

ОСОБЛИВОСТІ СУЧАСНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ МЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПЕРЕДАВАННЯ МУЛЬТИМЕДІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Національний авіаційний університет

Проаналізовано особливості технічних параметрів та характеристик технологій безпроводових мереж доступу. Розглянуто можливості передавання мультимедійної інформації у таких мережах. Систематизовано висновки щодо перспектив застосування безпроводових технологій для організації інформаційних мереж.

У зв'язку із поширенням корпоративних, домашніх та інформаційних мереж загального користування, які організовано за безпроводовими технологіями стандартів *Wi-Fi*, *Wi-MAX* й *3GPP (3rd Generation Partnership Project)*, виникає необхідність оцінки цих та інших технологій безпроводових мереж доступу для формування рекомендацій щодо вибору технології й планування конкретної інформаційної мережі з урахуванням змісту інформації, що буде передаватись через мережу. Для формування таких оцінок і рекомендацій необхідно розглянути принципи організації мереж з використанням зазначених технологій, граничні параметри та характеристики, які може бути забезпечено цими технологіями, порівняти технологічні можливості, передбачені відповідними стандартами. Питома вага мультимедійної інформації (передавання мови, відео, спеціальних даних тощо) у сигнальних потоках інформаційних мереж постійно зростає, тому оцінка можливості передавання мультимедійної інформації у безпроводових мережах становить особливий інтерес.

Для забезпечення передавання мультимедійної інформації мережі повинні забезпечувати достатню пропускну здатність і припустимі затримки між транспортними пакетами одного мультимедійного потоку. Розробники безпроводових мережних технологій підходять до рішення цієї проблеми з двох боків. З одного боку, вдосконалюють технології стільникового та мобільного зв'язку з метою збільшення сигнального потоку й інтеграції інформаційних послуг, з іншого боку, розробляють спеціальні технології ширококосмугового (швидкісного) доступу до

мережних інформаційних ресурсів, які також передбачають можливість передавання голосової інформації, традиційної для мобільних систем зв'язку. Наведений у цій статті аналіз інформаційних можливостей зазначених систем дає змогу оцінити їхнє співвідношення у сучасному інформаційному просторі.

Мережі безпроводового ширококосмугового доступу (БШД) є сьогодні одним з напрямів телекомунікаційної галузі, що розвивається найбільш інтенсивно. На перший погляд здається, що мережі БШД є прямою загрозою мережам стільникового зв'язку. Однак більш детальний аналіз показує, що найбільш перспективним буде їхнє взаємне доповнення, що призведе до нового етапу розвитку стільникового зв'язку. З метою вивчення питань подальшого розвитку мереж стільникового зв'язку й БШД Асоціація 3G здійснила комплекс досліджень, деякі результати яких знайшли відображення й у цій статті.

Параметри найпоширеніших безпроводових мережних технологій наведено у порівняльній таблиці – табл. 1 [1].

У проводових мережах ширококосмуговий доступ забезпечують шляхом передавання даних через мережі кабельного телебачення CATV, застосування технологій xDSL та Ethernet, а в безпроводових – сучасними технологіями стільникового зв'язку й БШД.

Високошвидкісні послуги стільникового зв'язку стали можливими за рахунок технологій 2,5G (*EDGE/ CDMA2000*). Перехід до технологій третього покоління (*UMTS, CDMA2000 1x*), а далі – до удоско-

наленого 3G (HSDPA, EV-DO/DV) й четвертого покоління ще більше розширить можливості мереж стільникового зв'язку щодо надання інформаційних послуг.

У свою чергу, технології БШД з самого початку орієнтовано на високошвидкісне передавання даних. Сьогодні існує кілька технологій БШД, кожна з яких має свої переваги та недоліки, а також певну сферу застосування. Можна виділити три основних типи мереж БШД:

мережі локального безпроводового широко-смугового доступу (ЛБШД), що забезпечують доступ на обмеженій території або всередині будинків. До таких належать мережі, що використовують точки доступу загального користування (так звані гарячі точки), а також корпоративні й домашні безпроводові локальні комп'ютерні мережі WLAN (Wireless Local Area Network); мережі фіксованого безпроводового широко-смугового доступу (ФБШД), що забезпечують доступ до спільних інформаційних ресурсів для користувачів з фіксованим розташуванням у межах міста або регіону;

мережі мобільного безпроводового широко-смугового доступу (МБШД), що забезпечують доступ для мобільних користувачів у межах міста або регіону.

Практично в усіх мережах ЛБШД використовують технологію Wi-Fi. У мережах ФБШД найбільш перспективною є модифікація технології WiMAX для фіксованого доступу (IEEE 802.16-2004). У свою чергу, у мережах МБШД найбільші перспективи мають технології WiMAX для мобільного доступу (IEEE 802.16e) та технології WiBro й Flash-OFDM.

Особливості технології Wi-Fi. Характерними властивостями технології Wi-Fi є [2]:

забезпечення зв'язку на невеликій території (у зоні радіусом 100 - 150 м) й усередині приміщень;
високошвидкісне (до 54 Мбіт/с) передавання даних;
простота принципів побудови та функціонування мережі.

Таблиця 1

Характеристики інформаційних технологій безпроводових мереж

| Технологія | Стільниковий зв'язок (3G) | | | | Безпроводовий широкосмуговий доступ (БШД) | | | | |
|--|---------------------------|----------|--------|-------------|---|--------------------------|------------------------|-----------------|--------|
| | UMTS | | | CDMA 2000 | Wi-Fi (IEEE 802.11a /b/g) | Wi-MAX IEEE 802.16 -2004 | Wi-MAX (IEEE 802.16 e) | Flash OFDM | Wi-Pro |
| | UTRA FDD | UTRA TDD | HSDPA | EV/DO EV-DV | | | | M | |
| Максимальна швидкість передачі даних абонента, Мбіт/с (у смузі частот МГц) | 0,384 (5) | 2 (5) | 14 (5) | 3,1 (1,25) | 11-802.11b 54-802.11a /g (22) | 75 (20) | 15 (5) | 16 (3) 5 (1,25) | 3 (9) |
| Типова швидкість передачі даних абонента (у незавантаженій мережі), Мбіт/с | 0,22 | 1,4 | 4 | 1 | 3 для 802.11b 20 для 802.11a /g | 2-10 | 3 | 6 1,25 | 0,512 |

| Робочі смуги частот, МГц | 5 FDD | 5 TDD | 5 FDD | 1,25 FDD | 22 TDD | 1,5, 20 FDD /TDD | 1,25 або 5 FDD | 9 FDD | |
|------------------------------|---------------------------------------|-------|-------|-------------------------------|---------------------------------|---|----------------|---------------|---------------|
| Типовий радіус стільники, км | 0,5 - 5 | | | | До 0,1-0,15 усередині приміщень | 1 - 50 | 0,5 - 5 | | |
| Ступінь мобільності | До швидкості 250 км/год | | | | У межах точки доступу | Фіксований доступ | До 120 км/год | До 250 км/год | До 120 км/год |
| Радіочастотний діапазон, ГГц | Ліцензований (0,9, 1,8, 2, 2,5 - 2,7) | | | Ліцензований (0,45, 0,8, 1,9) | Неліцензований (2,4, 5) | Ліцензований (2,4, 5) Неліцензований (2,5 - 2,7, 3,5, 5 - 6) | До 3,5 | 2,3 | |

Такі властивості технології *Wi-Fi* вкупі з іншими факторами (доступним устаткуванням, прийнятим у багатьох країнах принципом безліцензійного використання діапазону частот 2,4 ГГц, підтримкою провідних виробників устаткування тощо) призвели до швидкого поширення цієї технології.

Цьому сприяла й активна робота міжнародної організації *Wi-Fi Alliance*, якій вдалося забезпечити високий рівень сумісності *Wi-Fi* устаткування різних виробників.

Роботи з удосконалення технології *Wi-Fi* продовжуються в напрямі збільшення швидкості передавання даних до 300 Мбіт/с, удосконалення механізмів безпеки й адаптації до електромагнітної обстановки у зонах дії точок доступу.

Важливою особливістю є те, що у процесі розробки стандарту *Wi-Fi* було сформовано три самостійні версії - 802.11a, 802.11b, 802.11g. Усі вони настільки відрізняються модуляцією радіочастоти, робочими смугами частот і способами організації доступу до середовища передавання інформації, що це призводить до несумісності клієнтського обладнання. Устаткування 802.11a не може взаємодіяти з таким же, але версії 802.11b.

Універсальність базового устаткування багатьох виробників на практиці зво-

диться до того, що у разі, коли точка доступу, яка обслуговує клієнтів за стандартом 802.11g зі швидкістю 54 Мбіт/с, виявить у зоні обслуговування хоча б одного клієнта з обладнанням 802.11b, вона переводить усю зону в режим сумісності з цим обладнанням й знижує швидкість до передбачених стандартом 11 Мбіт/с для всіх користувачів. Саме тому всі реальні мережі технології *Wi-Fi* використовують у точках доступу три комплекти устаткування для кожного з цих стандартів. Тільки такий підхід дозволяє забезпечити кожному клієнту задекларовану швидкість передавання даних. Останнє спричиняє істотне загальне збільшення вартості проєктів.

Для розв'язання зазначеної проблеми запропоновано процедуру сертифікації усіх пристроїв для цієї технології на відповідність стандарту *IEEE 802.11s*, що буде повністю описувати інфраструктуру стільникових мереж *Wi-Fi*. Передбачається, що даний стандарт буде ратифіковано у 2007 році [3].

На особливу увагу заслуговує той факт, що для передавання мультимедійної інформації в будь-якій сучасній мережі потрібно застосовувати систему контролю та керування якістю послуг (*QoS - Quality of Service*). Для технології *Wi-Fi* таку систему не було передбачено. Навіть такий сучасний стандарт як *IEEE 802.11e* не вирішує

проблем підтримки *QoS* під час здійснення глобального роумінгу (роумінг між *Wi-Fi*-мережами різних операторів). Тобто, в разі передавання потокового відео або звуку між абонентами різних локальних *Wi-Fi*-мереж практично завжди буде існувати нестабільність затримок транспортних пакетів, що може призводити до неприйнятної якості послуг у реальному часі.

У технології *Wi-Fi* для керування мережним доступом використовують процедуру *CSMA/CA* (*carrier-sense, multiple-access/collision-avoidance*). Це означає, що початок сеансу кожної з абонентських станцій у середньому є однаково імовірним, а ймовірність колізій за таких умов дуже велика. Щоб уникнути помилок, кожна станція здійснює процедуру прослуховування ефіру протягом випадкового інтервалу часу перед початком передавання інформації. У разі, якщо дві станції все-таки почали передавання одночасно й колізія відбулася, обидві станції припиняють мовлення ще на певний проміжок часу (також випадковий для кожної станції). Подібна схема призводить до неоптимального використання спільного середовища передавання та зниження якості мультимедійної інформації так само, як і в попередньому випадку.

Для боротьби з колізіями у процесі передавання інформації до стандартів 802.11a, b й g було уведено спеціальні ширококомвні сигнальні пакети *RTS* (*Request to Send*), *CTS* (*Clear to Send*) й *ACK* (*Acknowledge*). Ці пакети призначені попередити інші станції, що якась одна із них готова передати інформацію або, що передача почалась чи закінчилась.

Під час проектування зон покриття понад 100 кв.км, як правило, у розрахунок беруть чисто психологічні фактори, тобто сам факт наявності зв'язку без надання користувачам повного пакета послуг, включно з послугами реального часу на зразок *VoIP* (*Voice Over Internet Protocol*) або мобільного телебачення, які вкрай чутливі до *QoS*. Є інформація про будівництво доволі великих мереж у межах цілого міста, але, як правило, такі мережі складаються з тисяч точок доступу з досить низьким ступенем інтеграції в єдиний інформаційний

простір. Такі підходи істотно знижують цінність *Wi-Fi* мереж як для клієнтів, так і для власників мереж, сильно гальмують розвиток великих мереж, побудованих за технологією *Wi-Fi*. Але ситуація навряд чи зміниться, оскільки робоча смуга частот *Wi-Fi* є відкритою для користувачів інших систем зв'язку.

Особливості технології *WiMAX*

WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) - це комерційна назва групи відкритих стандартів для мереж ФБШД й МБШД. Технологія *WiMAX* є спробою телекомунікаційної індустрії створити єдиний стандарт для мереж ФБШД й МБШД, що буде забезпечувати серед іншого гарантовану якість передавання інформації у реальному часі.

Основою технології *WiMAX* є стандарт *IEEE 802.16*, який від початку було орієнтовано на створення мереж ФБШД. Пізніше було вирішено розробити модифікацію цього стандарту і для мереж МБШД. Таким чином, технологія *WiMAX* містить стандарти для фіксованого (*IEEE 802.16-2004*) та мобільного доступу (*IEEE 802.16e*). Стандарт *WiMAX* для фіксованого доступу було затверджено у 2004 р. Стандарт для мобільного доступу було остаточно узгоджено й затверджено наприкінці 2005 р.

Необхідно відзначити, що модифікації *WiMAX* для фіксованого та мобільного доступу істотно відрізняються радіоінтерфейсами. По суті, це означає, що їх необхідно розглядати, як дві різні технології. Крім радіоінтерфейсу, ці технології мають розбіжності щодо розмірів стільників (у модифікації *WiMAX* для фіксованого доступу розмір стільники значно більше, ніж для мобільного), а також щодо швидкості передавання даних. *WiMAX* для ФБШД забезпечує швидкості до 20 - 40 Мбіт/с, тим часом як стандарт мобільного доступу - близько 2 - 4 Мбіт/с [4].

Спільними рисами обох модифікацій *WiMAX* є забезпечення необхідного рівня якості (*QoS*) для мультимедійних послуг, можливість роботи абонента в умовах відсутності прямої видимості антен базової

станції *NLOS (Non-Line of Sight)* й робота в тих самих радіочастотних діапазонах.

Слід очікувати, що такий підхід забезпечить широке розповсюдження технології *WiMAX* у світі. Цьому буде сприяти також значне здешевлення абонентського устаткування та сумісність устаткування різних виробників. Для просування даної технології та забезпечення взаємної сумісності мережного й абонентського устаткування від різних виробників було створено міжнародну організацію *WiMAX Forum*, найбільш активним учасником якої є компанія *Intel*. Сьогодні в роботі *WiMAX Forum* бере участь більшість провідних виробників телекомунікаційного устаткування й комп'ютерної техніки.

Характерні ознаки технології *WiMAX*: висока стандартизованість. Це дає змогу використовувати у мережі устаткування різних виробників; економічність рішень. Великий радіус зон обслуговування дозволяє створювати мережі з великою площею радіопокриття із застосуванням малої кількості базових станцій, що значно зменшує вартість мереж; висока пропускна здатність. Забезпечує високу пропускну здатність мереж, створених на основі цієї технології; широкий спектр доступних послуг, поряд із забезпеченням необхідної якості послуг *QoS*. Можливість передавання голосу, відео, іншої мультимедійної інформації; не потрібна пряма радіовидимість між точками розташування устаткування. Це дозволяє створювати мережі в міських умовах і на сильно пересічених місцевостях; устаткування може працювати у широкому діапазоні ліцензованих частот, що забезпечує високу спектральну ефективність; низький час затримки в каналі. Забезпечує роботу найбільш критичних до параметрів передавання послуг; доступ мобільних абонентів до Інтернет, до корпоративних мереж та баз даних; обслуговування систем відеоспостереження: один сектор базової станції може забезпечити передавання відеозображення від десятків цифрових відеокамер, розташованих на великій площі. Технологія дозволяє забезпечити масштабованість системи від-

еоспостереження (відеокамери може бути додано до уже існуючої системи або розміщено без додаткового прокладання телекомунікацій);

автоматизація обліку операцій та керування складськими запасами. Сприяє організації роботи мобільних касових апаратів, мобільних сканерів штрихових кодів тощо; забезпечення функціонування автоматизованих систем керування та збору телеметричної інформації. Дає змогу реалізувати передавання команд на дистанційно керовані пристрої, приймання інформації від різних діагностичних датчиків.

Розробку та впровадження стандарту *WiMAX* від початку було орієнтовано на забезпечення взаємодії устаткування різних виробників. Водночас поширення *WiMAX* зовсім не означає повної уніфікації технічних рішень. Різні корпоративні рішення щодо застосування протоколів обміну інформацією, програмного забезпечення можуть бути перенесені на нову платформу. З появою дешевих наборів мікросхем для стандарту *WiMAX* виробники устаткування будуть мати можливість використовувати їх для забезпечення радіоінтерфейсу, а для керування середовищем зможуть використовувати, у разі необхідності, вже існуючі власні технічні рішення.

Дуже важливою особливістю технології *WiMAX* щодо передавання мультимедійної інформації є ієрархічна організація обміну.

Базова станція видає кожному абонентському пристрою можливість почати передавання інформації по черзі. Якщо пристрій не здійснює передавання, тоді черга миттєво переходить далі. Така організація дозволяє збільшити ефективність використання часового ресурсу, а також позитивно позначається на *QoS*.

Сучасні безпроводові мережі забезпечують механізми пріоритизації трафіка та забезпечення високої якості обслуговування, що дозволяє використовувати їх для передавання голосової, відео й іншої мультимедійної інформації. У безпроводових мережах даного типу можна забезпечити практично усі послуги, що й у традиційних проводових мережах.

У WiMAX передбачено 5 класів послуг для передавання різної інформації – див. табл. 2 [5].

Технологія WiBro (Wireless Broadband) є власною розробкою південнокорейських компаній *LG* й *Samsung*. Перша демонстрація технології WiBro відбулася в листопаді 2004 р., а в середині 2005 р. було запропоновано устаткування для її реалізації. Того ж року було оголошено, що WiBro буде долучено до стандарту *IEEE 802.16e*, і він стане його складовою.

Радіоінтерфейс *WiBro* побудовано шляхом організації обміну з використанням множини ортогонально розділених частот (*OFDMA*) й передбачено роботу цього інтерфейсу у режимі часового дуплексу (*TDD*). Передбачено використання робочої смуги частот 9 МГц діапазону 2,3 ГГц.

WiBro забезпечує мобільний доступ з максимальною швидкістю передавання інформації до 3 Мбіт/с за умови пересування абонента зі швидкістю до 120 км/год. Передбачено, що середня швидкість передавання інформації для кожного користувача мережі *WiBro* у реальних умовах складатиме близько 512 кбіт/с.

Провідні компанії, що запропонували дану технологію, здійснюють переговори з багатьма операторами в Європі й США щодо розгортання тестових мереж *WiBro*. Однак подальші перспективи розвитку цієї технології залежать від результатів її використання у перших комерційних мережах, а також від ступеня гармонізації зі стандартом *WiMAX* для мобільного доступу.

Таблиця 2

Класи послуг стандарту *WiMAX*

| Клас послуг | Різновид інформації | Характеристика системи гарантування якості послуг (<i>QoS</i>) |
|---|---|---|
| Послуга гарантованої доставки (<i>UGS</i>) | <i>VoIP</i> | - стійкість до нестабільності часу доставки (<i> jitter</i>) - максимальна стійкість до затримки - максимальна швидкість передавання |
| Послуга пакетної передачі в реальному часі (<i>rtPS</i>) | Потокове відео й звук | - пріоритет сигнального потоку - максимальна стійкість до затримки передавання - максимальне резервування швидкості передавання - максимальна швидкість передавання |
| Розширена послуга пакетної передачі в реальному часі (<i>ErtPS</i>) | <i>VoIP (Voice with Activity Detection)</i> | - пріоритет сигнального потоку - максимальна стійкість до затримки передавання - стійкість до нестабільності часу доставки - максимальна швидкість передавання - максимальне резервування швидкості передавання |
| Послуга пакетної передачі не в реальному часі (<i>nrtPS</i>) | <i>FTP</i> | - пріоритет сигнального потоку - максимальне резервування швидкості передачі - максимальна швидкість передавання |
| Краща спроба (<i>BE</i>) | Передавання даних, <i>Web</i> навігація, тощо | - пріоритет сигнального потоку - максимальна швидкість передавання |

Технологія *Flash-OFDM* означає швидкий доступ з малою затримкою в часі з плавним переадресуванням шляхом комутації ортогонально розділених частот (*Fast Low-*

Latency Access with Seamless Handoff Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Цю технологію спеціально було запропоновано для мереж МБШД.

Основною відмінною рисою цієї технології, у порівнянні з іншими технологіями МБШД, є забезпечення високого ступеня мобільності абонента.

Мобільність забезпечено можливістю надійного обміну інформацією під час руху зі швидкістю до 250 км/год й естафетним передаванням користувача (handover) між сегментами інформаційної мережі, що належать до різних точок доступу.

Розробником цієї технології є компанія Flarion. У 2002 р. вона ініціювала підготовку стандарту *IEEE 802.20* для мереж МБШД, в основу якого було покладено технологію *Flash-OFDM*. Зараз стандарт *IEEE 802.20* усе ще перебуває у стадії розробки.

Після придбання компанії Flarion у липні 2005 р. корпорацією *Qualcomm*, ця корпорація задекларувала наміри просувати технологію *Flash-OFDM* на міжнародному ринку та використовувати її у своїх розробках. Очікується, що участь *Qualcomm* у просуванні й розвитку даної технології допоможе *Flash-OFDM* посісти помітне місце на ринку послуг БШД.

Слід брати до уваги, що для створення пікомереж може бути дуже ефективним використання стандарту *IEEE 802.15.3 UWB (Ultra-Wide Band)*, який здатен забезпечити трансляцію відео з якістю *DVD* у межах будинку (швидкість передавання до 400 Мбіт/с).

Сучасна концепція розвитку інформаційних систем передбачає надання кінцевому користувачу можливості постійного зв'язку, який дозволить йому отримувати інформаційні послуги високої якості. Ця концепція передбачає не загострення конкуренції між технологіями безпроводових мереж, а їхнє взаємне доповнення та спільне використання.

Для підтримки безперервного доступу необхідні мобільність і забезпечення переходів між окремими сегментами мережі у гомогенних та гетерогенних середовищах передавання. Гомогенність - це можливість безперервного переходу між різними точками підключення однієї мережі (точками доступу безпроводової локальної мережі або базових станцій *WiMAX*). Гетероген-

ність полягає у можливості передавання обслуговування між різними мережами - *WLAN*, *WiMAX*, стільниковими мережами тощо.

Аналіз поточної ситуації показує, що найбільш активно технології БШД впроваджують оператори стільникового зв'язку. Це обумовлено двома причинами. По-перше, ці технології доповнюють перелік послуг, які надаються за допомогою систем стільникового зв'язку, а, по-друге, прийнятно-передавальне устаткування систем БШД набагато дешевше розташовувати на об'єктах уже існуючої інфраструктури, замість розгортати повністю нову інфраструктуру БШД.

Активна діяльність операторів стільникового зв'язку є одним з основних факторів успішного розвитку мереж ЛБШД (*Wi-Fi*). Слід очікувати, що успіх мереж МБШД також буде значною мірою залежати від участі операторів стільникового зв'язку.

Взаємне доповнення стільникового зв'язку й БШД є новим етапом розвитку мереж стільникового зв'язку на шляху до мереж четвертого покоління (4G). Таке взаємне доповнення передбачає об'єднання (конвергенцію) мереж стільникового зв'язку й БШД у єдину мережу для забезпечення користувачеві єдиного набору послуг й безперервного обслуговування за умови переходу між мережами. Взаємне доповнення стільникового зв'язку й БШД експерти розглядають як перший етап на шляху до загальної конвергенції мереж мобільного й фіксованого зв'язку згідно з так званою концепцією *MFC (Mobile Fixed Convergence)* [1].

Wi-Fi є першою технологією БШД, яку почали застосовувати в таких мережах. В одній з версій стандарту *UMTS (Release 6)* визначено елементи мережної підсистеми, необхідні для об'єднання мереж *Wi-Fi* й *UMTS* (рис. 1), а також можливі сценарії цього об'єднання. Саму ж технологію *Wi-Fi* розглядають сьогодні як невід'ємну складову підсистеми радіодоступу мереж стільникового зв'язку.

Для успішної реалізації концепції необхідно забезпечити стандартизацію відпо-

відних технічних рішень. Цьому присвячено кілька нових складових набору стандартів *IEEE 802.11*.

IEEE 802.11k та *802.11r* - основні галузеві стандарти, які повинні забезпечити базовий набір сервісів (*Basic Service Set, BSS*) в умовах безперервних перемикань між точками доступу безпроводової локальної мережі. Стандарт *IEEE 802.11k* дозволяє знайти найкращу з можливих точок доступу, а стандарт *IEEE 802.11r* визначає механізми забезпечення безпеки й швидкого перемикачя між точками доступу з на-

данням розширеного набору сервісів (*Extended Service Set, ESS*).

Стандарт *IEEE 802.21* призначено для забезпечення перемикачя користувачів між різними мережами. Він визначає функцію перемикачя, незалежно від середовища розповсюдження інформації (*media independent handover - MIH*). Здійснення *MIH* відбувається на підставі аналізу інформації, яку віднесено до другого й третього рівнів мережної моделі *OSI (Open Systems Interconnection)*, що має забезпечити мобільний зв'язок у гетерогенних мережах.

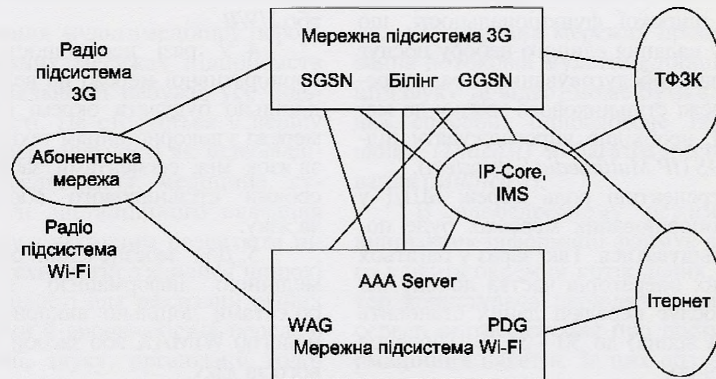


Рис. 1 Архітектура об'єднаної мережі 3G та БШД (Wi-Fi) [1]

У стандарті *IEEE 802.21* передбачено механізми, що дозволяють різним клієнтським пристроям динамічно перемикатися між різними типами мереж - *Wi-Fi, WiMAX* та стільниковими мережами, а також вибрати оптимальний тип підключення, що може істотно підвищити можливості мобільного зв'язку. Щоб забезпечити поширення різних безпроводових мереж для передавання голосу, відео й цифрових даних, корпорація Intel очолила групу *IEEE* з розробки цих стандартів.

Внаслідок об'єднання мереж стільникового зв'язку й БШД буде підвищено ефективність використання функціональних елементів й мережних ресурсів систем стільникового зв'язку. Зокрема, підсистеми білінгу, пакетної комутації й *IMS (IP Multimedia Subsystem)* стають спільними для БШД й мережі стільникового зв'язку й забезпечують взаємодію з телефонною мережею загального призначення (ТФЗП), системою рухомого зв'язку (СРЗ), мережею

Інтернет через спільні між мережні з'єднання.

Розробники апаратних засобів спрямовують свої зусилля на створення мультимережних багатофункціональних пристроїв, що будуть мати кілька вбудованих приймачів-передавачів. Зараз уже з'являються мобільні телефони з можливістю підключення до мереж *Wi-Fi* й мережі оператори вже починають надавати такі послуги. Тобто, стільниковий телефон можна використовувати як термінал для передавання мультимедійної інформації через мережу Інтернет. Перспектива підвищення пропускної здатності та можливості надання додаткових послуг споживачам є також рушійною силою для розробки МРЗ-плеєрів, принтерів та відеокамер з можливістю підключення до безпроводових мереж. З'являються також перші зразки продукції у стандарті *802.11n*, які призначено для розширення можливостей кінцевих ко-

ристувачів щодо передавання відео, голосу й іншої інформації [3].

Очікується, що інші технології БШД (наприклад, *WiMAX*) також стануть частиною радіопідсистем інформаційних мереж наступного покоління. У найпростішому випадку об'єднання мереж стільникового зв'язку й БШД здійснюють на рівні сервера доступу, аутентифікації й авторизації (*AAA Server*).

За такого сценарію об'єднання можлива, як правило, реалізація лише функцій спільного бухгалтерського обліку й ведення спільної бази абонентів. Для забезпечення більш широкої функціональності, що передбачає надання єдиного набору послуг й безперервне обслуговування в разі переходу з мережі стільникового зв'язку до мережі БШД, необхідно впроваджувати підсистему *IMS (IP Multimedia Subsystem)*.

У перспективі роль мереж БШД у взаємно доповнюваних мережах буде постійно збільшуватися. Так, зараз у багатьох закордонних операторів частка доходу від надання послуг передачі даних становить від 15 % (Європа) до 30 - 35 % (Південна Корея, Японія).

За експертними оцінками, у 2010 р. це співвідношення виросте до 40 – 50 %.

На підставі аналізу особливостей сучасних технологій безпроводових інформаційних мереж можна зробити певні висновки.

1. Сучасні модифікації технологій *Wi-Fi*, *WiMAX*, а також технологія *UWB* забезпечують якісне передавання мультимедійної інформації у безпроводових сегментах локальних мереж.

2. У разі необхідності розгортання безпроводової локальної мережі слід про-

аналізувати зміст мережної інформації на поточний момент та перспективи розвитку даної мережі. У результаті такого аналізу слід вибрати обладнання, що функціонує за стандартом 802.11, 802.15 або 802.16, беручи до уваги інформацію, надану в цій статті.

3. Корпоративну мережу ФБШД для передавання мультимедійної інформації доцільно планувати з використанням технології *WiMAX* для організації безпроводових каналів зв'язку між центральним сервером та точками доступу сегментів цієї мережі, організованих за технологією *Wi-Fi* або *UWB*.

4. У разі необхідності розгортання корпоративної мережі на великій території доцільно будувати окремі сегменти такої мережі з використанням технологій БШД, а зв'язок між сегментами забезпечувати засобами стільникового або проводового зв'язку.

5. Для забезпечення обміну мультимедійною інформацією з мобільними об'єктами доцільно використовувати технологію *WiMAX* або засоби 3G стільникового зв'язку.

Список літератури

1. Крупнов А.Е., Скородумов А.И., Тамаркин В.М., Кононенко О.Н. Взаимодополнение сетей сотовой связи и беспроводного широкополосного доступа – новый этап развития сотовой связи. // Мобильные системы. -2005. №10. -С.4-11.

2. Д.П.Соколов. Сравнительный анализ стандарта *WiMAX* с технологиями *Wi-Fi*, *xG* и *xDSL* //Обзорный отчет. Московский технический университет связи и информатики, 05.10.2006, - 36с.