

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
Навчально-науковий інститут Інформаційних технологій
(назва інституту (факультету))

Комп'ютерних наук
(назва кафедри)

ПЛАН КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни **«Конвергентна мережна інфраструктура»**
за спеціальністю 124 Системний аналіз
(шифр та повна назва напрямку (спеціальності))
Спеціалізації

Укладач(і): к.т.н. Сєрих С.О.
(науковий ступінь, вчене звання, П.І.Б. викладача)

Конспект лекцій розглянутий та схвалений на засіданні
кафедри Комп'ютерних наук
(повна назва кафедри)

Протокол № 8 від «11» лютого 2019 року
Завідувач кафедри Вишнівський В. В.

**Модуль 2 Сучасні мережеві технології конвергентної мережної
інфраструктури**
Тема 6. Інтегровані телерадіоінформаційні системи з радіо доступом
Лекція № 8

Тема лекції: Інтегровані телерадіоінформаційні системи з радіо доступом.

План лекції

Вступ

1. Система MMDS (MITPIC)
2. Система LMDS
3. Особливості застосування телерадіоінформаційних систем.
4. Технології WiMAX та LTE.

Виконати самостійне завдання № 8.

1. Вивчити питання лекції.
2. Виконати порівняльну оцінку технологій за показниками ефективності мереж доступу за завданням лабораторного заняття № 8.

Література:

1. Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Сєрих С.О., Зінченко О.В., Прокопов С.В. Конвергентна мережна інфраструктура. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 179 с.
2. Соколов В. Ю. Інформаційні системи і технології : Навч. посіб. К.: -ДУКТ, 2010. - 138 с.
3. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
4. Олифер Виктор, Олифер Наталия. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. (Учебник для вузов). — ISBN 978-5-496-01967-5. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с.
5. Сосновский О.А. Телекоммуникационные системы и компьютерные сети. – Минск: БГЭУ, 2007.-176с.

Вступ

Сьогодні багато говориться про мультисервісних мережі: сучасне поняття широкосмугового абонентського доступу простирається від 64 кбит/с до GigaE. Однак, як відомо, скільки людей – стільки й думок. Досвід останнього десятиліття дозволяє підвести попередні підсумки побудови мультисервісних мереж абонентського доступу, сформулювати середньостатистичні вимоги до них з урахуванням сектора ринку й типу оператора, а також уточнити логіку вибору технології, використовуваної при побудові середовища проносу трафіка, у контексті цільових настанов тих або інших операторів.

Основна частина

1. Система MMDS (MITPIC)

Фізичний рівень інфраструктури абонентської мережі

Канали зв'язку абонентських мереж сучасних операторів опираються на різні фізичні середовища проносу трафіка:

- традиційні мідні кабелі ТфОП;
- радіоканали в різних частотних діапазонах;
- оптичні середовища – оптоволоконні кабелі й бездротові оптичні лінії.

При будівництві абонентської інфраструктури найбільш дорогими є грабарства – будівництво каналізації й прокладка кабелів. Таке будівництво вимагає глибокого маркетингового аналізу споживчого попиту, тому що воно має високий поріг окупності з погляду обсягу абонентської бази. Будівництво кабельної інфраструктури звичайно займає кілька місяців і доцільно для сформованих секторів ринку з устояним попитом на послуги зв'язку.

Бездротові технології

Існує безліч різних систем радіо доступу, що різняться по:

- типі з'єднання («крапка - крапка» або « крапка-багато крапок»);
- типу поділу каналів (FDMA, TDMA, CDMA);
- типу абонентів (фіксованій або мобільні);
- ширині смуги пропускання каналів ($n \times 64$ кбит/с, $n \times E1$ для встаткування TDM/ATM і $n \times 1$ кбит/с для абонентських терміналів з Ethernet-Портами 10/100 BaseT систем радіо Ethernet IEEE 802.11x/802.16x);
- частотному діапазону й зоні радіо покриття: – 2,4; 3,5; 5 ГГц – дистанції від 10 до 50 км (WiMAX/MMDS); – 10 ГГц – дистанції від 7 до 15 км (MMDS/LMDS/LMCS); – 20 ГГц – дистанції від 4 до 8 км (LMDS/LMCS).

Максимальна смуга пропускання для мультисервісного трафіка досягається в системах LMDS/LMCS. Вона становить $n \times 10$ Мбит/с, де $n = 2, 4, \dots, 7$. Донедавна пакети в цих системах формувалися по стандартах радіо ATM/TDM, а самі системи вимагали для своєї роботи забезпечення прямій радіовидимості (середовище типу Line of site – LOS) між базовою станцією й абонентським терміналом.

Системи фіксованого радіодоступу масштабу міста

Бездротові технології відрізняються оперативністю й мобільністю. Вартість

базової станції, що забезпечує на вимогу радіоз'єднання типу « крапка-багато крапок», не перевершує 10% сумарної вартості абонентських терміналів, а швидкість її розгортання становить усього кілька днів. Підключення до базової станції нового абонента в межах ставлення послуг фіксованого широкосмугового радіодоступу настільки приваблива для оператора мультисервісної мережі. Адже звичайно в умовах конкуренції клієнт звертається за послугами лише один раз. Якщо якість обслуговування й швидкість реакції на його заявку виявляються незадовільними, то він іде до конкурентів і несе із собою:

- лояльність до компанії;
- прибуток;
- репутацію компанії;
- частку ринку.

По статистиці, 85% споживачів відмовляються використовувати продукти й послуги компанії при неякісному обслуговуванні. От чим викликаний підвищений інтерес до систем бездротового доступу, що підвищує оперативність надання послуг. Однак очікування повсюдного переходу на бездротові технології в мережах фіксованого абонентського доступу щонайменше не обґрунтовані по наступних причинах:

- бездротові технології відрізняються більшими енергетичними втратами в силу загасання електромагнітних хвиль;
- вони сильно піддані впливам погодних умов: туман, дощ і сніг відчутний збільшують втрати на трасі й знижують якість каналу;
- питома вартість підключення абонента вище, ніж на кабельній інфраструктурі з аналогічною пропускною здатністю.

Останній момент особливо значимо при побудові мережі абонентського доступу. Він значно знижує економічну ефективність систем бездротового доступу, тому що абонентський радіо доступ як основне з'єднання доцільне лише в тому випадку, коли вартість прокладки кабелю для підключення абонента непорівнянна й економічно невигідна (строки окупності перевищують 7 років). Ці обмеження локалізують область застосування систем фіксованого абонентського радіодоступу в абонентських мережах операторського класу й позиціонують їх як маневровий фонд оператора. Радіодоступ розглядається як тимчасове рішення, замінне, у випадку доцільності, на провідне.

Подібний підхід дозволяє операторові скоротити обсяг абонентських радіотерміналів і знизити загальні експлуатаційні витрати.

Бурхливий розвиток механізмів контролю якості в середовищі Ethernet і поява Ethernet-Комутаторів операторського класу, що підтримують технології IP MPLS, а також розвиток мереж мобільної передачі даних підвищили інтерес до розвитку технології радіо Ethernet.

2. Система LMDS.

Специфіка широкосмугового зв'язку

Факти й цифри дійсно вражають. Але щоб скористатися перевагами широкосмугового бездротового зв'язку, розроблювачам мереж потрібно познайомитися з її специфікою.

Загалом кажучи, поняття "широкосмуговий бездротовий зв'язок" ставиться до служби оператора, що використовує цифрову технологію й підтримує безліч

замовників. Швидкість передачі даних може становити від 128 Кбіт/с до 155 Мбіт/с. З'єднання зі швидкістю передачі даних, що відповідає каналу T1 (1.544 Мбіт/с) або кратної T1, зараз є ходовим товаром, але сучасні технології цілком можуть забезпечити набагато більше високі швидкості, - наприклад, DS-3 (45 Мбіт/с) або OC3 (155 Мбіт/с). Асортименти надаваних послуг включає місцеву й міжнародну телефонію, підключення до приватних мереж і доступ в Internet.

Для надання послуг оператори використовують різні частоти. У США найбільше часто використовується частоти в діапазонах 1.9, 2.4, 2.5, 5, 24, 28, 38, і 42 ГГц. В інших країнах розподіл частот може бути іншим.

Велике значення має тип використовуваного радіочастотного спектра. Деякі діапазони частот ліцензуються, деякі - немає (див. таблицю 1). Робота в діапазонах частот 2.4 і 5 ГГц не ліцензується, тому провайдери можуть розгорнути обслуговування абонентів у цьому діапазоні швидко й недорого (оскільки вони не обтяжені витратами на ліцензування).

Однак у цей час не ліцензована смуга частот по сукупності значно уступає ліцензованій смузі. Наприклад, не ліцензована смуга частот у діапазоні 2.4 ГГц пропонує радіочастотний спектр шириною всього в 80 МГц, що становить менш 10 відсотків від ширини смуги, виділеної для служби LMDS, - звідси й менша кількість абонентів, що може підтримувати не ліцензована смуга частот.

Крім того, оскільки не ліцензовані смуги частот доступні всім, пропускна здатність каналів може бути нижче, якщо кілька провайдерів починають пропонувати конкуруючі послуги в тому самому районі. Наприклад, якщо на одній території будуть працювати два провайдери послуг Internet (ISP - Internet Service Provider), пропускна здатність їхніх мереж може скласти половину від нормальної. А оскільки не ліцензований спектр ніким не регулюється, оператори самі повинні знайти вихід з такої ситуації. Однак, незважаючи на ці обмеження, такі послуги можуть бути дуже привабливими для малих і середніх фірм - через надзвичайно конкурентоспроможні ціни.

3. Особливості застосування телерадіоінформаційних систем.

Що стосується низькочастотних діапазонів, у яких пропонується використовувати відносно більшу смугу пропускання, те слід зазначити діапазон частот 2.5 ГГц, у якому працює многоканальна многопунктова розподільна служба MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service). Служба MMDS має смугу пропускання шириною в 200 МГц, а оскільки цей діапазон ліцензований, тут відсутньої проблеми перешкод від інших провайдерів. Ряд провайдерів послуг Internet використовують смугу частот служби MMDS для обслуговування підприємств малого й середнього бізнесу, у деяких випадках застосовуючи комбінований підхід - бездротової канал від сервера до клієнта й телефонну мережу, що комутирується, загального користування (PSTN - Public Switched Telephone Network) від клієнта до сервера. Взагалі ж низькочастотний діапазон передбачає більший радіус дії, максимум до 52 км. Фірми Sprint Corp. (Канзас-Сіті, Міссурі) і MCI Worldcom Inc. (Джексон, Міссісіпі) придбали компанії, що мають у своєму активі спектр частот служби MMDS, так що тепер вони можуть використовувати бездротовий зв'язок для організації місцевих абонентських ліній.

Більше високі частоти (24 ГГц і вище) іноді називають міліметровим

діапазоном - по довжині радіохвиль, використовуваних для передачі сигналів. Ліцензовані смуги частот у цьому діапазоні набагато ширше, і на частотах порядку 28 ГГц (діапазон служби LMDS) оператори можуть працювати зі смугою, що має ширину більше 1 ГГц. При використанні методів модуляції, що забезпечують ефективну пропускну здатність від 1 біт/з (чотирьох позиційна QAM, Quadrature Amplitude Modulation - квадратурна амплітудна модуляція) до 4 біт/з (64-позиційна QAM) на 1 Гц частоти, у смузі шириною в 1 ГГц можна реалізувати сукупну пропускну здатність до 4 Гбіт/с (з урахуванням витрат на кодування). Природно, ця швидкість розділяється серед споживачів і між сусідніми стільниками зони обслуговування або ділянками з декількох таких стільник, названих секторами. На цих більше високих частотах дальність зв'язку (довжина з'єднання) зменшується майже до трьох кілометрів. Оскільки смуги частот у цьому діапазоні ліцензуються, користувачі не повинні випробовувати яких-небудь перешкод.

4. Технології WiMAX та LTE.

WiMAX від англ. *Worldwide Interoperability for Microwave Access* Стандарт IEEE 802.16 — стандарт бездротового зв'язку, що забезпечує широкосмуговий 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. Форум описує WiMAX як «засновану на стандарті технологію, яка надає високошвидкісний бездротовий доступ до мережі, альтернативній виділенім лініям і DSL»;

Фіксований і мобільний варіант WiMAX

Набір переваг притаманний всьому сімейству WiMAX, однак його версії істотно відрізняються одна від одної. Розробники стандарту шукали оптимальні рішення як для фіксованого, так і для мобільного застосування, але поєднати всі вимоги у рамках одного стандарту не вдалося. Хоча низка базових вимог збігається, націленість технологій на різні ринкові ніші призвела до створення двох окремих версій стандарту (точніше, їх можна вважати двома різними стандартами). Кожна зі специфікацій WiMAX визначає свої робочі діапазони частот, ширину смуги пропускання, потужність випромінювання, методи передачі та доступу, способи кодування та модуляції сигналу, принципи повторного використання радіочастот та інші показники. А тому WiMAX-системи, засновані на версіях 802.16d і 802.16e цього стандарту, практично несумісні. Короткі характеристики кожної з версій наведені нижче.

802.16-2004 (відомий також як 802.16d і фіксований WiMAX). Специфікація затверджена у 2004 році. Використовується ортогональне частотне мультиплексування (OFDM), підтримується фіксований доступ у зонах з наявністю або відсутністю прямої видимості. Користувацькі 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.

802.16-2005 (відомий також як 802.16e і мобільний WiMAX). Специфікація затверджена у 2005 році. Це — новий виток розвитку технології фіксованого доступу (802.16d). 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 проектів у світі національного масштабу був анонсований і реалізований оператором Sprint у 2006^[1] і 2008 роках, відповідно. Конкурентами 802.16e є всі мобільні технології третього покоління (наприклад, EV-DO, HSXPA).

Основна відмінність двох технологій полягає у тому, що фіксований WiMAX дозволяє обслуговувати тільки «статичних» абонентів, а мобільний орієнтований на роботу з користувачами, що пересуваються зі швидкістю до 150 км/год. Мобільність означає наявність функцій роумінгу та «безшовного» перемикання між базовими станціями при пересуванні абонента (як відбувається у мережах стільникового зв'язку). В окремих випадках мобільний WiMAX може застосовуватися й для обслуговування фіксованих користувачів.

Ширококутовий доступ

Багато телекомунікаційних компаній роблять великі ставки на використання WiMAX для надання послуг високошвидкісного зв'язку. І тому є кілька причин. По-перше, технології сімейства 802.16 дозволяють економічно більш ефективно (у порівнянні з провідниковими технологіями) не тільки надавати доступ в мережу новим клієнтам, але й розширювати спектр послуг і охоплювати нові важкодоступні території. По-друге, бездротові технології для багатьох простіші у використанні, ніж традиційні дротові канали. Мережі WiMAX і Wi-Fi прості в розгортанні і по мірі необхідності легко масштабуються. Цей фактор виявляється дуже корисним, коли необхідно розгорнути велику мережу в найкоротші терміни. Наприклад, WiMAX був використаний для того, щоб надати доступ в мережу тим, хто вижив після цунамі, що сталося у грудні 2004 року в Індонезії (Aceh). Вся комунікаційна інфраструктура області була виведена з ладу і було потрібно оперативне відновлення послуг зв'язку для всього регіону.

В сумі всі ці переваги дозволять знизити ціни на надання послуг високошвидкісного доступу в Інтернет як для бізнес-структур, так і для приватних осіб.

Обладнання користувача

Обладнання для використання мереж WiMAX поставляється кількома виробниками і може бути встановлено як у приміщенні (пристрої розміром із звичайний DSL-модем), так і поза ним (пристрої розміром із ноутбук). Слід зазначити, що обладнання, яке розраховане на розміщення усередині приміщень і не потребує професійних навичок при установці, що, звичайно, більш зручно, здатне працювати на значно менших відстанях від базової станції, ніж професійно встановлені зовнішні пристрої. Тому обладнання, встановлене всередині приміщень вимагає набагато більших інвестицій в розвиток інфраструктури мережі, так як передбачає використання набагато більшого числа точок доступу.

З винаходом мобільного WiMAX все більший акцент робиться на розробці мобільних пристроїв. У тому числі спеціальних телефонних трубок (схожі на

звичайний мобільний смартфон), і комп'ютерної периферії (USB радіо модулів і PC card).

Послуга зворотнього транспортування трафіка

Послуга зворотнього транспортування трафіка (backhaul) є важливим елементом сервісної конфігурації системи WiMAX. Оскільки система WiMAX володіє можливостями радіо покриття за схемою «точка-багатоточка» на відстанях до 50 км, то оператори систем стільникового радіозв'язку (ССР) відповідно отримують змогу використовувати обладнання IEEE 802.16 в якості транзиту для зворотнього транспортування інформаційного трафіка базових станцій (БС) ССР до їх власних центрів комутації і керування (рис. 1 та рис. 2).

Однак, варто зазначити, що можливості реалізації послуги зворотнього транспортування трафіка ССР на основі технології WiMAX в масштабах загальнонаціональних мереж залежить від виділення можливостей необхідного частотного ресурсу.

Оренда телефонних ліній в якості обладнання зворотнього транспортування чи використання волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) часто є занадто витратним і може негативно вплинути на комерційну діяльність оператора. Взагалі, виключно проводові мережі дуже рідко є рентабельним рішенням проблеми зворотнього транспортування, і навіть технології цифрових абонентських ліній (xDSL) не здатні забезпечити необхідну швидкість інформаційного обміну, особливо для зворотнього транспортування трафіка «вгору» для мереж рухомого зв'язку 3-го покоління (3G). WiMAX. Рішення можуть включати функції зворотнього транспортування для різних типів фізичних інтерфейсів, головним чином, безпроводові рішення, наприклад, об'єднання симетричних високошвидкісних DSL з ВОЛЗ.

Провайдери безпроводних послуг (WSP) все частіше використовують обладнання WiMAX для зворотнього транспортування трафіка від БС до мереж доступу. При цьому в якості технологій мереж доступу можуть використовуватися технології ширококутового радіодоступу Wi-Fi, WiMAX або інші.

Зважаючи на те, що як правило WSP пропонують своїм абонентам послуги передавання голосу, даних і відео, то механізм пріоритетної підтримки якості обслуговування (QoS) системи WiMAX дозволяють оптимізувати процес передавання інформаційного трафіка.

Комерційні сценарії обслуговування WiMAX

Банківські мережі

Провідні банки з метою організації інформаційного обміну зі своїми філіями використовують мережі пакетного передавання на базі протоколу АТМ. Транзитна мережа WiMAX може виступати з'єднувальною ланкою між банківськими філіями та регіональним офісом і надавати послуги високошвидкісного інформаційного обміну, як зображено на рис. 3.

Як правило подібні сценарії обслуговування потребують вищих швидкостей передавання і покращення механізмів безпеки.

Технологія WiMAX має механізм достатнього рівня для гарантування інформаційної та технічної безпеки, однак конкретно для банківського сектора з

метою недопущення перехоплення конференційної інформації необхідні «прозорі» механізми безпеки. Значне радіо покриття і достатня система ємності надають можливості організувати інформаційний обмін регіональних офісів з численними філіями, а обладнання WiMAX за рахунок властивостей масштабування дозволяють «змішувати» трафік різної швидкості, пріоритету та конфіденційності в одному потоці. Підтримка рівнів WiMAX QoS дозволяє організувати пріоритетність послуг: голосові послуги (телефонія між філіями), передавання даних (інформація про фінансові операції, електронна пошта, доступ до Інтернет та Інтернет), відео (спостереження, кабельне ТБ) тощо.

Мережі освітянських послуг

Освітні установки можуть використовувати мережі WiMAX для організації інформаційного обміну, наприклад між навчальними закладами, керівними установами та домашніми додатками (рис.4).

Головними технічними вимогами для організації подібних сценаріїв є:

- підтримка режиму радіо розповсюдження непрямої видимості (NLOS);
- підтримка схеми обслуговування «точка-багатоточка»;
- достатні розміри зон покриття.

Освітня мережі на базі WiMAX можуть надавати повний спектр мультимедійних послуг, зокрема телефонія, передавання даних, електронна пошта, доступ до Інтернет та Інтернет, відеопослуги дистанційного навчання і т.і. завдяки значному радіопокриттю на базі мереж WiMAX можливо організувати економічно вигідні сценарії освітянських послуг, особливо для сільських, малозаселених і важкодоступних районів зі слабким розвитком телекомунікаційної інфраструктури. За таких умов заклади освіти в залежності від потреб отримують можливості змінювати як самі сценарії обслуговування, так і мережні конфігурації, що дає економію капітальних та експлуатаційних витрат.

Корпоративно-відомчі мережі

Корпоративно-відомчі структури типу правоохоронних органів, пожежної служби, надзвичайних ситуацій, закладів охорони здоров'я можуть організовувати на основі технології WiMAX власні високопродуктивні мережі інформаційного обміну (рис.5).

Окрім стандартних послуг голосового зв'язку з диспетчерськими центрами та обміну екстреними викликами мережа широкосмугового радіодоступу WiMAX надає послуги передавання відеозображення в реальному часі та із заданим рівнем якості, що значно підвищує ефективність функціонування корпоративно-відомчого сектору в цілому.

Мережі WiMAX можуть розгортатися в дуже стислі строки (в межах години), що надзвичайно важливо для певних випадків, наприклад, рятування людей. Також неабиякою перевагою подібного підходу є можливість транспортування зворотнього транспортування інформаційного трафіка до центру керування чи диспетчера з використанням радіоканалів у випадках, коли проводові мережі далеко не завжди здатні забезпечити сталий і оперативний зв'язок. Важливою вимогою з боку користувачів корпоративно-відомчого сектору, яку здатна задовольнити система WiMAX, є потреба у мобільності та мультимедійності обслуговування.

Технологічно-виробничі мережі

Прикладом організації технологічно-виробничої мережі WiMAX може слугувати мережа інформаційного обміну між морськими платформами з добування нафти і газу та береговими службами (рис.6).

Подібний сценарій віддаленого обслуговування включає розв'язання проблем керування складним обладнанням, моніторинг місцезнаходження і реалізацію доступу до баз даних. В свою чергу система інформаційно-технічної безпеки може виключати системи оповіщення та відеоспостереження. До складу основних послуг входять голосова телефонія, електронна пошта, до ступ до Інтернет та відео конференц зв'язок.

Кампусні мережі

Урядові організації, великі підприємства, індустріальні території, транспортні центри, університети тощо можуть використовувати мережі WiMAX для охоплення послугами ширококутового радіодоступу.

Подібні мережі характеризуються вимогами високої пропускної здатності, низьких рівнів затримки сигналу і надійними механізмами безпеки.

Подібно до інших сценаріїв обслуговування інформаційний обмін кампусних мереж включає голос, дані і відео, для яких QoS WiMAX може оптимізувати та розподіляти пріоритети. Розгортання кампусних мереж на базі WiMAX потребує менше часу і ресурсів, оскільки немає необхідності з зовнішніх конструкцій, прокладанні кабелів тощо. В таких випадках рішення WiMAX є одним з ефективних шляхів організації інформаційного обміну між окремими будівлями.

Тимчасові мережі на будівництві

Будівельні компанії можуть використовувати мережі WiMAX для організації інформаційного обміну між головним офісом, будівельними майданчиками, офісами інших учасників проекту, як показано на рис. 8.

Можливості швидкого розгортання мереж WiMAX дуже важливі в цьому сценарії, оскільки існує нагальна потреба в терміновій організації зв'язку з будівельним майданчиками, включаючи послуги телефонії і передавання даних. Послуги відеоспостереження також можуть реалізуватися в такій мережі і наприклад для моніторингу місцевості. Також на будівельних майданчиках можлива організація локального покриття в інтересах персоналу. Окрім вже перерахованих переваг WiMAX обладнання може оперативно повторно розгортатися на інших будівельних майданчиках.

Мережі для розваг

Власники закладів для розваг типу тематичних парків можуть використовувати мережі WiMAX для надання широкого спектру послуг розважального характеру, обслуговування виставок, транспортних шляхів, торгівельних центрів тощо (рис. 9).

До ключових вимог подібних сценаріїв обслуговування відносяться: підтримка як фіксованого, так і мобільного обслуговування, гарантована інформаційна безпека, доступність та оперативність послуг, мультимедійні додатки.

Мережі WSP

Провайдери безпроводних послуг (WSP) можуть використовувати мережі WiMAX для надання телекомунікаційних послуг як домашнім додаткам (голос, дані, відео), так і бізнесовим додаткам (головним чином голосові послуги та доступ до Інтернет). Вбудовані механізми гарантування QoS WiMAX підтримують змішану структуру трафіка, а на рівні доступу до середовища розповсюдження пропонують багаторівневі послуги. Подібна підтримка чисельних типів сервісу WiMAX дозволяє зменшити середній рівень витрат та збільшити середній прибуток в розрахунку на одного користувача.

Оператори систем стільникового радіозв'язку також можуть бути зацікавлені в застосуванні технології WiMAX на своїх мережах, оскільки вони вже мають розвинену мережну і білінгову інфраструктуру та користувацьку базу, а впровадження послуг широкосмугового доступу, лише розширить їх присутність на ринку (рис. 10).

Реалізація сценаріїв WSP мереж на базі проводових рішень (DSL, кабель, ВОЛЗ тощо) потребує значних витрат, особливо на територіях з недостатньо розвиненою інфраструктурою типу сільських адміністративних районів, невеликих міст чи приміських зон.

Мережі для сільських та малонаселених зон

Сервіс-провайдери можуть використовувати мережі WiMAX для надання послуг широкосмугового радіодоступу в сільських та малонаселених зонах (рис. 11).

Мінімальний набір сервісних послуг для таких мереж включає голосову телефонію та послуги доступу до Інтернет. Завдяки тому, що технологія WiMAX володіє можливостями додаткового розширення зон радіо покриття, то вона є найбільш рентабельним рішенням в районах з низькою щільністю абонентів.

Long Term Evolution (LTE, англ. Long Term Evolution — «довготерміновий розвиток»), маркетингова назва **4G LTE** — назва мобільного протоколу передавання даних; проект 3GPP, стандарт з вдосконалення UMTS для задоволення майбутніх потреб у швидкості.

Мережі 4G на основі стандарту LTE працюють у всіх чинних діапазонах частот, що виділені для стільникового зв'язку по всьому світу. У Північній Америці 700, 750, 800, 850, 1900, 1700/2100 (AWS), 2500 та 2600 MHz (Rogers Communications, Bell Canada), відповідно діапазони 4, 7, 12, 13, 17, 25, 26, 41; 2500 MHz у Південній Америці; 800, 900, 1800, 2600 MHz у Європі, відповідно діапазони 3, 7, 20; 1800 та 2600 MHz у Азії, відповідно діапазони 1, 3, 5, 7, 8, 11, 13, 40; 1800 MHz та 2300 MHz у Австралії та Новій Зеландії відповідно діапазони 3, 40.

Швидкість завантаження за стандартом 3GPP LTE в теорії досягає 326,4 Мбіт/с (download), і 172,8 Мбіт/с на вивантаження (upload). Практично забезпечує швидкість передавання даних від базової станції до пристрою абонента до 100 Мбіт/с і швидкість від абонента до базової станції — до 50 Мбіт/с.

Ці удосконалення можуть, наприклад, підвищити ефективність, знизити витрати, розширити і удосконалити послуги, що вже надаються, а також інтегруватися із вже наявними протоколами. LTE-мережа дозволяє користуватися

такими послугами як «відео на вимогу», забезпечуючи потокове передавання без затримок відео в HD-роздільності.

Операторам впровадження технології LTE дозволить зменшити капітальні та операційні витрати, знизити сукупну вартість володіння мережею, розширити свої можливості в області конвергенції послуг і технологій, підвищити доходи від надання послуг передачі даних.

Проблеми переходу на LTE включають необхідність у новому спектрі для отримання переваг від широкого каналу. Крім того, потрібні абонентські пристрої, здатні одночасно працювати в мережах LTE і 3G для плавного переходу абонентів від старих до нових мереж.

Вперше про впровадження технології LTE оператори предметно заговорили у січні 2008 року, коли міжнародне партнерське об'єднання Third Generation Partnership Project (3GPP), що розробляє перспективні стандарти мобільного зв'язку, затвердило LTE як наступний після UMTS стандарт широкосмугової мережі мобільного зв'язку.

За даними міжнародної асоціації GSMA, 26 операторів у світі заявили про плани побудови мереж LTE до 2013 року. Серед них — Vodafone, Verizon Wireless, TeliaSonera, NTT DoCoMo і KDDI.

Технологію LTE протестували такі постачальники телекомунікаційного обладнання як Alcatel-Lucent, Ericsson, Huawei, Motorola, Nokia Networks, Siemens Networks, Fujitsu, ZTE. У квітні 2009 року мережу LTE показала Motorola на виставці CTIA Wireless.

В Україні до 2017 року жодної LTE-мережі не збудовано, попри те що компанія «ММДС-Україна» володіла ексклюзивними ліцензіями ще з середини 2011 року.^[3]

31 січня 2018 року продано право на отримання ліцензій на користування радіочастотним ресурсом України строком на 15 років у діапазоні радіочастот 2600 МГц, загальною шириною смуги 80 МГц^[4]

Тендер на 4G у діапазоні 1800 МГц проведено 26 лютого 2018 року.^[5]

30 березня 2018 року оператор lifecell і Vodafone запустили мережу 4G в Україні.

6 квітня 2018 року оператор Київстар також запустив мережу 4G в Україні.

1 лютого 2018 року усі оператори запустили мережу 4G у діапазоні 1800 МГц.

Заключення

Висновки

1. Замість того, щоб вступити в сувору конкуренцію на телекомунікаційному ринку з новітніми технологіями рухомого зв'язку 3-го покоління (3G) та існуючими технологіями типу Wi-Fi, технологія WiMAX знайшла своє місце серед послуг широкосмугового радіодоступу і в поєднанні з іншими сприяє загальному розвитку.

2. З точки зору мережної ідеології система WiMAX повторює структуру безпроводових локальних обчислювальних мереж (WLAN), хоча із певними особливостями.

3. Типовий сценарій розгортання мережі WiMAX включає в себе три основні етапи:

-повноцінне радіо покриття заданої території з використанням зовнішніх

антен для надання послуг пакетного передавання даних, зворотного транспортування стільникового трафіка, покриття за схемою «гаряча пляма» та інші комерційні додатки;

-впровадження підсистем внутрішніх антен, подібних до точок доступу системи Wi-Fi;

-абонентське обладнання WiMAX отримує додаткові можливості мобільності, що забезпечить внутрішньо мережний та міжсистемний роумінг.

4. Сервісні сценарії для систем широкосмугового радіодоступу WiMAX можливо розділити на дві основні категорії:

-сценарії для мереж загального користування;

-сценарії для корпоративно-відомчих та спеціальних мереж.

Виконати самостійне завдання № 8.

1. Вивчити питання лекції.

2. Виконати порівняльну оцінку технологій за показниками ефективності мереж доступу за завданням лабораторного заняття № 8.

Література:

1. Гніденко М.П., Вишнівський В.В., Сєрих С.О., Зінченко О.В., Прокопов С.В. Конвергентна мережна інфраструктура. – Навчальний посібник. – Київ: ДУТ, 2019. – 179 с.
2. Соколов В. Ю. Інформаційні системи і технології : Навч. посіб. К.: -ДУІКТ, 2010. - 138 с.
3. Воробієнко П.П. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підручник [для вищих навчальних закладів] / П.П. Воробієнко, Л.А. Нікітюк, П.І. Резніченко. – К.: САММІТ-Книга, 2010. – 708 с.
4. Олифер Виктор, Олифер Наталия. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. (Учебник для вузов). — ISBN 978-5-496-01967-5. 5-е изд. — СПб.: Питер, 2016. — 992 с.
5. Сосновский О.А Телекоммуникационные системы и компьютерные сети. — Минск: БГЭУ, 2007.-176с.