

УДК 621.391

Отрох С. І., к.т.н. (ПАТ «Укртелеком»); **Стец О. С.**, к.т.н. (ТОВ «Атраком»);
Жданенко О. В. (Нац. технічний унів-т України «КПІ»)

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ МЕРЕЖ ДОСТУПУ НА БАЗІ РАДІОТЕХНОЛОГІЙ

Отрох С. І., Стец О. С., Жданенко О. В. Основні тенденції розвитку мереж доступу на базі радіотехнологій. Стаття присвячена вирішенню основних питань щодо розвитку мереж доступу на базі радіотехнологій. Наведені визначення та основні характеристики стандартів GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE. Визначено, що перспективною радіотехнологією на найближчий час для задоволення потреб користувачів послуг телекомунікацій буде технологія LTE.

Ключові слова: РАДІОТЕХНОЛОГІЯ, МЕРЕЖА ДОСТУПУ, GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE

Отрох С. И., Стец А. С., Жданенко О. В. Основные тенденции развития сетей доступа на базе радиотехнологий. Статья посвящена решению основных вопросов развития сетей доступа на базе радиотехнологий. Приведены определение и основные характеристики стандартов GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE. Определенно, что перспективной радиотехнологией на ближайшее время для удовлетворения потребностей пользователей услуг телекоммуникаций будет технология LTE.

Ключевые слова: РАДИОТЕХНОЛОГИИ, СЕТЬ ДОСТУПА, GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE

Otrokh S. I., Stets O. S., Zhdanenko O. V. Basic progress of access networks on the base of radiotechnologies. Article is devoted the decision of the basic questions concerning development of networks of access on the basis of radio technologies. It is resulted definitions and characteristics of standards GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE. It is defined that technology LTE will be a perspective radio technology in the near future for satisfaction of requirements of users services of telecommunications.

Key words: RADIO TECHNOLOGIES, ACCESS NETWORKS, GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS, WiFi, WiMax, LTE

Сучасні тенденції розвитку мереж доступу визначають жорсткі вимоги до смуги пропускання каналів “останньої милі”, до якості доставки сигналу і можливості надання мультисервісних послуг (Triple Play). Зростаючий попит абонентів на послуги, пов’язані з цифровим відео та швидкісним доступом до ресурсів мережі Internet накладають підвищені вимоги до смуги пропускання та гарантованого часу доставки пакетів. Особливо жорсткі вимоги пред’являються до смуги для мережі, підготованої для транспорту цифрового відео високої роздільної здатності (HDTV). Аналіз нинішньої ситуації чітко показує що починаючи з 2011 року використання існуючих технологій сімейства WiFi та 3G не дозволить у повній мірі оператору телекомунікацій задовольнити вимоги користувачів.

Вже сьогодні в розвинутих країнах, орієнтованих, зокрема, на ширококутний безпроводовий доступ, в мережах, що охоплюють всі категорії клієнтів, пропонується швидкість абонентських каналів 25-50 Мбіт/с від оператора до абонента і більше 10 Мбіт/с для висхідного трафіку (США, країни Азіатсько-Тихоокеанського регіону, Європа). Такі ж вимоги до смуги пропускання і для нових мереж у абонентів з’являються і в Україні, що демонструють пропозиції альтернативних операторів телекомунікацій.

Розвиток технологій безпроводового доступу є відносно новим напрямом. Найбільш перспективними технологіями доступу з можливістю організації високошвидкісного каналу на сьогоднішній день є технології WiFi, 3G і WiMax. Впровадження WiFi може забезпечити потреби користувачів не лише по ширококутовому доступу і Інтернет, але і в частині передачі мови поверх WiFi. Крім того, WiFi надає можливості по побудові цільових мереж, що може сприяти розширенню клієнтської бази і представленню користувачам принципово нових послуг. Технологія WiMax, в основному, застосовується для організації стаціонарного безпроводового доступу з географічно віддаленими користувачами з метою організації

доступу до мережі Інтернет, пунктів колективного доступу, для організації телефонних каналів (як транспортна технологія) з віддаленими населеними пунктами.

Що стосується впровадження і розгортання стандарту LTE (Long-Term Evolution), то про нього почали розмовляти лише у 2008 році, коли міжнародне партнерське об'єднання Third Generation Partnership Project (3GPP) розробивши перспективні стандарти мобільного зв'язку (GSM, GPRS, EDGE, UMTS (WCDMA), IMS і інш.), затвердило LTE як наступний, після UMTS стандарту широкопasmової мережі рухомого (мобільного) зв'язку. І зараз ця технологія лише розвивається, не маючи при цьому фактично повністю готових і апробованих вирішень розгортання мережі. Варто зазначити, що на телекомунікаційному ринку України діє поки що єдиний оператор, який надає послуги широкопasmового мобільного зв'язку мережі 3G на базі стандарту UMTS і єдиний оператор, який надає послуги на базі стандарту WiMAX та немає жодного телекомунікаційного оператора який би розгорнув мережу на базі технології LTE.

Технології безпроводових технологій на ділянці доступу до мережі можна класифікувати, у першу чергу, по масштабах мережі зв'язку. На рис. 1 наведено таку класифікацію.

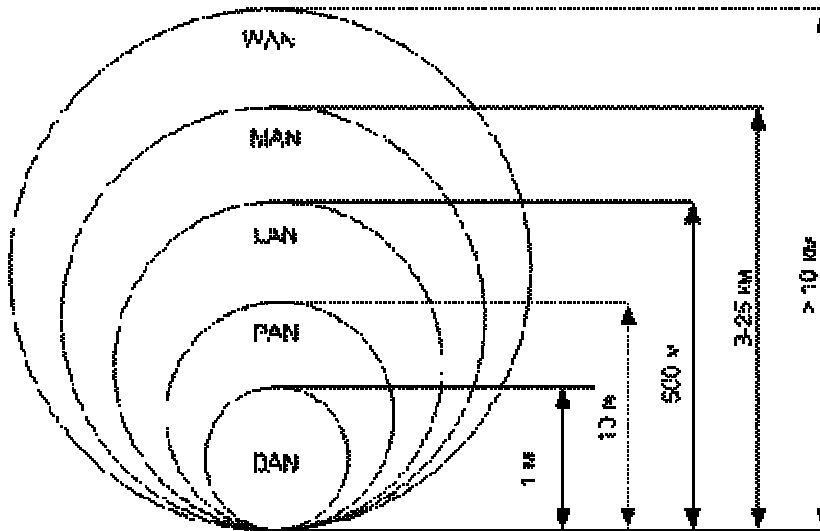


Рис. 1. Зони покриття безпроводових мереж різного призначення

Починаючи з найменшої зони покриття можна виділити наступні групи мереж:

- BAN (Body Area Network) – петельна мережа, тобто мережа в рамках одного організму тварини або людини. Прикладом такої мережі може служити мережа WSN (Wireless Sensor Network) – безпроводова мережа датчиків;
- PAN (Private Area Network) – персональна мережа. Прикладом може служити мережа, побудована в рамках одного приміщення, організована з використанням Bluetooth або WiFi;
- LAN (Local Area Network) – локальна мережа. Прикладом може служити мережа підприємства або організації;
- MAN (Metropolitan Area Network) – мережа в масштабах міста або населеного пункту;
- WAN (Wide Area Network) – глобальна мережа.

Основною метою створення безпроводових мереж доступу можуть бути:

- забезпечення можливості переміщення абонента (мобільності);
- зниження вартості мережі за рахунок виключення лінійного встаткування на абонентській ділянці мережі;
- створення мереж особливого призначення для рішення специфічних завдань, наприклад, у частині одержання телеметричної інформації (WSN);

– підвищення комфорту користувача шляхом виключення необхідності використання кабелів для з'єднання різних пристроїв.

З погляду операторів зв'язку найбільший інтерес у цей час представляють мережі PAN, LAN і MAN. У цей час для реалізації мереж цих масштабів існують технології доступу WiFi і WiMax, а також технології доступу в мережах другого й третього поколінь. Безпроводові технології рівня абонентського доступу (АД) одержують у цей час все більше поширення. Інтенсивне поширення цих технологій почалося з розвитком мереж рухомого зв'язку.

Найбільш масове застосування безпроводові технології рівня АД знайшли в мережах рухомого зв'язку (стільникових мережах зв'язку).

На сьогоднішній день у світі переважна більшість мереж рухомого зв'язку – це мережі другого й третього поколінь (2G, 2,5G, 3G), стандартів GSM, CDMA-Is95, WCDMA, CDMA-2000, UMTS. Всі дані стандарти мереж забезпечують передачу мови, а також передачу даних. Найбільш істотною їхньою відмінністю, з погляду можливостей по реалізації тих або інших послуг, є різна величина максимально досяжної швидкості передачі даних на рівні АД. Характеристики ряду стандартів у частині швидкості передачі даних (ПД) наведені в табл. 1.

Як видно з наведеної таблиці існуючі технології, що досягли піка розвитку (2G) і відносно нові (3G), істотно відрізняються можливостями по наданню послуг передачі даних. Потенційно можливі швидкості ПД у технологій мереж третього покоління на порядок перевищують аналогічні характеристики мереж попереднього покоління.

Максимально досяжна швидкість ПД для даного класу технологій, є лише їхньою якісною характеристикою. Практично швидкість ПД для безпроводових технологій істотно залежить від умов поширення радіохвиль і абонентського трафіку тому, що спектральний ресурс у цьому випадку на відміну від проводових технологій є загальним для великої кількості користувачів.

У мережах стандарту GSM використовуються технології, які діють на базі принципу часового поділу каналів (TDMA). У мережах рухомого зв'язку наступних поколінь застосовується принцип кодового поділу каналів (CDMA), що потенційно дозволяє підвищити ефективність використання радіочастотного спектру.

Крім технологій, які використовуються у мережах рухомого зв'язку, розвиток одержали технології безпроводового доступу для організації зв'язку з фіксованими абонентами або для використання в рамках абонентського терміналу (радіоподовжувача). Найпоширенішою на сьогоднішній день є технологія DECT. Дана технологія забезпечує передачу мови або даних з потенційно досяжною швидкістю передачі даних 552 кбіт/с. Крім того, зазначена технологія застосовується в телефонних апаратах для зв'язку базового блоку зі слухавкою, у міні АТС, тощо.

Характеристики стандартів по швидкості ПД			
Табл. 1			
Характеристика	Стандарт	Технологія ПД	Макс. швидкість ПД на рівні АД
Технологія 2G-2,75G	GSM	CSD	9,6 кбіт/с
		HSCSD	28,8 кбіт/с
		GPRS	43,2 кбіт/с
		EGPRS (EDGE)	236,8 кбіт/с
Технологія 3G	CDMA-Is95		115200 кбіт/с
	WCDMA	HSDPA	3,6 Мбіт/с
	CDMA-2000	EV-D0	3,1 Мбіт/с
	UMTS		8 Мбіт/с
Радіо доступ	DECT		552 Кбіт/с
Радіотехнології, призначені для передачі даних	WiMax	IEEE 802.16	70 Мбіт/с
		IEEE 802.20	
		IEEE 802.22	
	LTE		більше 570 Мбіт/с
	WiFi	IEEE 802.11x	до 300 Мбіт/с
Персональні мережі PAN	Bluetooth	IEEE 802.15.1	3 Мбіт/с
Сенсорні мережі (WSN)	ZigBee	IEEE 802.15.4	250 Кбіт/с

До другого класу безпроводових технологій можна віднести технології доступу, розроблені безпосередньо для реалізації послуг передачі даних. Найпоширенішими в цьому класі є технології WiFi, WiMax та LTE.

Технологія WiFi використовується сьогодні практично в усіх мережах локального безпроводового широкосмугового доступу. Вона включає в себе сімейство стандартів IEEE 802.11a/b/d/e/f/g/h/i/n/p/r/s/t/u/v/w. Основними відмітними властивостями технології WiFi від інших є:

- забезпечення зв'язку на невеликій території (в зоні радіусом 100...150 метрів) і всередині приміщень;
- забезпечення високошвидкісної (до 300 Мбіт / с) передачі даних;
- простота принципів побудови та функціонування мережі.

Дані властивості технології WiFi в поєднанні з іншими факторами (доступне обладнання, прийнятий у багатьох країнах світу принцип безліцензійного використання смуги радіочастот 2,4 ГГц, широка підтримка провідними виробниками устаткування і ін.) дозволили їй у досить короткий термін одержати широке поширення. Цьому сприяла і активна робота міжнародної організації WiFi Alliance, якій на сьогоднішній день вдалося забезпечити високий рівень взаємної сумісності обладнання WiFi від різних виробників.

Технологія WiFi розвивається: в даний час ведуться роботи з подальшого збільшення швидкості передачі даних більше 300 Мбіт / с, у тому числі понад 100 Мбіт/с на рівні додатків, вдосконалення механізмів забезпечення інформаційної безпеки та адаптації до електромагнітної обстановки в зонах дії точок доступу і впровадження технології mesh мереж.

Технологія WiMax – це стандарт IEEE 802.16, що визначає принцип безпроводового широкосмугового доступу (Broadband Wireless Access, BWA) місцевого рівня (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN). На прикладі успішного розгортання мереж WLAN останні п'ять років показали готовність ринку до впровадження безпроводового Інтернету будь-де для розширення можливостей надання всього спектру послуг Інтернет, включаючи широкосмугові. Технологія WiMax дозволяє надати широкосмуговий доступ на більшій площі у порівнянні з технологією WLAN, в той час як остання, як правило, застосовується для забезпечення широкосмугового доступу всередині приміщень і досить обмежено поза будівлями. З огляду на принцип побудови мереж IEEE 802.16 схожий, із стільниковими мережами GSM/3G, а також має високу пропускну здатність каналів, вже зараз передбачається, що IEEE 802.16 досить швидко зможе вийти на ринок послуг зв'язку і знайде необхідну кількість користувачів для порівняно малого терміну окупності. Однією із значних стратегічних удосконалень технології IEEE 802.16 у порівнянні з іншими технологіями сімейства IEEE 802 є початкова орієнтація на доставку трафіку з різними вимогами щодо якості обслуговування (Quality of Service, QoS) – як відомо протокол IP спочатку розроблявся без диференціації трафіку, який переноситься в його пакетах. Пізніше, з виходом протоколу IP в комерційне використання у вигляді мережі Інтернет, був розроблений ряд алгоритмів, архітектур і протоколів, що дозволяють забезпечувати якість обслуговування в проводових мережах. Проте з впровадженням мережі Інтернет в безпроводові мережі виявилось, що динаміка безпроводового каналу впливає на ймовірність втрати пакету і для надання комерційного доступу до послуг реального часу, наприклад, Premium VoIP, необхідне надання гарантій по ряду ключових параметрів, таких як ймовірність втрати пакета, затримка, джиттер затримки.

Технологія LTE ретельно аналізувалася 3GPP, та проведений системний підхід показав, що доступ LTE задовольняє сформульованим вимогам і відповідним чином забезпечує необхідну гнучкість спектру. На рис. 2 показана ефективність використання змодельованого спектру та пропускну здатності трафіку користувачів. Ефективність спектру становить

1,7...2,7 біт/с/Гц на соту в низхідному каналі і 0,7 біт/с/Гц на соту у висхідному каналі при відстані між станціями рівному 500 м. Пропускна здатність трафіку користувачів на межі соти складає 0,18...0,28 біт/с/Гц на соту в низхідному каналі і 0,022...0,05 біт/с/Гц на соту у висхідному каналі, при моделюванні роботи з 10 користувачами і до кінця заповнених буферах кожної соти.

Технологія LTE здатна забезпечувати швидкість передачі, що перевищує задані 100 Мбіт/с для

низхідного і 50 Мбіт/с для висхідного каналів. На практиці, при виділенні смуги пропускання в 20 МГц, досягнута швидкість більша ніж 325 Мбіт/с для низхідного каналу і 80 Мбіт/с для висхідного каналу. Орієнтовна затримка відгуку в мережі складає 7 мс; затримка в один бік – 3,5 мс, а значення затримки відгуку в мережі для HARQ – 5 мс.

Таким чином, проаналізувавши різні специфікації технології WiMax та LTE можливо прийти до висновку, що вони призначені для реалізації безпроводової висо-кошвидкісної передачі даних на різні відстані (десятки кілометрів) від об'єктів, які можуть рухатись. Максимально досяжні швидкості залежать від швидкості переміщення рухомого об'єкта й відстані до об'єкта. Дані технології можуть застосовуватися як для зв'язку з рухомими терміналами передачі даних, так і для організації транспортного середовища. Наприклад, для реалізації телефонного зв'язку із групою географічно розміщених абонентів. Вартість реалізації доступу технології LTE в цей час істотно вище, ніж WiFi та WiMax, тому її використання обмежене тими випадками, коли неможливе використання більш дешевої технології.

Література

1. Розширення 3G/WiMax мереж та послуг за допомогою резидентних мереж доступу. Extending 3G/WiMax Networks and Services through Residential Access Capacity. F. Pan Ken, G. Hoekstra, D. Barankanira, C. Francis, R. Schwendener, O. Grondalen, M.G. Jaatun. IEEE Communications Magazine, December 2007, №12.
2. 3GPP TS 23.234. 3GPP Systems to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking, V.7.2.0, IETF RFC 3519, June 2008.
3. 3GPP2 C.S0084-006-0 "Connection Control Plane for UMB Air Interface Specification", v.1.0, April 2007.



Рис. 2. Залежність швидкості ПД в мережі LTE