Міністерство внутрішніх справ України

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ

В. О. Мирошниченко
С. О. Прокопов
Е. В. Рижков

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ У ПІДРОЗДІЛАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ

Науково-практичні рекомендації

Дніпро
2021

УДК 342.95
М 64

Рекомендовано до друку науково-методичною радою
Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ
(протокол № 10 від 17.06.2021)

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Дмитро Прокопович-Ткаченко – завідувач кафедри кібербезпеки та інформаційних технологій Університету митної справи та фінансів, кандидат технічних наук;

Сергій Свириденко – начальник Управління інформаційно-аналітичної підтримки ГУНП у Дніпропетровській області.

Мирошниченко В. О., Прокопов С. О., Рижков Е. В.

М 64 Впровадження сучасних систем цифрового радіозв'язку у підрозділах Національної поліції : наук.-практ. рекомендації / В. О. Мирошниченко, С. О. Прокопов, Е. В. Рижков. Дніпро : Дніпроп. держ. ун-т внутр. справ, Дніпро, 2021. 28 с.

У науково-практичних рекомендаціях висвітлено організаційні, тактичні, технічні засади застосування засобів зв'язку працівниками Національної поліції. Відображено переваги цифрового радіозв'язку порівняно з аналоговим. Здійснено порівняльний аналіз існуючих видів сучасного цифрового радіозв'язку. Наведено приклад організації використання систем цифрового радіозв'язку патрульними поліцейськими управління патрульної поліції в Дніпропетровській області ДПП МВС України.

Рекомендації призначені для використання працівниками Національної поліції, науково-педагогічними працівниками та здобувачами вищої освіти ЗВО зі специфічними умовами навчання .

Автори:

Володимир Мирошниченко – професор кафедри економічної та інформаційної безпеки Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ, кандидат технічних наук, доцент;

Сергій Прокопов – старший викладач кафедри економічної та інформаційної безпеки Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ;

Едуард Рижков – завідувач кафедри економічної та інформаційної безпеки Дніпропетровського державного університету внутрішніх справ, кандидат юридичних наук, доцент.

© ДДУВС, 2021
© Автори, 2021

ЗМІСТ

Список скорочень …… 4

Передмова …….. 5

1. Види організації радіозв'язку. Проблеми використання засобів радіозв'язку підрозділами Національної поліції …… 6

2. Можливості конвенціональної аналогово-цифрової системи DMR …….. 8

3. Порівняльний аналіз основних транкінгових цифрових систем радіозв'язку …….. 12

4. Досвід організації використання систем цифрового радіозв'язку патрульними поліцейськими Управління патрульної поліції в Дніпропетровській області Департаменту патрульної поліції …….. 23

Післямова ……29

Список використаних джерел …….. 30

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

НКРЗІ – Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації

ДПП – Департамент патрульної поліції

ГУНП – Головне управління Національної поліції

УКХ – ультракороткі хвилі

ІПНП – Інформаційний портал Національної поліції

БС – базова станція

ООС – операція об'єднаних сил

DMR – Digital Mobile Radio

МВС України – Міністерство внутрішніх справ України

GPS – Система глобального позиціювання (англ. Global Positioning System)

EDACS – стандарт цифрового радіозв'язку (Enhanced Digital Access Communication System)

TETRA – стандарт цифрового радіозв'язку (Trans-European Trunked RAdio)

APCO 25 – стандарт цифрового радіозв'язку безпеки (Association of Public safety Communications Officials-international)

Tetrapol – стандарт цифрового радіозв'язку

iDEN – стандарт цифрового радіозв'язку (integrated Digital Enhanced Network)

МДТП – метод доступу з тимчасовим поділом

ПЕРЕДМОВА

Одним із факторів, які суттєво впливають на ефективність діяльності поліції сьогодні, є її оснащення сучасними технічними засобами. І, безумовно, система радіозв'язку займає важливе місце серед технічних засобів, необхідних для виконання службових завдань, що постають перед підрозділами Національної поліції. Однак значна частина радіостанцій, які використовуються в МВС, є аналоговими, і це значно знижує функціональність роботи їх підрозділів. Уже давно назрів перехід на цифрові системи радіозв'язку.

Проблема заміни застарілого аналогового обладнання радіозв'язку на сучасні цифрові системи виникає не лише в органах системи МВС, таких, як Національна поліція, Державна прикордонна служба, Національна гвардія, Державна служба з надзвичайних ситуацій, але й у підрозділах інших міністерств: Збройних сил України, Міністерства цифрової трансформації України, Адміністрації Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України, Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сфері зв'язку та інформатизації (НКРЗІ). Вважаючи, що це загальнодержавна проблема, Кабінет Міністрів України видав Розпорядження від 23 грудня 2020 р. № 1618-р «Про затвердження плану заходів щодо впровадження єдиної багатозонової системи цифрового радіозв'язку». У даному розпорядженні Кабінет міністрів доручив переліченим вище міністерствам:

- утворити робочу групу для визначення можливості впровадження єдиної багатозонової системи цифрового радіозв'язку;
- підготувати та схвалити технічне завдання з виконання науково-дослідної роботи з питань дослідження стану розподілу радіочастотного ресурсу України, визначення технології та розроблення пропозицій щодо впровадження єдиної багатозонової системи цифрового радіозв'язку у певних частотних діапазонах (далі – науково-дослідна робота), визначити замовника науково-дослідної роботи;
- підготувати та подати в установленому порядку Кабінетові Міністрів України проєкт постанови Кабінету Міністрів України "Про внесення змін до Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України та Плану використання радіочастотного ресурсу України";
- за результатами роботи робочої групи та на підставі звіту про

проведену науково-дослідну роботу розробити фінансово-економічне обґрунтування та подати Кабінетові Міністрів України пропозиції щодо фінансування заходів із побудови єдиної багатозонової системи цифрового радіозв'язку [1].

Розробка даного нормативного документу свідчить про актуальність нашого дослідження. У даній роботі ми розглянемо сучасні системи цифрового радіозв'язку, здійснимо порівняльний аналіз їх можливостей та характеристик, наведемо приклад впровадження систем цифрового зв'язку підрозділами Управління патрульної поліції в Дніпропетровській області ДПП.

1. Види організації радіозв'язку. Проблеми використання засобів радіозв'язку підрозділами Національної поліції

Радіозв'язок, як і інші види зв'язку, призначений для передачі інформації на відстані. Принципова відмінність радіосистем передачі інформації виявляється в тому, що умови розповсюдження радіохвиль у радіолінії нестаціонарні, тобто можуть змінюватися залежно від часу та частоти. Однак передача за допомогою радіозв'язку в деяких випадках є єдиним методом зв'язку (наприклад, зв'язок з рухомими об'єктами).

Розглянемо різновиди організації систем радіозв'язку. Їх поділяють на конвенціональні та транкінгові. У конвенціональних мережах радіозв'язку за групою абонентів закріплюється певний частотний канал. Такий спосіб радіозв'язку є виправданим, коли кількість абонентів мережі невелика, а зона покриття мала. Перевагою конвенціональної системи радіозв'язку є простота й невисока вартість. Але використання частотного спектра є неефективним.

Конвенціональний радіозв'язок організовується шляхом симплексних та дуплексних радіомереж. Симплексні мережі організовуються, коли група користувачів працює на одній частоті (симплексному каналі). Усі користувачі чують один одного й викликають необхідного абонента голосом. У радіомережі можуть використовуватися портативні, автомобільні й стаціонарні радіостанції. Усі вони рівнозначні. Зрозуміло, дальність зв'язку між автомобільними (стаціонарними) станціями вища. У дуплексних радіомережах радіозв'язок організовується одночасно на двох частотах. На першій частоті здійснюється прийом, на другій – передача. Так побудовані

телефонні системи. Для організації професійного рухомого радіозв'язку дуплексний радіозв'язок практично не використовується.

Розглянемо напівдуплекс (двохчастотний симплекс). Радіозв'язок організовується з використанням двох частот: прийомної та передавальної, але, у порівнянні з дуплексом, не одночасно, а по черзі. Одночасно користувач може знаходитися або в режимі «передача», або на «прийомі». Двохчастотний симплекс використовується за допомогою ретрансляторів.

Ретранслятор – це такий засіб зв'язку, який приймає радіосигнал, а потім передає його в ефір. Для покращення дальності зв'язку потрібно побороти кривизну Землі, а це можливо шляхом підіймання приймача та передавача. У випадку, коли в системі є рухомі користувачі (автотранспорт), то це може бути реалізовано шляхом встановлення спеціального пристрою на великій висоті, що буде приймати й передавати радіосигнали. Практично всі сучасні системи зв'язку мають у своєму складі ретранслятори [2, 152].

До транкінгових систем можна віднести такі системи, де пошук вільного каналу здійснюється за допомогою абонентських радіостанцій, які постійно сканують частотні канали транкінгової системи у пошуках сигналу від стаціонарної станції або вільного каналу, на якому можна було б викликати іншого користувача.

У підрозділах Національної поліції України використовуються, в основному, радіомережі конвенціонального зв'язку. Основу складають аналогові засоби радіозв'язку, які вже давно не задовольняють потреб організації сучасного зв'язку. Однак перехід на цифрові технології, скажімо, на той же стандарт TETRA чи інші стандарти цифрових засобів зв'язку потребує багато коштів, і, на жаль, не увесь можливий функціонал цих систем можна використовувати.

Досвід бойових дій у ході проведення ООС показав ряд проблемних питань з організації зв'язку в тактичній (оперативній) ланці управління. На теперішній час основний спосіб організації радіозв'язку в тактичній ланці управління є транкінговий зв'язок. З метою підвищення зони покриття, стійкого зв'язку у радіомережах з командирами підпорядкованих військових частин та підрозділів (до батальйону включно) передбачено роботу літаків-ретрансляторів [3].

Необхідність переходу до цифрового зв'язку пояснюється рядом переваг цифрового транкінгу перед аналоговими системами, такими, як велика спектральна ефективність за рахунок використання певних видів модуляції сигналу і складних алгоритмів перетворення мовного

сигналу, підвищена ємність систем зв'язку, покращення якості мовного обміну на всій території обслуговування радіостанції шляхом використання цифрових сигналів та стійким до перешкод кодуванням.

Цифрові транкінгові системи у порівнянні з аналоговими мають ряд переваг за рахунок реалізації вимог щодо підвищеної оперативності та безпеки зв'язку, надання широких можливостей по передачі даних, більш широкого спектру послуг зв'язку (включаючи специфічні послуги зв'язку для реалізації спеціальних вимог служб громадської безпеки), можливостей організації взаємодії абонентів різних мереж.

Розглянемо переваги цифрових транкінгових систем радіозв'язку.

1. Покращена оперативність зв'язку.

2. Можливість передачі даних.

3. Підвищена безпека зв'язку.

4. Розширені послуги зв'язку (автоматична реєстрація абонентів, роумінг, управління потоком даних, переадресація виклику).

5. Можливість взаємодії абонентів різних мережах радіозв'язку. У наступних розділах розглянемо можливості цифрових систем радіозв'язку конвенціональних та транкінгових мереж.

2. Можливості конвенціональної цифрової системи DMR

Основними споживачами систем на базі технології DMR, як і систем конвенційного радіозв'язку, є підрозділи нижнього і середнього рангу МВС, де потреба в засобах професійного радіозв'язку очевидна і не потребує обґрунтувань.

Технологія DMR у секторі професійних засобів зв'язку дозволяє задовольнити зростаючі вимоги споживачів до засобів зв'язку вже не обмежуючись лише їх надійністю, а пояснюючи необхідність:

• забезпечення захисту радіоефіру від прослуховування;

• організації передачі текстових повідомлень разом з голосом;

• збільшення розбірливості мови при сильних зовнішніх акустичних перешкодах;

• збільшення терміну безперервної роботи акумуляторних батарей і т. ін.

Усім цим вимогам відповідає новий стандарт конвенційного професійного радіозв'язку – DMR (Digital Mobile Radio), в основу якого закладений двохінтервальний протокол TDMA. DMR розроблений Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів (ETSI), як

єдиний загальноєвропейський стандарт цифрового радіозв'язку. На основі протоколу TDMA вже створено ряд стандартів зв'язку, широко й успішно використовуються у всьому світі, наприклад, GSM і TETRA, і можна впевнено заявити, що цей же протокол буде застосовуватися для вирішення завдань подальшого підвищення ефективності використання частотного ресурсу. Протокол TDMA має ряд переваг, актуальних для систем зв'язку як нинішнього, так і майбутніх поколінь. Це універсальність функціональних можливостей, невисока вартість обладнання, більш довгий термін роботи акумуляторів, відкритість для реалізації нових функцій і перевірена на практиці здатність підвищувати ефективність використання частотного ресурсу без ризику перевантаження каналів зв'язку або створення перешкод. Стандарт DMR позиціонується як відкритий стандарт, тобто передбачається, що обладнання різних виробників буде сумісне [4].

Відкритий стандарт для цифрових мобільних рацій (DMR) з'явився у 2005 році. Його вимоги складаються з трьох частин, вони послідовно з'являлися протягом наступних років, тому виробництво радіостанцій, які повністю відповідають стандарту, почалося у 2007 році. Радіостанції DMR працюють, головним чином, у типових частотних діапазонах VHF / UHF, а саме 136-174 / 403-470 МГц. DMR – загальний стандарт, тому йому відповідають радіостанції багатьох брендів. Найбільш відомі – це Motorola, Hytera, Vertex Standard.

Поява стандарту DMR обумовлена кількома простими факторами:

- цифрова якість зв'язку у порівнянні з аналоговими радіостанціями;
- функціонал, який надає ширше застосування цифрових технологій, наприклад, можливість передачі текстових повідомлень;
- висока частотна ефективність – завдяки цифровим технологіям, а саме, кодування сигналів, можна ущільнювати канали та передавати значно більше інформації без втрати якості;
- сумісність з аналоговими радіостанціями;
- відносно проста апаратна частина і низькі вимоги до інфраструктури;
- захищеність переданої інформації від прослуховування.

Таким чином привабливість радіостанцій стандарту DMR для користувача важливі такі можливості:

- забезпечення захищеності радіоефіру від несанкціонованого прослуховування;
- можливість поряд з голосовим зв'язком надсилання текстових

повідомлень того самого розміру, як і у випадку зі стільниковим зв’язком;

- висока якість розбірливості переданої мови в умовах підвищеного рівня різнорідних зовнішніх шумів;
- тривалість автономної роботи радіостанцій від акумуляторів;
- нечутливих до умов експлуатації, наприклад, до мінусових температур.

В основі технології DMR лежать механізми TDMA (Time Division Multiple Access – багатостанційний доступ з тимчасовим поділом каналів), що дозволяє розмістити два тимчасові інтервали на одній несучій частоті з сіткою частот 12,5 кГц.

Стандарт DMR заснований на застосуванні технології поділу сигналів за часом TDMA, що дозволяє на одній частоті створювати два канали передачі інформації за допомогою коротких пакетів даних. При цьому технологія може застосовуватися не лише у стандартних частотних діапазонах 134-176 / 403-470 МГц, а й у всьому частотному спектрі 50 - 999 МГц. Одним з основних внутрішніх параметрів збудованої подібним чином системи є двобічний розліт, який може змінюватися залежно від частотного діапазону. Під кодування дуплексного розносу відводиться 15 біт інформації, завдяки якій сигнал потім формується у послідовний мовний потік.

Технічно стандарт DMR є структурою тайм-слотів з тривалістю 30 мілісекунд. У цьому проміжку часу 275 мс призначаються безпосередньо для корисної інформації, яка кодується 216-ю бітами, а решту часу – 48 бітів супроводу. У DMR можливі два режими – симплексного зв’язку і двочастотний симплекс з дуплексним розльотом (при наявності ретранслятора). Власне, у першому режимі виграшу по щільності передачі інформації не вийде, оскільки система залишиться одноканальною подібно аналоговій. У другому випадку реалізується два незалежних голосових з’єднання в одному частотному каналі.

Для багатьох абонентів систем радіозв’язку найважливішою перевагою цифрових стандартів є те, що вони можуть більш ефективно використовувати ресурс частотних каналів. Цієї ефективності дозволяє домогтись метод TDMA, коли 1 частотний канал шириною 12,5 КГц, розділяється на два тимчасових слоти. Тобто ці два інтервали в одному каналі можна застосовувати для організації передавання двох окремих викликів. Існує можливість виділення одного з інтервалів для обслуговування викликів, а в другому – одночасно робити передачу інформації. Технічні прилади DMR налаштовані на ту ж частотну

смугу, що і ліцензовані аналогові мережі PMR. Абонентам не потрібно переходити на інші частотні діапазони чи докупати ліцензії.

Стандарт DMR надає можливість використання технологій управління живленням радіоприладів і так званим режимом очікування, які сприяють заощадженню заряду акумулятора. Абонентам мереж радіозв'язку слід мати розбірливий та перешкодостійкий голосовий зв'язок. Якщо виклик пропущений або виникла помилка оператора, непередане повідомлення або непрацюючий акумулятор, приводять до негативних подій. До недоліків аналогових систем радіозв'язку можна віднести обмежену дальність їх дії і розбірливість передавання мовного сигналу. Аналогові сигнали мають низьку перешкодостійкість, що негативно впливає на якість переговорів. Доволі часто погіршується мовний сигнал за рахунок підвищення рівня шумів і недоліків передачі. Особливо це трапляється на граничних можливостях при передаванні або прийманні сигналу. У мережах стандарту DMR застосовуються спеціальні алгоритми виправлення помилок, які покращують мовний сигнал до початкового стану. У системах DMR вбудований декодер, який знижує рівень вуличного шуму, який практично не передається, і тому абонент, що приймає сигнал, його не чує.

Стандарт DMR постійно вдосконалюється, реалізуючи функціональний набір, який раніше був не характерний для сектора засобів конвенційного радіозв'язку. До основних функціональних можливостях цифрового стандарту DMR слід віднести:

• цифрову обробку сигналу;

• управління акумуляторною батареєю;

• пріоритетний аварійний виклик;

• покращений режим «вільні руки»;

• вбудований приймач GPS-сигналів для реалізації програм щодо контролю місця розташування;

• віддалений контроль;

• опціональне шифрування;

• двобічний виклик;

• одночасну передачу голосу і даних (у тому числі пакетних);

• роботу в аналоговому режимі, що особливо актуально при поступовій міграції аналогових конвенціональних систем.

Типи викликів, реалізованих у межах стандарту DMR:

• індивідуальний виклик «радіостанція - радіостанція";

• груповий виклик «радіостанції - група радіостанцій»;

• груповий виклик «радіостанція - всі радіостанції»;

• передача пакетних даних з канальної швидкістю 2 кбіт / с.

Стандарт DMR відрізняє швидке встановлення виклику (до 200 мс).

Закладений у межах стандарту DMR функціонал дозволяє реалізувати широкий набір рішень, у тому числі:

• передачу пакетних даних (пропускна здатність каналу до 2 кбіт/с);

• передачу телеметрії;

• передачу текстових повідомлень;

• додатки з контролю місця розташування.

Наступність і сумісність з існуючими аналоговими системами зв'язку дозволяє зберегти зроблені раніше інвестиції і замінити базу застарілих аналогових абонентських терміналів за необхідністю.

Основна проблема застосування засобів зв'язку стандарту DMR (Digital Mobile Radio – цифровий рухомий радіозв'язок) фірми Motorola – робота на фіксованих частотах, у достатньо вузькому діапазоні частот (136-174 МГц) що призводить до низької стійкості при впливі засобів РЕБ (радіоелектронна боротьба). Крім цього, наявність лише 2 голосових каналів для одного ретранслятора, а також низька швидкість передачі даних, призводить до низької продуктивності мережі та, відповідно, до низької вірогідності обслуговування мобільних абонентів [3].

3. Порівняльний аналіз основних транкінгових цифрових систем радіозв'язку

До найбільш поширених стандартів цифрового транкінгового радіозв'язку, на основі яких у багатьох країнах організовані системи зв'язку, відносяться:

• EDACS, розроблений фірмою Ericsson;

• TETRA, розроблений Європейським інститутом стандартів зв'язку;

• APCO 25, розроблений Асоціацією офіційних представників служб зв'язку органів громадської безпеки;

• Tetrapol, розроблений фірмою Matra Communication (Франція);

• iDEN, розроблений фірмою Motorola (США).

Усі ці стандарти відповідають сучасним вимогам до систем транкінгового радіозв'язку. За допомогою них можна створювати різні конфігурації мереж зв'язку: від простих однозонових систем до складних багатозонових систем національного рівня. Мережі на основі даних стандартів організовують різні режими передавання мовного

сигналу (індивідуальний та груповий зв’язок), обміну будь-якими даними (спеціальні пакети, короткі комутовані повідомлення), можливість організації зв’язку з телефонною мережею загального користування та стільникового зв’язку. У мережах радіозв’язку цих стандартів використовуються сучасні способи перетворення мовних сигналів, які забезпечені ефективними методами завадостійкого кодування будь-якої інформації. Виробники радіоприладів забезпечують відповідність їх стандартам MIL STD 810 з різних кліматичних та механічних впливів.

Розглянемо систему EDACS. Одним з перших стандартів цифрового транкінгового радіозв’язку був стандарт EDACS (Enhanced Digital Access Communication System), розроблений фірмою Ericsson (Швеція). Спочатку він передбачав тільки аналогову передачу мови, проте пізніше була розроблена спеціальна цифрова модифікація системи EDACS Aegis [5].

Система EDACS працює за допомогою закритого фірмового протоколу, який відповідає вимогам з безпеки користування системами транкінгового радіозв’язку, які були спільно розроблені певними фірмами-виробниками обладнання рухомого зв’язку разом з правоохоронними органами (Документ APS 16).

Цифрові системи EDACS випускалися на діапазони частот 138-174 МГц, 403-423, 450-470 МГц і 806-870 МГц з різницею частот 30; 25; і 12,5 кГц.

У системах EDACS використовується частотне розділення каналів зв’язку з використанням високошвидкісного (9600 біт/с) виділеного каналу управління, який розроблений для обміну цифровою інформацією між радіостанціями і пристроями керування роботою мережі. Це підтримує високу оперативність зв’язку у радіомережі (встановлення зв’язку не перевищує 0,25 с). Швидкість передачі інформації у частотному каналі дорівнює 9600 біт / с.

Кодування мовного сигналу у системі проводиться за допомогою компресії імпульсно-кодової послідовності зі швидкістю 64 Кбіт/с. Основними функціями стандарту EDACS є спеціальні режими виклику (груповий, індивідуальний, екстрений, статусний), а також динамічне управління пріоритетністю, дистанційне виключення радіостанцій (при втраті або крадіжці радіостанцій).

Системи стандарту EDACS можуть працювати як в цифровому, так і в аналоговому режимі, що дозволяє абонентам застосовувати застарілі технічні засоби радіозв’язку.

Системи зв’язку відрізняються високою надійністю і відмовостійкістю мереж. Висока відмовостійкість забезпечується за допомогою в апаратурі системи EDACS спеціальної архітектури і принципом поділеної обробки даних. Базова станція системи зв’язку працює навіть у випадку відмови всіх ретрансляторів, крім одного. Останній працездатний ретранслятор працює як ретранслятор каналу управління, призначаючи свій власний частотний канал, після чого переходить у режим ретранслятора робочого каналу.

У системі EDACS використовується наскрізне шифрування інформації, однак у зв’язку з закритим протоколом застосовується або стандартний алгоритм захисту, пропонований фірмою Ericsson, або за згодою, використання власних програмно-апаратних модулів, що реалізують оригінальні алгоритми, які повинні бути сумісні з системним протоколом EDACS.

У світі розгорнуто велику кількість мереж стандарту EDACS. Але на даний час фірма Ericsson припинила поставки обладнання для розгортання нових мереж даного стандарту і тільки підтримує функціонування діючих мереж.

Розглянемо систему TETRA. TETRA є стандартом цифрового транкінгового радіозв’язку, що складається з специфікацій, розроблених Європейським інститутом телекомунікаційних стандартів ETSI (European Telecommunications Standards Institute). Стандарт TETRA створювався як єдиний загальноєвропейський цифровий стандарт. До квітня 1997 р абревіатура TETRA означала транс’європейське трекінгове радіо (Trans-European Trunked RAdio). Однак у зв’язку з збільшенням зацікавленості, виявленої до стандарту в інших регіонах, територія його дії не обмежується тільки Європою. У даний час TETRA розшифровується як Наземне транкінгове радіо (TErrestrial Trunked RAdio).

TETRA – відкритий стандарт, і обладнання різних виробників буде сумісне. Доступ до специфікацій TETRA вільний для всіх, хто вступив у асоціацію «Меморандум про взаєморозуміння та сприяння стандарту TETRA» (MoU TETRA). Асоціація, в яку в кінці 2018 р. входило понад 100 учасників, об’єднує розробників, виробників, випробувальні лабораторії та користувачів різних країн.

Стандарт TETRA складається з двох частин: TETRA V + D (TETRA Voice + Data) – стандарту на інтегровану систему передачі мовного сигналу і даних, і TETRA PDO (TETRA Packet Data Optimized) – стандарту, що призначений тільки на передачу даних.

У стандарт TETRA входять специфікації бездротового інтерфейсу, інтерфейсів між мережею TETRA і цифровою мережею з інтеграцією послуг (ISDN), телефонною мережею загального користування, мережею передачі даних, АТС і т. п. У стандарті є опис всіх послуг, що надаються мережами TETRA [6].

Інтерфейс стандарту TETRA призначений для роботи у стандартній сітці частот з кроком 25 кГц. Необхідний мінімальний дуплексний розліт радіоканалів – 10 МГц. Для мереж стандарту TETRA використовуються деякі піддіапазони частот. У країнах Європи за службами безпеки закріплені діапазони 380-385 / 390-395 МГц, а для комерційних організацій передбачені діапазони 410-430 / 450-470 МГц. В Азії для систем TETRA використовується діапазон 806-870 МГц.

У мережах стандарту TETRA V + D застосовується метод багатостанційного доступу з тимчасовим поділом каналів зв'язку. На одній фізичній частоті організовано до 4 незалежних інформаційних каналів.

Інформаційні повідомлення передаються за допомогою мультикадру тривалістю 1,02 с. Мультикадр містить 18 кадрів, один з яких є контрольним. Кадр має тривалість 56,67 мс і містить 4 тимчасові інтервали (time slots). У кожному з часових інтервалів передається інформація свого тимчасового каналу. Часовий інтервал має довжину 510 біт, з яких 432 є інформаційними (2 блоки по 216 біт).

У системах стандарту TETRA використовується відносна фазова модуляція типу p / 4-DQPSK (Differrential Quadrum Phase Shift Keying). Швидкість модуляції – 36 Кбіт / с.

Для перетворення мови в стандарті використовується кодек з алгоритмом перетворення типу CELP (Code Excited Linear Prediction). Швидкість цифрового потоку на виході кодека становить 4,8 Кбіт/с. Цифрові дані з виходу мовного кодека піддаються блоковому і згортаючому кодуванню, шифруванню, після чого формуються інформаційні канали. Пропускна здатність одного інформаційного каналу становить 7,2 Кбіт/с, а швидкість цифрового інформаційного потоку даних – 28,8 Кбіт/с. (при цьому загальна швидкість передачі символів у радіоканалі завдяки додатковій службовій інформації та контрольному кадру в мультикадрі відповідає швидкості модуляції і дорівнює 36 Кбіт/с.)

У мережах стандарту TETRA мобільні станції можуть працювати в режимі «подвійного спостереження» («Dual Watch»). Він забезпечує прийом повідомлень від користувачів, що працюють як в режимі

транкінгового, так і конвенціонального зв’язку.

Для збільшення зон обслуговування в мережах TETRA передбачається можливість використання абонентських радіостанцій в якості ретрансляторів.

TETRA надає користувачам ряд послуг, які включені в стандарт за заявкою Асоціації європейської поліції (Schengen Group), що співпрацює з технічним комітетом ETSI:

• виклик, дозволений диспетчером;

• пріоритетний доступ та виклик (якщо перевантажена система);

• переривання обслуговування непріоритетних викликів;

• виборче прослуховування абонентів;

• дистанційне прослуховування обстановки у абонента;

• динамічне перегрупування (динамічне створення, модифікація і видалення груп користувачів);

• ідентифікація сторони, що викликає.

Стандарт TETRA може забезпечувати два рівня безпеки переданої інформації:

• стандартний рівень, який застосовує шифрування інтерфейсу (як у мережі стільникового зв’язку GSM);

• високий рівень, при якому використовується наскрізне шифрування.

Засоби захисту радіоінтерфейсу стандарту TETRA – це способи аутентифікації абонента і структури, забезпечення конфіденційності трафіку шляхом потоку несправжніх імен і спеціального шифрування повідомлень.

Найбільш високий рівень захисту повідомлень є вимогою спеціальних груп абонентів. Наскрізне шифрування допомагає захистити мовну інформацію і повідомлення на лінії зв’язку між базовими і мобільними користувачами.

Мережі TETRA використовуються в Європі, Південно-Східної Азії, Африці, Північній і Південній Америці, Китаї, Австралії,.

Розглянемо систему APCO 25. Стандарт APCO 25 розроблений Асоціацією офіційних представників служб зв’язку органів громадської безпеки (Association of Public safety Communications Officials-international), яка об’єднує користувачів систем зв’язку, що працюють у службах громадської безпеки.

Зараз стандарт включає всі основні документи, що регламентують принципи побудови інтерфейсу, протоколи шифрування, методи кодування мовного сигналу.

При створенні специфікацій стандарту, вони були поділені на два етапи реалізації – Фаза I і Фаза II. У 2000 р були сформовані спеціальні вимоги до кожної з фаз стандарту.

Основними принципами розроблення стандарту APCO 25, озвучені його розробниками, були вимоги:

• плавного переходу до засобів цифрового радіозв'язку;

• щодо відкритої системної архітектури для підтримки конкуренції серед виробників засобів зв'язку;

• про створення можливостей взаємодії різних спецслужб безпеки під час проведення операцій.

Системна архітектура даного стандарту зв'язку працює в якості транкінгових та конвенціональних систем радіозв'язку. У цих мережах користувачі взаємодіють між собою або в режимі безпосереднього зв'язку, або через ретранслятор. Основним функціональним блоком системи стандарту APCO 25 є спеціальні радіопідсистеми на основі однієї або декількох стаціонарних радіостанцій.

Стандарт APCO 25 надає можливість використання у стандартних діапазонах частот, що використовуються системами радіозв'язку: 138-174, 406-512 або 746-869 МГц. Основний метод доступу до каналів зв'язку –частотний, але можливе застосування в мережах стандарту APCO 25 множинного доступу з тимчасовим поділом каналів.

У Фазі I стандартний період сітки частот становить 12,5 кГц, у Фазі II – 6,25 кГц. Так, при смузі 12,5 кГц використовується чотирьохпозиційна частотна модуляція за методом C4FM зі швидкістю 4800 символів за секунду, а при смузі 6,25 кГц – чотирьохпозиційна фазова модуляція зі згладжуванням фази за методом CQPSK. Такі методи модуляції допомогають працювати на однакових приймачах, що доповнюються різними підсилювачами потужності, так для Фази I – прості підсилювачі з високим ККД, а для Фази II – підсилювачі з високою лінійністю і обмеженою шириною випромінюваного спектру.

Інформація у вигляді мовного сигналу в радіоканалі передається кадрами по 180 мс, згрупованими по 2 кадри. Для кодування мовного сигналу в системі використовується кодек IMBE (Improved MultiBand Excitation). Він також працює в системі супутникового зв'язку Inmarsat. Швидкість кодування – 4400 біт/с. Після завадостійкого кодування мовної інформації швидкість інформаційного потоку збільшується до 7200 біт / с.

У мережі APCO 25 вбудована система ідентифікації абонентів, що може створювати в одній мережі до 2 мільйонів радіостанцій і до 65

тисяч груп. Затримка при з'єднанні в підсистемі відповідно до вимог до стандарту APCO 25 не повинна перевищувати в режимі конвенціонального зв'язку – 250 мс, при зв'язку через ретранслятор – 350 мс).

Мережі APCO 25 забезпечують 4 рівня криптографічного захисту. Застосовується потоковий метод шифрування інформації на основі нелінійних алгоритмів формування шифрувальної послідовності. При використанні спеціального режиму OTAR (Over-the-air-re-keying) ключі шифрування передаються по радіоканалу.

APCO є міжнародною організацією. Система працює в США, Канаді, Австралії, Карибському регіоні. В Асоціацію входять ФБР, Міністерство оборони США, Федеральний комітет зв'язку, поліції ряду штатів США, Секретна служба і багато інших державних організації. До виробників обладнання стандарту APCO 25 належать Motorola, Stanlite Electronics, E.F.Johnson, Transcrypt і ін. Фірма Motorola розробила свою першу радіомережу, побудовану на системі APCO 25, яка називається ASTRO.

Розглянемо систему Tetrapol. Це стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку Tetrapol був створений у 1987 р. фірмою Matra Communications. Вона уклала контракт з французькою жандармерією на розробку і введення в експлуатацію системи цифрового радіозв'язку Rubis. Зараз радіомережа французької жандармерії охоплює більше половини території Франції і обслуговує понад 20 тис. абонентів. У 1994 році фірма Matra створила свій форум Tetrapol, були розроблені специфікації Tetrapol PAS (Publicly Available Specifications), які ідентифікують цей стандарт цифрового транкінгового радіозв'язку.

Стандарт Tetrapol описує цифрову транкінгову систему радіозв'язку з виділеним каналом керування і частотним методом поділу каналів зв'язку. Стандарт працює як в однозоновій, так і в багатозоновій мережі зв'язку, він підтримує прямий зв'язок між користувачами без використання засобів мережі і ретрансляції сигналів на частотних каналах.

Мережі зв'язку стандарту Tetrapol працюють у діапазоні частот від 70 до 520 МГц, який містить два піддіапазона: нижче 150 МГц (VHF) і вище 150 МГц (UHF). Більшість радіоінтерфейсів для мереж цих піддіапазонів є спільною, але вони відрізняються у використанні різних методів завадостійкого кодування і кодового перемежування. У піддіапазоні UHF працює двобічний розліт каналів прийому і передачі у частотній смузі 10 МГц.

Розмежування частоти між каналами зв’язку становить 12,5 або 10 кГц. Мається можливість до різниці між каналами в 6,25 кГц. У мережах стандарту Tetrapol використовується ширина смуги до 5 МГц, що дозволяє організовувати 400-500 радіоканалів. Однак в одній зоні можна розмістити від 1 до 24 каналів.

Стандарт дозволяє отримати швидкість передачі інформації в каналі зв’язку до 8000 біт/с. Передача повідомлень відбувається по кадрам довжиною 160 біт і тривалістю 20 мс. Усі так звані кадри об’єднуються в Суперкадр тривалістю 4 с (200 кадрів). Уся інформація обробляється згортуючим кодуванням, перемежовується, ущільнюється, піддається диференціальному кодуванню і остаточно форматується кадр.

У мережах стандарту Tetrapol застосовується GMSK модуляція з BT = 0,25.

З метою перетворення мовної інформації, в системах використовується кодек з алгоритмом мовоперетворювача, який базується на методі аналізу шляхом синтезу типу RPCELP (Regular Pulse Code Excited Linear Prediction). Швидкість такого перетворення дорівнює 6000 біт / с.

У системах вибудовуються три основні режими радіозв’язку: транкінгового, режиму конвенціонального зв’язку і режиму ретрансляції.

У режимі режимі транкінгового зв’язку користувачі поєднуються за допомогою базових станцій (БС), які роздають канали зв’язку між абонентами. У даному випадку сигнали управління передаються на спеціальному виділеному для кожної БС частотному каналі. У режимі конвенціонального зв’язку обмін повідомленнями між користувачами організовується без участі базової станції. У режимі ретрансляції зв’язок між користувачами вибудовується за допомогою ретранслятора, який має зафіксовані канали передачі і прийому повідомлень.

У мережах стандарту Tetrapol можна організовувати два види інформаційного обміну – передача мовної інформації і передача даних.

При передачі даних можна обмінюватись повідомленнями відповідно до протоколу X.400, організовувати доступ до централізованих баз даних та працювати з інтернет-мережами відповідно до протоколу TCP / IP, отримувати від приймачів GPS дані про місцезнаходження об’єкта, передавати відеосигнали.

Стандарт Tetrapol дозволяє виконувати наступні дії: аутентифікацію абонента, динамічне перегрупування, пріоритетний виклик, роумінг, управління передавачем абонента.

Взагалі стандарт Tetrapol був розроблений на замовлення правоохоронних органів, тому він містить різні складові забезпечення безпеки зв'язку, спрямовані на запобігання прослуховування переговорів, несанкціонованого доступу до мережі, створення навмисних перешкод, аналіз трафіку конкретних абонентів. Це досягається шляхом управління доступом у систему, наскрізним шифруванням інформації, автоматичної переконфігурації мережі, можливість передачі диспетчером радіомережі секретних ключів користувачам по радіоканалу, аутентифікація абонентів.

Мережі стандарту Tetrapol поширені у Франції. Це мережі зв'язку Rubis національної жандармерії Франції, також система Acropole французької поліції, система Iris служби залізниць. Також вони використовуються поліцією Каталонії та Мадрида, спецпідрозділами Чеської Республіки, служби транспорту Німеччини.

Розглянемо систему iDEN. Технологія iDEN (integrated Digital Enhanced Network) була розроблена компанією Motorola на початку 90-х років. Взагалі стандарт iDEN розроблявся як корпоративний стандарт з відкритою архітектурою [7]. Так, компанія Motorola, зберігаючи за собою всі права з модифікації системного протоколу, надає можливість ліцензійно виробляти засоби радіомереж іншим виробникам.

Даний стандарт дозволяє створювати такі мережі, що підтримують усі види пересувного радіозв'язку: диспетчерського зв'язку, мобільного телефонного зв'язку, передачі текстової інформації і будь-яких даних. Технологія iDEN призначена для великих корпоративних мереж.

Користувачі мереж iDEN можуть передавати і отримувати на свої радіостанції текстову інформацію, а також передавати дані в комутаційному режимі зі швидкістю 9,6 Кбіт/с, а в пакетному – до 32 Кбіт/с. Абоненти зв'язку можуть заходити до мережі Інтернет, користуватись електронною поштою та факсимільним зв'язком.

Мережі iDEN базуються на технології МДТП (метод доступу з тимчасовим поділом). Так, у кожному частотному каналі шириною 25 кГц створюється 6 мовних каналів. Це можливо завдяки розбиттю кадру тривалістю 90 мс на тимчасові інтервали по 15 мс, у кожному з них передається інформація на окремому каналі.

Кодування мовного сигналу здійснюється за допомогою спеціального кодеку типу VSELP. Швидкість передачі інформації в одному каналі складає 7,2 Кбіт/с, а сумарна швидкість цифрового потоку в радіоканалі дорівнює 64 Кбіт/с. Це можливо за умови використання 16-позиційної квадратурной модуляції M16-QAM.

Системи зв’язку побудовані на використанні стандартних для Америки і Азії частотних діапазонів 805-821 / 855-866 МГц. IDEN має найкращу спектральну ефективність серед розглянутих мереж цифрового транкінгового зв’язку, він може вбудувати в 1 МГц до 240 інформаційних каналів. Але зони покриття базових станцій у системах iDEN менше, ніж в системах інших мереж, що витікає з малою потужністю абонентських радіостанцій (0,6 Вт – для портативних станцій і 3 Вт – для мобільних).

Система iDEN більше схожа на стільникові системи, що дозволяє обслуговування великої кількості абонентів та інтенсивний трафік завдяки побудові широкосмугових мереж. У мережі створюється до 10000 віртуальних мереж, в кожній з яких може бути до 65500 абонентів, об’єднаних при необхідності в 255 груп. Також кожна група користувачів може використовувати всю зону зв’язку, що підтримується цією системою.

Мережі iDEN побудовані в США, Канаді, Мексиці, Колумбії, Бразилії, Аргентині, Китаї, Ізраїлі, Японії, Сінгапурі та інших країнах. Взагалі кількість абонентів iDEN у світі більше 3 млн.

Розглянемо технічні характеристики і функціональні можливості представлених мереж транкінгового зв’язку. Усі стандарти мають достатньо високі технічні характеристики. Вони забезпечують можливість побудови різноманітних конфігурацій мереж зв’язку, можуть підтримувати різноманітні режими передачі мовної інформації та повідомлень, дозволяють зв’язок з фіксованими мережами. У пристроях зв’язку даних систем застосовуються сучасні методи перетворення мовного сигналу і завадостійкого кодування інформації. Усі стандарти забезпечують високу оперативність зв’язку.

Але у стандарті EDACS організовується передача оцифрованої мовної інформації по аналоговому каналу зв’язку. За функціональними особливостями стандарт EDACS поступається іншим стандартам, бо його розробили набагато раніше. Стандарти TETRA, APCO 25, Tetrapol і iDEN специфікують більш широкий спектр надаваних стандартних послуг зв’язку, за рівнем можна порівняти між собою.

Ми розглядаємо стандарти для потреб Міністерства внутрішніх справ, і всі вони забезпечують виконання більшості вимог, що висуваються до спеціальних систем радіозв’язку. Розглянуті цифрові стандарти підтримують високу оперативність зв’язку (час доступу абонентів для всіх систем – не більше 0,5 с). Вони забезпечують високі показники відмовостійкості мереж радіозв’язку за рахунок гнучкої

архітектури. Усі стандарти можуть забезпечити захист інформації: для систем TETRA і Tetrapol стандарти передбачають можливість побудови як стандартного алгоритму шифрування, так і будь-яких інших алгоритмів шляхом наскрізного шифрування; у мережах EDACS вбудований стандартний фірмовий алгоритм або існує можливість за узгодженням з фірмою використовувати власні алгоритми захисту.

Розглянемо перелік послуг, який надається кожним стандартом. Можна відзначити, що стандарти TETRA, APCO 25, Tetrapol забезпечують високий рівень спеціальних вимог, а EDACS – менший. Стандарт iDEN взагалі не передбачає виконання спеціальних послуг.

Ресурси радіочастотного спектру цифрових транкінгових систем радіозв'язку є найважливішим критерієм вибору тієї чи іншої системи. У даному випадку найбільш перспективні стандарти, які підтримують можливість побудови мереж зв'язку в найбільш широкому діапазоні частот.

Системи EDACS працюють у діапазонах 138-174, 403-423, 450-470 і 806-870 МГц. Системи TETRA дозволяють застосування таких діапазонів: 380-385 / 390-395, 410-430 / 450-470 МГц і 806-870 МГц. Системи APCO 25 відповідно до функціональних і технічних вимог забезпечують можливість роботи в будь-якому з діапазонів, відведених для мобільного радіозв'язку. Стандарт Tetrapol обмежує верхню частоту своїх систем на рівні 520 МГц. Системи стандарту iDEN працюють тільки в діапазоні 800 МГц, що обмежує їх використання для побудови певного кола систем.

Надважливо при аналізі стандартів радіозв'язку вивчити відомості про те, чи є він відкритим або корпоративним (закритим).

Корпоративні стандарти (EDACS і Tetrapol) є власністю їх розробників. Придбання обладнання можливо тільки у обмеженого кола виробників. Відкриті стандарти, до яких належать TETRA і APCO 25, підтримують виробників базового обладнання, абонентських радіостанцій, тестової апаратури для випуску сумісних радіозасобів. Доступ до технічних вимог мереж забезпечується фірмам, які уклали договір та є членами асоціації. Абоненти, які користуються можливостями відкритих стандартів радіозв'язку, можуть вибирати більшу кількість виробників обладнання. Відкриті стандарти більш широко підтримуються державними та правоохоронними органами країн.

Це дослідження даних систем цифрового транкінгового радіозв'язку за основними критеріями дозволяє отримати певні висновки про перспективність їх впровадження як у світі, так і в Україні.

Стандарт EDACS є найменш перспективним у розвитку. Він використовує малу спектральну ефективність і недостатні функціональні особливості. Компанія Ericsson відмовилась від розвитку стандарту і тільки підтримує вже встановлене обладнання.

Стандарт iDEN має недостатньо спеціальних вимог, необхідних правоохоронним структурам, а також побудований на використанні частотного діапазону 800 МГц. Зважаючи на надвисоку широкосмуговість стандарту, що є його ключовою перевагою, перспективи розвитку є тільки у США та Канаді.

Стандарт Tetrapol має достатньо високі технічні показники та функціональні можливості, але основним недоліком є його статус як корпоративного, тобто закритого стандарту. Цей факт суттєво впливає на перспективах його поширення.

Найбільш конкурентоспроможними є стандарти TETRA і APCO 25, бо вони мають високі технічні характеристики і дозволяють використовувати широкий спектр функціональних можливостей, включно з підтримкою спеціальних вимог правоохоронних структур, мають достатню частотно-спектральну ефективність. Ще однією вагомою перевагою стандартів TETRA і APCO 25 є наявність статусу відкритих мереж.

Але автори дослідження віддають перевагу європейському стандарту TETRA. Даний стандарт підтримує більшість великих світових виробників обладнання цифрового радіозв'язку та воно впроваджене у багатьох країнах світу.

4. Досвід організації використання систем цифрового радіозв'язку патрульними поліцейськими Управління патрульної поліції в Дніпропетровській області Департаменту патрульної поліції

Патрульна поліція Дніпропетровської області почала переоснащення засобів зв'язку на цифрові. Враховуючи можливості, переваги та недоліки засобів зв'язку, вибір був зроблений на користь цифрового радіозв'язку стандарту DMR. У першу чергу у даного стандарту багато переваг. Стандарт DMR має наступні переваги :

– висока якість мовного сигналу, тобто цифрові радіостанції забезпечують дуже високу якість прийому та передачі мовних сигналів за допомогою цифрової обробки сигналів;

– низький рівень споживання енергії, так, цифрові радіостанції DRM споживають практично на 40% менше енергії, ніж аналогові, це пояснюється тим, що радіостанція DMR-стандарту передають несучу частоту дискретно за допомогою таймслотів;

– можливість передавати будь-яку інформацію (мовну інформацію, текстові повідомлення, дані, географічні координати);

– можливість роботи як в цифровому, так і в аналоговому режимі, це дозволяє здійснити перехід на цифрові види зв'язку поступово, не змінюючи всі абонентські радіостанції і базове устаткування одночасно;

– робота одночасно двох груп абонентів на одному частотному каналі (економія частотних ресурсів);

– багатофункціональна система диспетчерського зв'язку, так, за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення на базову станцію можна впровадити багато можливостей цифрового радіозв'язку, а саме, це і моніторинг з передаванням GPS координат транспорту з мобільною станцією та переміщення портативних радіостанцій, це і вихід в міську телефонну мережу з будь-якої абонентської радіостанції, це і з'єднання декількох ретрансляторів або радіостанцій в будь-якій точці земної кулі через IP-протокол, тобто вихід в мережу Інтернет, також можливий запис переговорів диспетчера і абонентських радіостанцій, і багато іншого;

– протокол DMR відкритий і багато розробників програмної підтримки постійно покращують і розширюють перелік можливостей, що надаються цифровим стандартом радіозв'язку DMR, особливо це стосується алгоритмів шифрування інформації.

Багато виробників розробили радіостанції цифрового стандарту DMR. Найбільш популярними є Hytera, Motorola, Kenwood, Entel та інші. Але діяльність поліцейських пов'язана з надважкими для техніки умовами. Тому вони повинні відповідати умовам водозахищеності, ударостійкості, надійності і простоті використання. Вироби, які відповідають таким умовам, називаються радіостанціями мілітарістандарту. Найбільш наближена до військових стандартів радіостанції Motorola. Відносно недорогими, але дуже надійними є моделі портативних радіостанцій Motorola DP1400 та мобільних Motorola DM1400.

Портативна (переносна) радіостанція Motorola DP1400 має такий вигляд (рис. 1).

Рис. 1. Радіостанція Motorola DP1400.

Наведемо характеристики радіостанції Motorola DP1400 [8]:

– частотний діапазон UHF: 400-470 МГц, VHF: 136-174 МГц◦
– кількість каналів – 16
– частотна відстань між каналами – 25/20 / 12.5 кГц
– робоча напруга – 7.5 В
– термін служби батареї без підзарядки (цикл 5/5/90):

•NiMH 1400 мА * ч – аналоговий режим: близько 9 години / цифровий режим: близько 11,5 годин

•Slim Li-Ion 1600 мА * ч – аналоговий режим: близько 10,5 годин / цифровий режим: близько 13,5 годин

•Li-Ion 2200 мА * ч – аналоговий режим: близько 14,5 годин / цифровий режим: близько 18,5 годин

– стабільність частоти ± 0.5ppm
– опір антени – 50Ω
– вага з батареєю:

NiMH 1400 мА * ч – 406 грам

Slim Li-Ion 1600 мА * ч – 341 грам

Li-Ion 2200 мА * ч – 346 грам

– вихідна потужність передавача VHF High power: 5 Вт, VHF Low power: 1 Вт, UHF High power: 4 Вт, UHF Low power: 1 Вт

– аналогова FM модуляція 11K0F3E @ 12.5KHz

14K0F3E @ 20KHz

16K0F3E @ 25KHz

– 4FSK цифрова модуляція 12.5kHz дані: 7K60F1D and 7K60FXD

12.5kHz голос: 7K60F1E and 7K60FXE

12.5kHz дані і голос: 7K60F1W

– кондуктивно паразитне випромінювання -36 dBm <1 GHz / -30 dBm> 1 GHz

– межі модуляції ± 2.5KHz @ 12.5KHz

± 4.0KHz @ 20KHz

± 5.0KHz @ 25KHz

– FM шум 40dB @ 12.5KHz

45dB @ 20KHz

45dB @ 25KHz

– потужність суміжного каналу 60dB @ 12.5KHz

70dB @ 20 / 25KHz

– чутливість звукового каналу TIA603D

– звукові спотворення ≤3%

– тип цифрового вокодера AMBE + 2 ™

– цифровий протокол ETSI-TS102 361-1,2,3

– чутливість приймача :

аналоговий режим 0.3μV (12dB SINAD)

0.22μV (Typical) (12dB SINAD)

цифровий режим (BER5%) 0.25μV (12dB SINAD)

0.19μV (Typical) (12dB SINAD)

– селективність TIA-603 – 45 dB @ 12.5 kHz / 70 dB @ 20/25 kHz

– блокування радіоперешкод TIA-603 – 70dB

– інтермодуляція TIA-603 – 70dB

– відношення сигнал / шум -40 dB @ 12.5 kHz / -45 dB @ 20/25 kHz

– потужність звукового динаміка – 0.5 Вт

– звукові спотворення ≤5% (3% typical)

– чутливість звукового каналу TIA603D

– кондуктивно паразитне випромінювання <-57dBm

– діапазон робочих температур -30 ... + 60 °C

– температура зберігання -40 ... + 85 °C
– захищеність від пилу і вологи – IP54 стандарт
– вологість MIL-STD-810 C / D / E / F / G стандарт
– стандарт по ударомiцності і вібрації – військовий стандарт MIL-STD-810 C / D / E / F / G

Відсутність екрану на цих моделях радіостанцій є також перевагою їх ударостійкості та водозахищеності. Радіостанції Motorola DP1400 складають основу переносних радіостанцій патрульних поліцейських Управління патрульної поліції в Дніпропетровській області ДПП.

Для автомобілів були придбані цифрові радіостанції Motorola DM1400 (рис. 2):

Рис. 2. Цифрова радіостанція Motorola DM1400

Ця радіостанція має такі технічні характеристики [9]:
– частотний діапазон UHF: 400-470 МГц, VHF: 136-174 МГц
– кількість каналів – 16
– частотна відстань між каналами – 25/20 / 12.5 кГц
– робоча напруга – 10.8-15.6 В
– струм живлення:
  режим очікування – 0.81 A max
  режим прийому – 2 A max
  режим передачі на малій потужності (до 25 Вт) – 11.0 A max
  режим передачі на великої потужності (45 Вт VHF, 40 Вт UHF) – 14.5 A max;
– стабільність частоти ± 0.5ppm
– опір антени – 50Ω
– вага – 1,3 кг
– вихідна потужність передавача VHF High power: 25-45 Вт, VHF

Low power: 1-25 Вт, UHF High power: 25-40 Вт, UHF Low power: 1-25 Вт

– аналогова FM модуляція 11K0F3E @ 12.5KHz

14K0F3E @ 20KHz

16K0F3E @ 25KHz

– 4FSK цифрова модуляція 12.5kHz дані: 7K60F1D and 7K60FXD

12.5kHz голос: 7K60F1E and 7K60FXE

12.5kHz дані і голос: 7K60F1W

– кондуктивно паразитне випромінювання -36 dBm <1 GHz / -30 dBm> 1 GHz

– межі модуляції ± 2.5KHz @ 12.5KHz

± 4.0KHz @ 20KHz

± 5.0KHz @ 25KHz

– FM шум 40dB @ 12.5KHz

45dB @ 20KHz

45dB @ 25KHz

– потужність суміжного каналу 60dB @ 12.5KHz

70dB @ 20 / 25KHz

– звукові спотворення ≤3%

– тип цифрового вокодера AMBE + 2 ™

– цифровий протокол ETSI-TS102 361-1,2,3

– чутливість приймача :

аналоговий режим 0.3μV (12dB SINAD)

0.22μV (Typical) (12dB SINAD)

цифровий режим (BER5%) 0.25μV (12dB SINAD)

0.19μV (Typical) (12dB SINAD)

– селективність TIA-603 – 60 dB @ 12.5 kHz / 70 dB @ 20/25 kHz

– блокування радіоперешкод TIA-603 – 70dB

– інтермодуляція TIA-603 – 65dB

– відношення сигнал / шум -40 dB @ 12.5 kHz / -45 dB @ 20/25 kHz

– потужність звукового динаміка – 4 Вт

– звукові спотворення ≤5% (3% typical)

– кондуктивно паразитне випромінювання <-57dBm

– діапазон робочих температур -30 ... + 60 °C

– температура зберігання -40 ... + 85 °C

– захищеність від пилу і вологи – IP54 стандарт

– вологість MIL-STD-810 C / D / E / F / G стандарт

– стандарт по удароміцності і вібрації – військовий стандарт MIL-STD-810 C / D / E / F / G.

Як базові ретранслятори цифрового радіозв’язку використовуються моделі Motorola SLR5500.

Використання описаних вище засобів цифрового радіозв’язку, які працюють на стандарті DMR, дозволяє забезпечувати надійний зв’язок практично з усіма підрозділами Управління патрульної поліції в Дніпропетровській області.

ПІСЛЯМОВА

У даному дослідженні ми розглянули основні, так звані, вузькосмугові стандарти систем цифрового радіозв’язку. Тобто частотний діапазон, на якому вони працюють, обмежений. Однак для організації радіомереж можна застосовувати стандарт LTE, який використовується у стільникових мережах зв’язку. Однак це тема окремого дослідження.

Спираючись на аналіз, проведений у даній роботі, для переоснащення мереж радіозв’язку Національної поліції доцільніше, на нашу думку, використовувати стандарти DMR та TETRA. Поки що впровадження певних систем цифрового зв’язку замість аналогових вирішується, як правило, на рівні Головних управлінь та Управлінь обласних підрозділів Національної поліції. Хоча вибирати та впроваджувати певний стандарт цифрового зв’язку необхідно на рівні, як мінімум, Міністерства внутрішніх справ.

Враховуючи ухвалену Кабінетом Міністрів України постанову «Про затвердження плану заходів щодо впровадження єдиної багатозонової системи цифрового радіозв’язку» від 23 грудня 2020 р. № 1618-р, державні фахівці у найближчий час зроблять загальнодержавний вибір конкретного стандарту цифрового зв’язку. Надважливо, щоб у держави знайшлися кошти для поступового впровадження систем цифрового радіозв’язку, у першу чергу, для потреб армії та правоохоронних служб.

Список використаних джерел

1. Про затвердження плану заходів щодо впровадження єдиної багатозонової системи цифрового радіозв'язку. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2020 р. № 1618-р.
2. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою / І. В. Бурляй, Б. Б. Орел, О. М. Джулай: Посібник. Чернігів: РВК «Деснянська правда», 2007. 288 с.
3. Аналіз напрямків розвитку систем радіозв'язку НАТО/ В. Думітраш, О. Бондаренко, О. Думітраш, А. Гетьман. Збірник наукових праць ВІТІ № 1, 2020. URL: https://www.ukrmilitary.com/2020/08/signal.html.
4. Обладнання стандарту DMR. URL: https://ntech.com.ua/?page_id=739&lang=uk.
5. Системи професійного мобільного радіозв'язку / Д.І. Мусієнко. Сучасна спеціальна техніка. 2018 №1 (52). URL: http://elar.naiau.kiev.ua/bitstream/123456789/13663/1/%E2%84%961%20 2018_p146-155.pdf.
6. Цифровой стандарт радиосвязи TETRA. URL: https://mkt.com.ua/tekhnologii/sistemy-radiosvyazi/tetra.
7. Транкінговий зв'язок: функціональні можливості. Транкінгові системи зв'язку. А.О. Денисов. URL: http://stunaudio.ru/uk/trankingovaya-svyaz-funkcionalnye-vozmozhnosti-trankingovye-sistemy/
8. Motorola DP1400. Технические характеристики. URL: https://viva-telecom.org/11185/motorola/dp1400/ttx/
9. Технические данные производителя Motorola DM1400 URL: https://viva-telecom.org/11189/motorola/dm1400/ttx/
10. Захист інформаційних ресурсів підрозділів Національної поліції місцевого рівня: методичні рекомендації/ О. С. Гавриш, О. В. Ма-
хницький, С. О. Прокопов, Е.В. Рижков. Дніпропетровськ: Дніпропет ровський державний університет внутрішніх справ, 2018. 34 с.

Для нотаток

Наукове видання

Мирошниченко Володимир Олексійович
Прокопов Сергій Олександрович
Рижков Едуард Володимирович

ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЦИФРОВОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ У ПІДРОЗДІЛАХ НАЦІОНАЛЬНОЇ ПОЛІЦІЇ

Науково-практичні рекомендації

Редактор, оригінал-макет, дизайн –
А. В. Самотуга

Редактор – *А. З. Подворчан*

Підп. до друку 28.09.2021. Формат 60х84/16. Друк цифровий. Папір офісний.
Гарнітура Times. Ум.-друк. арк. 2,00. Наклад 10 прим.

Надруковано у Дніпропетровському державному університеті внутрішніх справ
49005, м. Дніпро, просп. Гагаріна, 26, rvv_vonr@dduvs.in.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6054 від 28.02.2018