

систем на основі технології РППК. Було показано, що складність побудови традиційних трансиверів набагато більша ніж у РППК, не кажучи про відсутність можливості гнучкої модифікації систем із появою нових стандартів.

При досить високій перспективності методів РППК є ряд проблем: висока вартість АЦП та ЦАП та цифрових сигнальних процесорів для систем РППК. У зв'язку з цим ставиться питання про створення більш дешевих компонентів, або перехід на більш низькі проміжні частоти.

На підставі проаналізованої інформації зроблено висновки про доцільність використання методів прямого цифрового синтезу у вихідних каскадах систем РППК замість систем на основі ФАПЧ.

### Література

1. Силин А. Технология Software Defined Radio. Теория, принципы и примеры аппаратных платформ / Силин А. // Технологии и стандарты. – 2007. – № 2. – С. 22 – 27.
2. Designing With Confidence for Military SDR Production Applications/ Charlie Jenkins – San Jose.: Altera, 2007. – 120 с.
3. Software-Defined Radio. White Paper/ Wipro T. – Santa Clara.: Altera, 2002. – 75 с.
4. Software Defined Radio [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные (80304 bytes). – N.Y.: , 2012. – Режим доступа: <http://www.sdrforum.org/pages/documentsLibrary/> 23.02.2012 14: 07: 02.

Надійшла до редакції  
10.3.2012 р.

УДК 621.394.3

**Д.В. ЛИСЕНКО, С.В. БЕХ, Ю.О. БАБІЙ**

Хмельницький національний університет

## ПОРІВНЯННЯ ПОКОЛІНЬ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ 3G ТА 4G ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ КРАЩОГО ШЛЯХУ МІГРАЦІЇ GSM ОПЕРАТОРІВ НА НОВИЙ СТАНДАРТ

У статті розглядаються основні принципи та характеристики поколінь мобільного зв'язку 3G та 4G. Розглянуто шлях розвитку та визначаючи характеристики основних стандартів. Подано перелік основних переваг та недоліків.

*The article deals with basic principles and characteristics of the mobile generations 3G and 4G. The ways of development and defining characteristics of the basic standards. Lists the main advantages and disadvantages.*

Ключові слова: технологія 3G, технологія 4G, мобільний зв'язок, бездротові мережі.

### Вступ

Телекомунікаційні мережі на сьогоднішній день є однією з галузей, що розвиваються найшвидше. Незважаючи на те, що мережі мобільного зв'язку у сучасному розумінні цього визначення з'явилися відносно недавно, декілька поколінь вже встигли змінити одне одного. У мобільному зв'язку зміна поколінь виражена набагато яскравіше ніж наприклад у індустрії персональних комп'ютерів чи іншої електронної техніки. У світі мобільного зв'язку все чітко: 1G – (перше покоління) – це аналоговий зв'язок (стандарт NMT). 2G – покоління цифрового зв'язку з комутацією каналів (стандарты GSM і CDMA). 3G – на ряду з комутацією каналів передбачає пакетну передачу даних (стандарт UMTS). 4G – покоління цифрового зв'язку яке повністю переходить на пакетну передачу інформації.

На сьогоднішній день стандарт GSM є найбільш розповсюдженим і займає 82 % світового ринку мобільного зв'язку. Багато країн оголосило про розгортання 3G мереж, проте ряд країн перейшов одразу до створення 4G мереж. Тому актуальним є питання доцільності переходу на стандарт 3G мереж чи відмови від нього на користь 4G.

### Постановка задачі

Метою статті є наглядно продемонструвати принципи третього та четвертого покоління які стануть ключовими аргументами у виборі подальшого шляху еволюції та оптимізації мереж мобільного зв'язку.

### Основна частина

Між поколіннями повинна бути якісна різниця як на технологічному рівні так і на рівні користувача. Свого часу перехід від технології зв'язку першого покоління до другого означав перехід до цифрових технологій на технічному рівні і до сервісів передачі даних на рівні користувача. Перехід до 3G означає можливість передачі даних на швидкостях що дозволяють дивитися відео, що є якісно новим кроком.

Технологічно він ґрунтується на прориві у створенні мало споживаючих мікроелектронних засобів обробки сигналів – таких як цифрових так і аналогових (наприклад, високочастотні маломощні підсилювачі, напівпровідникові прилади на основі GaAs та інших широкозонних напівпровідникових матеріалів). Мікроелектронні технології глибоко субмікронного рівня (65-45 нм і нижче) це ні що інше, як зниження енергоспоживання і збільшення функціональності на необхідний рівень.

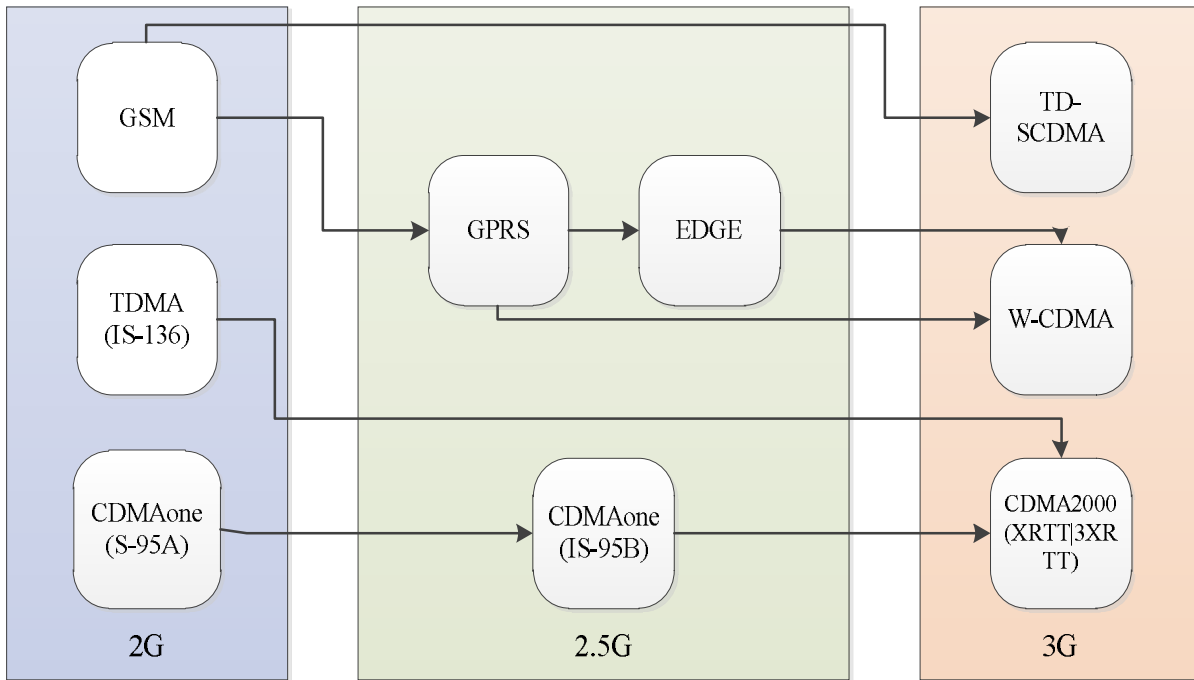


Рис. 1 Еволюція стандартів 2G – 2.5G – 3G

Четверте покоління пристроїв дає змогу використовувати сумісний прилад як повноцінний мультимедійний офіс. Саме на це направленні вимоги IMT-Advanced щодо забезпечення такими системами швидкості в низхідному каналі до 100 Мбіт / с для мобільних і 1 Гбіт / с для номадичних і фіксованих абонентів. Спочатку вони були сформульовані в рекомендації ITU-R M.1645 [3], зараз перебувають у стадії постійного уточнення.

Мобільний WiMax

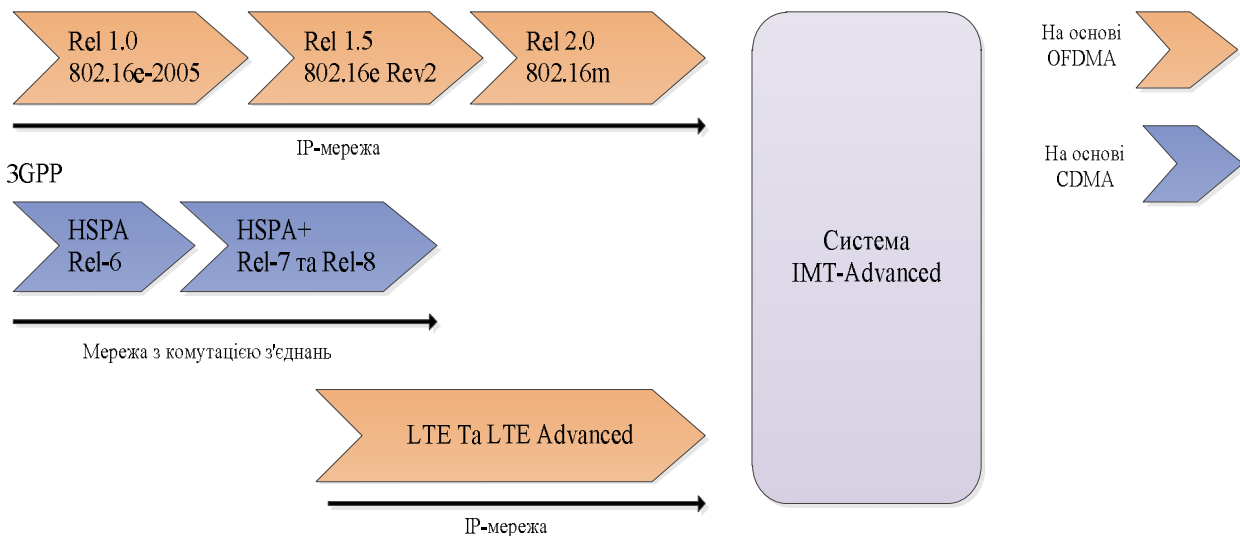


Рис. 2 Еволюція стандартів 3G та 4G

Це дає можливість встановлювати голосові з'єднання і водночас з цим використовувати різні інформаційні сервіси, працювати в Інтернеті, обмінюватися великими масивами даних, переглядати ТВ-трансляції (IPTV) чи відео за запитом і т.п. Як стільниковий телефонія дозволила бути на зв'язку майже завжди і скрізь, так і системи 4G повинні забезпечити всіх і кожного надійним високошвидкісним доступом до різних мереж передачі даних. За рахунок збільшення швидкості мобільний WiMAX, і LTE / UMB можуть задовольнити такі потреби. Проте виникає глобальна проблема – сумісність. Незважаючи на те що ITU проголошує концепцію єдиної загальносвітової бездротової мережі, в умовах сучасної економічної і політичної конкуренції протоколів і технологій глобальних систем зв'язку завжди буде декілька. Наприклад, IMT-2000 включає себе шість різних стандартів з відповідними їм частотами. Група стандартів IMT-Advanced також буде представлена різними технологіями, і серед них напевно будуть WiMAX, LTE Advanced і UMB. Все це широкопasmові технології, але жодна з них не отримає 100 %-ного розповсюдження. Тому їм потрібно буде співіснувати, а краще доповнювати одне одного. Тільки такі

технології орієнтовані на спільну роботу і інтеграцію на системному рівні і можна відносити до покоління 4G. Причому мова йде про взаємодію технологій всіх рівнів від широкоповних до мереж фіксованого зв'язку. Але за рахунок чого реально забезпечується сумісність різних технологій? Для цього, перш за все, необхідні узгоджені протоколи роботи в радіомережі. Наприклад, повинна збігатися тривалість кадрів і зони низхідних і висхідних каналів при тимчасовому дуплексі. Обов'язковим є масштабування по частотним смугам, причому з однаковою для різних технологій кратністю (або підтримання роботи в однакових за шириною смугах). Необхідні засоби гнучкої адаптації та перебудови системи, у тому числі на рівні антенних систем. Для цього всі технології IMT-Advanced повинні підтримувати роботу з адаптивними антенними системами, включаючи функції формування діаграм спрямованості антенних систем. На рівні опорних мереж інтеграція повинна бути ще більш повною, аж до прозорого обміну потоками між мережами з різними радіоінтерфейсу. Відзначимо, що всі ці вимоги підтримують стандарти, що розробляються як в рамках LTE Advanced, так і WiMAX.

Таким чином, системи 4G можна визначити як технології, які увійдуть до стандарту IMT-Advanced. На рівні користувача їх буде відрізняти:

- висока (від 100 Мбіт/с для мобільних абонентів) швидкість. Це означає роботу одночасно з декількома мультимедійними потоками, різними за природою та вимогам до QoS;
- взаємна сумісність і активну взаємодію. Користувач не повинен відчувати перешкод від інших мереж, та проблем з між мережевою передачею даних.

На рівні технологічній системі 4G характеризуються:

- повним переходом до модуляції OFDM (робота в умовах перевідбиття);
- узгодженістю спільної роботи на рівні радіо протоколів фізичного рівня;
- високою гнучкістю при виборі частотних смуг, частотних діапазонів, адаптивної перебудовою методів модуляції;
- застосуванням найбільш досконалих методів каналного корегуючого кодування (каскадні коди, коди LDPC, розвинутою системою багаторівневого інтерлівінга і т.п.);
- опорні / базові мережі повністю IP (з переходом до протоколів IPv6), з'явиться можливість інтеграції систем різних стандартів на базі єдиної NGN-мережі (наприклад, на основі технології MPLS), підтримка платформи IMS.

Всі перераховані технологічні особливості спираються на революційні досягнення останніх років в області мікроелектронної елементної бази. Це відноситься не тільки до функціональності приймально-передавальної апаратури. Тому важливою також є інтеграція мережевих пристроїв в ноут- і нетбуки, смартфони і т. п. Так як основною задачею мереж 4G є надання послуг такого роду пристроям. На сьогодні ці пристрої по відношенню до масового користувачеві дещо дорогі (щодо нетбуків це вже не так). Але з часом їх ціна неминуче впаде. І тоді потреба на швидкісний мобільний контент стане глобальною і загальною.

Великий вплив на розвиток широкополосного мобільного зв'язку 4G мають такі суміжні технології, як IEEE 802.11, а також технології цифрового телевізійного і радіомовлення. Стандарти 802.11 продовжують активно вдосконалюватися, їх вже давно не можна позиціонувати тільки як технології для бездротових локальних мереж. Відомі численні приклади, коли на основі методів 802.11 будувалися мережі широкополосного безпроводного доступу міського масштабу, причому з об'єднанням декількох регіонів. А з появою стандарту mesh-мереж 802.11s, високошвидкісних стандартів 802.11n і 802.11 VNT (в перспективі) цей напрямок буде тільки розвиватися таблиця 1.

Таблиця 1

**Параметри основних стандартів**

Технологія	Стандарт	Швидкість	Радіус дії	Частота
Wi-Fi	802.11a	до 54 Мбіт/с	до 120 м	5 ГГц
Wi-Fi	802.11b	до 11 Мбіт/с	до 140 м	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11g	до 54 Мбіт/с	до 140 м	2,4 ГГц
Wi-Fi	802.11n	до 480 Мбіт/с	до 250 м	2,4 ГГц або 5 ГГц
Wi-Max	802.16d	до 75 Мбіт/с	6 – 10 км	1,5 – 11ГГц
Wi-Max	802.16e	до 40 Мбіт/с	1 – 5 км	2 – 6 ГГц

Зрозуміло, стандартам 802.11 немає місця в LTE Advanced. Для цього у них відсутній ряд важливих властивостей – перш за все, немає підтримки мобільності і високої щільності абонентів. Не кажучи вже про відсутність єдиних частотних смуг в ліцензованих діапазонах. Але ж мережі 802.11 спеціально створювалися для роботи в без ліцензійних діапазонах частот. І їх основна властивість, яка незмінно зберігається у всіх нових системах, це простота інсталяції і низька вартість.

### Висновки

Основними перевагами 4G стандарту над 3G є:

- 1) Забезпечення швидкості прийому 100 Мбіт/с для мобільних і 1Гбіт/с для номадичних і

фіксованих абонентів.

2) За рахунок того що всі технології покоління 4G побудовані на загальній IP- зв'язності між ними досягається краща сумісність.

3) Використання OFDM модуляції дає змогу краще протистояти таким негативним явищам як вузько смугові завади та вибіркоче затухання.

4) Адаптивна перебудова методів модуляції

5) Застосування покращених методів канального кодування

Основні недоліки 4G також є проблемою і для стандарту 3G, а саме:

1) Проблема отримання частотного діапазону

2) Мала кількість абонентських приладів сумісних які підтримують нові стандарти

3) Телефонні пристрої при роботі з новими стандартами використовують більше енергії. Також слід зазначити що для використання таких послуг як відео-дзвінки та мобільного телебачення необхідний більший екран.

У сучасних бездротових мережах близько 80 % коштів витрачається на придбання ділянок землі під базові станції та будівництво конструкцій і лише 20 % – на технологічне устаткування. У мережах peer-to-peer ця пропорція змінюється на зворотню: 80 % коштів витрачаються на технології. А оскільки вартість технологічних рішень постійно знижується, такі мережі з часом будуть все більш прибутковими на відміну від традиційних стільникових мереж, де спостерігається зворотна тенденція. Найбільш важливою проблемою поширення 4G є низька активність інвесторів. Розвиток мереж четвертого покоління затримує те, що мережі 3G мають високий потенціал інтенсивного й екстенсивного розвитку.

### Література

1. Вишнеvский В. М. Энциклопедия WiMAX путь к 4G / Вишнеvский В. М., Портной С.Л., Шахович И. В. – Москва: Техносфера, 2009. – 472с.

2. Абрагин Д. Телекоммуникационные сети нового поколения: решения НТЦ / Абрагин Д. – Первая мила, 2009, № 2.

3. Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000. – RECOMMENDATION ITU-R M.1645, 2003.

Надійшла до редакції

10.3.2012 р.

---

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради  
Хмельницького національного університету,  
протокол № 8 від 29.03.2012 р.**

Підп. до друку 29.03.2012 р. Ум.друк.арк. 19,34 Обл.-вид.арк. 18,5

Формат 30x42/4, папір офсетний. Друк різнографією.

Наклад 100, зам. № \_\_\_\_\_

Тиражування здійснено редакційно-видавничим центром

Хмельницького національного університету

29016, м. Хмельницький, вул. Інститутська, 7/1. тел (0382) 72-83-63