

Лекція 9

Перспективи розвитку радіорелейних і супутникові систем передачі

Радіорелейні системи із цифровими методами передачі інформації

Енергетичні характеристики сучасних РРЛ

Методи модуляції, що використовуються в сучасних РРС

Характеристики сучасного радіорелейного встаткування

Тенденції розвитку супутникових технологій

Черговий етап розвитку РРС і ССЗ характеризується переходом на цифрові методи передачі інформації. Цифрові радіорелейні системи зв'язку традиційно використовуються споживачами для побудови первинних мереж зв'язку. При цьому ієрархічний рівень таких первинних мереж зв'язку може бути різним: магістральні, внутрізонові й місцеві мережі (у тому числі мережі доступу або "остання миля").

Цифрові радіорелейні лінії (ЦРРЛ) є основою протяжних магістралей відомчих, корпоративних, регіональних, національних і навіть міжнародних, оскільки мають ряд важливих достоїнств, у тому числі:

- можливість швидкої установки встаткування при невеликих капітальних витратах;
- організація багатоканального зв'язку на ділянках місцевості зі складним рельєфом;
- можливість застосування для аварійного відновлення зв'язку у випадку катастроф, при рятувальних операціях й ін.;
- ефективність розгортання розгалужених цифрових мереж у більших містах й індустріальних зонах, де прокладка нових кабелів занадто дорога або неможлива;
- якість передачі інформації із цифрового РРЛ практично не уступає ВОЛЗ й іншим кабельним лініям.

Типове й найбільш масове застосування ЦРРЛ - у мережах стільникового рухомого зв'язку (УПС): для приєднання базових станцій (БС) і репітерів до інфраструктури регіональної мережі 2G/2.5G/3G. Впровадження операторами технологій широкопasmового бездротового доступу (у тому числі на основі рішень Pre-WiMAX/WiMAX) стимулює попит на ЦРРС, оскільки ЦРРЛ є одним з ефективних засобів доставки трафіка до "місця роздачі" у мережах доступу.

Цифрові РРЛ для передачі цифрової інформації можна розділити на три основні групи, виходячи зі швидкості передачі інформації.

1. Низькошвидкісні РРС

До них ставляться РРС розраховані на трафік до 16Е1 (або Е3) у мережах РДН. Технологія РДН - найбільше "стара" і традиційна, вона розвивається вже більше двадцяти років. Широко використовуються два стандарти - Північноамериканський, зі швидкістю передачі первинного потоку 1544 кбіт/с, і стандарт Європейської конференції адміністрації пошти і зв'язку (СЕПТ), зі швидкістю передачі первинного потоку 2048 кбіт/с.

2. Високошвидкісні РРС.

Ці РРС у цей час створюються практично тільки на основі SDH-технології й мають швидкість передачі в одному стовбурі 155,52 Мбіт/с (STM-1). РРЛ зі швидкістю передачі 622,08 Мбіт/с в одному стовбурі

Високошвидкісні РРЛ застосовуються для побудови магістральних і зонних ліній, а також для резервування ВОЛС, у якості радіо вставок у ВОЛС на ділянках зі складним рельєфом, для сполучення ВОЛС (STM-4 або STM-16) із супутніми локальними цифровими мережами й ін.

Серед високошвидкісних РРС можна виділити дві групи, що відрізняються по призначенню, властивостям, конфігурації, конструкції й ін. Це, по-перше, багатостовбурні РРЛ, розраховані звичайно на передачу до 6-7 потоків STM-1 по паралельним радіостовбурами, з яких 1 або 2 - резервні (конфігурація встаткування "3+1", "7+1" або 2 x (3+1)). Довжина РРЛ, як правило, велика - сотні кілометрів і більше.

По-друге, РРС, призначені для відгалужень від магістральних ліній необхідних при створення зонних мереж і невеликих локальних відомчих мереж, а також для передачі потоків STM-1 (155 Мбіт/с) в умовах більших міст. Для цих відгалужень, як правило, використовуються діапазони 7, 8, рідше 11 ГГц, а для зв'язку в більших містах - діапазони 15, 18, 23 ГГц.

По конфігурації це звичайно двостовбурні РРЛ на швидкість STM-1, один зі стовбурів – резервний (за схемою “1+1”).

3.Средньошвидкісні РРС.

До них доцільно віднести лише встаткування для передачі сигналів STM-0 або SubSTM-1, зі швидкістю передачі в стовбурі 51,84 Мбіт/с або 55, 296 Мбіт/с. Це лінії - “зв'язування”, що дозволяють значно збільшити можливості побудови мереж SDH різної конфігурації, відгалужувати від ВОЛЗ або РРЛ інформацію до мереж доступу користувача, підключати до мереж SDH до 21 потоку Е1, а також потоки Е3.

Підвищення ефективності використання частотного ресурсу діапазону стало одним з найважливіших вимог до апаратур РРЛ. Наступає час, коли й у нас бурхливий ріст радіозв'язку впритул зіштовхується з гострим дефіцитом частотного ресурсу. На Заході ця проблема давно стала визначальним фактором при розробці й виробництві засобів зв'язку, у тому числі РРС.

У нашій країні насиченість радіорелейного зв'язку поки що багато менше, ніж у розвинених закордонних країнах, де вже йде інтенсивне освоєння всіх діапазонів до 40 ГГц.(Устаткування, що пропонуються в цей час закордонними вендорами функціонує в діапазоні 7-52 ГГц)

Ефективність використання частотного ресурсу діапазону визначається наступними факторами:

1. Необхідною шириною смуги прийомопередавача, що визначається швидкістю передачі інформації, обраним методом модуляції і рівнем стабілізації частоти передавача.
2. Параметрами електромагнітної сумісності.
3. Можливостями повного використання всієї відведеної ділянки діапазону, які забезпечуються використанням у складі станції синтезатора частоти. Практично всі вироблені провідними світовими фірмами РРС мають у своєму складі кварцовий синтезатор частоти.

Енергетичні характеристики сучасних РРЛ

Вони визначають дальність зв'язку, характеризують технічний рівень апаратур і представляють основу для проектування РРЛ. Енергетичні характеристики в цей час оцінюють “Коефіцієнтом системи” K_c , що уявляє собою виражене в децибелах відношення вихідної потужності передавача до мінімальної - "граничної" потужності корисного сигналу на вході приймача при забезпеченні заданого рівня вірогідності передачі інформації. Очевидно, чим більше величина K_c , тим більше можлива відстань й якість зв'язку при фіксованій антені. Розглянемо основні фактори, що впливають на коефіцієнт системи. Потужність передавача для радіорелейних станцій обмежується зверху Міжнародними рекомендаціями, з одного боку, і можливістю реалізації з погляду габаритів, надійності, прийнятного рівня споживання з іншої сторони. Реально потужність НВЧ-передавачів сучасних РРС перебуває в межах від 1 Вт до 30 мВт. Коефіцієнт шуму визначається, в основному, вхідним МШУ й у сучасних приймачах становить від 1,5 до 9 дБ залежно від діапазону. Відношення сигнал/шум на вході демодулятора залежить від використовуваного способу модуляції й від обраної схеми реалізації демодулятора.

Методи модуляції, що використовуються в сучасних РРС

Використовувана модуляція має основне значення для енергетичних характеристик станції, тому що одночасно визначає й ширину випромінюваного спектра, а, отже, необхідну ширину смуги прийомопередавача, і граничне відношення сигнал/шум у демодуляторі.

У цей час більшістю фірм зізнаються найбільш доцільні наступні види модуляції:

- для високошвидкісних РРС (від 155 Мбіт/с і вище) - квадратурна амплітудна модуляція з рівнем квантування 64 і вище (64QAM і вище), або більше складні методи модуляції, що поєднують модуляцію й кодування, зокрема, ґратчаста кодова модуляція (TCM) і блокова кодова модуляція (BCM);

- для середньошвидкісних РРС (від 34 Мбіт/с) - 16 QAM, 32 QAM. Є окремі приклади використання на швидкості 34 Мбіт/с модуляції QPSK, як основного виду, так і модифікованої: офсетної - OQPSK, або з постійної що обгинає - CEPМ;

- для низькошвидкісних РРС (нижче 34 Мбіт/с) - найпоширенішим видом модуляції є QPSK, хоча деякі фірми застосовують 2-PSK (відносна фазова маніпуляція) або 4-FSK (4-х позиційна частотна маніпуляція). Як відомо, 4-FSK має енергетичний проґраш порядку 3 дБ у порівнянні з QPSK. Іноді використовують модуляцію 4QAM - різновид QPSK.

У такий спосіб, чим вище швидкість передачі, тим більше складну модуляцію доводиться використовувати, щоб вписатися в стандартні плани частот РРЛ. Так, при швидкості 51 Мбіт/с використовують модуляцію не нижче 16QAM (більш оптимально 32 QAM), а для швидкості 155 Мбіт/с уже необхідно 64 QAM. Але чим складніше вид модуляції, тим складніше апаратурна реалізація й, відповідно, вище вартість виробу.

Характеристики сучасного радіорелейного встаткування

Для полегшення порівняння характеристик різного встаткування його розбивають на групи.

1. Радіорелейне цифрове встаткування, що працює в діапазонах вище 7 ГГц і призначене для передачі цифрової інформації із принципу "point-to-point".
2. Радіорелейне цифрове встаткування, що працює в діапазонах нижче 7 ГГц, призначене для передачі цифрової інформації із принципу "point-to-point".
3. Радіорелейне встаткування, призначене для передачі телевізійних сигналів.
4. Радіорелейне встаткування, призначене для передачі інформації із принципу "point-to-multipoint".

У групах 1,2 існує розбивка на підгрупи у відповідності зі швидкістю передачі інформації. У додатку наводяться технічні дані про радіорелейне встаткування, що випускається.

Конкуренцію ЦРРС у різних сегментах складають такі технології, як ШБД "точка - багато точок" (PMP), ВОЛЗ, xDSL (різні варіанти), супутниковий зв'язок (VSAT), PLC (Powerline Communications) і так званий коаксіал (див.табл.9.1)

Табл.9.1.

Технологія/основні споживачі	Мережі УПС (в основному підсистема Backhaul)	Відомчі мережі	ССОП, що пропонують послугу "широкосмуговий доступ"	Мережі транкінгового зв'язку, у тому числі для служб безпеки й МНС	Корпоративні мережі, що вирішують завдання "останньої милі"	Мережі альтернативних операторів
ВОЛЗ	+	-	++	-	-	++
xDSL	+	-	+	-	+	+
VSAT (супутниковий зв'язок)	+	++	+	+	++	+
"Крапка -- багато крапок"	+	+	+	-	-	+
Коаксіал	-	+	+	-	+	+
PLC	-	-	+	-	+	+
ЦРРС	++	+	-	++	+	+

Тенденції розвитку супутникового зв'язку

1. Найбільш важливою властивістю супутникових технологій є можливість ефективного рішення проблеми поширення однієї й тієї ж інформації для користувачів, розташованих на великій території. Це спричиняє сприятливі перспективи використання супутників у мережах безпосереднього телевізійного мовлення й розподілу телевізійних програм.

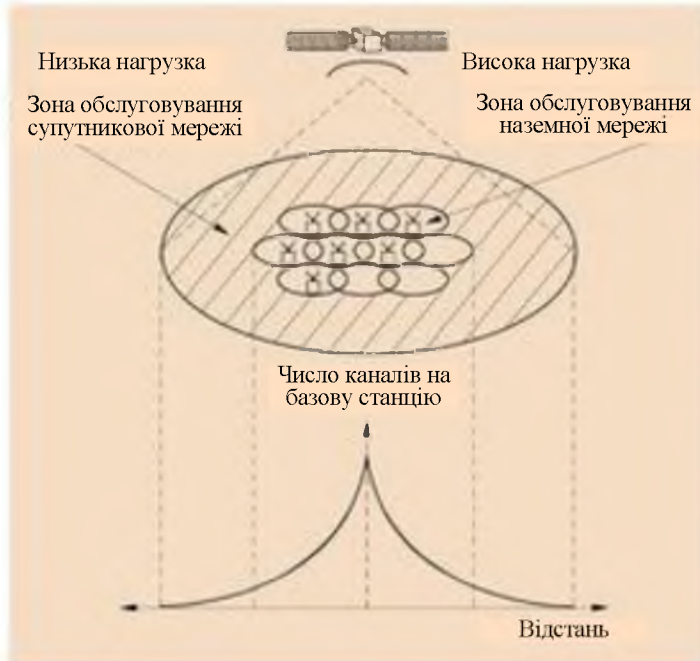


Рис.9.2. Концепція інтегрованої мережі РСС

2. Перспективним напрямком у розвитку систем рухомого супутникового зв'язку може стати не мова або передача даних на абонентські приймачі, а надання різних мовних послуг. У цьому випадку будуть створюватися накладені мережі для наземних мереж рухомого зв'язку, які можуть ефективно як з погляду економіки, так і використання спектра, надавати послуги по топології "точка - багато точок". Це може містити в собі мовлення звукових і телевізійних програм і циркулярне поширення різного типу даних для всіх або певних категорій абонентів (рис.9.2).

3. Супутники не можуть конкурувати з наземними системами зв'язку, а можуть тільки доповнювати їх як гарячий резерв або розширення зони обслуговування мережі. Розвиток й експлуатація мережі РСС може бути економічно виправдана

тільки у випадку фінансової підтримки з боку держави. Тенденції розвитку наземних технологій електровз'язку на магістральних лініях показують, що зниження цін на типове встаткування й підвищення ємності ВОЛЗ й радіорелейних систем не дозволить супутниковим системам збільшувати свою частку в цьому сегменті. Практично всі прогнози говорять про те, що потреба в супутниковій ємності для цих послуг у найближчому майбутньому буде колишньої або буде знижуватися.

4. Перспективними напрямками розвитку фіксованої супутникової служби є створення мереж VSAT, що надають послуги зв'язку корпоративним абонентам на зонавих і накладених мережах. Успіх впровадження таких систем в основному залежить від державної політики в області ліцензування й управління використання спектром.

5. Супутникові системи безпосереднього мовлення мають великий потенціал з точки зору переходу на цифрові методи передачі, що пов'язане з підвищенням ефективності використання спектру й мережних ресурсів, відсутністю необхідності використання потужних наземних ретрансляторів. Це стосується надання послуг як на фіксовані, так і рухомі абонентські пристрої.