

УДК 336.72

РОЗВАНТАЖЕННЯ МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОЄДНАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ WI-FI OFFLOAD ТА LTE. ХЕНДОВЕР МІЖ ДВОМА ТЕХНОЛОГІЯМИ

Глоба Л.С., Курдеча В.В., Дундяк Р.Р.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»

Технологія Wi-Fi offload набуває все більшої популярності у зв'язку з сучасними тенденціями росту трафіку мобільних мереж, тому виникає питання її інтеграції з існуючими, впровадженими системами зв'язку. В статті наведені вже робочі методи поєднання Wi-Fi та інших технологій, зокрема 3G. Наступним етапом еволюційним кроком є поєднання Wi-Fi offload та LTE. В статті описана реалізація вище згаданого методу. В роботі запропонований можливий метод хендверу як від LTE до Wi-Fi, так і навпаки.
Ключові слова: Wi-Fi offload, LTE, хендвер, 3G, 3GPP, mobile data offloading, IFOM.

Постановка проблеми. Потреби користувачів мобільних пристроїв ростуть з року в рік, що характеризується збільшенням попиту не тільки на комунікатори, смартфони та планшети, але й на якість послуг з передачі мобільного трафіку. Навантаження на мережі передачі даних у операторів постійно підвищується, і, відповідно, приходиться збільшувати щільність покриття, що тягне за собою значні фінансові витрати на обладнання сайтів.

На мою думку, існують два реальні альтернативні методи перерозподілу трафіку мобільних мереж – це Wi-Fi offloading та використання сучасних методів передачі даних, таких як LTE, 5G. Існують і інші шляхи вирішення даного питання, але станом на сьогодні вони малоймовірні через недостатній рівень технічної оснащеності та поширеності технологій (4G та M2M). Технологію Wifi offload почали активно досліджувати тільки відносно недавно, причиною послужило бурхливий розвиток та впровадження Wi-Fi модулів в мобільні пристрої. Основна рушійна сила дослідження та розитку цієї технології – світові лідери серед мобільних операторів та компанії що займаються мережевими технологіями (Cisco systems inc, Ericsson, AT&T Inc, Orange S.A. та ін.) [1].

За даними щорічного прогнозу, обсяг світового мобільного трафіку за найближчі 4 роки зросте в 11 разів і в 2018 р. може скласти 190 ексабайт. Передбачуване зростання мобільного трафіку стане результатом тривалого збільшення мобільних інтернет-підключень персональних пристроїв і міжмашинних з'єднань (M2M), число яких в 2018 р. перевищить 10 мільярдів. Це в 1,4 рази більше чисельності світового населення, яке, за оцінками ООН, в 2018 р. складе 7,6 млрд чоловік. Наведений у прогнозі на 2018 потенційний обсяг трафіку-190 ексабайт еквівалентний:

- 190-кратному обсягу всього фіксованого та мобільного IP -трафіку за 2000 р.;
- 42 трильйонам зображень (повідомлення MMS, Instagram і т.п.), при умові 15-ти повідомлень на день для кожного жителя планети в рік;
- трильйонам відеороликів (YouTube і т.і.), при умові більше одного кліпу в день на кожного жителя планети впродовж року.

Щомісяця в період 2017-2018 р. трафік мобільного Інтернету буде збільшуватися на 5,1 ексабайта, що втричі перевищує передбачуваний трафік усього мобільного Інтернету в 2013 р.

(1,5 ексабайта на місяць). За прогнозами Cisco, в період 2013-2018 р. темпи зростання світового мобільного трафіку втричі перевищать темпи зростання світового фіксованого трафіку (рис. 1).

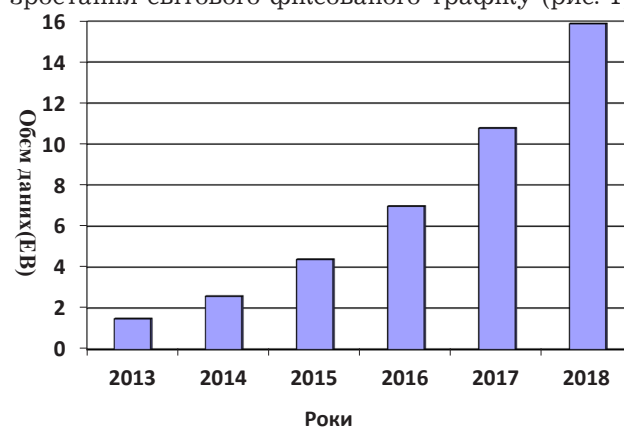


Рис. 1. Щорічні темпи росту місцевого трафіку

Зростання мобільного трафіку визначають декілька тенденцій:

- Збільшення числа мобільних користувачів з 4,1 млрд в 2014 р. до 4,9 млрд в 2018 р.
- Збільшення числа мобільних підключень. У 2018 р. число мобільних пристроїв і підключень досягне 10 мільярдів (8 мільярдів персональних мобільних пристроїв і 2 мільярди міжмашинних з'єднань); в 2013 р. загальне число мобільних пристроїв і міжмашинних з'єднань склало 7 мільярдів.
- Зростання мобільних швидкостей. У 2018 р. швидкість передачі у світових мобільних мережах практично подвоїться з 1,4 Мбіт/с в 2013 р. до 2,5 Мбіт/с в 2018 р.
- Зростання обсягів мобільного відео. У 2018 р. на частку мобільного відео доведеться 69% світового мобільного трафіку, тоді як в 2013 р. цей показник склав 53%.

У 2018 р. 54% світових мобільних з'єднань будуть відноситися до категорії розумних, в 2013 р. таких було тільки 21%. Розумні пристрої та підключення уже на сьогоднішній день мають розвинені обчислювальні та мультимедійні функції і мінімальний рівень 3G-комунікацій. За даними досліджень 94% світового мобільного трафіку даних в 2018 р. будуть формувати смартфони, ноутбуки та планшети. Міжмашинний трафік в 2018 р. складе 5% світового мобільного трафіку даних, на базові мобільні телефони доведеться

1%, на інші портативні пристрої – 0,1% світового мобільного трафіку даних. Хмарний мобільний трафік за період 2013–2018 р. виросте 12-кратно, тобто середньорічний темп зростання (CAGR) складе 64% [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для операторів використання Wi-Fi-мереж для передачі «важкого» трафіку – це не тимчасове латання дірок, а рішення, яке в перспективі послужить при розгортанні мереж LTE і візьме на себе значну частину навантаження. Так як технологія Wi-Fi володіє безліччю унікальних переваг, вона є оптимальним виходом з ситуації, що склалася.

Існує кілька можливих рішень передачі мереж Wi-Fi функцій з обслуговування трафіку даних. Вибір того чи іншого рішення в основному залежить від рівня інтеграції мережі Wi-Fi в мережі мобільного зв'язку, необхідного часу розгортання і рівня контролю абонента оператором. Далі розглянемо спрощену схему рішення для 2G/3G – мережі (рис. 2).

Опис функціональних компонентів, представлених на схемі:

- UE (User Equipment)-мобільний термінал абонента;
- AP (Access Point)-точка доступу Wi-Fi;
- WAG (Wireless Access Gateway)-контролер точок доступу Wi-Fi;
- PDG (Packet Data Gateway)-аналог BRAS для термінації тунелів від пристрою абонента;
- BTS (Base Transceiver Station)-базова станція стандарту GSM (2G);
- BSC (Base Station Controller)-контролер базових станцій GSM;
- NodeB-базова станція стандарту UMTS (3G);
- RNC (Radio Network Controller)-контролер базових станцій UMTS;

- SGSN (Serving GPRS Support Node)-шлюз між мережею радіодоступу (Radio Access Network-RAN) і базовою мережею (Core Network);

- GGSN (GPRS Gateway Service Node)-шлюз між базовою мережею (Core Network) і зовнішніми мережами (Інтернет);

- 3GPP AAA (3GPP Authentication, Authorization, Accounting)-сервер аутентифікації і авторизації абонентів;

- OCS/OFCS (Online Charging System / Offline Charging System)-online і offline білінгова система;

- HLR (Home Location Register)-база даних, що містить інформацію про абонентів;

- HSS (Home Subscriber Server)-база даних, що містить інформацію про абонентів (розширена щодо HLR);

- SLF (Subscriber Location Function)-використовується при наявності декількох HSS в мережі оператора;

- PCRF (Policy and Charging Rules Function)-управління характеристиками послуги абонента.

Згідно з рекомендаціями консорціуму 3GPP (Release 10), для реалізації технології Wi-Fi Offload на мережі мобільного оператора необхідно доповнити її компонентами, які виконують такі функції:

- шлюз PDG (TTG)-термінація IPSec-тунелів від абонентських пристроїв;

- сервер 3GPP AAA-аутентифікація та авторизація абонентів;

- HSS (Home Subscriber Server)-зберігання авторизаційної інформації та профілів абонентів;

- SLF (Subscriber Locator Function)-вибір відповідного HSS у разі наявності декількох HSS в мережі оператора.

Описана схема – не єдиний з можливих варіантів. У специфікації 3GPP наведено кілька

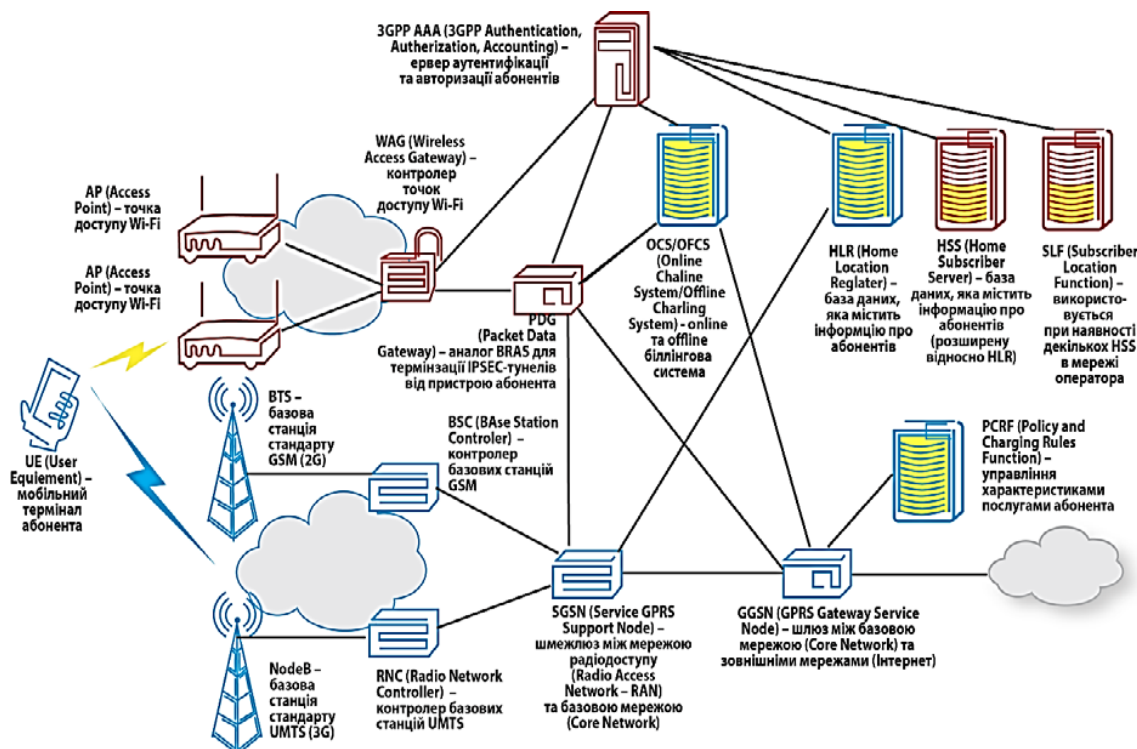


Рис. 2. Схема роботи Wi-Fi Offload на 2G/3G-мережі мобільного оператора

сценаріїв організації механізму Wi-Fi Offload на мережі оператора, проте даний варіант є найбільш універсальним. Реалізація Wi-Fi Offload, запропоновані виробниками мережевого устаткування, можуть також відрізнитися від рекомендацій 3GPP через суміщення функцій різних пристроїв-наприклад, функціональність PDG (TTG) може бути реалізована безпосередньо на GGSN. [3]

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Технологія 3G дуже поширена та розвинена на даний момент у світі, але сучасні тенденції розвитку суспільства спонукають до впровадження наступних ер телекомунікаційних систем (LTE, 5G), що дозволить мобільним операторам залишатися конкурентно спроможними в майбутньому, а клієнтам отримувати послуги з найсучаснішими показниками якості.

Розгорнути мережу узгоджених Wi-Fi станцій може сам мобільний оператор або ж партнерські інтернет-провайдери на договірних умовах. В першому випадку базові станції самого оператора зв'язку будуть називатися довірчими і не будуть потребувати додаткових механізмів авторизації, якщо мобільний оператор буде використовувати партнерське обладнання/з'єднання необхідно буде додатково встановити WiGW (шлюз доступу) для кожної або ж для групи точок доступу. Узгодження LTE-WLAN повинне відбуватися вже на рівні мобільного оператора. Архітектурна взаємодія двох технологій мобільного оператора зі спільним ядром описана в специфікації 3GPP Rel-12 Dual Connectivity (DC) (спрощена схема роботи зображена на рис. 3) і базується на взаємодії Wi-Fi та 3G (рис. 2). PDN шлюз виступає в якості точки прив'язки для забезпечення мобільності між двома мережами доступу. [4]

Не вирішеним питанням залишається хендовер між двома системами передачі мобільних даних. Переключення повинне відбуватися безшовно – непомітно для мобільного клієнта.

Хендовер LTE – Wi-Fi можна описати наступними кроками:

- Клієнт (UE) вже під'єднаний до LTE мережі.

- UE знаходить доступну точку доступу (Hot-Spots) та використовує специфікацію 802.11u, виконується з'єднання до відкритої клієнту точки доступу. 802.11u виділяє радіоканал зв'язку для запобігання перешкодам, далі отримує/пересилає дані про можливе під'єднання до мережі мобільного оператора для агрегації з LTE (використання ANQP/GAS механізму взаємодії). Перш за все перевіряється чи мобільний абонент входить в список клієнтів яким доступний даний роумінг. Сам мобільний клієнт може аналізувати доступні йому підключення і обирати пріоритет підключення.

- UE автоматично ініціює послідовність перевірки доступу за допомогою облікових даних мережі стільникового зв'язку за допомогою реалізації EAP-AKA або EAP-SIM на клієнтській стороні (без необхідності користувачеві вводити облікові дані). Ця аутентифіка-

ція включає в себе UE, AP, WiGW (Wi-Fi шлюз, AAA сервера і PDN GW)

- Після успішної аутентифікації UE ініціює DHCP, посилюючи відкриті повідомлення. WiGW отримує цей запит і в свою чергу, ініціює GTP (або PMIP) тунель з PGW в кінці якого (в разі успіху), PGW надає ту ж адресу WiGW який, в свою чергу, пересилає його UE за допомогою Wi-Fi мережі.

- Отримавши від WiGW ту саму ж IP-адресу, як і в мережі LTE, відправляє відповідь до DHCP про успішне закріплення IP. PGW ініціює повідомлення NAS Detach про відключення від LTE

- Коли UE отримує повідомлення про відключення від LTE, пристрій починає перенаправляти трафік по вже закріпленому IP адресу через Wi-Fi мережу.

- Описаний метод призводить до безшовного – не помітного для користувача переключення між LTE та Wi-Fi мережею, не вимагає втручання абонента оскільки використовує ті ж облікові дані в мережі та відбувається на стороні мобільного оператора.

Зворотній хендовер від Wi-Fi мережі до LTE відбувається дещо простіше та швидше, оскільки немає необхідності в повторній аутентифікації клієнта. Нижче наведено покрокове переключення від Wi-Fi – LTE

- UE підключено до Wi-Fi мережі, трафік передається

- UE вирішує повернутися до мережі LTE і відправляє запит на підключення до мережі LTE

- Після того, як LTE PDN стає активним, він починає посилати трафік назад в мережу LTE.

- Після того, як трафік починає текти у напрямку до мережі LTE, UE припиняє Wi-Fi зв'язок.

Схема роботи хендоверу зображена на рис. 4

Висновки та пропозиції. У зв'язку з постійним зростанням абонентського трафіку в мобільній мережі виникає необхідність в додаткових методах розвантаження каналів мобільного опе-

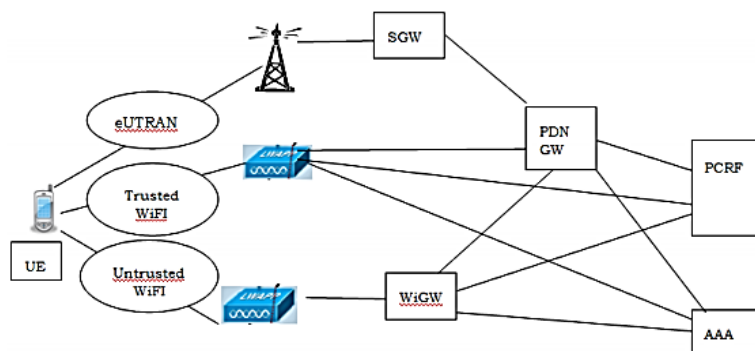


Рис. 3. Спрощена схема роботи Wi-Fi та LTE на стороні мобільного оператора

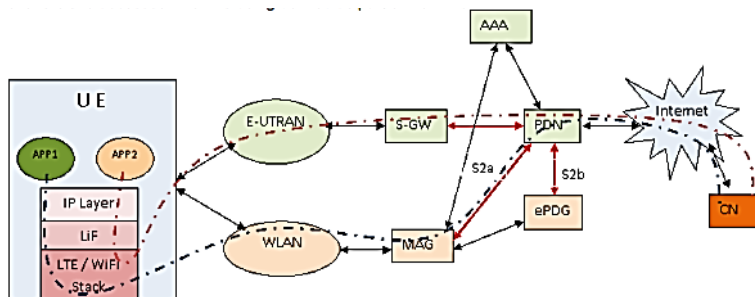


Рис. 4. Схема роботи хендоверу між LTE та Wi-Fi

ратора. Найперспективнішою технологією є Wi-Fi offloading. На сьогоднішній день існують добре розвинена мережа 3G-Wi-Fi в деяких мобільних операторів Європи, Америки та Азії. У зв'язку з поширенням сучасної технології LTE існує необхідність поєднання Wi-Fi та LTE. Для успішної взаємодії та безперебійної роботи необхідно визначити правила переключення між двома мережами (хендовер). Підхід, розглянутий вище якраз забезпечує механізм безперебійної передачі даних за допомогою Wi-Fi та LTE мереж.

Клієнт не бере участі в переключенні, з'єднання ініціює мобільний пристрій, а всі дії відбуваються на мережі мобільного оператора. [5] Однак навіть це не є ідеальним накладом обмеження використання одного з двох мереж, в певний момент часу. Наступний етапом може стати технологія мобільного потоку IP (IFOM), що розширює можливості, дозволяючи одночасне підключення до Wi-Fi і LTE мережі (насправді, будь-якої макро мережі з Wi-Fi) – з одночасним IP-потокми протягом через дві мережі.

Список літератури:

1. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast 2013-2018// Cisco materials – Режим доступу: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/white_paper_c11-520862.html-Дата доступу: 28.01.16. – Назва з екрана.
2. VNI Mobile Forecast Highlights, 2013-2018// Cisco materials – Режим доступу:http://www.cisco.com/assets/sol/sp/vni/forecast_highlights_mobile/index.html#~Region-Дата доступу: 29.01.16. – Назва з екрана.
3. 3G/LTE Wi-Fi Offload Framework // Qualcomm Incorporated materials – Режим доступу: <http://www.qualcomm.com/solutions/wireless-networks/technologies/wi-fi-evolution> – Дата доступу: 20.04.14.-Назва з екрана.
4. K. Samdanis, T. Taleb, S. Schmid, «Покращений перерозподіл трафіку для eUTRAN,»/ K. Samdanis, T. Taleb, S. Schmid// IEEE Communications Surveys and Tutorials, не.- 2012.-№ 3.- С.884–896.
5. M. I. Rahman, «LTE системи в поєднанні з не ліцензованим діапазоном частот»/ M. I. Rahman// IEEE Symp. New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, DySPAN. – 2011.- С. 349.

Глоба Л.С., Курдеча В.В., Дундяк Р.Р.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»

РАЗГРУЗКА МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ СОЧЕТАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ WI-FI OFFLOAD И LTE. ХЕНДОВЕР МЕЖДУ ДВУМЯ ТЕХНОЛОГИЯМИ

Аннотация

Технология Wi-Fi offload приобретает все большую популярность в связи с современными тенденциями роста трафика мобильных сетей, поэтому возникает вопрос ее интеграции с существующими, введенными системами связи. В статье приведены уже рабочие методы сочетания Wi-Fi и других технологий, в частности 3G. Следующим эволюционным шагом является сочетание Wi-Fi offload и LTE. В статье описана реализация вышеупомянутого метода. В работе предложен возможный метод хендовера как от LTE к Wi-Fi, так и наоборот.

Ключевые слова: Wi-Fi offload, LTE, хендовер, 3G, 3GPP, mobile data offloading, IFOM.

Globa L.S., Kurdecha V.V., Dundiak R.R.

National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute»

OFFLOAD MOBILE NETWORKS THROUGH A COMBINATION OF TECHNOLOGY WI-FI AND LTE. HANDOVER BETWEEN THE TWO TECHNOLOGIES

Summary

Technology Wi-Fi offload is gaining popularity due to modern trends of mobile network traffic growth, therefore we introducing the question of its integration with existing communication systems. The article presents already working methods combination Wi-Fi and other technologies such as 3G. The next evolutionary step is the combination of Wi-Fi offload and LTE. The article describes the implementation of the above-mentioned method. In this paper we propose a possible method of handover from LTE to Wi-Fi and vice versa.

Keywords: Wi-Fi offload, LTE, handover, 3G, 3GPP, mobile data offloading, IFOM.