

УДК 621.395.721

**Д.І. Мусієнко,**

начальник відділу ДНДІ МВС України, м. Київ

СПЕЦІАЛЬНІ РОЗРОБКИ

## СИСТЕМИ ПРОФЕСІЙНОГО МОБІЛЬНОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ<sup>1</sup>

*У статті класифіковано сучасні системи радіозв'язку, що використовуються групами користувачів, об'єднаних за професійною ознакою. Класифікація проводилась за найбільш вагомими ознаками: методом передачі, способом керування, способом втримання каналу, територією, яка обслуговується системою, організацію радіоканалу, призначенням, кількістю абонентів, протоколом керування, методом доступу. Крім цього, наведено результати практичних випробувань професійних систем радіозв'язку, які проводились за участю Департаментів МВС та Національної поліції України.*

**Ключові слова:** радіозв'язок, транкінг, абонент.

*В статье классифицированы современные системы радиосвязи, которые используются группами пользователей, объединенных по профессиональному признаку. Классификация проводилась по наиболее значимым признакам: методу передачи, способу управления, способу удержания канала, обслуживаемой системой территории, организации радиоканала, назначению, количеству абонентов, протоколу управления, методу доступа. Кроме этого, приведены результаты практических испытаний профессиональных систем радиосвязи, которые проводились с участием Департаментов МВД и Национальной полиции Украины.*

**Ключевые слова:** радиосвязь, транкинг, абонент.

*Paper classifies modern radiocommunication systems used by the groups of users united on a professional basis. Classification was conducted on the most significant features: the method of transmission, the method of management, the way of holding the channel, the territory served by the system, the organization of the radiochannel, the purpose, number of subscribers, management protocol, access method. In addition, the results of practical tests of professional radiocommunication systems conducted with the participation of the departments of the Ministry of Internal Affairs and the National Police of Ukraine are presented.*

**Keywords:** radiocommunication, trunking, abonent.

Під широкорозповсюдженим на цей час поняттям “професійний мобільний радіозв'язок” (далі – ПМР) зазвичай розуміють системи двостороннього суходільного рухомого радіозв'язку, які використовують діапазон ультракоротких хвиль (УКХ).

Як правило, мережі ПМР використовуються обмеженими групами користувачів, об'єднаних за професійною ознакою. Це можуть бути мережі оперативного, диспетчерського, адміністративно-господарського, виробничо-техноло-

<sup>1</sup> Закінчення в наступному номері.

гічного тощо призначення. Вони використовуються силовими структурами й правоохоронними органами, аварійними й муніципальними службами, енергетичними, транспортними й виробничими підприємствами й т.і. Саме тому мережі ПМР часто називають відомчими й корпоративними мережами радіозв'язку. Найчастіше мережі ПМР конвенціонального або транкінгового типу.

#### **Системи конвенціонального радіозв'язку**

Системи конвенціонального радіозв'язку або конвенціональні системи призначені для використання в умовах невисокої щільності абонентів (або, точніше, ідентифікаторів, які можуть означати як одного абонента, так і групу абонентів).

Будучи найпростішим класом систем ПМР, конвенціональні системи використовують принцип фіксованого закріплення каналів зв'язку за певною групою абонентів. У порівнянні з іншими класами систем рухомого радіозв'язку для конвенціональних систем характерна, з одного боку, найменша пропускна здатність, зумовлена досяжною кількістю абонентів, що працюють на одному каналі, а з іншого боку, – найбільша оперативність зв'язку, що характеризується часом установлення каналу зв'язку. Основним типом виклику в конвенціональних системах є груповий, при якому переговори забезпечуються за принципом “кожний з усіма”. Водночас системи вибіркового виклику, що використовуються в сучасних мережах конвенціонального радіозв'язку, засновані на різних методах сигналізації, дозволяють розділяти групи абонентів і здійснювати не тільки групові, але й індивідуальні виклики й навіть вихід у телефонні мережі.

#### *Локальні системи (малого радіуса дії).*

Призначені для організації радіозв'язку на невеликій території (тому що радіус дії радіостанцій без використання базової станції (далі – БС) становить 1–2 км для носивних й 3–7 км для возивних). Застосовуються службами охорони, на залізничному і річковому транспорті, а також в інших галузях. Використовуються звичайні радіостанції з урахуванням специфічних вимог до них.

#### *Диспетчерські системи на базі симплексної радіостанції.*

Використання однієї з абонентських станцій як стаціонарної диспетчерської радіостанції (з установкою базової антени на значній висоті) дозволяє розширити зону дії (приблизно до 10 км по радіусу від диспетчерської станції для носивних і до 20–50 км для возивних). Таким чином, призначенням таких систем є забезпечення радіозв'язку на відносно великій території між абонентами й диспетчером поряд із забезпеченням можливості організації зв'язку й між абонентами, тільки на таких же відстанях, як й у локальних системах. Подібна схема дуже поширена в Національній поліції (практично всі територіальні органи мають власну диспетчерську радіостанцію, що керує роботою підрозділів (груп “на землі”), а також у тих організаціях, де є досить жорстка прив'язка до диспетчера (наприклад, на річковому або залізничному транспорті), а зв'язок у групі (між собою) потрібен на невеликій відстані (1–2 км). У радянські часи подібна схема радіозв'язку була найпоширенішою.

Використовуються звичайні радіостанції з урахуванням специфічних вимог до них, як стаціонарна станція використовується возивна радіостанція з диспетчерським пультом керування.

#### *Диспетчерські системи на базі ретранслятора.*

Використання ретранслятора (приймача/передавача), що приймає сигнал від абонентської радіостанції на одній частоті й одночасно передає його на іншій,

дозволяє організувати взаємодію всіх абонентів між собою на всій території дії ретранслятора (тобто зв'язок може бути не тільки із центральною станцією на великій відстані, але й абоненти можуть зв'язуватися між собою). При такій схемі та у випадку наявності в системі диспетчера йому не обов'язково бути поруч із диспетчерською радіостанцією (аналогічно з диспетчерською системою на базі симплексної радіостанції), він може перебувати в будь-якому місці в зоні дії ретранслятора і як диспетчерську станцію використовувати звичайну абонентську радіостанцію. Це рішення найпоширеніше й має істотну гнучкість. Використовується практично всіма основними споживачами, наприклад Національною поліцією, ДСНС, залізницею тощо.

*Багатозонові складні диспетчерські системи.*

Об'єднання декількох зон у єдину систему дозволяє організувати покриття більшої площі. Розроблено базовий ряд конфігурацій і ступенів автоматизації подібного об'єднання. Наприклад, для організації зв'язку уздовж трубопроводу, уздовж ліній електропередач (низька щільність абонентів, центри керування розташовані далеко один від одного) або для організації зв'язку на великій площі (з низькою щільністю абонентів), наприклад, для організації зв'язку для регіональних митних управлінь тощо. Як правило, для об'єднання з різними підсистемами (з диспетчерською системою на базі симплексної радіостанції й/або диспетчерською системою на базі ретранслятора) використовується складний диспетчерський пульт (комутатор), що і дозволяє організувати взаємодію абонентів між зонами з різним ступенем автоматизації (у найпростішому випадку комутація може здійснюватися вручну диспетчером).

#### **Системи транкінгового радіозв'язку**

Системи транкінгового радіозв'язку або транкінгові системи (англ. trunking – об'єднання в пучок) – радіально-зонові системи зв'язку, що здійснюють автоматичний розподіл каналів зв'язку між абонентами. Під терміном “транкінг” розуміється метод доступу абонентів до загального виділеного пучка каналів, при якому вільний канал виділяється абонентові на час сеансу зв'язку.

Цей метод застосовується практично у всіх сучасних системах радіотелефонного зв'язку, у тому числі стільникового, і дозволяє при однаковому частотному ресурсі забезпечувати більш високу ємність таких систем у порівнянні із системами, що використовують фіксовані канали.

Визначення “транкінгові системи” споконвічно закріпилося за системами рухомого радіотелефонного зв'язку, орієнтованого на організацію відомчого, внутрішньовиробничого й технологічного зв'язку некомерційного призначення. У прийнятій закордоном класифікації ці системи належать до спеціальних або професійних систем рухомого зв'язку, відповідно – SMR (Special Mobile Radio) або PMR (Professional Mobile Radio).

У цей час спостерігається активне зближення класичних транкінгових і стільникових систем як за принципами побудови, так і за набором надаваних послуг.

#### **Призначення сучасних транкінгових систем зв'язку**

У самому загальному виді призначення транкінгових систем полягає в забезпеченні зв'язку між рухомими абонентами й наданні їм при необхідності обмеженого виходу в телефонну мережу загального користування, відомчу телефонну мережу, мережу GSM, передачу невеликих обсягів даних (текстові повідомлення) тощо.

У звичайній (конвенціональній) системі радіозв'язку із закріпленням каналів за групою користувачів А закріплений канал 1, за групою В – канал 2 і т.д. Якщо користувач із групи А виявляє, що канал 1 зайнятий, то із цим нічого не можна поробити, навіть якщо канал 2 вільний. У транкінгових системах або системах із рівнодоступними каналами замість одного каналу, до якого звертається декілька користувачів, є декілька каналів (стовбур), доступних всім користувачам цієї системи. Коли хто-небудь із них захоче провести сеанс зв'язку, він автоматично одержує доступ до будь-якого вільного каналу. Після закінчення з'єднання канал може бути автоматично наданий іншому абонентові. Це означає, що всі користувачі ділять між собою загальну групу радіоканалів, а виділення вільних каналів здійснюється на вимогу абонентів.

Основним елементом мереж транкінгового радіозв'язку є базова станція, що включає кілька ретрансляторів з відповідним антенним устаткуванням і контролер, що управляє роботою БС, комутирує канали ретрансляторів, забезпечує вихід на телефонну мережу загального користування або іншу мережу фіксованого зв'язку. У порівнянні з конвенціональними мережами, мережі транкінгового радіозв'язку мають підвищену пропускну здатність, розширені функціональні можливості, різноманітні типи виклику (груповий, індивідуальний, широкомовний), більшою зоною територіального охоплення.

Основний принцип транкінгового зв'язку – забезпечення рівного й автоматичного доступу абонентів до всього наявного в системі частотного ресурсу. Такий доступ істотно підвищує ефективність використання спектра в порівнянні із системами, канали зв'язку яких закріплені за абонентами (конвенціональними системами). Можна стверджувати, що або при тій самій кількості каналів зв'язку транкінгова система дозволяє обслужити значно більшу кількість абонентів, чим конвенціональна система (при однаковій якості обслуговування), або при тій самій кількості абонентів для реалізації транкінгової системи буде потрібно менше каналів зв'язку. Наприклад, одна чотириканальна система транкінгового зв'язку в 7,5 разів ефективніша конвенціональної системи з тією ж кількістю каналів. Ефективність використання частотного ресурсу визначає економічну ефективність застосування транкінгових систем. Вважається, що транкінгова система стає економічно ефективною при кількості абонентів більше 50–100.

#### **Класифікація систем транкінгового радіозв'язку**

Системи транкінгового радіозв'язку можна класифікувати за декількома групами ознак (рис. 1):

- за методом передачі;
- за способом керування;
- за способом втримання каналу зв'язку;
- за територію, що обслуговується;
- за організацію радіоканалу;
- за призначенням;
- за кількістю абонентів;
- за протоколом керування;
- за методом доступу.

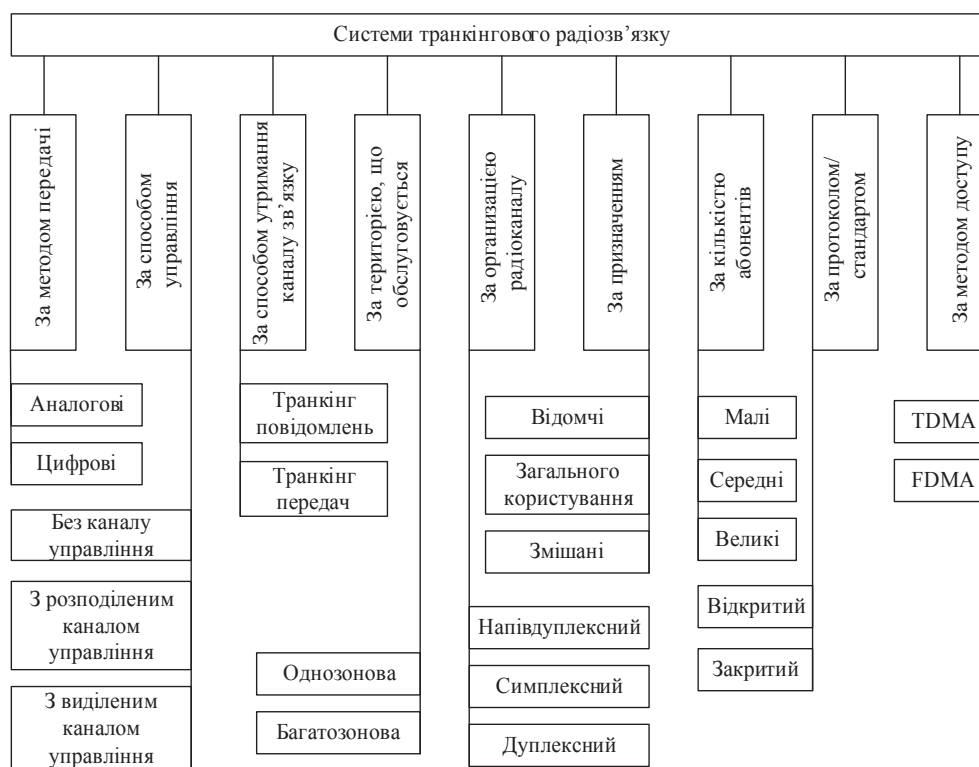


Рис. 1. Класифікація систем транкінгового радіозв'язку

### 1. Метод передачі

Системи транкінгового радіозв'язку можуть бути аналогові й цифрові. В аналогових системах мовленнєві повідомлення передаються в аналоговому режимі (як у звичайній телефонній мережі зв'язку), а службова інформація – у цифровому. У цифрових системах і мовленнєва, і службова інформація передаються в цифровому виді.

### 2. Спосіб управління

За організацією доступу до керування системою транкінгові системи зв'язку підрозділяються на:

- без каналу керування (SmarTrunk II, Al-Trunk, Z-Trunk);
- з розподіленим каналом керування (LTR, MultiNet);
- з виділеним каналом керування (SmartNet, EDACS, MPT 1327, iDEN, TETRA, APCO 25 (транкінг), DMR TierIII).

Транкінгові системи без каналу керування – це найбільш прості транкінгові системи. У таких системах радіостанція при виклику сама шукає незайнятий канал і займає його. У черговому режимі радіостанція безупинно перебирає (сканує) всі канали системи, перевіряючи, чи не викликають її на одному з них. Тому подібні системи називають ще скануючими.

Скануючі транкінгові системи прості й дешеві. У цих системах забезпечується повна незалежність каналів базових станцій один від одного, оскільки їхнє об'єднання в загальну мережу відбувається на рівні абонентської радіостанції. Це забезпечує високу надійність і живучість транкінгових систем без каналу керування.

Система працює в такий спосіб. При виклику абонента радіостанція послідовно сканує всі канали системи й, знайшовши вільний, передає сигнал заняття каналу. Цей сигнал містить індивідуальні номери радіостанції, що викликає, й радіостанції, яку викликають. Ретранслятор перевіряє права радіостанції, що викликає, й створює з'єднання з кореспондентом або ігнорує виклик. Якщо радіостанція, яку викликають, відгукується, ретранслятор організує сеанс зв'язку. Середній час з'єднання становить кілька секунд і визначається кількістю каналів у системі й швидкістю їхнього сканування.

Скануючим транкінговим системам притаманний ряд принципових недоліків. Так, зі зростанням кількості каналів у такій системі швидко зростає тривалість установа з'єднання, що не може бути менше тривалості повного циклу сканування. Реально до цього додається ще й тривалість пошуку вільного каналу радіостанцією, що викликає. Крім того, у цих системах ускладнена реалізація багатьох сучасних вимог, у тому числі багатозоновість, гнучка й надійна система пріоритетів, постановка на чергу при зайнятості системи або абонента, якого викликають, тощо.

Ці системи ідеально підходять як невелика (1–8 канална, до 200 абонентів однозонова система зв'язку з радіусом дії 30–50 км, до якої пред'являються мінімальні вимоги. Кількість абонентів у транкінгових системах без каналу керування може досягати 1000. Середній час з'єднання становить кілька секунд. Основними відмітними характеристиками таких систем є простота, надійність і невисока вартість базового встаткування. До них належить розповсюджена система SmarTrunk II.

У транкінгових системах з розподіленим каналом керування інформація керування передається безупинно по всіх каналах, у тому числі й по зайнятих. Це досягається використанням для її передачі частот нижче 300 Гц. Кожен канал є керуючим для радіостанцій, закріплених за ним. У черговому режимі радіостанція прослуховує свій керуючий канал.

Службова інформація про стан системи, у тому числі й про вільні канали, постійно передається ретрансляторами (у тому числі й зайнятими для переговорів) за допомогою низькошвидкісного сигналу в підтоналній частині спектра. Базова станція безупинно передає номер вільного каналу, який радіостанція може використати для передачі. Якщо ж на певному каналі починається передача, адресована одній з радіостанцій, то інформація про це передається на її керуючому каналі, у результаті чого ця радіостанція перемикається на канал, де відбувається виклик. Установа з'єднання відбувається настільки швидко, що воно здійснюється щораз при включенні передавача станції, тобто в паузах розмови канал не зайнятий.

Якщо канал вільний, то базова станція передає дані про стан системи через кожні 10–15 с, щоб усі закріплені за цим каналом радіостанції мали обновлену інформацію. Канал утримується тільки на час однієї передачі, що дозволяє використовувати паузи в розмові з іншими абонентами. При такій організації керування радіостанціями відпадає необхідність у спеціальному каналі, і всі ретранслятори обслуговують мовленнєвий трафік. Якщо зайняті всі канали, то абонентська радіостанція сповіщає про це при спробі почати сеанс зв'язку.

При виході з ладу певного каналу в системі відбувається відмова всіх радіостанцій, для яких він є керуючим. Крім того, у таких системах зв'язку

швидкість передачі керуючої інформації невисока. Це ускладнює реалізацію багатьох вимог, що пред'являються до сучасних транкінгових систем, у тому числі й до багатозоновості. Передача інформації на частотах нижче 300 Гц одночасно з мовою робить такі системи досить критичними до точності регулювання. Все це призвело до того, що системи з розподіленим керуючим каналом на цей час уже не розробляються.

До зазначеного класу систем належать аналогові системи стандарту LTR, які працюють у діапазоні частот 450 й 800/900 МГц, із кроком 25 кГц. Аналогом LTR є його різновид – багатозонова система ESAS (800 МГц), що вважається найбільш ефективною з погляду “нарізки частот”.

Транкінгові системи з виділеним каналом керування – це найбільш досконалі транкінгові системи, переважно багатозонові (багатосайтові). У системах такого типу передбачений спеціальний канал керування, що здійснює обробку всіх викликів, що надходять від абонентських радіостанцій. Для аналогових систем мова йде про виділений частотний канал, для цифрових з часовим поділом каналів – про виділений часовий слот.

У таких системах радіостанція безупинно прослуховує керуючий канал найближчої до неї базової станції. При включенні живлення радіостанція передає через керуючий канал інформацію про реєстрації в системі. З цього моменту центральний контролер визначає права даної радіостанції й знає про її місцезнаходження в системі. При виклику інформація від радіостанції передається через керуючий канал у центральний контролер, що, знаючи про місцезнаходження необхідного абонента, виділяє голосові канали для переговорів і здійснює з'єднання. Відбувається це в такий спосіб. Базова станція передає інформацію про це по керуючому каналі, радіостанція, що викликається, підтверджує прийом виклику, після чого вона виділяє один із розмовних каналів для з'єднання й інформує про це по керуючому каналі всі радіостанції, що беруть участь у з'єднанні. Після цього останні перемикаються на зазначений канал і залишаються на ньому до закінчення з'єднання.

Тоді як керуючий канал вільний, радіостанції можуть передавати по ньому свої запити на встановлення з'єднання. Деякі типи викликів (наприклад, передача коротких пакетів даних між радіостанціями) можуть здійснюватися взагалі без зайняття розмовного каналу. Залежно від режиму роботи системи розмовний канал надається або на час сеансу зв'язку, або на час однієї передачі.

При призначенні на певний час сеансу зв'язку канал звільняється за сигналом “відбій”, а також у кожному разі, після закінчення чітко встановленої тривалості сеансу зв'язку, що може змінюватися системою залежно від часу доби, завантаження й інших критеріїв.

У деяких системах при завантаженні, близькому до граничного, канал керування перемикається на обслуговування мовленнєвого трафіка й блокує чергу викликів.

Наявність центрального контролера дозволяє централізоване керування системою (з одного операторського місця), полегшує збір інформації й багато іншого.

Найбільш відомими представниками систем із виділеним цифровим каналом керування є системи стандарту МРТ, розроблені фірмою Zetron. До систем з виділеним цифровим каналом керування належить відкрита багатозонова система

стандарту EDACS (Enhanced Digital Access Communications System) фірми Ericsson. За основними “голосовими” параметрами протокол обміну EDACS можна порівняти з ESAS, однак тут є виділений цифровий керуючий канал для передачі службової інформації.

Транкінгові системи зв'язку з виділеним керуючим каналом найбільшою мірою відповідають сучасним вимогам. У них легко реалізуються багатозоновість й інші функції. Серед них – постановка викликів на чергу при зайнятості системи або абонента, якого викликають. А це, у свою чергу, переводить такі системи із класу систем з відмовою при зайнятості в клас систем з очікуванням. Таким чином, не тільки підвищується комфортність роботи користувача, але й, головне, збільшується пропускна здатність системи.

У системах з відмовою при зайнятості для забезпечення прийнятної якості сервісу в будь-який момент часу повинен простоювати хоча б один канал, щоб абонент міг зробити виклик. У системі з очікуванням завантажені можуть бути всі канали. При цьому, правда, абонентів, що викликає, доведеться деякий час почекаати в черзі.

Виділення окремого керуючого каналу має й недоліки:

- гірше використання частотного ресурсу (у більшості систем цей недолік з'являється можливістю використання керуючого каналу в розмовному режимі при перевантаженні системи);

- виділений керуючий канал є уразливим місцем всієї транкінгової системи, тому що при відсутності спеціальних заходів відмова встаткування базової станції для цього каналу означає відмову всієї базової станції (до того ж результату приводить і поява перешкоди на частоті приймача керуючого каналу базової станції).

Саме тому при розробці транкінгових систем з виділеним керуючим каналом особлива увага приділяється автоматичному контролю роботи встаткування базової станції. При виявленні відмови або тривалої перешкоди на частоті прийому базова станція робить керуючим інший, справний канал. Виділений керуючий канал передбачається більшістю сучасних стандартів – як закритих, так і відкритих систем.

3. За способом втримання каналу зв'язку транкінгові системи підрозділяються на системи:

- з утриманням каналу на весь сеанс переговорів (Message Trunking – транкінг повідомлень);

- з утриманням каналу на час однієї передачі (Transmission Trunking – транкінг передач).

У першому випадку в мережі забезпечується постійний канал зв'язку з абонентом протягом усього сеансу (устаткування стандартів SmarTrank II і MPT 1327). Такий спосіб найбільш традиційний для звичайних систем зв'язку й застосовується при дуплексному зв'язку й підключенні до телефонних мереж загального користування (далі – ТМЗК).

У другому випадку в мережі канал зв'язку перепризначається під час сеансу (EDACS, TETRA). Такий спосіб реалізується тільки в напівдуплексному режимі. При його використанні канал звільняється майже відразу ж після закінчення роботи передавача абонента; під час наступного включення займається будь-який інший вільний канал, який виділяється базовою станцією. Плата за високу



ефективність цього способу – збільшення затримки при високому навантаженні мережі, і, як наслідок, фрагментарність і роздробленість розмови.

4. За територією, що покривається радіозв'язком, транкінгові системи діляться на:

- однозонові (односайтові) системи;
- багатозонові (багатосайтові) системи.

Однозонова система – це система, що складається з однієї базової станції. Радіус зони обслуговування головним чином залежить від висоти розміщення антен базової станції (рис. 2).

Для розширення зони покриття однозонової системи дуже часто застосовують рознесений прийом, коли крім основного потужного приймально-передавального ретранслятора, що створює зону обслуговування, до системи підключають кілька приймачів, рознесених по території. Цей метод застосовується при використанні малопотужних портативних радіостанцій для одержання гарної якості радіозв'язку по всій території. Приймачі можуть бути встановлені у віддалених районах або будівлях, які перебувають поза зоною впевненого прийому системи. Також у систему додається компаратор сигналів, що вибирає найкращий сигнал від всіх приймачів і направляє його на приймально-передавальний ретранслятор.

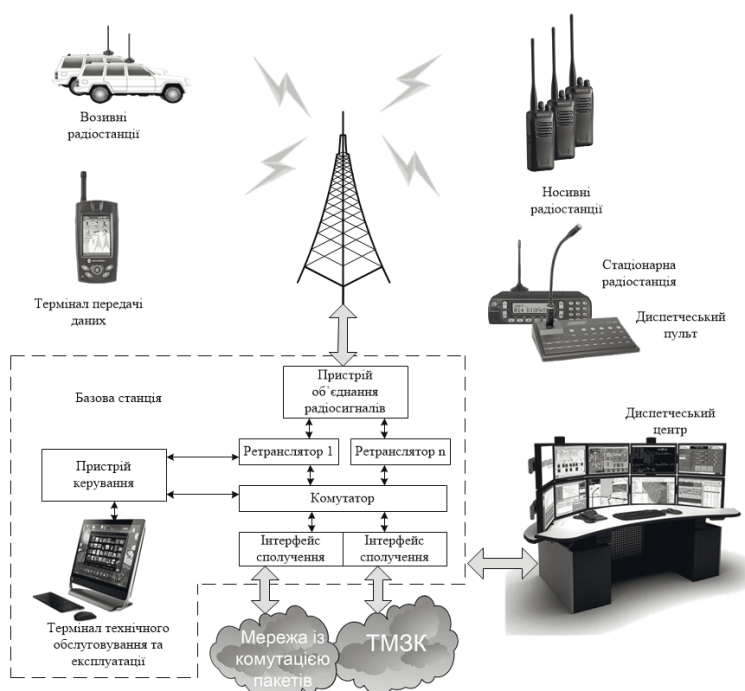


Рис. 2. Однозонова транкінгова система

У цій частині статті наведено загальні поняття, що стосуються організації роботи систем радіозв'язку, та викладено чотири ознаки, за якими класифікуються системи транкінгового радіозв'язку, а саме за методом передачі, за способом управління, за способом втримання каналу зв'язку, за територією, що покривається радіозв'язком. У наступній частині статті розглянемо інші ознаки класифікації систем транкінгового радіозв'язку: за способом організації радіоканалу, за призначенням, за протоколом,

що застосовується, за кількістю абонентів, що обслуговуються системою, за методом доступу. Також буде викладено результати випробувань систем транкінгового радіозв'язку, що проводились фахівцями Державного науково-дослідного інституту МВС України спільно із департаментами МВС та НПУ.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Белянко Е.* Давайте сравним: транкинговая или сотовая. СОККБСТД 1996. № 8. С. 68–70.
2. *Громаков Ю.* Стандарты и системы подвижной радиосвязи. Москва: Эко-Трендз Москва, 1997. 237 с.
3. *Тамаркин В.* Транкинговые системы радиосвязи. Москва: Эко-Трендз Москва, 1997. 106 с.
4. Классификация систем радиосвязи. URL: [http://www.sagainc.ru/press\\_centre/info/968/](http://www.sagainc.ru/press_centre/info/968/) (дата звернення: 12.12.2017).
5. *Голиков А.М.* Системы радиосвязи и сети телерадиовещания: учебное пособие. Томск: ТУСУР, 2015. 326 с.
6. *Жайме Сакалема Домингуш.* Подвижная радиосвязь. Под ред. профессора О.И. Шелухина. Москва: Горячая линия –Телеком, 2012. 512 с.
7. Витяги із звіту про виконання науково-дослідної роботи “Дослідження тактико-технічних характеристик та проведення натурних випробувань систем та засобів електронної техніки, що випускається серійно”, шифр “Лабіринт”. 2017–2018.

Отримано 20.12.2017

Рецензент Марченко О.С., к.т.н.