

УДК 621.391

Янко А.С., к.т.н.,
Авдєєв В.В., студент,
Полтавський національний технічний
університет імені Юрія Кондратюка

ОСНОВНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ РАДІОРЕЛЕЙНОГО ЗВ'ЯЗКУ

В статті розглянуто сутність радіорелейного зв'язку (РРЗ), і особливості розповсюдження сигналу в залежності від атмосферних умов і діапазону частоти, описано сучасні тенденції та перспективи розвитку РРЗ.

Ключові слова: базова станція, бездротові мережі, дальність зв'язку, діапазон частот, приймально-передавальна радіостанція, радіорелейний зв'язок.

Вступ

На сьогодні інтерес багатьох до бездротового доступу визначається вступом телекомунікацій у новий етап свого технологічного розвитку й відповідною трансформацією бізнес-середовища галузі. Перехід до інформаційного суспільства супроводжується конвергенцією мереж, глобалізацією й персоналізацією телекомунікаційних послуг. Все виразніше стає тенденція переходу користувачів від споживання й поширення інформації через канали загального використання до створення індивідуального інформаційного середовища й власного потоку контенту. Радіорелейні системи зв'язку є одними з найбільш поширених видів передачі інформації що використовують електромагнітні коливання. На основі цієї технології працює ефірне радіо і телевізійне мовлення, засоби спеціального зв'язку, а також

стільникова і супутникова телефонія. Без радіозв'язку неможливо уявити сучасне життя, адже бездротовий спосіб трансляції інформації використовується практично у всіх сферах науки, промисловості і побуті. У держсекторі вона проявляється в створенні “електронних урядів”, розвитку телемедицини й теленавчання. У бізнесі підтверджується широким використанням корпоративних мереж. Для населення центром одержання основної інформації, спілкування й розваги усе більше стає Інтернет.

Поняття радіорелейної лінії зв'язку

Радіорелейний зв'язок (РРЗ) – вид радіозв'язку, що утворюється в результаті роботи ланцюжка приймально-передавальних радіостанцій. Наземний радіорелейний зв'язок функціонує на міліметрових, сантиметрових і дециметрових хвилях. Радіорелейні мережі відіграють важливу роль в стільниковому зв'язку, оскільки дозволяють передавати дуже великі об'єми трафіку при мінімальних витратах. У майбутньому ця технологія здатна покрити потреби стільникових операторів в побудові мережі доступу базових станцій мобільного зв'язку до транспортної мережі на всі 100% в віддалених місцевостях [1].

Радіорелейні станції (РРС) зазвичай використовуються:

- для створення високошвидкісних бездротових магістралей провайдерами, стільниковими операторами;
- у великих корпоративних мережах для передачі інформації по бездротових мостах між різними підрозділами;
- для реалізації каналів "останньої милі" тощо.

РРС порівняно рідко застосовуються в сегменті SOHO і приватними особами, так як їх використання вимагає ліцензування й коштують вони набагато дорожче обладнання Wi-Fi, навіть провайдерського класу, але висока ціна виправдовує себе тривалим терміном служби устаткування: більшість моделей радіорелейних станцій провідних виробників розраховане на кілька

десять років служби (20-30 років), в тому числі в суворих кліматичних умовах.

Діапазон частот, який може використовуватися для розгортання РРЛ, надзвичайно широкий – від 400 МГц до 94 ГГц. В Україні найчастіше радіорелейні станції працюють на 5, 7, 8, 11, 13, 18 ГГц і на високих частотах (70-80 ГГц). Так як використовуються різні діапазони частот, а вихідна потужність обмежена нормативами, то основні характеристики (дальність зв'язку та пропускна здатність) різних РРЛ також значно відрізняються. Можна виділити основні закономірності:

1. Чим вище робоча частота тим більше загасання сигналу в атмосфері (в децибелах на кілометр). Правда, залежність не лінійна (Рис. 1) нижче можна бачити, що в діапазоні 60 ГГц показник загасання різко зашкалює, далі знижується і зростає поступово. Відповідно, чим вище частота – тим менше дальність зв'язку.

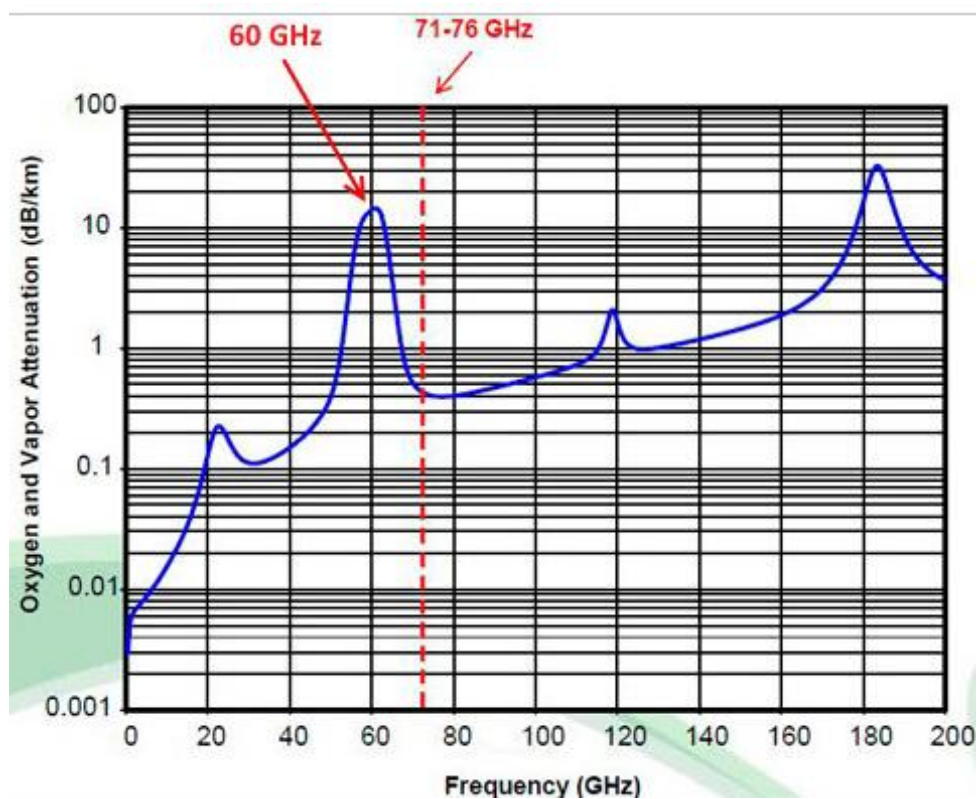


Рис. 1. Загасання сигналу в атмосфері

Якщо радіорелейні лінії на 5 ГГц, 7 ГГц – це 40-50 км, то на 70-80 ГГц – до 3-5 км, а на 60 ГГц – ще менше, через пікового загасання.

2. Чим вище частота, тим більший вплив на сигнал надають атмосферні опади. У діапазоні 2-8 ГГц їх вплив на потужний радіорелейний канал практично непомітно, а в діапазонах вище 40 ГГц дощ стає серйозною перешкодою. Чим вище частота, тим більшої пропускної здатності можна досягти на радіорелейній лінії, за рахунок використання широких частотних каналів всередині діапазону (56 МГц, 112 МГц і більше). Зараз активно освоюються так звані діапазони V-Band і E-Band – 60 ГГц і 70-80 ГГц. Швидкість радіорелейної лінії тут може досягати 10 Гбіт/с.

Головна перевага РРЛЗ пов'язана з можливістю збільшити пропускну здатність як backhaul, так і fronthaul-мереж. РРЛЗ дозволяють використовувати відразу кілька частотних діапазонів і таким чином збільшити ємність мережі при мінімальних витратах. Наприклад, використовуючи частоти в діапазоні E-band (70/80 ГГц), можна збільшити пропускну здатність в сім разів і при цьому розвантажити традиційні для стільникового зв'язку частоти. Це має велике значення в світлі запуску в комерційну експлуатацію мереж п'ятого покоління (5G). Для модернізації існуючих мереж в процесі розгортання 5G буде використовуватися комбінація технологій радіорелейного і оптоволоконного зв'язку. Вибираючи між РРЛ і волоконно-оптичною лінією (ВОЛ) в якості технології розвитку транспортної мережі, оператори приймають рішення, виходячи з наявності оптоволокна і густоти населення, в тому чи іншому районі [2].

Тенденції та перспективи розвитку

Незважаючи на зростання популярності використання оптичного волокна в якості середовища передачі даних, розвиток на ринку РРЛЗ продовжується. Після останніх відкриттів компанії Ubiquiti, які здатні не лише вирівняти позиції рішень на основі РРЛЗ, а й вивести їх на лідируючі позиції у

співвідношенні ціна/якість щодо рішень на основі ВОЛЗ. Одним з таких революційних відкриттів є розробка, яку більшість спеціалістів називає революцією в бездротових мережах. Мова йде про AirFiber ("повітряне волокно"), це нове рішення від Ubiquiti Networks для побудови високопродуктивних магістралей, об'єднання базових станцій, з'єднання сегментів кабельних мереж. Ціна запропонованого рішення нижче ніж у менш продуктивних РРЛЗ. Конструкція AirFiber, забезпечує революційну продуктивність в діапазоні частот 24 ГГц: більш 1,4 Гбіт/с сукупної пропускної здатності при дальності дії близько 13 км. Легко встановлюється, може бути встановлена одним монтажником, за рахунок використання системи точного кріплення і динамічного індикатора RSSI (Received Signal Strength Indication). А команда з двох чоловік ефективно виконає установку, точно відрегулює обладнання, налаштує і вирівняє лінк.

AirFiber складається з системи двох незалежних потужних антенних відбивачів з підтримкою технології 2x2 MIMO (Multiple Input Multiple Output, множинний вхід – множинний вихід) з робочим діапазоном частот 24 ГГц і високим коефіцієнтом посилення. AirFiber може працювати в двох режимах:

- FDD (Frequency Division Duplex) дозволяє рознести по частотах канали прийому та передачі, тим самим зменшивши їх взаємні перешкоди;

- HDD (Hybrid Division Duplex), об'єднує найкращі характеристики технологій FDD (Frequency Division Duplex) і TDD (Time Division Duplex), що забезпечує спектральну ефективність і дуже низьку затримку, порядку 0,1 мс.

Також AirFiber використовує запатентовану технологію, яка сприяє практично повному усуненню затримки передачі пакетів. При використанні традиційних бездротових стандартів затримки з'являються через необхідність отримати пакет, перш ніж здійснити передачу. AirFiber може передавати дані синхронно, без будь-яких очікувань.

На даний момент уже створено радіоміст великої дальності AirFiber AF-5X. Цей радіоміст є принципово новою розробкою і є розвитком лінійки

AirFiber. Він дозволив поставити новий рекорд, а саме, організовано бездротовий лінк на дистанцію 225 км зі швидкістю 155,5 Мбіт/с.

Не менш важливою є розробка протоколу AirMax. AirMax це особливий внутрішньо-фірмовий протокол, за допомогою якого ведеться бездротова передача даних, розроблений компанією Ubiquiti Networks. Багато користувачів помітили, що назва нового протоколу співзвучна з WiMAX, що не можна назвати випадковістю, а скоріше, хитрим маркетинговим ходом. Втім, до цього стандарту AirMax ставиться досить опосередковано. Суть технології полягає в тому, що відбувається тимчасове поділ передачі пакетів для кожного абонента. Звичайна передача даних по Wi-Fi відбувається наступним чином: станція на стороні абонента "слухає" ефір, визначаючи, чи не зайнятий канал, і якщо вільний – посилає пакет. Така технологія далека від досконалості і не здатна надати якісний зв'язок. AirMax вирішує цю проблему, надаючи кожному абоненту певний часовий слот для передачі/прийому даних. У результаті відпадає необхідність "слухати" ефір, зникають затримки. Друга особливість технології – вміння визначати клієнтів з "важким" трафіком (VoIP/Video) та надавати їм пріоритет. Використання протоколу AirMax дає кілька важливих переваг. По-перше, це масштабованість бездротової мережі. Використання AirMax дозволяє запобігти зниженню якості каналу в умовах одночасного користування великою кількістю клієнтів. Якщо в мережі 802.11, що реалізується за технологією Wi-Fi, рекомендується одночасне підключення не більше 20 користувачів, то за допомогою технології AirMax в один час можуть працювати відразу до 120 клієнтів. Це досягнення стало можливим завдяки зміні принципу передачі інформації на MAC-рівні. У Wi-Fi мережах ступінь зайнятості каналу може бути визначений за допомогою бази інформації при наявності несучої. У AirMax ж використовується технологія опитування клієнтів мережі базою. Дана технологія дозволила вирішити проблему «прихованих вузлів» – коли два абонента мережі одночасно намагаються посилати сигнал, тому що при прослуховуванні ефіру "не чують" один одного через віддаленість або інші чинники. По-друге, використання технології AirMax

дозволяє максимально зменшити затримку для передачі голосу і відео. Алгоритми опитування клієнтів мережі роблять можливим визначення тих клієнтів, які передають чутливі до затримки відео і голос, і наділяють їх пріоритетом по відношенню до решти. По-третє, була досягнута висока швидкість передачі даних.

В основі ключових рішень розвитку радіорелейних мереж провідну роль відіграють нові технології передачі і прийому сигналів. Як магістрального напрямку розвитку фізичної основи таких мереж в зарубіжній пресі відзначається безумовне використання інтелектуальних (цифрових) антенних решіток і застосування технології МІМО. Серед можливостей, що надаються технологією цифрових антенних решіток (ЦАР) [3], слід, в першу чергу, відзначити адаптивне управління орієнтацією максимумів парціальних променів, що дозволяє сфокусувати енергію сигналу в певних напрямках (назустріч приймального пристрою), сприяючи збільшенню співвідношення сигнал/шум. При вузькому антенному промені також зменшуються перешкоди, поліпшується співвідношення сигнал/перешкода і, таким чином, підвищується ефективність використання енергетичного спектра.

Висновок

У даний час очевидно, що бездротові мережі практично знаходяться поза конкуренцією по оперативності розгортання, мобільності, ціні і широті можливих додатків, у багатьох випадках будучи єдиним економічно виправданим рішенням. Слід також зазначити, що відмічені тренди в розвитку технологій радіорелейних засобів не вичерпують перелік всіх нових напрямків, що набирають силу у вирішенні проблем підвищення ефективності радіорелейного зв'язку. За рамками статті залишилися питання вдосконалення аналогової і цифрової елементної бази ретрансляційного обладнання, розробок нових типів вбудованих комп'ютерних систем, використання перспективних стандартів апаратних інтерфейсів передачі даних та інше. Оскільки процес

вдосконалення радіорелейних технологій, незважаючи на всю його динамічність, все ж розгортається в певних часових рамках, можна сподіватися, що будуть створені досягнення, що так чи інакше визначать обличчя радіорелейних систем завтрашнього дня.

Посилання

1. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. *Телекомунікаційні та інформаційні мережі // САММІТ-Книга. – 2010. – С. 140 – 142.*
2. Сайко В.Г., Казіміренко В.Я., Літвінов Ю.М. *Мережі бездротового широкопasmового доступу. Навчальний посібник // – К.: ДУТ, 2015. – С. 11-13.*
3. Бондаренко М.В., Слюсар В.И. *Влияние джиттера АЦП на точность пеленгации цифровыми антенными решетками // Известия вузов. Сер. Радиоэлектроника. – 2011. - № 8. – С. 41 - 49.*

Рецензент:

Волошко Сергій Володимирович, доцент кафедри, к.т.н., с.н.с.

Authors:

Yanko A.S., Avdieiev V.V.

MAIN TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF A RADIO RELAY COMMUNICATION

Abstract. In the article the essence of the radio-relay communication is considered, and the peculiarities of the signal propagation depending on the atmospheric conditions and the frequency range, modern tendencies and perspectives of the development of the radio-relay communication are described.

Keywords: base station, wireless networks, communication range, bandwidth, receiving and transmitting radio stations, radio-relay communication.

Авторы:

Янко А.С., Авдеев В.В.

ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ РАДИОРЕЛЕЙНОЙ СВЯЗИ

Аннотация. В статье рассмотрены сущность радиорелейной связи (РРС), и особенности распространения сигнала в зависимости от атмосферных условий и диапазона частоты, описано современные тенденции и перспективы развития РРС.

Ключевые слова: базовая станция, беспроводные сети, дальность связи, диапазон частот, приемо-передающая радиостанция, радиорелейная связь.