рисунок 3) з визначенням усередненого значення, що його й використано далі в дослідженні.

Під час випробування на якість потокового передавання аналізувалось відео з різними значеннями роздільної здатності зображення, зокрема:

- відео 240р та 360р: зображення з кількістю рядків 240 й 360 відповідно та прогресивною розгорткою, що відповідає мультимедійному зображенню обмеженої чіткості – це відео є оптимальним або для перегляду на пристроях з невеликим екраном або при невеликій (в порівнянні з іншими роздільними здатностями) швидкості потокового передавання. Перш за все, переважним цей режим є для поганих та дуже поганих умов приймання;

- відео 720р: зображення з кількістю рядків 720 й прогресивною розгорткою, яке відповідає рівню телебачення високої чіткості (HD). Передавання такого зображення вимагає достатньо високої швидкості цифрового потоку, яке може бути забезпечено при добрих та дуже добрих умовах приймання.

Результат візуалізації випробування якості потокового передавання відео для двох точок, в яких проводилось вимірювання, показано на рисунку 4.

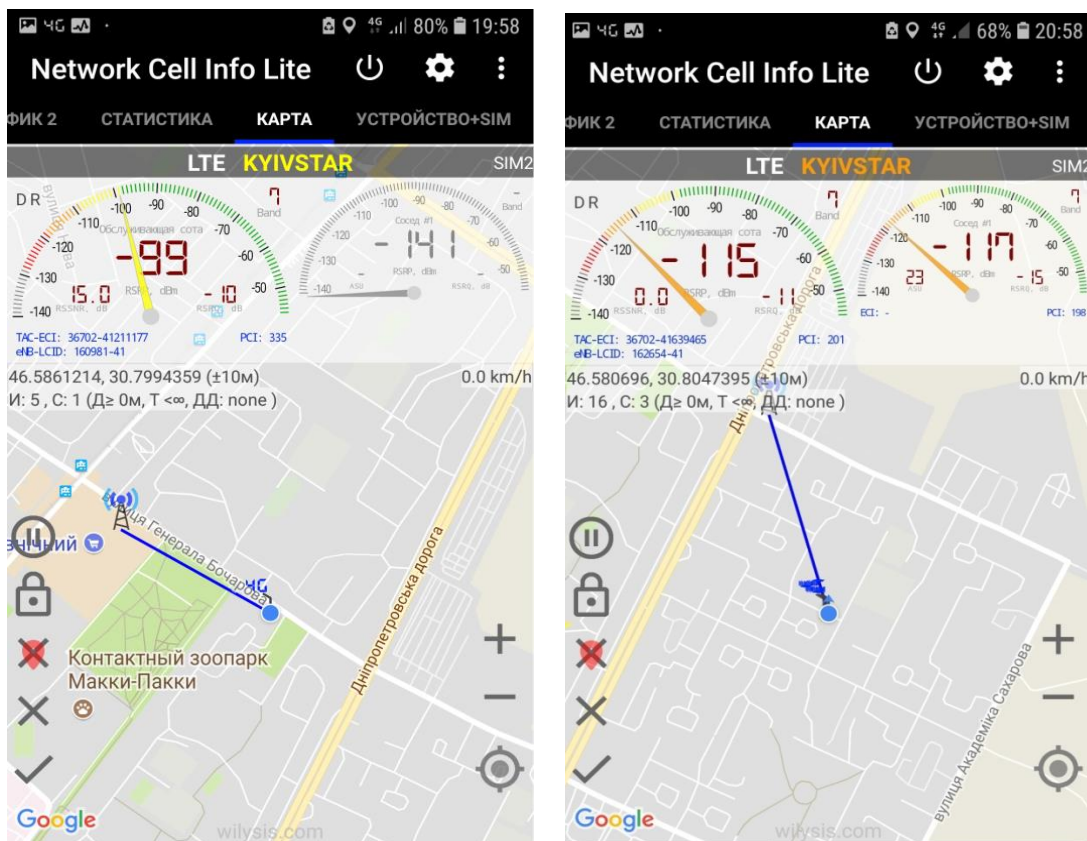


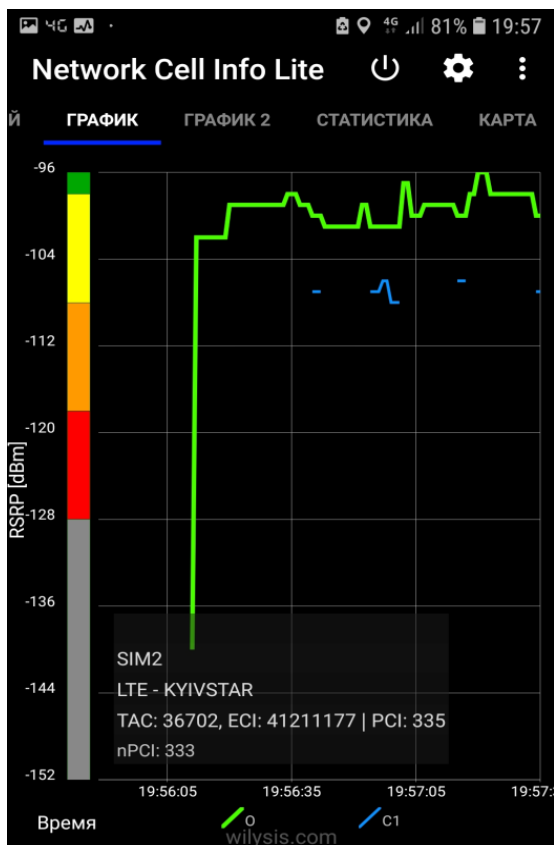
Рисунок 1 - Вимірювання і візуальне розташування абонента



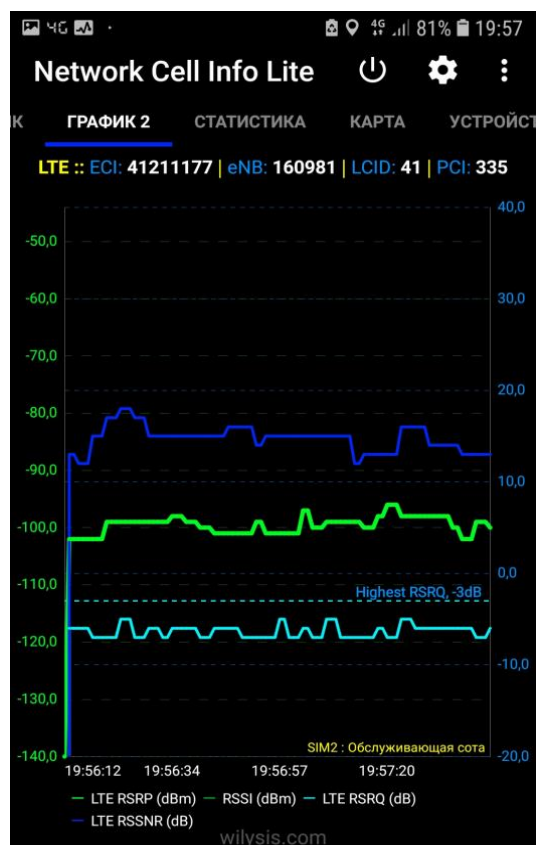
а)

б)

Рисунок 2 – Візуалізація результату вимірювання: а) рівень сигналу для зареєстрованих стільників б) показники потужності сигналу



а)



б)

Рисунок 3 – Результат візуалізації змінення потужності еталонного сигналу в часі (а) та результат розширеної візуалізації параметрів якості (б)

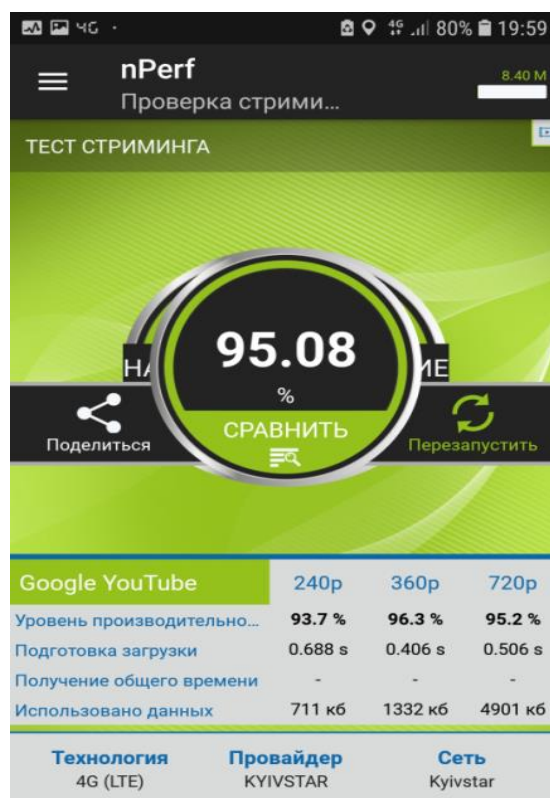
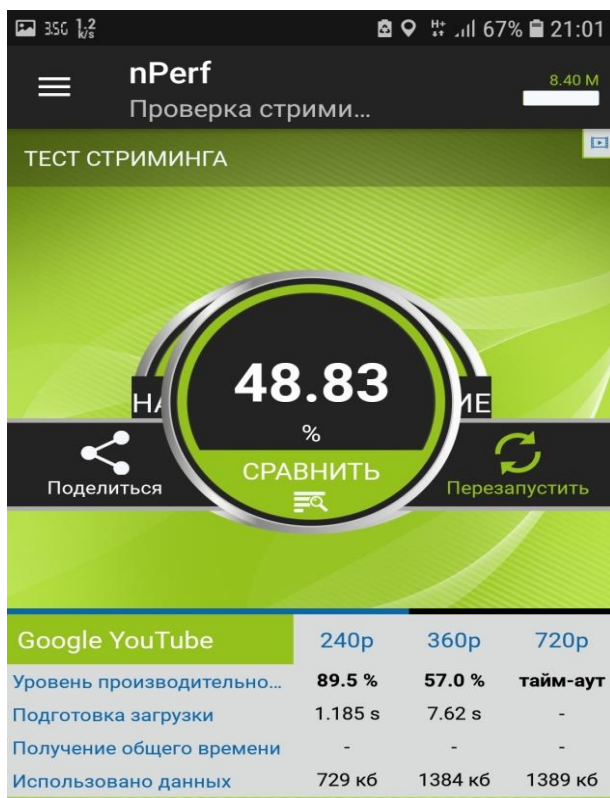


Рисунок 4 – Результат візуалізації якості потокового передавання відео при різних роздільних здатностях

Окрім того, рівень візуального дискомфорту визначався шляхом перегляду відео кожної роздільної здатності за поточних умов приймання сигналу.

Результати вимірювань в усіх точках приведено в таблиці 2. Їх відсортовано таким чином, щоб показники якості сигналу змінювались від мінімальних до максимальних значень. Номер точки вимірювання відповідає послідовному номеру на карті. Подібне «перемішування» викликано тільки тим фактом, що не завжди у двох сусідніх точках спостерігалась чітка тенденція на збільшення чи зменшення показника. Насправді вимірювань було навіть більше ніж 10, але фіксувались тільки характерні точки.

З таблиці 2 видно, що з зменшенням рівня сигналу (RSSI) від -64 до -114 дБм потокове передавання відеосигналу відбувається з певними затримками (іноді навіть не примітними на зображенні – так як, наприклад, при -64 дБм). Тому відтворення відеосигналу всіх рівнів роздільної здатності є «безшовним» й не викликає будь-якого дискомфорту.

Однак вже при рівні -114 дБм затримки при декодуванні збільшуються й оцінка падає до 69,22 % (див. таблицю 3), що можливо віднести до поганих умов приймання.

При рівні, нижчому за -125 дБм, нормальне відтворення відео відбувається тільки у 19,18 % часу перегляду.

З таблиці 2 й 3 видно, що при збільшенні RSSNR для еталонного сигналу відносна якість RSRQ збільшується. Мінімальна якість досягалась при RSSNR при рівні 1 дБ, а максимальна якість при 29 дБ. При цьому якість сигналу LTE, що відповідає оцінці «добре» (4), починалась з оцінки 11дБ, а оцінці «відмінно» (5) з 20 дБ.

Таблиця 2 - Результати вимірювання сигналу LTE під час передавання мультимедійних сигналів в термінах параметрів радіочастотного сигналу

Точка	RSSNR, дБ	RSRP, дБм	RSRQ, дБ	CQI	Кількість ризик в індикаторі рівню сигналу	Режим	Якість сигналу LTE
10	1	-114	-11	7	1	LTE	3
5	9	-82	-9	12	4	LTE	3
9	11	-104	-7	10	2	LTE	4
8	11	-94	-6	12	3	LTE	4
1	15	-98	-6	10	3 (з 4)	LTE	4
2	20	-92	-10	13	3 (з 4)	LTE	5
6	21	-83	-5	15	4	LTE	5
7	22	-71	-5	15	1	LTE	5
3	27	-86	-5	15	4	LTE	5
4	29	-64	-4	15	4	LTE	5

Таким чином, припустиме значення потужності прийнятого еталонного сигналу, що відповідає величині більше ніж 100 дБм, – таке значення відповідає оцінці добре. А індикатор якості каналу відповідає 10. Для орієнтовного визначення методу модуляції та параметрів каналного кодування може бути використано таблицю 4 [8].

При збільшенні індексу CQI якість потокового передавання відео 720р (як найбільш критичного до величини швидкості цифрового потоку) збільшувалась. Подібна залежність для відео з меншою роздільною здатністю не є настільки критичною – для відтворення 240р та 360р необхідна менша швидкість цифрового потоку, що може бути забезпечено за нижчих значень індексу якості каналу CQI.

Таблиця 3 - Результати вимірювання сигналу LTE під час передавання мультимедійних сигналів в термінах якості відеосигналу, що приймається

Точка	RSRQ, дБ	Потокова передача 240р	Потокова передача 360р	Потокова передача 720р	Потокова передача рейтинг, загальний	Якість сигналу LTE
10	-11	89,5 %	57 %	-	48,83 %	3
5	-9	94,6 %	95,1 %	91,7 %	93,82 %	3
9	-7	91,9 %	96 %	94 %	93,94 %	4
8	-6	94,2 %	96,6 %	95,6 %	95,48 %	4
1	-6	93,7 %	96,3 %	95,2 %	95,08 %	4
2	-10	95,27 %	94,4 %	96,5 %	95 %	5
6	-5	93 %	96,3 %	94,7 %	94,67 %	5
7	-5	94 %	95,6 %	95,1 %	94,93 %	5
3	-5	94 %	96,9 %	96,5 %	95,81 %	5
4	-4	92,6 %	96,6 %	96,6 %	95,25 %	5

Таблиця 4 - Індикатори якості

Індекс CQI	Модуляція	Швидкість кодування × 1024	Спектральна ефективність
1	QPSK	78	0,1523
2	QPSK	120	0,2344
3	QPSK	193	0,3770
4	QPSK	308	0,6016
5	QPSK	449	0,8770
6	QPSK	602	1,1758
7	16QAM	378	1,4766
8	16QAM	490	1,9144
9	16QAM	616	2,4063
10	64QAM	466	2,7305
11	64QAM	567	3,3223
12	64QAM	666	3,9023
13	64QAM	772	4,5234
14	64QAM	873	5,1152
15	64QAM	948	5,5547

Візуалізація результатів таблиці 2 й 3 приведено на рисунках 5-10. Необхідно зазначити, що приведені графіки побудовано з використанням лінійної інтерполяції результатів. Проміжні значення між точками є приблизними та вимагають відповідних вимірювань та підбору точок вимірювання з необхідними значеннями.

Певні «флуктуації» на деяких графіках (наприклад, як у випадку рисунку 7а) можливо пояснити нестабільністю сигналу в певній точці вимірювання та може бути уточнено шляхом збільшення кількості вимірювань за відповідного значення оцінюваного параметру.

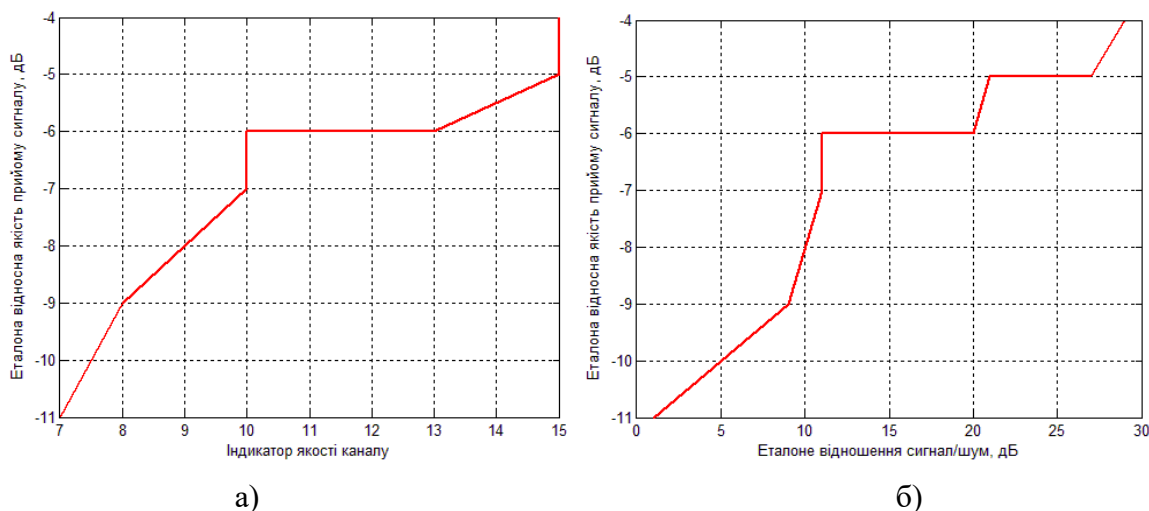


Рисунок 5 – Залежність відносної якості приймання еталонного сигналу (RSRQ):
 а) від індикатора якості каналу (CQI) б) від відношення сигнал /шум
 для еталонного сигналу (RSSNR)

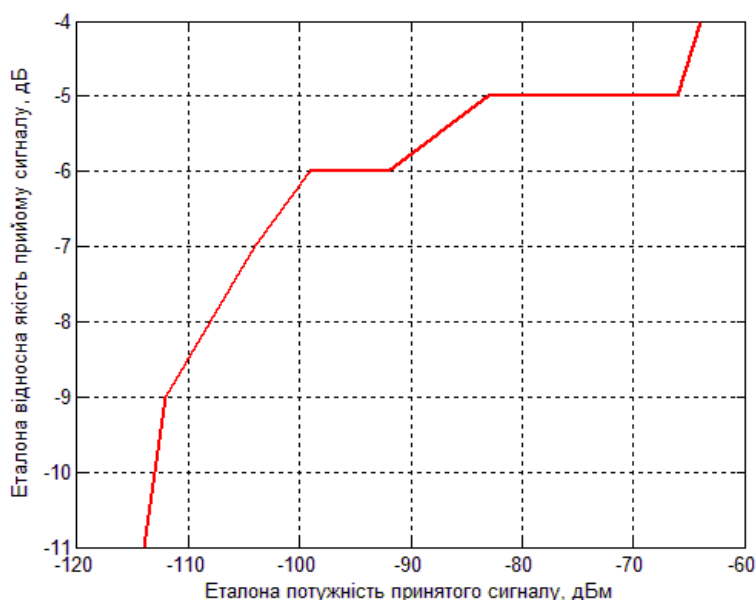


Рисунок 6 - Залежність відносної якості приймання еталонного сигналу (RSRQ):
 від потужності прийнятого еталонної сигналу (RSSRP)

При зменшенні відношення RSSNR до декількох одиниць дБ якість відтворення відеосигналу зменшується внаслідок збільшення структурних спотворень. В цьому випадку система мобільного зв'язку переходить на більш низькошвидкісний режим, ніж LTE – у режим передавання H+.

Під час потокового передавання відео спостерігався блокінг-ефект (розсіпання на окремі блоки) та затримка відтворення відеосигналу. Таким чином згідно програми nPerf мінімальне відеоспотворення спостерігалось коли RSSNR більше або дорівнює 11дБ і припустимою є якість відео більше або дорівнює 90%. В цьому випадку на малому екрані спотворення майже не помітне. Трохи вищого рівня якості вимагає відео 720p. В цьому випадку якість має бути не менше ніж 95%. Якщо ж говорити про припустимі значення CQI в цьому випадку, то згідно з рисунком 9 припустимою є конфігурація CQI більше 8, що відповідає загальній якості 95%.

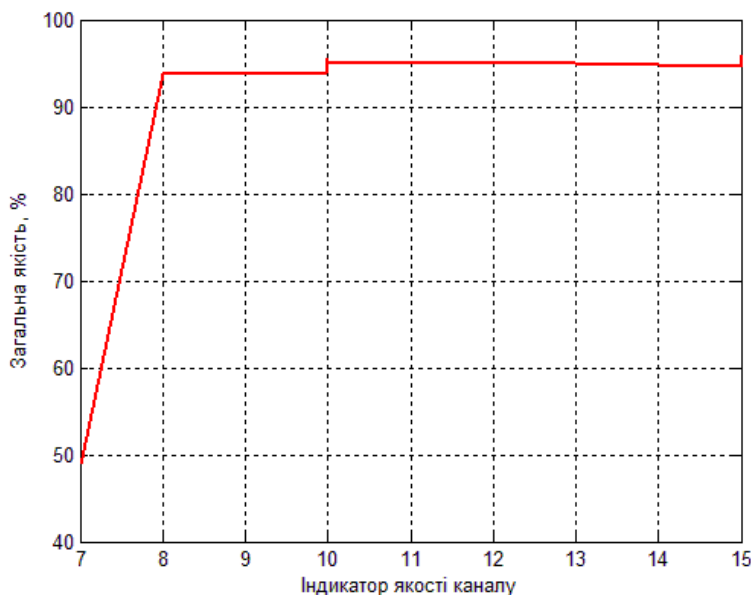


Рисунок 7 - Залежність загальної якості відео від індикатора якості каналу (CQI)

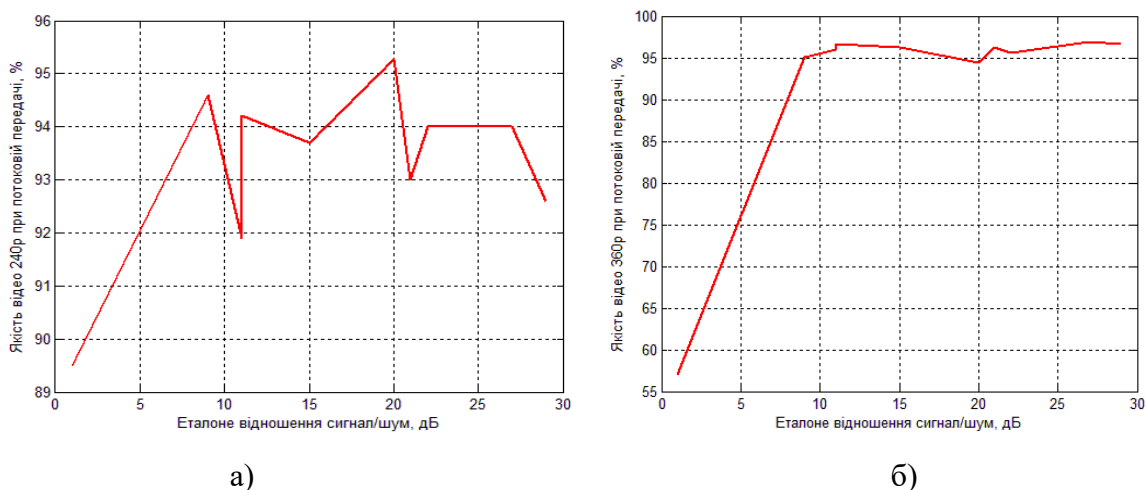


Рисунок 8 - Залежність якості відео 240p (а) та 360p (б) при потоковому передаванні від відношення сигналу/шум еталонного сигналу (RSSNR)

4 ВИСНОВКИ

Проведений аналіз показав, що сучасні системи мобільного зв'язку можуть забезпечити характеристики мультимедійного доступу (якість зображення, швидкість цифрового потоку, затримка сигналу), що є достатніми для високоякісного надання аудіовізуальних послуг. Однак це є можливим за дотримання відповідних вимог до кодеків мультимедійної інформації, каналу мобільного зв'язку та умов приймання відповідних сигналів. На теперішній час стандарт LTE, впроваджуваний в Україні, забезпечує необхідну та максимальну якість доступу до мультимедійної інформації з достатньо високим рівнем якості. При потоковому передаванні відео в системі 4G можна сказати, що з зменшенням рівня сигналу потокове передавання відеосигналу відбувається з певними затримками, що суттєво впливає на сприйману якість надання послуги. Однак в цілому можливо відзначити, що використання системи LTE для доставляння сигналів мультимедійного мовлення надає високу надійність та якість відеозв'язку практично в усій зоні обслуговування, яка досягається використанням складних алгоритмів попереднього оброблення, каналного кодування та модуляції, за яких досягається найбільша ефективність використання частотного ресурсу та ресурсу каналу.

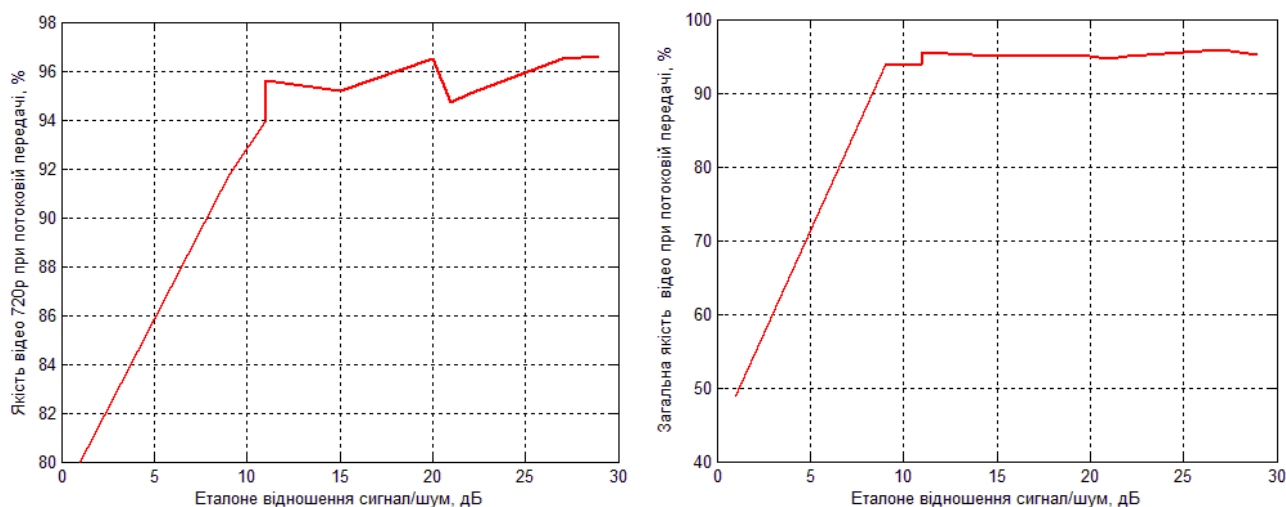


Рисунок 9 - Залежність якості відео 720p (а) та загальної якості відео (б) при потоковому передаванні від еталонного відношення сигналу/шуму (RSSNR)

Проведений в цій роботі аналіз може бути використано як для підготовки спеціалістів, під час наукових досліджень, направлених на підвищення ефективності систем доставки мультимедійного контенту, так і під час впровадження та технічної експлуатації мереж мультимедійного мовлення, базованих на стандарті LTE (у випадку їх розгортання).

ЛІТЕРАТУРА

1. H. Nam, K. H. Kim, B. H. Kim, D. Calin and H. Schulzrinne, "Towards dynamic QoS-aware over-the-top video streaming," *Proceeding of IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks 2014*, Sydney, NSW, 2014, pp. 1-9.
2. J. Surati and K. Goswami, "Evaluate the Performance of Video Transmission Using H.264 (SVC) Over Long Term Evolution (LTE)", *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 2, no. 1, pp. 109-113, 2014.
3. Z. Ye, T. Jimenez and R. El-Azouzi, "Video Streaming Analysis in Vienna LTE System Level Simulator", *Proceedings of the Eighth EAI International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 2015.
4. H. Bermudez, R. Sanchez-Iborra, J. Arciniegas, W. Campo and M. Cano, "Performance validation of NS3-LTE emulation for live video streaming under QoS parameters", *2017 IEEE 13th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, 2017.
5. S. Panigrahi, "LTE video streaming in real networks", Master's Thesis, Department of Electrical and Information Technology, Faculty of Engineering, LTH, Lund University, 2013.
6. G. Pande, "Performance Evaluation of Video Communications over 4G Network", in *ICACNI 2013*, Central Institute of Technology Raipur, India, 2013, pp. 1-6.
7. "Технология LTE", <http://anisimoff.org>, 2017. [Online]. Available: <http://anisimoff.org/lte/lte.html>. [Accessed: 24-Sep-2018].
8. "О нас - nPerf", *Nperf.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.nperf.com/ru/about-us/>. [Accessed: 24-Sep-2018].

REFERENCES

1. H. Nam, K. H. Kim, B. H. Kim, D. Calin and H. Schulzrinne, "Towards dynamic QoS-aware over-the-top video streaming," *Proceeding of IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks 2014*, Sydney, NSW, 2014, pp. 1-9.
2. J. Surati and K. Goswami, "Evaluate the Performance of Video Transmission Using H.264 (SVC) Over Long Term Evolution (LTE)", *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, vol. 2, no. 1, pp. 109-113, 2014.
3. Z. Ye, T. Jimenez and R. El-Azouzi, "Video Streaming Analysis in Vienna LTE System Level Simulator", *Proceedings of the Eighth EAI International Conference on Simulation Tools and Techniques*, 2015.

4. H. Bermudez, R. Sanchez-Iborra, J. Arciniegas, W. Campo and M. Cano, "Performance validation of NS3-LTE emulation for live video streaming under QoS parameters", *2017 IEEE 13th International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)*, 2017.
5. S. Panigrahi, "LTE video streaming in real networks", Master's Thesis, Department of Electrical and Information Technology, Faculty of Engineering, LTH, Lund University, 2013.
6. G. Pande, "Performance Evaluation of Video Communications over 4G Network", in *ICACNI 2013*, Central Institute of Technology Raipur, India, 2013, pp. 1-6.
7. "Tekhnologiya LTE", <http://anisimoff.org>, 2017. [Online]. Available: <http://anisimoff.org/lte/lte.html>. [Accessed: 24- Sep- 2018].
8. "O nas - nPerf", *Nperf.com*, 2018. [Online]. Available: <https://www.nperf.com/ru/about-us/>. [Accessed: 24- Sep - 2018].