

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ПЕРСПЕКТИВ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ВІЙСЬКОВИХ УКХ РАДІОСТАНЦІЙ ІНОЗЕМНОГО ВИРОБНИЦТВА

В роботі проведено аналіз режимів роботи УКХ радіостанцій виробництва компанії „Aselsan” та „Harris”, визначено їх переваги та недоліки, можливі варіанти організації зв'язку.

Кувшинов А.В., Гурський Т.Г., Гриценко К.М., Шишацький А.В. Анализ режимов работы и перспектив боевого применения современных военных УКВ радиостанций иностранного производства. В работе проведен анализ режимов работы УКВ радиостанций производства компаний „Aselsan” и „Harris”, определены их преимущества и недостатки, возможные варианты организации связи.

O. Kuvshinov, T. Hurskyi, K. Hrytsenok, A. Shishatsky. The analysis of operational modes and perspectives of combat usage of modern military UHF radio stations of foreign production. The Analysis of operational modes of radio stations of „Aselsan” and „Harris” companies' production were maiden in the article. Their advantages and disadvantages and, also, possible variants of communication's organization were defined.

Ключові слова: УКХ, радіостанція, режим роботи, MANET.

Постановка завдання

На сьогоднішній день УКХ радіозв'язок в Збройних силах України організовується з використанням обладнання транкінгового зв'язку „Mototrbo” виробництва компанії „Motorola”, яке, в цілому, вирішує завдання забезпечення зв'язку як на стоянці, так і в русі, безпосередньо на полі бою. Проте, його основним недоліком є робота тільки на фіксованих частотах у достатньо вузькому діапазоні частот (136 – 174 МГц) і, як наслідок, низька розвід- та завадозахищеність [1].

Обладнання „Motorola” в перспективі може залишитись на озброєнні для забезпечення зв'язку підрозділам забезпечення, на складах та базах тощо, у якості резервних засобів зв'язку та/або на рівні молодших командирів та рядових. Основним же засобом УКХ радіозв'язку повинні бути професійні радіостанції військового призначення [1, 2].

На сьогоднішній день, УКХ радіостанції виробництва компанії „Harris” (портативні RF-7800V-НН та RF-7850M-НН потужністю 5 Вт, ранцеві RF-7800M-МР потужністю 20 Вт, відповідні радіостанції з підсилювачами потужності (до 50 Вт), а також персональні (солдатські) радіостанції RF-7800S потужністю 2 Вт) представлені на озброєнні в обмеженій кількості та використовуються, переважно, в інтересах окремих частин та підрозділів [1, 2].

Після ретельного аналізу радіостанцій різних виробників, проведення декількох етапів порівняльних випробувань, керівництво ЗСУ прийняло рішення щодо використання обладнання виробництва компанії „Aselsan” (Турецька республіка) у сегменті УКХ радіозв'язку Сухопутних військ: автомобільні радіостанції VRC-9661 потужністю 50 Вт (у конфігурації без підсилювача потужності – 10 Вт), ранцеві PRC-9661 (10 Вт), портативні PRC-9651 (5 Вт), персональні (солдатські) PRC-5712 (0,125 Вт) [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [1] розглянуто основні ТТХ та можливості комплексу радіостанцій „Harris”, у роботі [2] – УКХ радіостанцій „Aselsan”. Особливий інтерес з погляду перспектив бойового застосування представляють режими роботи з підтримкою технологій багатостанційного доступу до каналу з часовим розподілом – TDMA (Time Division Multiple Access), Ethernet та Ad Hoc. Вони перетворюють радіостанцію у маршрутизатор/ретранслятор, а радіомережу – у пакетну мережу передачі даних (ПД) з підтримкою протоколів TCP, UDP, IP тощо.

Метою статті є проведення аналізу режимів роботи УКХ радіостанцій виробництва „Harris” і „Aselsan” та розробка практичних рекомендацій щодо їх бойового застосування (варіантів організації зв'язку).

Основна частина

Основні режими роботи та їх коротка характеристика для радіостанцій „Harris” наведені у табл. 1, для радіостанцій „Aselsan” – у табл. 2

Таблиця 1

Коротка характеристика режимів роботи УКХ радіостанцій „Harris”

Режим роботи	Коротка характеристика			
	Швидкість ППРЧ, стр/с	Тип трафіка	Швидкість ПД, кбіт/с	Ширина каналу, кГц
FF (Fixed Frequency) – фіксована частота (ФЧ)	ФЧ	голос, дані	до 192	75 ¹
			до 64	25 ¹
QL (Quicklook) – ППРЧ:				
1A	100	голос, дані	до 16	25
2	300	голос	-	25
3	100, 300 або 1000	голос	-	25
Wide	100	голос, дані	до 64	75
	300		до 48	
TNW (TDMA Waveform)	300	голос, дані	н/д	25
ANW2C (Adaptive Networking Wideband Waveform); Ad Hoc	ФЧ	голос, дані	до 2800	1200
			до 5000	5000

Таблиця 2

Коротка характеристика режимів роботи УКХ радіостанцій „Aselsan”

Режим роботи	Коротка характеристика			
	Швидкість ППРЧ, стр/с	Тип трафіка	Швидкість ПД, кбіт/с	Ширина каналу, кГц
ACNR (Advanced Combat Net Radio)	ФЧ	голос, дані	до 19	25 ¹
	понад 300			
NBNR (Narrowband Networking Radio)	понад 400	голос, дані	до 25	25
WBNR (Wideband Networking Radio),	ФЧ	голос, дані	до 5000	до 5000
	понад 1500		до 1000	до 1000
DMR (Digital Mobile Radio) ²	ФЧ	голос	-	12,5 або 25
AM/FM Air-to-Ground, VHF/UHF ³	ФЧ	голос	-	до 25

Примітки:

- 1) для цифрових режимів роботи;
- 2) режим DMR (в діапазонах 136 – 174 МГц та 403 – 470 МГц) дозволяє забезпечити зустрічну роботу з радіостанціями „Motorola” (з ключем AES-256);
- 3) режим FM Air-to-Ground (в діапазонах 108 – 174 та 225 – 400 МГц) може використовуватись для зв'язку з повітряними радіостанціями радянського виробництва в аналоговому режимі.

Як радіостанції „Harris”, так і „Aselsan” розроблені з використанням SDR (Software Defined Radio) технології, кількість запрограмованих каналів та інші характеристики залежать від режиму роботи (табл. 3) [1 – 8].

Персональні (солдатські) радіостанції PRC-5712 та RF-7800S призначені для забезпечення зв'язку на невеликі відстані у межах групи (відділення). Крім цього, з використанням апаратури внутрішнього зв'язку та комутації (AB3K) ICS-6680 („Aselsan”)

можна забезпечити зв'язок з радіостанцією PRC-5712 із екіпажем транспортного засобу або дистанційне управління однією з радіостанцій, що підключена до АВЗК. Далі у статті режими роботи солдатських станцій не розглядатимуться.

Режими ACNR, FF, QL. Режим роботи ACNR (фіксована частота або ППРЧ) у радіостанціях виробництва „Aselsan” відповідає режимам „Fixed Frequency” (FF) та „Quicklook” (QL) різних типів у радіостанціях „Harris”. При створенні каналів фіксованої частоти у режимах ACNR та FF є можливість вибору цифрового або аналогового режиму. Для збільшення дальності зв'язку створюються канали з використанням ретранслятора (рис. 1 а), або мережевого шлюзу (рис. 1 б), які конфігуруються з двох автомобільних станцій. На рис. 1 зображені радіостанції „Aselsan”. Для радіостанцій „Harris” принципи організації мереж з ретранслятором, або об'єднання двох мереж через шлюз, подібні.

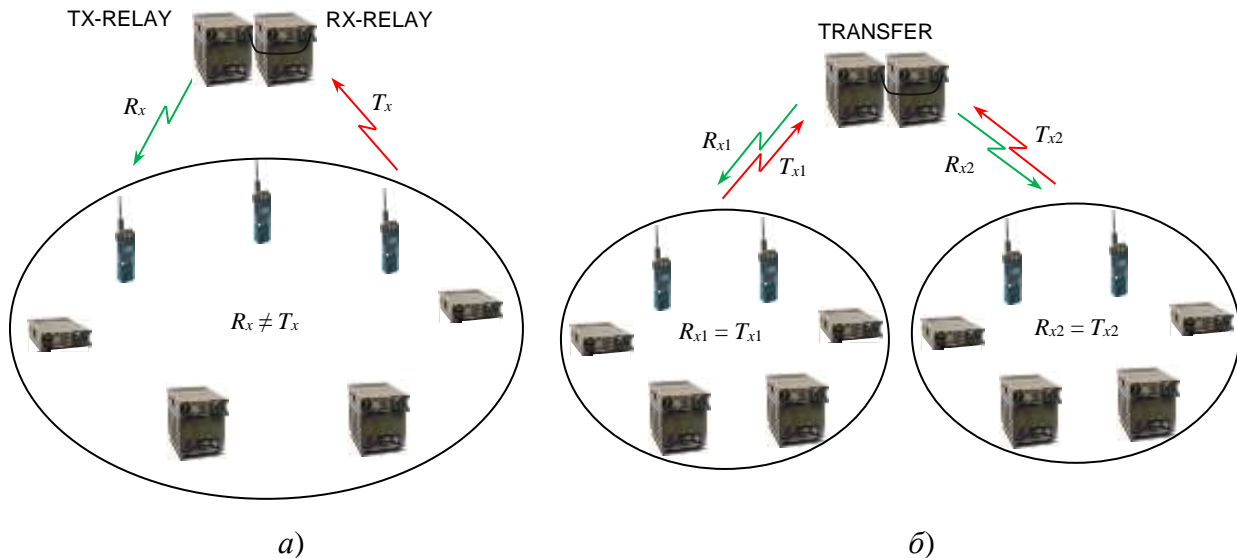


Рис. 1 Збільшення дальності зв'язку в режимі ACNR:

- а) режим ретранслятора (Relay Mode);
б) режим шлюзу (Transfer Mode)

З табл. 3 видно, що за кількістю каналів перевагу мають радіостанції „Aselsan”, за швидкістю передачі даних при роботі на ФЧ та з ППРЧ в каналі 75 кГц переважає „Harris”, у каналі 25 кГц для ППРЧ швидкості ПД для станцій обох виробників приблизно однакові.

Крім цього, у режимі ACNR є можливість сканування до 3 каналів (як ППРЧ так і ФЧ). У режимах QL такої можливості немає, проте для режиму FF до списку сканування може бути включено до 25 каналів (без можливості передачі даних на каналі).

У програмному забезпеченні для налаштування радіостанцій „Aselsan” здійснюється процедура „частотної оптимізації”, що передбачає автоматичне та/або ручне планування частот каналів, хопсетів (смуг частот, у межах яких здійснюється псевдовипадкове переналаштування робочої частоти), заборонених частот та ін. параметрів каналів.

При цьому забезпечується можливість роботи багатьох радіомереж у одній смузі (смугах) частот з мінімальним рівнем створення взаємних завад при одночасній роботі декількох мереж (за рахунок призначення різним мережам різних номіналів частот). У той же час, для зменшення взаємних завад між радіомережами „Harris” призначати хопсети для них необхідно таким чином, щоб вони не мали спільних смуг частот.

Основним недоліком вказаних режимів є неможливість спільного використання пропускної спроможності каналу великою кількістю пар (груп) кореспондентів через відсутність механізмів розподілу каналного ресурсу.

Можливе бойове застосування режимів ACNR та Quicklook (FF), в першу чергу, – організація радіомереж, робота яких на даний час забезпечується з використанням обладнання „Motorola”, у тому числі з використанням ретранслятора.

Таблиця 3

Характеристика основних режимів роботи УКХ радіостанцій „Aselsan” та „Harris”

Характеристики	Режими роботи					
	Вузкосмугові			Широкосмугові		
	ACNR	QL	FF	NBNR	TNW	WBNR ¹
Діапазон робочих частот, МГц	„Aselsan” 30-512	„Harris” 30-512 (30-108) ³		„Aselsan” 30-512	„Harris” 30-512 ³	„Aselsan” 108-512
Кількість каналів	до 300 (356) ⁵	до 25 (100) ⁶		до 42	до 25	22,5-512 (22,5-2000) ⁴
Сканування каналів	до 3	-	-	-	-	-
		-	до 25	-	-	-
Ширина каналу, кГц ⁸	25	25 або 75	-	25	25	1000
			25 або 75	-	-	5000
Ad Hoc, кількість стрибків ¹⁰ для даних/голосу	-	-	-	до 3 (9) ¹¹ /до 3 ¹²	-/до 2 ¹³	до 10/4 ¹⁴
Головна станція	-	-	-	так	так	так
TDMA	-	-	-	так	так	ні
Швидкість ППРЧ, стр/с	понад 300	100, 300 або 1000	-	понад 400	понад 300	понад 1500
Максимальна кількість частот у хопсеті ¹⁶	500	н/д	-	500	н/д	до 404
Кількість станцій у мережі	необмежена ¹⁷	необмежена	необмежена	до 25 ¹⁸	до 64	до 30 + 250 ¹⁹
Швидкість передачі даних, кбіт/с	до 19	-	до 192 (64) ²⁰	до 25	н/д	до 1000
		до 19	до 64 або 16 ²⁰	-	-	до 5000
Використання каналу ²²	НД	НД	НД	ПД або НД	НД	ПД або НД
Кодеки мови	MELP-2400	MELP-2400	MELP-2400	MELP-1200	MELP-2400	MELP-2400
Модуляція	BPSK	FSK, ASK	FSK, ASK	8PSK, 16APSK (адаптивна)	FSK, ASK	OFDM (до 16QAM)

Примітки:

- 1) режим WBNR реалізовано в радіостанціях VRC-9661, PRC-9661 (в PRC-9651 – відсутній);
- 2) режим ANW2C підтримують станції RF-7800M-MP та RF-7850M-HH;
- 3) в діапазоні 30 – 512 працює станція RF-7850M-HH, в діапазоні 30 – 108 – RF-7800V-HH;
- 4) в діапазоні 225 – 2000 МГц працює радіостанція RF-7800M-MP;
- 5) до 300 каналів в основному „плані зв’язку”, до 50 каналів, які можуть бути використані, як канали взаємодії, 6 – глобальні канали взаємодії („Shared Networks”): 2 аналогових, 2 цифрових на ФЧ, 2 цифрових з ППРЧ. При цьому один з двох у кожній позиції – з використанням ретранслятора, інший – прямого зв’язку;
- 6) 100 – для радіостанції RF-7800M-MP;
- 7) в майбутньому планується більша кількість;
- 8) для цифрових режимів роботи;
- 9) 5000 – тільки для радіостанції RF-7800M-MP;
- 10) стрибок – інтервал між двома радіостанціями, які здійснюють переприйом (ретрансляцію) повідомлення;
- 11) з використанням міжмережових шлюзів, що конфігуруються з двох автомобільних станцій, одне повідомлення може ретранслюватись через 3 фізичні мережі. Тому загальна максимально можлива кількість стрибків – 9;
- 12) в одній фізичній мережі може призначатися до 8 голосових повторювачів. При цьому максимальна кількість ретрансляцій для одного голосового повідомлення – 2, а кількість стрибків – 3 (не у режимі Ad Hoc). Голосові повідомлення не можуть ретранслюватись з однієї фізичної мережі у іншу;
- 13) в мережі призначається 1 голосовий повторювач, таким чином забезпечується 2 стрибки для голосу (не у режимі Ad Hoc);
- 14) як у режимі індивідуального виклику, так і групового;
- 15) у режимі індивідуального виклику (у режимі групового – до 4);
- 16) хопсет – смуга частот, в межах якої здійснюється псевдовипадкове переналаштування робочої частоти;
- 17) максимальна кількість станцій, які можуть бути закріплені за мережею у плані зв’язку – 63. Це пов’язано з обмеженням адреси 6 розрядами. Проте, усі канали (мережі), створені у плані зв’язку, доступні усім станціям, занесеним у план. Станції, які є „офіційними” учасниками мережі, можуть отримувати короткі текстові повідомлення у режимі „точка-точка” („Unicast”), інші („неофіційні”) – тільки у ширококомовному режимі („Broadcast”). Інші можливості для усіх станцій однакові;
- 18) 25 – максимальна кількість радіостанцій у одній фізичній мережі, одна з яких обов’язково призначається головною (Master Radio). До однієї фізичної мережі може бути приєднано до 8 інших (за допомогою міжмережових шлюзів). Тому максимальна кількість радіостанцій в об’єднаній мережі передачі даних може досягати 200 і більше. Але не між усіма кореспондентами буде можлива передача даних (максимальна кількість ретрансляцій через міжмережові шлюзи – 2);
- 19) 30 – станції, що мають повні можливості (ретрансляції/маршрутизації). В доступній версії це значення обмежено 10 радіостанціями [10]; 250 – так звані „гостьові станції”, які можуть тільки передавати/приймати голос та отримувати дані в режимі „Multicast”;
- 20) при ширині каналу 75 кГц та 25 кГц відповідно;
- 21) при ширині каналу 5000 кГц;
- 22) ПД – повний дуплекс; НД – напівдуплекс.

Режими NBNR та TNW. Режим роботи NBNR („Aselsan”) доцільно порівняти з режимом TNW („Harris”). Режим NBNR забезпечує загальну пропускну спроможність мережі до 75 кбіт/с при ширині каналу 25 кГц, що можливо за рахунок реалізованого адаптивного вибору виду модуляції (8PSK, 16QAM) та схеми завадостійкого кодування [3]. Кожна пара станцій вибирає автоматично швидкість передачі даних в каналі (до 25 кбіт/сек) в залежності від завантаженості та якості каналу. Є можливість одночасної передачі (прийому) голосу та даних з можливістю призначення пріоритетів (механізм QoS – якість обслуговування).

Мережа у режимі NBNR відноситься до класу MANET. Це є особливою перевагою цього режиму та надає можливість створення живучої радіомережі на полі бою, що є

важливим для мереж тактичної ланки управління. з використанням методу багатостанційного доступу до каналу TDMA та динамічним розподілом каналного ресурсу (управління використанням часових слотів відбувається автоматично). В одній фізичній мережі при передачі даних можливо забезпечити 3 стрибки (інтервали), тобто 2 ретрансляції (переприйоми). Для збільшення дальності голосового зв'язку передбачена можливість призначення у мережі до 8 голосових повторювачів (Voice Repeater). Радіостанції автоматично контролюють якість радіоканалу з кореспондентами. Для типу з'єднання „точка-точка” автоматична ретрансляція (3 стрибки) функціонує постійно. Для зв'язку типу „точка-мультиточка” доступний лише один стрибок. В одній фізичній мережі може бути від 2 до 25 користувачів. Передачу даних між різними фізичними мережами можна забезпечити за допомогою ретрансляції через міжмережеві шлюзи (рис. 2).

У мережі обов'язково призначається головна станція (Master Radio), функції якої включають управління мережею, синхронізацію в мережі, автентифікацію, призначення IP адрес станціям, призначення слотів для проведення сеансів іншим станціям тощо [3].

Для підвищення надійності та живучості реалізована можливість призначення запасної головної станції (Spare Master). У випадку, якщо Spare Master втрачає зв'язок з основним більше ніж на 2 хв, мережа переходить під його управління (автоматично або вручну). Крім цього, можна налаштувати ще декілька каналів, де головними можуть бути інші радіостанції.

Технологія багатостанційного доступу дає можливість проводити одночасно декілька сеансів зв'язку (передачі даних) в одному фізичному каналі. В одній фізичній мережі може бути до 6 логічних мереж (розмовних груп). Наприклад, можна планувати декілька взводних мереж в одній фізичній мережі роти.

На рис. 2 показано варіант архітектури мережі NBNR, яка може використовуватись для системи бойового управління (C2 – Command and Control).

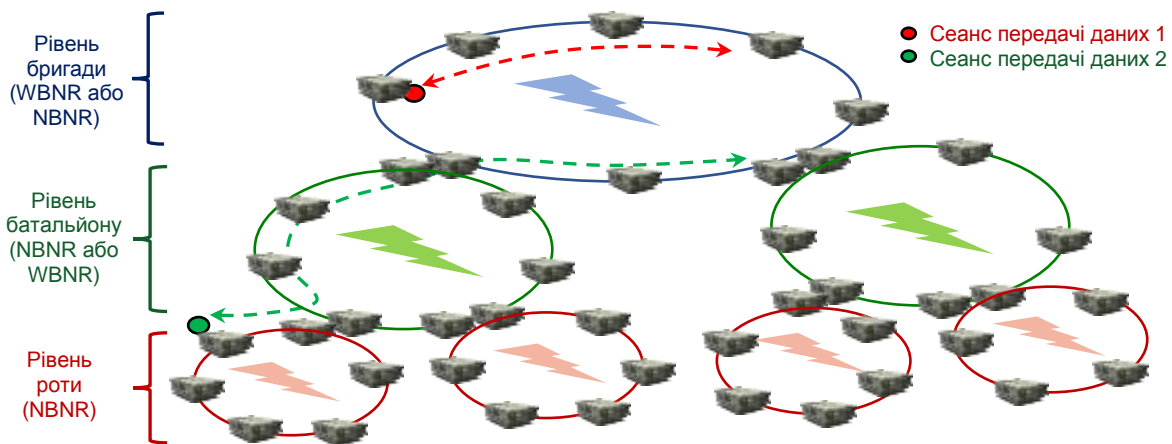


Рис. 2 Приклад архітектури мережі у режимі NBNR (у режимах NBNR та WBNR)

Для режиму NBNR, як і для ACNR, передбачається „частотна оптимізація” при проведенні якої є можливість враховувати інформацію про частоти радіомереж ACNR.

Підтримка протоколу SNMP радіостанціями дозволяє реалізувати процес дистанційного управління мережею; радіостанції мають вбудовані DHCP та DNS сервери.

Мережі NBNR можуть підключатися до зовнішньої IP мережі та об'єднуватися у такий спосіб у загальну глобальну мережу.

В режимі роботи TNW підтримка Ad Hoc не передбачена. 64 тайм-слоти закріплюються жорстко за користувачами. Одна із станцій призначається головною, одна станція зі складу мережі може виконувати функцію голосового повторювача. Якщо кількість станцій у мережі менша, наприклад 32, кожен користувач отримує 2 тайм-слоти і, відповідно, більшу швидкість ПД. Об'єднання декількох мереж TNW (збільшення кількості радіостанцій понад 64) не передбачено [5].

Застосування режиму NBNR є найбільш перспективним для забезпечення роботи автоматизованих систем управління (АСУ) у частинах та підрозділах артилерії та протиповітряної оборони. Проте, його можна застосувати і для механізованих (танкових) підрозділів (рис. 2). При цьому, у транспортних засобах від командира роти і вище повинно бути встановлено дві радіостанції (міжмережевий шлюз). Це також дозволить ефективно використовувати спеціалізовані програми АСУ тактичної ланки управління, зокрема системи управління боєм („Battlefield Management System”), в яких дані про обстановку та команди управління відображаються у реальному часі.

Режим TNW завдяки наявності голосового повторювача доцільно застосовувати для груп спеціального призначення, також він може застосовуватись для роботи спеціалізованих програм АСУ ТЛУ, проте максимальна кількість станцій у такій мережі не перевищуватиме 64.

Режими WBNR та ANW2C. Режим роботи WBNR („Aselsan”) за своїми характеристиками подібний до режиму ANW2C („Harris”). Обидва використовують технології Ad Hoc та TDMA, можлива одночасна передача голосу та даних. Координацію роботи мережі для режиму WBNR здійснює головна станція, у режимі ANW2C головної станції немає. Між мережами NBNR та WBNR забезпечено можливість організувати шлюзи для передачі даних. При цьому, максимальна кількість ретрансляцій через міжмережеві шлюзи, як і для режиму NBNR, дорівнює 2. Тому, наприклад, мережі рівня бригади і вище можна будувати в режимі WBNR, а на нижчому рівні – в режимі NBNR (рис. 2). Поєднання мереж ANW2C та TNW неможливе.

У обох режимах підтримується до 4 стрибків для групового (циркулярного) голосового повідомлення (рис. 3). При здійсненні селективного виклику можливо до 9 (ANW2C) і 10 (WBNR) стрибків.

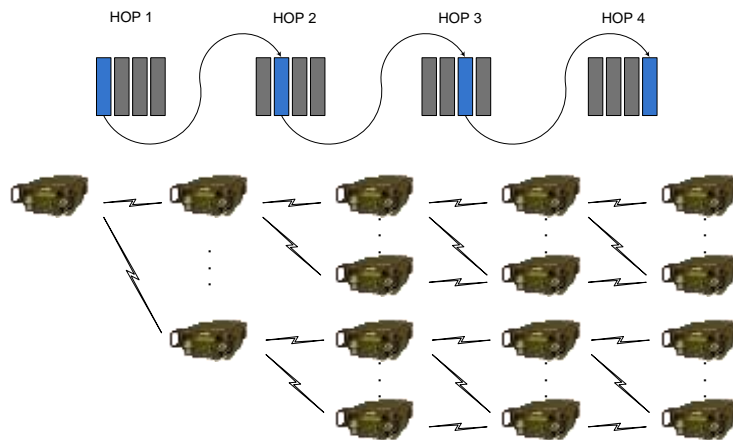


Рис. 3 Ретрансляція циркулярного голосового повідомлення

Беззаперечною перевагою WBNR порівняно з ANW2C є можливість роботи з ППРЧ (понад 1500 стр/с). У той же час, у режимі ANW2C забезпечується більша спектральна ефективність (2,8 Мбіт/с у смузі 1,2 МГц (більше 2 біт/с/Гц) порівняно з 5 Мбіт/с у смузі 5 МГц на фіксованій частоті або 1 Мбіт/с у смузі 1 МГц з ППРЧ (1 біт/с/Гц).

Мережі WBNR та ANW2C, як і NBNR, можуть об'єднуватися через мережеві шлюзи, а також підключатися до зовнішньої IP мережі та об'єднуватися у такий спосіб у загальну глобальну мережу.

Режими WBNR та ANW2C можуть використовуватись для забезпечення роботи АСУ тактичної та оперативно-тактичної ланок управління з одночасним забезпеченням голосового зв'язку та високошвидкісної передачі даних.

Основним недоліком широкосмугових режимів з підтримкою Ad Hoc є зменшення дальності зв'язку між сусідніми радіостанціями [3 – 7]. За рахунок багатократної ретрансляції можна забезпечити і більшу дальність, порівняно з режимами ACNR, FF або

QL, але для цього необхідно забезпечити високий рівень зв'язності мережі. Перспективним напрямком підвищення зв'язності та пропускну здатності радіомереж, а також дальності зв'язку та завадозахищеності є застосування цифрових антенних решіток (ЦАР) замість антен з круговою діаграмою спрямованості [9, 10].

Висновки

Таким чином, SDR УКХ радіостанції „Aselsan” та „Harris” підтримують декілька режимів роботи, які дозволяють гнучко адаптувати їх до завдань, відповідно до місця у системі зв'язку тактичної ланки управління.

Радіостанції „Harris” у режимах FF та QL дещо переважають „Aselsan” у режимі ACNR за показниками швидкості передачі даних та швидкості стрибків у режимі ППРЧ. Наявність у радіостанцій „Aselsan” режиму DMR дозволить забезпечувати взаємодію з радіомережами, побудованими з використанням обладнання „Motorola”.

Найбільш перспективними з погляду забезпечення максимальної швидкості передачі даних з одночасним забезпеченням голосового зв'язку та роботи спеціалізованих програм автоматизованих систем управління є режими з підтримкою технології Ad Hoc. Перевагами режиму ANW2C („Harris”) є відсутність головної станції в мережі та більша швидкість передачі даних. Перевагою режиму WBNR („Aselsan”) є можливість роботи з ППРЧ. Крім цього, радіостанції „Aselsan” підтримують вузькосмуговий режим Ad Hoc з ППРЧ (NBNR) та дозволяють об'єднувати між собою мережі NBNR та WBNR, що дозволить будувати розгалужені мережі класу MANET починаючи з рівня ротних мереж.

Напрямами подальших досліджень є розробка схем організації радіозв'язку для різних режимів роботи з використанням УКХ радіостанцій „Aselsan” та „Harris”, дослідження ефективності впровадження адаптивних цифрових антенних решіток для підвищення ефективності функціонування радіомереж, у першу чергу, класу MANET, розробка методики управління параметрами радіостанцій у таких мережах та мережею в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гурський Т.Г. Аналіз бойового застосування та характеристик сучасних військових засобів радіозв'язку іноземного виробництва / Гурський Т.Г. // Збірник тез доповідей VII науково-технічної конференції ВІТІ ДУТ. – 2014. – С. 16 – 22.
2. Гурський Т.Г. Напрямки розвитку УКХ радіозв'язку сухопутних військ ЗСУ / Гурський Т.Г. // Збірник тез доповідей X науково-практичної ВІТІ. – 2017. – С. 29 – 36.
3. 9661 V/UHF Software Defined Radio Family. Quick Reference Manual // Aselsan, 2017. – P/N: 7610-9661-1209.
4. Офіційний сайт компанії „Aselsan” [Ел. ресурс]. – URL: <http://aselsan.com.tr>.
5. RF-7850M-НН. Multiband Handheld Radio. Operational Manual. – New York: Harris Corporation, RF Communications Division. – 2014. – 236 p.
6. RF-7800M-MP. Багатодіапазонна ранцева радіостанція посібник з експлуатації. Перекладено українською мовою з видання: Publication Number: 10515-0334-4200. – К.: ТОВ „Радіо Сатком Груп”. – 280 с.
7. Офіційний сайт корпорації „Harris” [Ел. ресурс]. – URL: <http://harris.com>.
8. Ретрансляція за допомогою радіостанцій Harris / [Учбово-сервісний центр HARRIS компанії „Радіо Сатком Груп”]. – Коммуникации и сети. Телеком. Военная Связь. – 2017. – Вип. 2. – С. 90 – 95.
9. Підвищення ефективності функціонування систем радіозв'язку за рахунок використання адаптивних антенних решіток / [Борисов І.В., Гурський Т.Г., Ільїнов М.Д., Гриценко К.М.] // Збірник наукових праць ВІТІ. – 2015. – № 1. – С. 13 – 23.
10. Перспективи застосування технології МІМО та цифрових антенних решіток у військових системах радіозв'язку / [Гурський Т.Г., Гриценко К.М., Шишацький А.В., Жук П.В.] // Збірник наукових праць ВІТІ. – 2017. – № 3. – С. 52 – 59.