

технології. Розробка математических моделей радиосистем в диапазоне миллиметровых волн представляет собой продолжающееся исследование и основана на принципах, которые отличаются от подходов моделирования в других диапазонах длин волн. Показано, что для совершенствования моделей в долгосрочном развитии будущих беспроводных систем в миллиметровом диапазоне, особенно для мобильной индустрии, необходимы новые концепции разработки моделей, основанные на фундаментальных физических подходах. Проведен анализ составляющих энергетического бюджета радиолинии в миллиметровом диапазоне. Показано, что для систем в диапазоне миллиметровых волн характерны эффекты рассеяния, отражений, вероятности блокировки высоки (низкая дифракция), поглощения среды, зависимости поглощения от погодных условий и несущей частоты в миллиметровом диапазоне (наличие окон прозрачности и пиков поглощения), шум молекулярного поглощения. Предложена многолучевая модель радиоканала в миллиметровом диапазоне, которая учитывает влияние молекулярного поглощения (переизлучения) в атмосфере и эффекты отражения сигнала в городских условиях. Показано, что решения, основанные на усилении за счет дифракции и отражений, могут быть использованы при разработке мобильных систем миллиметрового диапазона для городского сценария, что значительно повысит энергоэффективность.

Ключевые слова: миллиметровый диапазон; мобильная связь; потери в канале; модель радиоканала.

УДК 621.321

DOI: 10.31673/2412-9070.2019.062933

О. А. ДІБРІВНИЙ, аспірант,
Державний університет телекомунікацій, Київ

СУЧАСНИЙ СТАН МЕРЕЖІ МОБІЛЬНОГО ІНТЕРНЕТУ В УКРАЇНІ

Розглянуто стан мережі мобільного інтернету в Україні. Основну увагу приділено порівнянню швидкості підімкнення та щільності покриття в Україні зі світовими лідерами та виокремлено основні здобуті результати такого зіставлення. Також наведено порівняння швидкостей мобільного підімкнення для трьох найбільших мобільних операторів України: Київстар, Vodafone та lifecell, як з урахуванням 2G/3G мереж та окремо 4G мережі. Запропоновано статистику використання 4G мережі абонентами даних операторів. Сформульовано основні проблеми становлення 100-відсоткового покриття України мережею 4G.

Ключові слова: 4G; 3G; lifecell; Vodafone; Київстар; SpeedTest by Ookla; мобільний інтернет.

ВСТУП

Постановка проблеми. У сучасному світі мобільний інтернет став важливою частиною життя більшості людей, що зумовлено популяризацією соціальних мереж та масовою гаджетизацією населення. Швидкий і доступний мобільний інтернет став одним із основних пріоритетів розвитку мобільних провайдерів в Україні. Запуск у 2018 році мережі 4G відкрив нові можливості для використання IT-технологій як для пересічних користувачів, так і для малого та середнього бізнесу. Варто зазначити, що головною метою впровадження технології 4G в Україні було не лише отримання нових швидкостей, оскільки 3G покриття вже дозволяло мати швидкість інтернету в межах 20 Мбіт/с, що давало змогу цілком комфортно працювати з будь-якими популярними сервісами — від перегляду онлайн-відео, онлайн-трансляцій до онлайн-ігор і завантаження об'ємного контенту. Метою такого запуску було забезпечення стабільного сервісу і широкого покриття, оскільки частоти 3G інтернету не справлялися з навантаженням абонентів на українському ринку. Зі зростанням кількості використовуваних гаджетів із підтриманням мобільного інтернету перед мобільними операторами України постало питання впровадження нових технологій мобільного інтернету,

а також розширення покриття наявних мереж. Актуальність даної статті — огляд сучасного стану мобільних мереж в Україні та визначення основних проблем щодо впровадження 100-відсоткового покриття території України швидкісним інтернетом.

Аналіз основних досліджень і публікацій. Проблема впровадження широкого покриття мобільним інтернетом в Україні останніми роками було присвячено багато наукових праць, серед яких, зокрема, можна виокремити роботи таких авторів, як Лазоренко Л. В., Паночішин Ю. М., Ткач А., Олійник В. М., Яценко В. В.

Огляд покриття та швидкості мобільних мереж в Україні

Загальний стан швидкості мобільного інтернету в Україні згідно зі статистикою SpeedTest by Ookla станом на жовтень 2019 року подано на рис. 1.

Для порівняння світовий індекс швидкості інтернету та індекси провідних країн наведено на рис. 2.

Як бачимо, швидкість мобільного інтернету в Україні на 27% нижча за світову і в 4,4 рази менша від швидкості інтернету країни, яка посідає перше місце. Основною причиною такого показника в швидкості інтернету є відносно низький відсоток

© О. А. Дібрівний, 2019

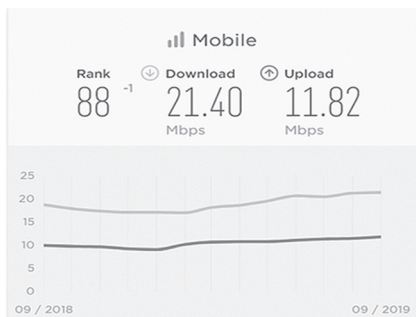


Рис. 1. Середня швидкість мобільного інтернету в Україні [3]

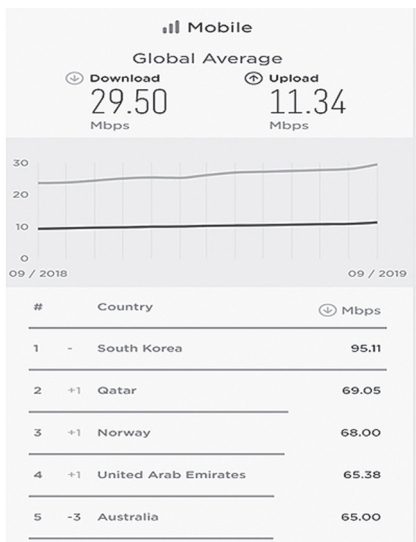


Рис. 2. Середня швидкість мобільного інтернету в світі та країни з найшвидшим інтернет-підключенням [4]

покриття України мережею 4G. У загальний рейтинг було взято будь-які вимірювання швидкості через мобільну мережу, зокрема через мережі 2G та 3G, швидкість з'єднання для яких незрівнянно нижча, ніж у 4G. Карту 4G покриття України зображено на рис. 3.

Порівнювати покриття України з Північною Кореєю є не зовсім коректним через велику різницю в площі: 603,6 тис. м² для України та 100,2 тис. м² для Кореї. Доречнішим буде порівняння з Францією, територія якої є найнаближенішою за розмірами до України з усіх країн Європи: 498,5 тис. м². Карту покриття Франції мережею мобільного інтернету наведено на рис. 4.

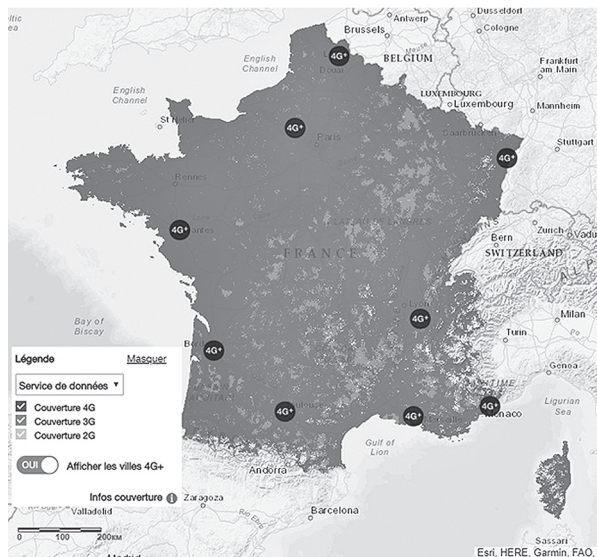


Рис. 4. Карта покриття Франції інтернет-мережею [6]

Коефіцієнт швидкості інтернету для Франції подано на рис. 5.

У чому ж полягає причина такої різниці покриття мережами мобільного інтернету? По-перше, це відношення щільності населення цих країн: 70,5 осіб на 1 км² для України та 117,6 осіб на 1 км² для Франції, від чого напряду залежить економічне обґрунтування щільності покриття. По-друге, вагомим чинником є те, що в країнах Європи 3G/4G мережі побудовано на низьких частотах у діапазоні

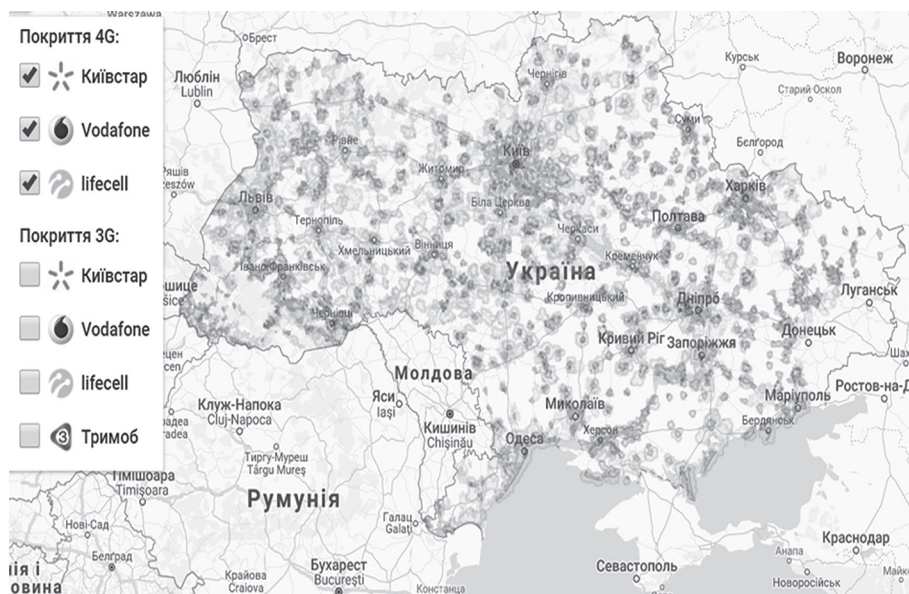


Рис. 3. Зведена карта 3G/4G покриття в Україні [5]

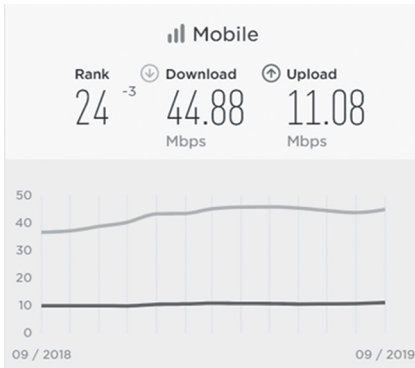


Рис. 5. Середня швидкість інтернет-з'єднання по Франції [7]

700...900 МГц, тоді як мережі українських операторів базуються на високих радіочастотах 1800, 2100 та 2600 МГц, а покривати країну мережею на високочастотній базі не дуже вигідно через відносно малий радіус дії базової станції (БС), який у 3–3,5 рази нижчий за радіус покриття БС низьких частот. Національна комісія регулювання зв'язку і інформатизації підрахувала, що для покриття України мережею на базі високих частот потрібно мати від 31,7 до 97,6 тис. БС, тоді як для низькочастотних потребуватиметься лише 4,1 тис.

на період 2016 року забезпечували 2,1 тис. БС, тоді як у «Київстар» на цей самий період було майже 23 тис. БС. Тут важливо зазначити, що покриття мобільних операторів «великої трійки» теж охоплює майже всю територію України, але технологією 2G на частотах 900 МГц, тоді як 3G/4G мережі в Україні базуються на частотах 2100...2800 МГц. Відповідь полягає в тому, що низькі частоти розподілено вкрай нерівномірно і в кожній області України ці частоти розподілено окремо. Розподіл діапазону частот в 900 МГц наведено на рис. 6.

Єдиним оператором мобільного інтернету України, що повністю працює на низьких частотах, є «Інтертелеком», який має майже 80% покриття України мережею Інтернет зі швидкістю до 14,7 Мбіт/с, при цьому таке покриття Інтертелекому

станом на серпень 2019 року трійка найбільших операторів мобільного зв'язку в Україні домовилась про перерозподіл частот у діапазоні 900 МГц, що за оцінюванням експертів уможливить за 1,5 року покриття 4G майже всієї України. Також варто зазначити, що ще одним чинником щодо помітної різниці у швидкості інтернет-з'єднання між Україною та Францією є введення в останній мереж типу 4G+ та 5G.

Порівняння мобільних мереж провідних операторів України

Порівнюючи мобільний інтернет трійки найбільших операторів України, можна побачити, що лідером за середньою швидкістю всіх мобільних підімкнень є «Київстар» (рис. 7).

Варто зазначити, що дану статистику по трьом найбільшим містам України наведено без ураху-

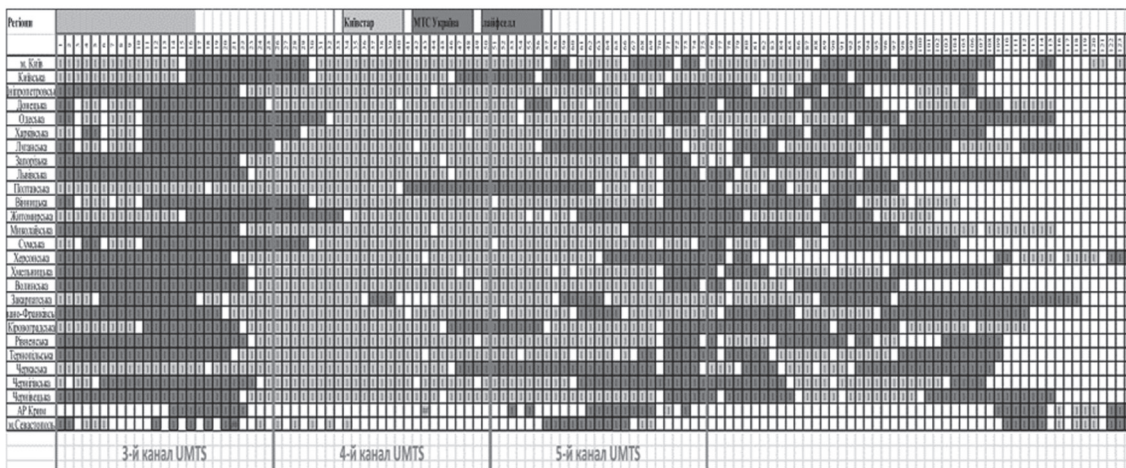


Рис. 6. Розподіл діапазону частот в 900 МГц по Україні відносно мобільних операторів [8]

City Network Speeds

City	Carrier	Speed Score	Ⓜ Mbps	Ⓜ Mbps
Kyiv	Kyivstar	19.79	21.27	14.92
	lifecell	19.01	20.86	10.23
	Vodafone	18.52	20.02	11.07
Dnipro	Kyivstar	22.09	24.11	12.23
	lifecell	20.18	21.75	11.57
	Vodafone	18.50	19.81	12.45
Kharkiv	Kyivstar	26.25	28.77	13.04
	lifecell	22.94	24.92	13.22
	Vodafone	17.58	18.99	13.23

Рис. 7. Середня швидкість інтернету в трьох найбільших містах України залежно від мобільного оператора [9]

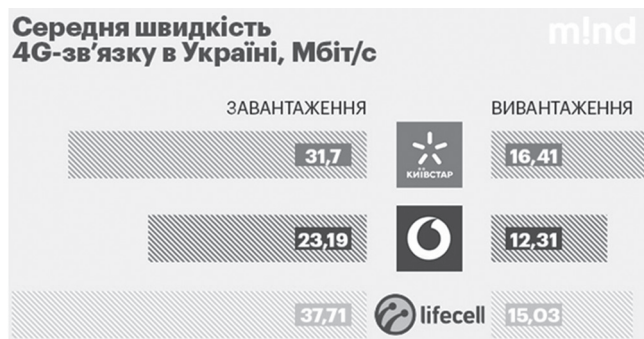


Рис. 8. Швидкість інтернет-з'єднання через мережу 4G для трьох найбільших операторів України [10]

вання типу мобільної мережі. Якщо ж брати до уваги тестування швидкості лише для мережі 4G, результати будуть трохи інакшими (рис. 8).

Також дослідження показують, що в середньому абоненти «lifecell» у день завантажують інтернет-трафік на 20-30% більше, ніж абоненти інших мереж, що пояснюється обмеженням мобільними операторами «Київстар» та «Vodafone» на використання хот-спотів.

Станом на червень 2019 року частка смартфонів із підтриманням швидкісного 4G інтернету в мережах мобільних операторів становить 44% [1]. Щоправда, розподіл відносно загальної абонентської бази операторів залишається нерівномірним.

Так, наприклад, за даними компанії «Київстар» кількість абонентів із підтриманням «4-го покоління» досягла 10,5 млн телефонів із загальною абонентською базою 26,2 млн, що становить майже 40% від усіх абонентів, і є найнижчим показником серед трьох найбільших мобільних операторів в Україні. «Vodafone», у свою чергу, станом на червень 2019 року охоплює абонентську базу в 19,5 млн користувачів, серед яких абоненти з підтриманням 4G, і має частку приблизно в 43% (8,4 млн користувачів). Найбільший показник проникнення 4G смартфонів має третій за кількістю абонентів (6,8 млн) оператор «lifecell» — 64,5%, що майже на третину більше, ніж у інших двох грандів.

Таким чином, загальна абонентська база трьох найбільших стільникових операторів України становить 52,6 млн, при населенні в 42 млн (станом на червень 2019) [2]. Така різниця пояснюється чималою кількістю людей із двома або більше сім-картками.

Також ця трійка операторів мобільного зв'язку України надала статистику найпопулярніших гаджетів для використання 4G:

- Xiaomi — 28% ;
- Samsung — 20% ;
- Apple — 17% ;
- Huawei — 12% ;
- Meizu — 9% .

ВИСНОВОК

Сьогодні Україна посідає 88 місце в рейтингу швидкості мобільних мереж за версією міжнародної платформи тестування швидкості інтернету Ookla. Основними причинами таких результатів є відносно низьке покриття території України мережами 3G та 4G, а також відсутність технологій 4G+ та 5G. Розв'язання цієї проблеми полягає в перерозподілі низьких радіочастот діапазону 900 МГц, що за оцінками експертів дозволить досягнути 90% покриття України мережею 4G за наступні 1,5 року.

У процесі аналізу наявного ринку було визначено, що найвищих показників упровадження 4G в Україні досягнуто оператором «lifecell». За даними, станом на липень 2019 року, 64,4% усіх користувачів цього оператора використовують 4G мережу, тоді як для «Київстар» та «Vodafone» це відповідно 40% і 43%. Що ж до швидкості мобільного інтернету, то під час розгляду всіх типів підімкнення лідирує «Київстар» із середньою швидкістю 20,73 Мбіт/с, для «lifecell» — 18,38, «Vodafone» — 18,28. Якщо ж розглядати лише 4G мережу, то тут безумовним лідером виступив «lifecell», середня швидкість для якого становить 37,71 Мбіт/с, що майже вдвічі більша за середній показник із урахуванням мереж 2G/3G, «Київстар» показав результат у 31,7 Мбіт/с, «Vodafone» — 23,19 Мбіт/с.

Загалом, навіть беручи до уваги середній показник швидкості за результатами компанії Ookla, можна дійти висновку, що швидкість мобільного підімкнення в Україні дозволяє повною мірою використовувати популярні інтернет-сервіси. Так, наприклад, для перегляду відео в розширенні 1080p без зупинок достатньо швидкості в 10...12 Мбіт/с за мінімальної середньої швидкості по Україні в 18,28 Мбіт/с.

Список використаної літератури

1. *Київстар, Vodafone або lifecell — в кого більше 4G смартфонів [Електронний ресурс]. URL: <https://ubr.ua/market/telecom/kievstar-vodafone-ili-lifecell-u-ko-ho-bolshe-4g-smartfonov-3885523> (дата звернення: 11.10.2019)*
2. *Мінфін. Населення України [Електронний ресурс]. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/2019/> (дата звернення: 11.10.2019)*
3. *Speedtest Global Index. Ukraine September 2019 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.speedtest.net/global-index/ukraine> (дата звернення: 11.10.2019)*
4. *Speedtest Global Index. Global Speeds September 2019 [Електронний ресурс]. URL: <https://www.speedtest.net/global-index> (дата звернення: 11.10.2019)*

5. Зведена мапа мобільного покриття України [Електронний ресурс]. URL:

<https://www.mobuа.net/maps/?pos=54.162048,35.595673,6> (дата звернення: 11.10.2019)

6. Verifier la couverture du reseau mobile de mon adresse [Електронний ресурс]. URL:

<https://reseaux.orange.fr/cartes-de-couverture/mobile-3g-4g> (дата звернення: 11.10.2019)

7. Speedtest Global Index. France September 2019 [Електронний ресурс]. URL:

<https://www.speedtest.net/global-index/france> (дата звернення: 11.10.2019)

8. Реорганізація діапазону 900 МГц [Електронний ресурс]. URL:

https://nkrzi.gov.ua/images/news/11/1542/Presentation_24072018.pdf (дата звернення: 11.10.2019)

9. SpeedTest Awards. Ukraine | Q2-Q3 2019. Fastest Mobile Network [Електронний ресурс]. URL:

https://www.speedtest.net/awards/ukraine/2019?award_type=carrier&time_period=q2-q3 (дата звернення: 11.10.2019)

10. Тестування Mind: якою швидкістю 4G дивують абонентів мобільні оператори [Електронний ресурс]. URL:

<https://mind.ua/publications/20194703-testuvannya-mind-yakoyu-shvidkistyu-4g-divuyut-abonentiv-mobilni-operatori> (дата звернення: 11.10.2019)

О. А. Дибривний

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СЕТИ МОБИЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА В УКРАИНЕ

Рассмотрено состояние сети мобильного интернета в Украине. Основное внимание уделено сравнению скорости подключения и плотности покрытия в Украине с мировыми лидерами и выделены основные полученные результаты такого сравнения. Также приведено сравнение скорости мобильного подключения для трех крупнейших мобильных операторов Украины: Киевстар, Vodafone и lifecell, как с учетом 2G/3G сетей и отдельно 4G сети. Предложена статистика использования 4G сети абонентами данных операторов. Сформулированы основные проблемы становления 100% покрытия Украины сетью 4G.

Ключевые слова: 4G; 3G; lifecell; Vodafone; Киевстар; SpeedTest by Ookla; мобильный интернет.

O. A. Dibrivniy

MODERN STATE OF THE MOBILE INTERNET NETWORK IN UKRAINE

Article dwells upon state of the mobile Internet network in Ukraine. The focus is on comparing connection speeds and coverage densities with world leaders and highlighting the main causes of the results from such a comparison. So, the article shows the average mobile internet speed of 21,4 Mbps according to SpeedTest by Ookla statistics for October 2019. These results are compared to the average world speed of 29,5 Mbps, as well as the average Internet speed for France, the size of the area and the population of which is as close as possible to Ukraine. An internet coverage map was considered for these two countries. There were identified a number of factors that prevented Ukraine from reaching the coverage of the internet generation of at least 3G, reached by France, among which the main factor was highlighted. Which according to the author, is the usage of frequencies of the range 2100...2800 MHz, instead of the frequencies of 800...900 MHz and as a result high cost of providing enough base stations to maintain the desired coverage.

The article also compared the mobile connection provided by the largest mobile operators in Ukraine: Kyivstar, Vodafone and lifecell. The average speed of operators was presented, among which the leading position is occupied by Kyivstar with an average speed of 20,73 Mbps, then lifecell — 18,38 Mbps and Vodafone — 18,28 Mbp/s. If we consider only 4G network, then lifecell was the absolute leader, with an average speed of 37,71 Mbps, which is almost 2 times higher than the average with 2G/3G networks, Kyivstar showed a result of 31,7 Mbps, Vodafone 23,19 Mbps. It was also determined that the share of 4G-enabled smartphones in the networks of Ukrainian mobile operators is 44%. In particular, 10,5 million out of 26,2 million for the operator Kyivstar, 8,4 million with 19,5 for Vodafone and 4,4 million with 6,8 million in lifecell. If we look at this distribution as a percentage, we get 40, 43 and 64,5% respectively.

Keywords: 3G; 4G; Kyivstar; Vodafone; lifecell; SpeedTest by Ookla; mobile networks.