

$$N_{исп} = 2^m \sum_{i=1}^{\frac{d_0-1}{2}} C_n^i. \quad (12)$$

Даже при девятиэлементном коде Слепяна с  $d_0 = 3$   $N_{исп} = 2^5 \cdot 9 = 288$ . Существенное уменьшение числа сравнений можно получить, если к полученному кодовому слову добавлять возможные исправляемые векторы ошибок. Например, для исправления девяти одиночных ошибок необходимо добавлять по очереди 9 элементов вектора ошибок с единицей на местах от 1 до 9 (все остальные двоичные числа равны "0").

Легко показать, что только в одном случае искажение будет компенсировано и появится соответствующий сигнал на выходе декодера.

Если же в поступившем кодовом слове имеются два ошибочных элемента, то такая компенсация не произойдет.

Таким образом, введя при наличии на приеме генератора векторов ошибок, которые данный код может исправлять, появляется возможность без изменения кодового расстояния произвести разделение исправляемых ошибок и ошибок более высокой кратности.

1. Захарченко В.Н., Захарченко Н.В., Стеклов В.К. и др. Системы радиотелевизионного вещания и документальной электросвязи // Системы электросвязи. – К.: Техника. 1998. – Т. 2. – 240 с. 2. Элементы теории передачи дискретной информации / Под ред. Л.П. Пуртова. – М.: Связь, 1972. – 232 с. 3. Варшамов Р.Р. Оценка числа сигналов в кодах с коррекцией ошибок ДАН СССР. – 1957. – № 5. – 117 с. 4. Шувалов В.П., Захарченко Н.В., Шварцман В.О. и др. Передача дискретных сообщений. – М.: Радио и связь, 1990.

УДК 621.395.74

М.М. Климаш, О.А. Лаврів, Р.І. Бак

Національний університет «Львівська політехніка»,  
кафедра телекомунікацій

## КОНВЕРГЕНЦІЯ МОБІЛЬНИХ МЕРЕЖ GSM, CDMA, WIMAX НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЇ NGN-SOFTSWITCH ТА ФОРМУВАННЯ ІДЕОЛОГІЇ ЄДИНОГО ТЕРМІНАЛУ

© Климаш М.М., Лаврів О.А., Бак Р.І., 2008

**Запропонована концепція побудови багатфункціональної конвергентної мережі на основі технології NGN-SOFTSWITCH з інтеграцією радіомереж покоління 2,5–3,5G, телефонної мережі загального користування, мереж IP-телефонії. Розроблено функціональну модель єдиного терміналу, принцип єдиного сеансу зв'язку для різних видів сервісу. Проведено дослідження технології WiMAX, оптимізованої використанням MIMO антен.**

**The article offers a concept of constructing a multi-function convergent network on the basis of NGN-SOFTSWITCH technology with the integration of radio networks of 2,5–3,5G generation, public telephone network, and IP telephony networks. A functional model of single terminal and the principle of single session for difference service types have been elaborated. A research of WiMAX technology optimized with MIMO antennae has been conducted.**

### Вступ

Зростаюча популярність голосових і мультимедійних послуг на основі IP-протоколу (VOIP, IP-TV, VOD, VCS та ін.), і зміни, що викликаються ними в структурі телекомунікацій, ставлять на порядок денний питання про будівництво мереж наступного покоління, в яких широкий спектр

послуг, включаючи передачу голосу і даних, надаватиметься на єдиній технологічній основі комутації пакетів. Телефонний зв'язок вже зараз є одним з багатьох додатків, доступних для IP. Розгортання технологій широкосмугового і безпроводного зв'язку тільки прискорить тенденцію загального переходу до вищезгаданого протоколу. На порядку денному стоїть питання про поєднання усіх мереж стаціонарного і мобільного зв'язку. Сьогодні маємо ситуацію, коли постійно з'являються нові технології мобільного радіодоступу, але при цьому є одна надзвичайно важлива проблема: наступний стандарт не сумісний з попереднім, тобто наявна конкуренція, яка постійно додає головного болю операторам. Потрібні значні фінансові вливання в розбудову нових мереж за умови, що старі ще себе не окупили. На це питання пропонується така відповідь: побудувати таку мережу, базова частина якої не змінювалась би, незалежно від того, в який спосіб здійснюється доступ.

Побудова пропонованої мережі ставить ще одне важливе завдання: розробити функціональну модель єдиного терміналу, який забезпечить повноту надання абоненту будь-яких послуг на основі єдиного сеансу зв'язку. При цьому постає завдання підтримання заданої якості сервісу, вирішення якого пропонується у роботі.

Для того, щоб абонент міг отримувати будь-яку послугу з заданою якістю необхідною є побудова сучасних систем доступу. У роботі розглянуто особливості функціонування WiMAX IEEE 802.16e, оптимізованого використанням новітніх антенних технологій.

### Мета роботи:

- розроблення концепції конвергентної мережі на основі технології NGN-SoftSwitch з інтеграцією радіомереж GSM, CDMA та WiMAX;
- формування ідеології «єдиного терміналу».

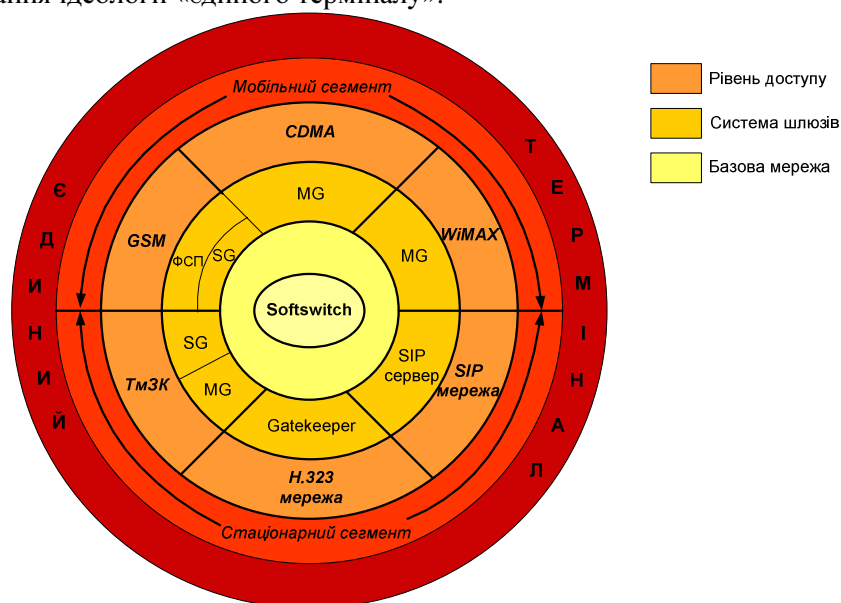


Рис. 1. Технологія побудови конвергентної мережі

### Етапи переходу до конвергентної мережі на базі технології NGN - Softswitch

Перехід до NGN пов'язаний із введенням в експлуатацію великої кількості нового обладнання, а це потребує істотних матеріальних затрат. Тому зрозуміло, що миттєвий перехід економічно невигідний. З цієї причини побудову конвергентної мережі пропонується проводити в у три етапи:

- I етап.** встановлюються такі функціональні модулі:
- заміна базових частин мереж доступу на єдину базову мережу, побудовану за технологією NGN-Softswitch. Декомпозиція SoftSwitch;
  - перехід до IP-мереж на транспортному рівні;

- HLR (Home Location Register), VLR (Visitor Location Register) – необхідні для процедури “хендверу”;
- єдиний білінг-сервер, який відповідає за тарифікацію усіх послуг для цього єдиного терміналу.

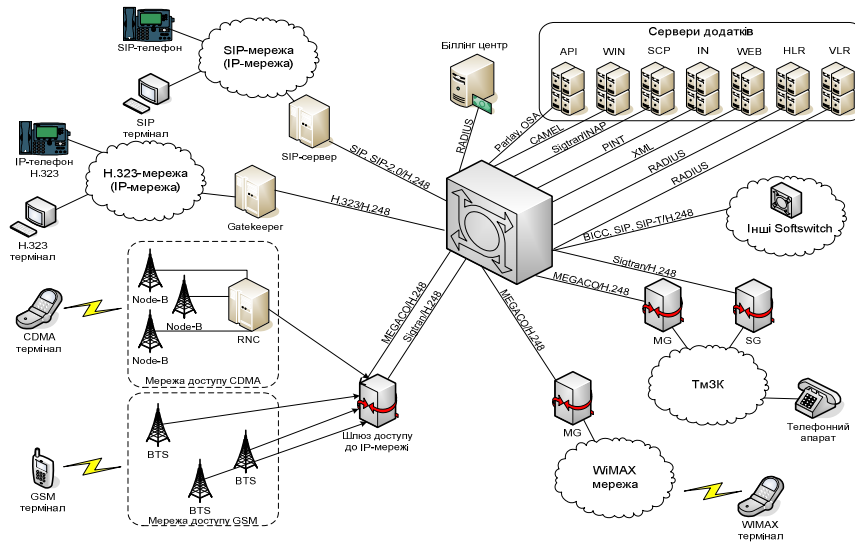


Рис. 2. Перший етап переходу до NGN

### II етап:

- декомпозиція шлюза: розподіл функцій перетворення каналної інформації у пакетну та виділення і трансформації сигнальної інформації.

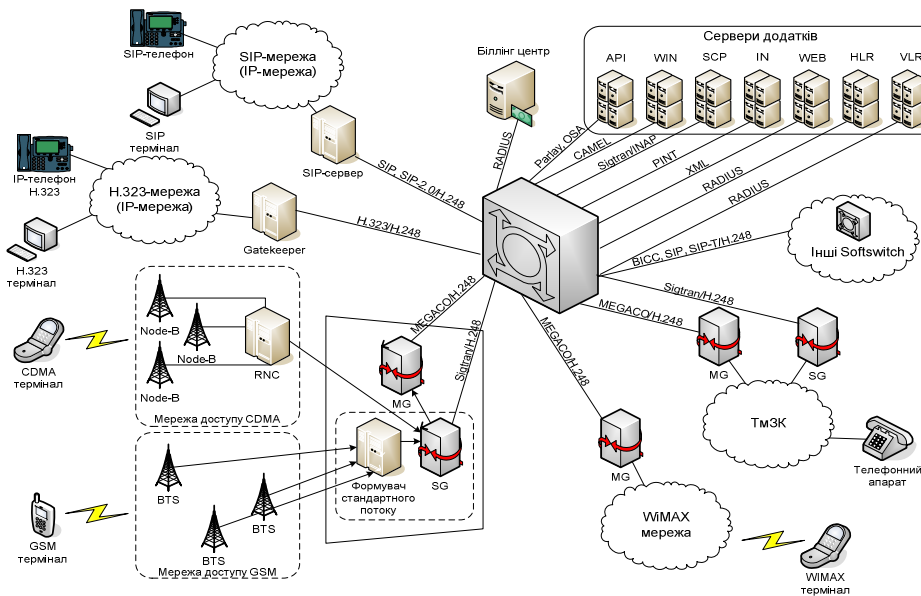


Рис. 3. Другий етап переходу до NGN

### III етап:

- виділення точок доступу до мереж і єдиної точки доступу до сервісу;
- формування ідеології єдиного терміналу;
- керування сеансом зв'язку, враховуючи QoS.

Основоположним елементом архітектури конвергентної мережі є гнучкий програмний комутатор Softswitch.

Softswitch є ідеологією мережі, носієм її інтелектуальних можливостей. Насамперед він керує обслуговуванням викликів, тобто встановленням з'єднань і роз'єднань, виконуючи функції Call

Agent. Отже, Softswitch фактично залишається все тим самим звичним комутаційним вузлом, тільки без цифрового комутаційного поля, кросу тощо. Інший термін – контролер транспортного шлюзу MGC – є синонімом Softswitch і підкреслює той факт, що він керує транспортними шлюзами і шлюзами доступу по протоколу H.248.

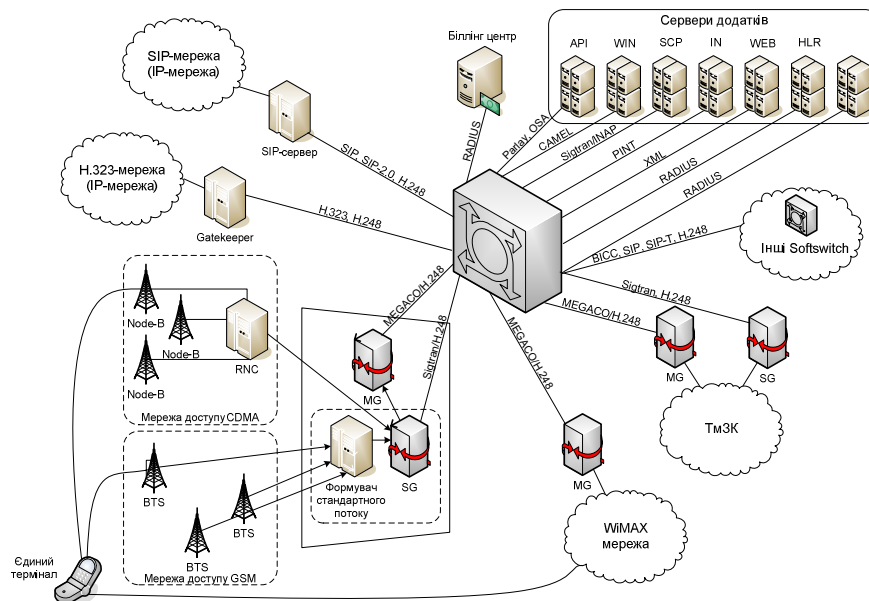


Рис. 4. Третій етап переходу до NGN

### Формування ідеї єдиного терміналу

Процеси формування ідеології єдиного терміналу знаходяться на початковому рівні. Жоден з виробників телекомунікаційного обладнання достеменно не окреслив суті проблеми, не запропонував гідного рішення, яке могло б забезпечити створення в найближчому майбутньому єдиного універсального терміналу, який підтримував би роботу у будь-якій з мереж мобільного радіодоступу.

Формування підходів до побудови єдиного терміналу вимагає дотримання таких принципів:

1. Створення єдиної точки доступу до сервісу SAP, що забезпечить виконання умови єдиного сеансу для абонента.
2. Можливість реєстрації в мережі з будь-якого термінального пристрою, наявного в абонента.
3. Визначення методу відслідковування абонента оператором, визначення його місцезнаходження, параметрів якості сервісу, бажаних для абонента.

На ринку телекомунікаційних послуг виникли такі передумови для формування ідеології єдиного терміналу:

- зростання асортименту послуг і, як наслідок, інтенсивна поява нових стандартів мобільного доступу та збільшення їх кількості;
- постійний ріст вимог абонента до якості послуг;
- поява різноманітних пристроїв, які реалізують конкретний рівень якості послуг.

Пропонуються основні положення концепції єдиного терміналу:

- виділяється два види точок доступу: точка доступу до мережі та до сервісу. Це надає можливість сумісної роботи в мережі абонентам із окремими пристроями та з єдиним терміналом;
- для абонента створюється єдиний сеанс зв'язку під час реєстрації в мережі незалежно від кількості наявних у нього пристроїв;
- оператор, забезпечуючи заданий сервіс, може переводити абонента з однієї мережі доступу в іншу з метою оптимального підтримання заданого QoS;
- для однієї точки доступу до сервісу (SAP) формується декілька потоків, які утворюють єдиний сеанс.

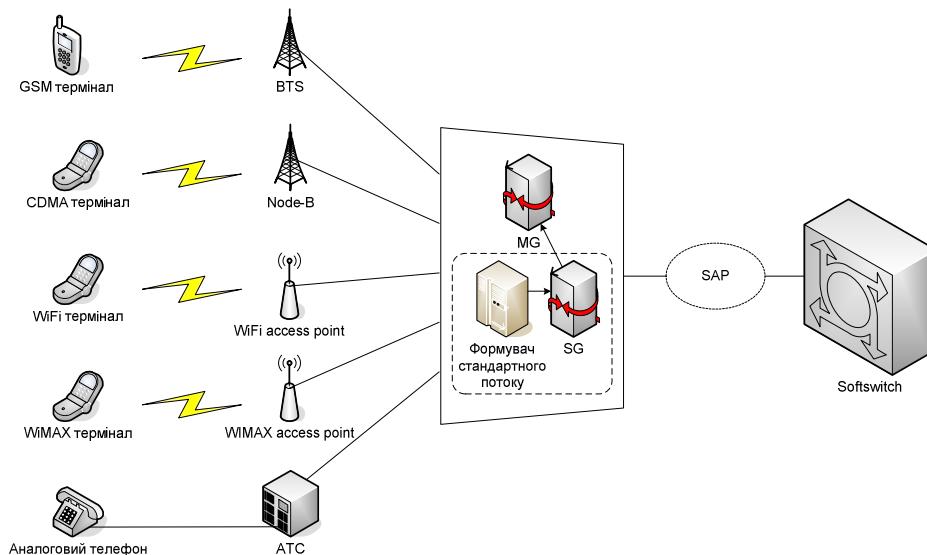


Рис. 5. Функціональна модель єдиного терміналу

### Принцип підтримки заданої якості сервісу

Після замовчування обирається пріоритетна мережа доступу, покриття якою в цього оператора є найрозвиненішим. Через цю мережу SOFTSWITCH постійно відслідковує статус абонента. Коли абонент реєструється в мережі, йому автоматично надається сервісна точка доступу до всіх мереж доступу, передбачених його контрактом з оператором. Відповідно до того сервісу, який потрібний абоненту, тобто відповідно до необхідного QoS, SOFTSWITCH обере оптимальну мережу. Постає питання: як відстежувати єдиний термінал, Проблемаю є відсутність спільної платформи існуючих мереж доступу. Найкращим рішенням сьогодні є відслідковування абонента по GSM-терміналу, оскільки відповідна мережа має найкраще покриття.

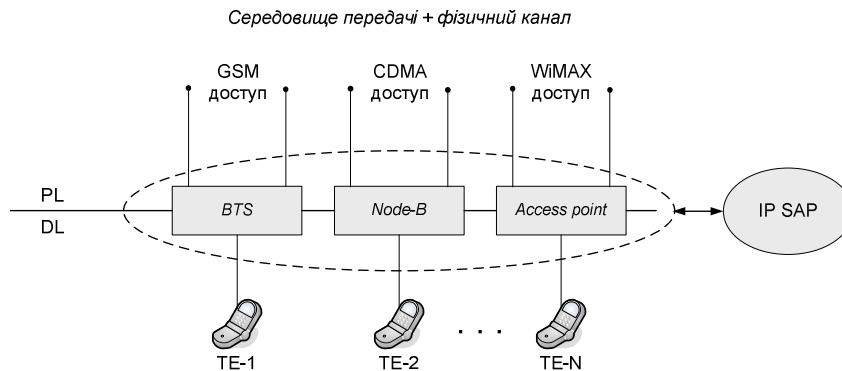


Рис. 6. Принцип реалізації єдиного сеансу зв'язку

### Проблематика проектування системи шлюзів для конвергентної мережі

Для перетворення різних видів сигналізації до IP використовуються стандартні сигнальні шлюзи NGN (SG). Проте у випадку стандарту GSM маємо дещо складнішу ситуацію. Необхідно спроектувати певний програмний блок, який буде забезпечувати узгодження інтерфейсів, тобто приводити будь-який потік на виході базової станції GSM до стандартного, зрозумілого структури сигнального шлюзу. Назвемо цей блок *формувачем стандартного потоку*. Він буде своєрідною приставкою до сигнального шлюзу. Існує також інший варіант виконання переходу від системи стандарту GSM до шлюзу доступу – беремо об'єднаний потік на виході контролера базових станцій, цей варіант є дещо простішим в реалізації, але має багато недоліків порівняно з попереднім. Зокрема, в плані забезпечення параметрів якості сервісу. Якщо говорити про економічну сторону питання, то впровадження першого та другого рішень є практично рівноцінним. Адже в першому – затрати зростають за рахунок необхідності встановлення

додаткового блока формування стандартного потоку, а в іншому – виникнуть додаткові труднощі у випадку демонтажу мережі. Для потоків на виході RNC системи CDMA достатнім є використання звичних сигнальних шлюзів архітектури PARLAY/OSA. Іншим блоком, який потрібно застосовувати в системі шлюзу доступу, є транспортний шлюз (MG). Цей блок є стандартним і не вимагає особливих додаткових пояснень. Він виконує функцію перетворення пакетів до вигляду, призначеного до транспортування мережею IP.

### WiMAX як багатофункціональна мережа мобільного радіодоступу

Розглянемо технологію WiMAX. Вона передбачає використання IP-трафіку, забезпечує швидкість передачі до 75 Мбіт/с, може бути реалізована у вигляді коміркової мережі.

#### Багатопроменеве поширення хвиль

Оскільки пропонується використовувати як мережу доступу наступного покоління мережу, побудовану на основі технології WiMAX, то необхідно відмітити основні інструменти, які доцільно використовувати для моделювання цієї системи. Для побудови моделі доцільно користуватись системою MATLAB. Ця модель, про яку йшлося вище, базово в MATLAB уже реалізована. Під час дослідження важливо лише обумовити тип розподілу значень випадкової величини, який буде характерний для конкретних умов середовища, параметри ефекту Доплера, затримки поширення хвиль в кожному із шляхів та середнє згасання.

Під час роботи моделі отримаємо набір характеристик, який повною мірою відображає особливості роботи каналу за умов багатопроменевого поширення хвиль з врахуванням федингу:

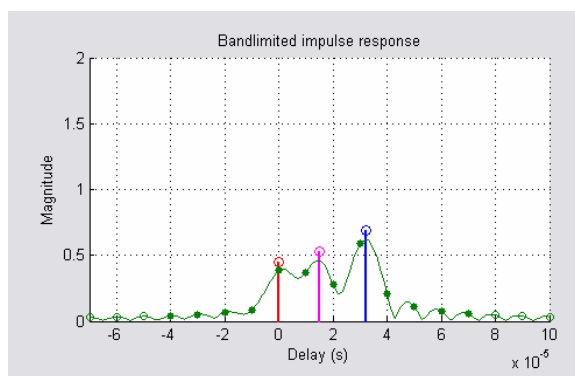


Рис. 7. Імпульсна реакція каналу

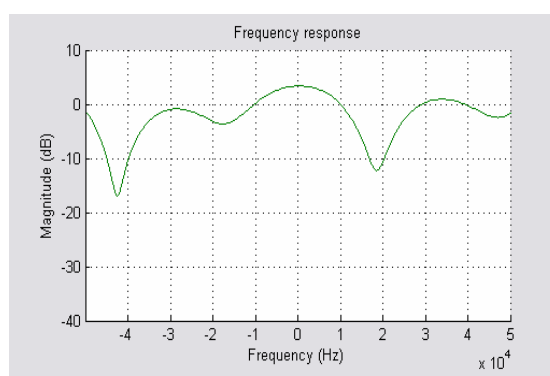


Рис. 8. Частотна реакція каналу

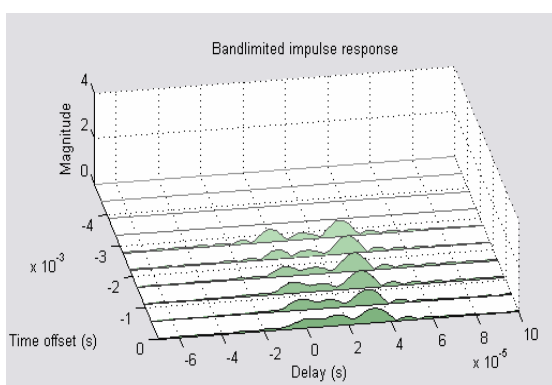


Рис. 9. Імпульсна реакція в різні моменти часу

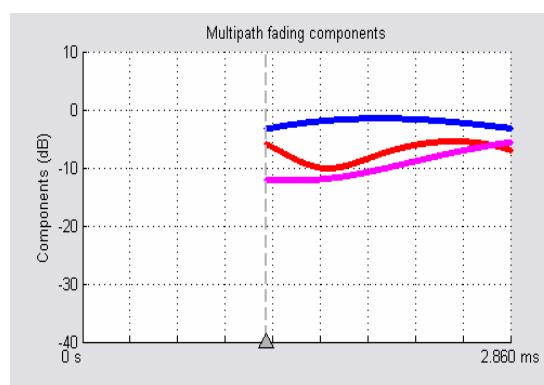


Рис. 10. Компоненти багатопроменевого поширення

#### Сучасні антенні системи

Для оптимізації роботи мережі доступу та покращання якості зв'язку важливим компонентом є використання сучасних ефективних типів антен. Вартими уваги є такі основні типи антен, яким передбачена важлива роль в перспективних системах зв'язку: MIMO-антени, цифрові антенні решітки (Smart-антени), фрактальні антени:

- теорія МІМО-антен ґрунтується на тому, що як передавальні і приймальні антени використовуються декілька традиційних однотипних антен, за рахунок чого вдається підвищити якість зв'язку за заданого відношення сигнал/шум.

З показаних на рисунках залежностей зрозуміло, що застосування декількох антен на приймальній стороні дає змогу отримати енергетичний вигравш або зменшити імовірність помилкового приймання (BER).

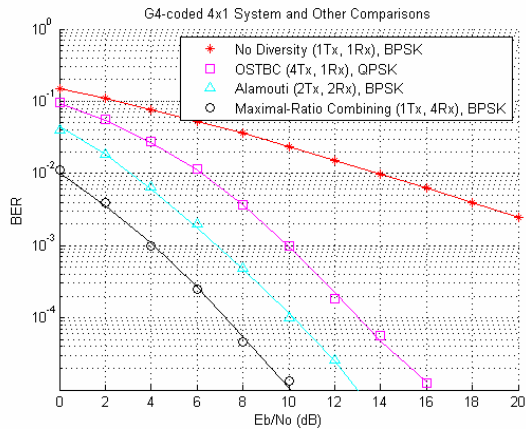


Рис. 11. Ефективність використання МІМО-антен

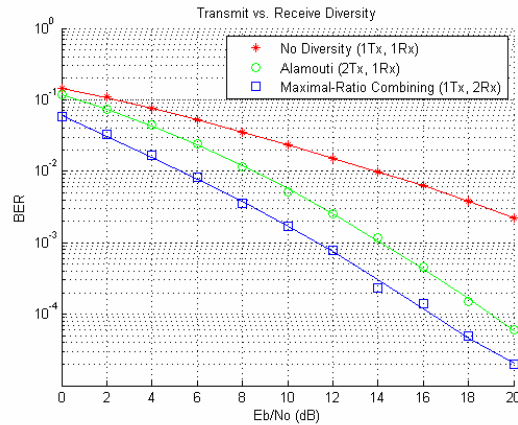


Рис. 12. Енергетичний вигравш від застосування МІМО-антен за різних видів модуляції

Для демонстрації високої ефективності МІМО-антен звернемось до графіка (рис. 14), на якому побудовано залежності помилкового приймання (BER) від відношення сигнал/шум для чотирьох варіантів компонування антен за різних видів модуляції. Перевагу кількісно можна оцінити, користуючись поняттям енергетичного вигравшу. Якщо на графіку зафіксувати необхідне значення імовірності помилки на приймальній стороні, то можна зауважити, що у разі різних комбінацій МІМО та різних видів модуляції отримаємо різні значення відношення сигнал/шум. Для варіанта з чотирма приймальними антенами і під час використання двійкової фазової маніпуляції бачимо, що значення вищезгаданого параметра найменше. Це означає, що енергетичні вимоги є нижчими, а отже, нижчою є потужність випромінювання передавача, що важливо для мобільних систем:

- особливістю фрактальних антен є те, що за тих самих розмірів, що і звичайні традиційні антени, вони забезпечують більший коефіцієнт підсилення за рахунок використання особливих геометричних конфігурацій;
- інтелектуальні антени здатні адаптивно змінювати діаграму направленості залежно від параметрів середовища та сигналу, що приймається.

### Висновки

Розроблена концепція переходу до NGN надає можливість побудови конвергентної мережі, яка дасть змогу без зміни її базової частини забезпечувати абоненту будь-які можливі послуги з відповідним QoS. Запропонована архітектура мережі надає можливість одержати єдину точку доступу до сервісу (SAP), за допомогою якої реалізується єдиний сеанс зв'язку. При цьому забезпечується прозоре введення нових послуг, надання і підтримання необхідного QoS. Впровадження запропонованої методики поставить перед оператором завдання, що полягатиме у розбудові нових систем доступу. За допомогою такого кроку він зможе реалізувати найсучасніші послуги. Для підтримання бажаного сервісу як систему доступу пропонується використовувати технологію мобільного WiMAX (IEEE 802.16e) із застосуванням сучасних антенних технологій.

1. Уайлі Дж. Новітні безпроводні мережі. 4G технології Уайлі. – К., 2007. – 851 с. 2. Гольдштейн А.Б., Гольдштейн Б.С. Softswitch. – ВHV: 2006. – 368 с. 3. Бакланов И.Г. NGN: принципы построения и организации. – М.: Эко-Трендз, 2008. – 399 с.