

УДК 336.72

## ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ WiMAX В МІСТІ ЧЕРКАСИ

**Мордовець С.А., Одокієнко С.М.**

Київський національний університет технологій і дизайну

**Катаєва Є.Ю.**

Черкаський державний технологічний університет

У даній статті описується поточний стан з впровадження технології WiMAX в місті Черкаси. Буде проведено планування мережі та вимір зони охоплення територій. В ході проектування мережі, була розглянута і вивчена структура широкопasmового бездротового мережі передачі даних. В подальшому буде зроблено розрахунок дальності поширення радіохвиль, можлива пропускна здатність каналів, кількість базових станцій, необхідних для повного покриття території м. Черкаси. Буде проведено аналіз мережі під час найбільшого навантаження.

**Ключові слова:** Speedtest, WiMAX, Wi-Fi, міські мережі, Черкаси.

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день Україна на 112 місці в світі за швидкістю мобільного інтернету, згідно даним Speedtest Global Index [1], За швидкістю мобільного інтернету наша країна опинилася між Єгиптом і Венесуелою. Це найгірший результат в Європі. Вище за Україну в рейтингу Пакистан, Кенія, Білорусь. У першій трійці країн з найшвидшим мобільним інтернетом Норвегія, Нідерланди та Угорщина.

Однак за швидкістю широкопasmового інтернету наша країна зайняла 39 місце, розмістившись між Польщею і Росією.

За даними Speedtest, середня швидкість мобільного інтернету в Україні – 8,46 Mbps в секунду при скачуванні (download), і 2,39 Mbps при завантаженні (upload), широкопasmового – ↓ 34,2 Mbps і ↑ 33,64 Mbps відповідно.

Однією з причин такої ситуації є відсутність 4G. Для його впровадження необхідно пройти конкурс з видачі ліцензій. Після операторам знадобиться час на закупівлю технологій і поширення 4G – це може зайняти до двох років. Але вихід є – технологія WiMAX простіша в застосуванні та дешевша в ліцензуванні.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Питанням впровадження та особливостями розрахунку мережі ширококутового інтернету на базі технології WiMAX було приділено багато уваги в різних країнах СНГ.

Часто порівнюють такі сучасні технології передачі даних, як WiMAX і Wi-Fi. Незважаючи на те, що обидві технології мають співзвучні назви. WiMAX технологія з'явилася пізніше, то можна припустити, що WiMAX це вдосконалена модель Wi-Fi, але це не так. Ці технології мають різні сфери застосування. Wi-Fi є технологією, в основному призначеною для організації невеликих бездротових мереж усередині приміщень і побудови бездротових мостів. Технологія WiMAX, в свою чергу, призначена для організації ширококутового зв'язку поза приміщеннями і для організації великомасштабних мереж. WiMAX розроблявся як міська обчислювальна мережа (MAN). Розглянемо деякі інші відмінності між цими технологіями. Якість зв'язку у WiMAX кілька краще, ніж у Wi-Fi мережі. Наприклад, коли певна кількість користувачів підключені до однієї точки доступу Wi-Fi, вони буквально «б'ються» за доступ до каналу зв'язку. У свою чергу, технологія WiMAX забезпечує кожному користувачеві постійний доступ. Алгоритм, побудований на технології WiMAX, встановлює обмеження на число користувачів для однієї точки доступу. Коли базова станція WiMAX наближається до максимуму свого потенціалу, вона автоматично перенаправляє «надлишкових» користувачів на сусідню базову станцію.

Але WiMAX і раніше знаходиться в зародковому стані, і будуть потрібні значні вкладення в інфраструктуру наразі для отримання комерційної вигоди. Wi-Fi є вже самодостатньою системою і швидко розгортання мереж Wi-Fi не робить ніяких проблем. Підприємства з величезними площами, можливо, захочуть перейти на WiMAX, щоб уникнути покупки великої кількості репітерів і роутерів, необхідних при установці Wi-Fi мережі. На даний момент, в Україні таке обладнання відсутнє в широкому продажі. Але в зв'язку з тим, що дана технологія, величезними кроками йде до розвитку і поширення, то ситуація може змінитися. Wi-Fi це система зв'язку більш короткої дії, зазвичай покриває десятки метрів, яка використовує неліцензовані діапазони частот для забезпечення доступу до мережі. WiMAX і Wi-Fi мають абсолютно різний механізм Quality of Service (QoS). WiMAX використовує механізм, заснований на встановленні з'єднання між базовою станцією і абонентським пристроєм. Кожне з'єднання засноване на спеціальному алгоритмі планування, який гарантує параметр QoS для кожного з'єднання. Wi-Fi, в свою чергу, використовує механізм QoS подібний до того, що використовується в Ethernet, при якому пакети отримують різні пріоритети. Такий підхід не гарантує однаковий QoS для кожного з'єднання [2].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Розглянемо доцільність використання WiMAX як технології доступу. Проблема останньої милі завжди була актуальною задачею для зв'язківців. До теперішнього часу з'явилося безліч технологій останньої милі, і перед будь-яким оператором зв'язку стоїть

завдання вибору технології, оптимально вирішує завдання доставки будь-якого виду трафіку своїм абонентам. Універсального рішення цього завдання не існує, у кожній технології є своя область застосування, свої переваги і недоліки. На вибір того чи іншого технологічного рішення впливає ряд факторів, в тому числі:

- стратегія оператора, цільова аудиторія, пропоновані в даний час і плановані до надання послуги,
- розмір інвестицій в розвиток мережі і термін їх окупності,
- Вже наявна мережева інфраструктура, ресурси для її підтримки в працездатному стані,
- час, необхідний для запуску мережі і початку надання послуг,
- інші фактори.

У кожного з цих факторів є своя вага, і вибір тієї чи іншої технології приймається з урахуванням всієї їх сукупності. Проста і ефективна модель, що дозволяє швидко оцінити економічні параметри застосування технології WiMAX [3].

**Мета:** побудова мережі стандарту WiMAX 802.16 на території міста Черкаси та надання послуг ширококутового доступу в інтернет.

Для реалізації мережі WiMAX в м. Черкаси потрібно:

- розробити схему організації на основі технології WiMAX, що забезпечує послугами передачі даних;
- вибрати апаратуру приймально-передатвальних станцій;
- забезпечити передачу інформації з кожної базової станції на центральний пульт спостереження і контролю мережі.

**Виклад основного матеріалу.** WiMAX (англ. Worldwide Interoperability for Microwave Access) – стандарт бездротового зв'язку, що забезпечує ширококутовий зв'язок на значні відстані зі швидкістю, порівняною з кабельними з'єднаннями. Назву «WiMAX» було створено WiMAX Forum – організацією, яку засновано в червні 2001 року з метою просування і розвитку WiMAX.

Технологія WiMAX використовується OFDM сигнал (Orthogonal Frequency Division Multiplexing), ширококутовий сигнал з розняття по частотному спектру вузькосмугових сигналів, що дозволяє передавати на високих швидкостях дані. Специфікації WiMAX строго визначаються використанням частот, ширину смуги пропускання, потужність випромінювання пристроїв, методи передачі даних і доступу

На сьогоднішній день в світі існує кілька специфікацій WiMAX:

- Fixed WiMAX – стаціонарний, для нерухомих об'єктів.
- Nomadic WiMAX – забезпечує роботу при сесії підключення: підключення можливо до різних базових станцій, але при переміщенні користувача між ними, користувач буде змушений відключатися від WiMAX-мережі на короткий час.
- Portable WiMAX – портативний.
- Mobile WiMAX – мобільний.

Принцип роботи: у загальному вигляді WiMAX мережі, як і інші мережі типу клієнт-база, складаються з двох частин – базової станції і приймальної апаратури у клієнта.

Для з'єднання базової станції і клієнтського обладнання використовується діапазон високих частот від 1,5 до 11 ГГц. У лабораторних ідеальних умовах швидкість обміну даними може досягати межі 70 Мбіт/с, при цьому не потрібно прямої видимості між базовою станцією і приймачем, а тільки радіовидимість [4].

Фіксований варіант WiMAX 802.16–2004. Специфікація затверджена у 2004 році. Використовується ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), підтримується фіксований доступ у зонах з наявністю або відсутністю прямої видимості. Користувачі пристрої являють собою стаціонарні модеми для встановлення поза й всередині приміщень, а також PCMCIA-карти для ноутбуків. У більшості країн під цю технологію відведені діапазони 3,5 та 5 ГГц. За відомостями WiMAX Forum, налічується вже близько 175 впроваджень фіксованої версії. Багато аналітиків бачать у ній конкурентну або взаємодоповнювальну технологію дротового широкосмугового доступу DSL.

Мобільний WiMAX 802.16–2005. Оптимізована для підтримки мобільних користувачів версія підтримує низку специфічних функцій, таких як хендовер, «idle mode» та роумінг. Застосовується масштабований OFDM-доступ (SOFDMA), можлива робота при наявності або відсутності прямої видимості. Частотні діапазони, що плануються для мереж Mobile WiMAX, такі: 2,3; 2,5; 3,4–3,8 ГГц. Один із перших пілотних проєктів у світі національного масштабу був анонсований і реалізований оператором Sprint у 2006 і 2008 роках, відповідно. Конкурентами 802.16e є всі мобільні технології третього покоління (наприклад, EV-DO, HSPA) [5].

До переваг технології відносяться:

- велика дальність радіопокриття і висока швидкість;
- стандартизація технології WiMAX, що дозволяє купувати користувачам обладнання у різних постачальників, за умови взаємодії між різними пристроями з пристроєм провайдера;
- робота при відсутності прямої видимості між базовою станцією і абонентським обладнанням;
- висока якість передачі даних, медіатрафіка.

До недоліків технології відносяться:

- недолік пристроїв, недолік частот в міському середовищі;
- необхідність ліцензування;
- складності при впровадженні нової технології, через що на даний момент відсутня можливість забезпечення якісного зв'язку з низькою вартості.

#### Частотне планування мережі WiMAX

Технологія OFDMA дозволяє управляти потужністю переданих eNB піднесуть, в зв'язку з чим стає можливим застосування різних методів повторного використання частот. Найбільший інтерес представляють м'яке і дробове використання частот, так як вони підвищують пропускну здатність каналів. При м'якому повторному використанні частот коефіцієнт повторного використання прагне до одиниці, тобто, в кожній соте може використовуватися вся смуга системи. При дробовому повторному використанні частот коефіцієнт менше одиниці (рис. 1).

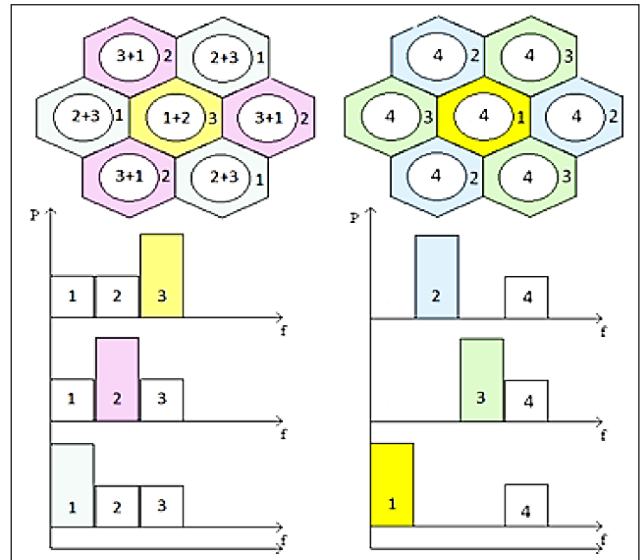


Рис. 1. Варіанти повторного використання частот

Методи ослаблення соканальних перешкод. При проєктуванні мережі необхідно знайти золоту середину, використовуючи найбільший частотний діапазон, при збереженні співвідношення сигнал шум на мінімально допустимому рівні.

Існують кілька основних шляхів вирішення проблеми недостатньої величини параметра  $Q$  для кластера з все спрямованими антенами.

Перший метод – збільшення кількості сот в кластері. Стільникова структура дозволяє збільшити пропускну здатність каналу, всієї системи шляхом збільшення сот, зменшення розмірів сот і зменшення потужності передавачів. Однак поряд з очевидними перевагами, зменшення радіуса сот має і недоліки:

- на проєктованій площі доводиться розміщувати більшу кількість базових станцій і антен, що має на увазі додаткові фінансові витрати;
- оскільки стандарт WiMAX відноситься до частотно тимчасового поділу каналів (FDMA), то збільшення в кластері сот призведе до зниження числа каналів в окремих сотах, і до зниження трафіку.

Друге рішення полягає в ослабленні соканальних перешкод при використанні секторних антен, з шириною діаграми спрямованості в  $60^\circ$  або  $90^\circ$ . Тобто кожна сота розділяється на чотири або шість секторів відповідно.

На рис. 2 зображено група сот з використанням антен, діаграма спрямованості яких дорівнює  $60^\circ$ .

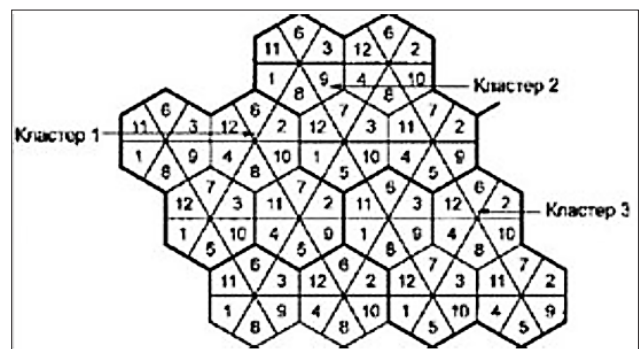


Рис. 2. Група сот з використанням антен, діаграма спрямованості  $60^\circ$

При використанні секторних структур сот, значно знижується вплив соканальних перешкод сусідніх базових станцій працюють на одних і тих же частотах. Але, так само є і недолік: на кожен з шести секторів базової станції доводиться окремий антенно-фідерний тракт, що так само має на увазі додаткові фінансові витрати.

Рішення проблеми пов'язаних з соканальними перешкодами на краю сот, в стандарті WiMAX запропонований метод, комбінованого повторного використання частоти (FFR), тобто комбіноване планування сот. У FFR користувачі, що знаходяться на краю стільники використовують частину всіх доступних підканалов, в той час як користувачі всередині, тобто в центрі стільники користуються всіма доступними підканалами. Користувачі ж, що знаходяться на краю стільники, працюють з частотами Reuse-3 (R3), в той час як користувачі в центрі стільники працюють з частотами Reuse-1 (R1). В процесі передачі кадру абоненти R3 згруповані в зону R3, яка відокремлена в часі від зони Reuse-1. Перевага методу FFR полягає в наданні абонентам на краю сот кращої якості сигналу, за рахунок фізичного поділу від джерела перешкод. Покращена якість сигналу також надає більш високу пропускну здатність для користувачів на краю стільники. Однак це досягається за рахунок менш ефективного спектрального розподілу каналів. Таким чином, важливо проаналізувати, переважають чи переваги над недоліками.

Надання зон в БС для конкретного користувача може бути засноване на декількох параметрах. Ці параметри повинні бути визначені з сигналів посилок від МС до БС. Як впливає зі сказаного, принцип FFR істотніше, для вирішення проблем пов'язаних, з соканальними перешкодами користувачів, що знаходяться на краю стільники. Отже, параметри для призначення зон, розглядаються від БС до МС. БС працює одночасно з обома зонами, як з R1, так R3, налаштовуючи поріг переходу з зони в зону. Однак, головний недолік принципу призначення зон полягає в тому, що якість сигналу не обов'язково корелює з відстанню від БС через ефектів, відомих як швидкі завмирання і затінення.

В процесі оцінки стандарту WiMAX одним з найважливіших параметрів є охоплення і до-

сить хорошу якість сигналу, який описує відсоток користувачів, які можуть бути обслужені.

#### Використання у місті Черкаси

Місто Черкаси знаходиться біля річки Дніпро в центрі України. В місті багато багатоквартирних будинків та присутній приватний сектор. Висота будинків переважно 10 поверхів, є декілька будівель до 18 поверхів, також присутня висотка 20 поверхів.

WiMAX послуги доступу до широкопasmової мережі Інтернет надають компанії Сапору. Сапору – це технологія бездротової передачі даних, що забезпечує високоякісний симетричний доступ в Інтернет, надійну і безпечну передачу даних. Максимальна швидкість доступу до 4 Мбіт/с. Послуги з використанням технології Сапору надаються також в інших містах

Тарифи на послуги з використанням технології Сапору залежать від індивідуальних умов і визначається окремо для кожного клієнта, необхідно перевірити зону покриття.

Мережа WiMAX в місті Черкаси зайняла нішу між мобільним Інтернетом та оптоволоконними мережами. Є затримки сигналів, але перевага в тому, що є безлімітні тарифи. Для жителів приватного сектора і передмістя міста Черкаси поки не існує альтернативи даної технології для доступу до широкопasmової мережі. В майбутньому більш широкий розвиток оптоволоконної мережі звузити ринок користувачів технології WiMAX.

**Висновок.** У даній роботі було проведено дослідження багатоканальної телекомунікаційної мережі. Для оптимального рішення, обрана технологія на базі стандарту WiMAX. Дана технологія дуже перспективна на сьогоднішній день.

В процесі дослідження мережі WiMAX в м. Черкаси були вирішені наступні завдання:

- виконано огляд технології WiMAX, ознак, що відрізняють дану технологію від інших технологій широкопasmового доступу;

- розглянуті основні принципи, що використовуються при побудові мереж на основі WiMAX;

Це говорить про певну ефективності від впровадження мереж WiMAX, а також показує, що для більш повного задоволення потреб абонентів розвиток мереж необхідно продовжити.

#### Список літератури:

1. Статистика швидкості Інтернету [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.speedtest.net/global-index>
2. Основні поняття і терміни технології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.wikipedia.org/wiki/WiMAX>
3. Офіційний форум WiMAX [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://wimaxforum.org>
4. Вишне夫斯基 В. А. Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G / В. А. Вишне夫斯基, С. П. Портной, И. О. Шахнович. 2009.
5. Карабутов Н. Н. Информационные технологии в экономике / Н. Н. Карабутов, 2003. – 206 с.

**Мордовец С.А., Одокиенко С.Н.**

Киевский национальный университет технологий и дизайна

**Катаева Е.Ю.**

Черкасский государственный технологический университет

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ WiMAX В ГОРОДЕ ЧЕРКАССЫ**

### **Аннотация**

В данной статье описывается текущее состояние по внедрению технологии WiMAX в городе Черкассы. Будет проводиться планирование сети и измерение зоны охвата территорий. В ходе проектирования, была рассмотрена и изучена структура широкополосного беспроводного сети передачи данных. В дальнейшем будет произведен расчет дальности распространения радиоволн, возможная пропускная способность каналов, количество базовых станций, необходимых для полного покрытия территории м. Черкаси. Будет проведен анализ сети во время наибольшей нагрузки.

**Ключевые слова:** Speedtest, WiMAX, Wi-Fi, городские сети, Черкассы.

**Mordovets S.A., Odokienko S.N.**

Kyiv National University of Technology and Design

**Kataeva Y.Y.**

Cherkasy State Technological University

## **THE USING OF WiMAX TECHNOLOGY IN THE CITY OF CHERKASY**

### **Summary**

This article describes the current situation with the implementation of WiMAX technology in the city of Cherkasy. Network planning will be done and measurement of the coverage area. During the designing of the network, has been considered and studied the structure of wireless broadband data network. In the future, the calculation will be done of a maximum dispersion range with possible channel capacities, the number of base stations required for complete coverage of Cherkasy territory. Network analysis will be carried out during the peak load.

**Keywords:** Speedtest, WiMAX, Wi-Fi, city networks, Cherkasy.