

НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ТАКТИЧНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

В умовах високої ймовірності локальних (регіональних) збройних конфліктів розвинені країни світу приділяють особливу увагу вдосконаленню систем зв'язку тактичної ланки управління. Досягнення інформаційної переваги представляється як об'єктивна необхідність успішного ходу бою (операції).

Можна підкреслити основні особливості сучасних бойових дій: розгортання на широкому фронті та великій глибині бойових порядків, швидкоплинність, висока маневреність, застосування високоточної зброї, глобальна система розвідки, нові способи ведення бойових дій, глибокі маневрені рейди й ін.

Основними особливостями процесу управління військами, бойовими системами і озброєнням є:

- підвищена мобільність підрозділів і частин;
- висока динаміка переміщень угруповань військ у цілому;
- розосереджене розгортання військ на територіях, розділених силами супротивника;
- інтеграція систем зв'язку, навігації, розвідки й автоматизації й ін.;
- єдиний інформаційний простір для всіх його учасників;
- орієнтація на безпосередніх учасників бойових дій (автоматизація рівнів батальйон – рота – взвод – окремий солдат);
- децентралізація процесів управління ресурсами мережі.

До особливостей тактичних мереж зв'язку можна віднести:

- динамічну топологію (вузли мережі мобільні, піддаються знищенню та відмовам; канали радіозв'язку нестабільні, мають обмежені дальність зв'язку й пропускну здатність через вплив радіоелектронної протидії супротивника, взаємних перешкод, умов поширення радіохвиль тощо);
- обмежену пропускну здатність каналів радіозв'язку в порівнянні з провідними системами; обмежені потужність і час передачі абонентів, оснащених радіотерміналами з акумуляторними батареями;
- значна розмірність мереж (сотні або тисячі елементів);
- неоднорідність елементів мережі: мобільний абонент (танк, солдат, вертоліт), мобільна базова станція, безпілотні літальні апарати (БЛА).

В той же час основними технічними вимогами для наступного покоління систем зв'язку є:

- інтеграція всіх видів трафіка (мова, дані, відео, відеоконференція);
- повна мобільність всіх абонентів і елементів мережі;
- забезпечення заданої якості обслуговування користувачів (QoS) на значних географічних територіях в умовах застосування як звичайної, так і ядерної, біологічної та хімічної зброї;
- гарантована засекреченість усіх видів інформації;
- мінімальна участь людини в питаннях планування й ведення зв'язку.

В США в 1999 році введено термін мережецентрична (network-centric) концепція ведення бойових дій, яка визначила масштабне застосування

комп'ютерів, високошвидкісних каналів та мережевого програмного забезпечення на полі бою.

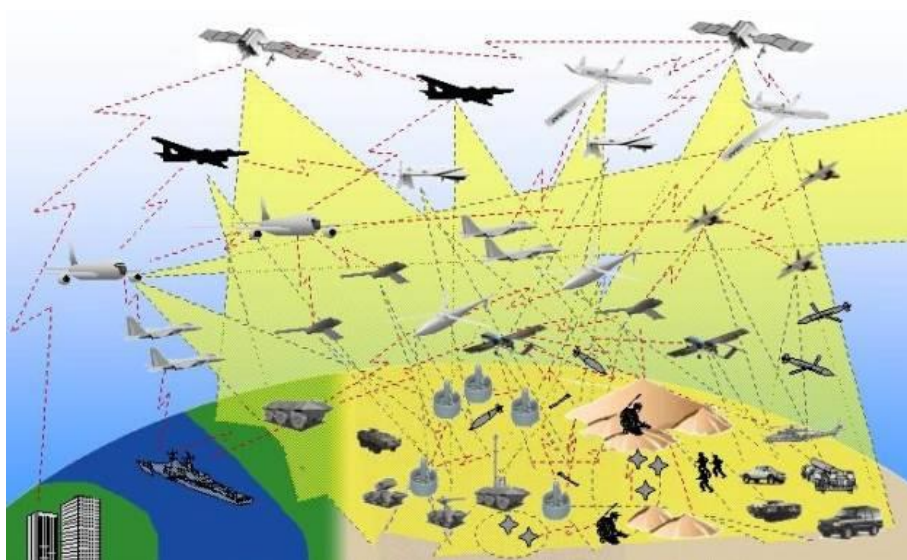


Рис. 1. Мережецентрична (network-centric) концепція ведення бойових дій

Класичний аналоговий радіозв'язок фактично вже не використовується в корпусній, бригадній і батальйонній ланках управління військами. На зміну йому прийшли бездротові інформаційні мережі, що дозволяють одержувати не тільки формалізовані повідомлення про розкриті і знищені цілі, втрати, витрату боєприпасів і пального, але й відеозображення з місця бойових дій, інформацію від розвідувальних безпілотних літальних апаратів, літаків радіоелектронного спостереження й спостереження за наземними цілями.

Перевага цієї концепції обумовлена високою маневреністю частин і з'єднань, здатних у ході маршу оперативно планувати свої наступні дії, постійно одержуючи свіжі дані розвідки, вступати в бій, не піклуючись про тилове постачання, яке прийде в потрібний час і точно за призначенням. Воєнна перемога, здобута коаліцією в Іраку, наочно продемонструвала високу ефективність ведення бойових дій на основі розширення інформаційного простору та скорочення циклу управління, яка забезпечили інформаційну перевагу однієї із протиборчих сторін.

Сьогодні американські офіцери не малюють карт і не передають бойові повідомлення по радіо. У цій війні вони вперше використовують нову розподілену інформаційну систему бойового управління FBCB2 (Force XXI Battle Command Brigade or Below), яка охоплює рівень бригади, батальйону й роти. Інформаційна система збирає й розподіляє дані, що надходять від всіх джерел розвідувальної інформації: супутника, літака, вертольота, танка, БМП і навіть окремого піхотинця.

В США ведуться інтенсивні розробки по створенню багатофункціональної інформаційно-управляючої системи, яка інтегрує функції управління військами, зброєю, розвідкою, радіоелектронною боротьбою, а також зв'язку, навігації, орієнтування й впізнання – C⁴ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance). Архітектура C⁴ISR представлена на рис. 2.

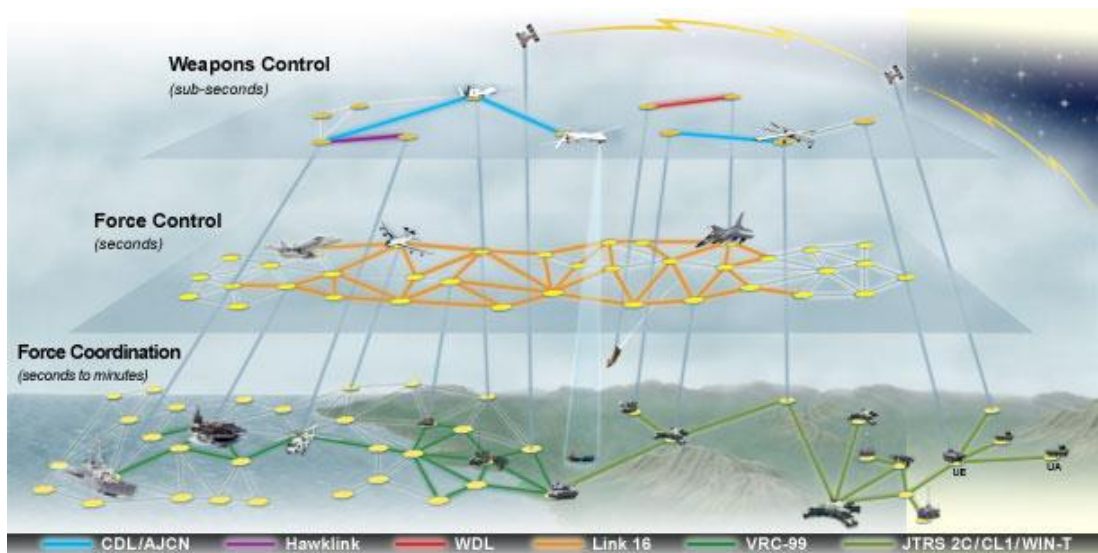


Рис. 2. Архітектура C⁴ISR

У збройних силах США пропонується поетапна реалізація програми створення інформаційної мережі поля бою (WIN-T – Warfighter Information Network Tactical), що передбачає реорганізацію дивізій у «комп'ютеризовані» (рис. 3). Метою реорганізації є зменшення бойового і чисельного складу дивізії з одночасним зростанням її бойової ефективності за рахунок підвищення мобільності, досягнення абсолютної переваги в інформаційному забезпеченні і розвідувальних можливостях.

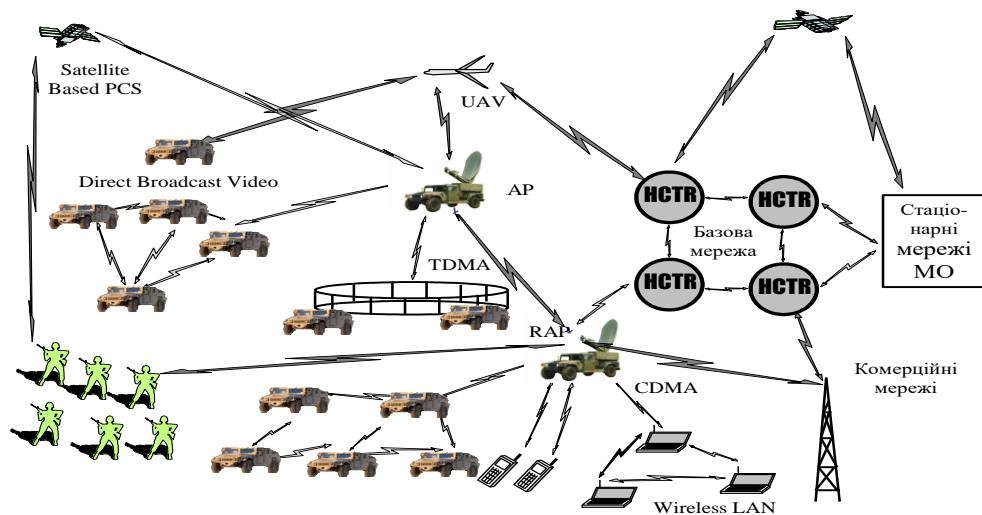


Рис. 3. Архітектура WIN

У табл. 1 показані етапи впровадження комерційних технологій і стандартів у системи військового зв'язку тактичної ланки управління в рамках програми WIN-T.

На першому етапі (до 2000 року) планувалося: замінити (сполучити) існуюче устаткування MSE/TPN (Mobile Subscriber Equipment/Tactical Packet Network) мережі на комерційне (IP маршрутизатори, мости тощо); впровадити комерційні рішення безпроводних ЛОМ (WLAN), які дозволять здійснювати переміщення абонентів у межах 3 миль; забезпечити сервіси персонального зв'язку (PCS – Personal Communication Services); почати використання протоколу IPv.6.

до 2000 р.	2000-2010 р.	2010 р. →
Застосування комерційних IP протоколів Безпроводна електронна пошта Використання IP v.6 протоколу Персональний радіозв'язок (PCS) Безпроводні локальні мережі (WLAN) Тактичний Internet	IP телефонія Реалізація технологій CDMA, ATM Високий рівень засекречування Автоконфігурація мережі Групова передача (multicasting) Удосконалювання протоколу IPv.6 Розвиток WLAN	Цілком комерційна основа. Нові рішення мобільності й мережевого керування, мультимедійні IP протоколи

До цього часу передбачалося об'єднати різноманітні мережі JTIDS, EPLRS, SINGARS, NTDR у єдину – тактичний Інтернет ТІ (Tactical Internet) (рис. 4) за допомогою шлюзів TMG (Tactical Multinet Gateways) і маршрутизаторів INC (Internet Controller).

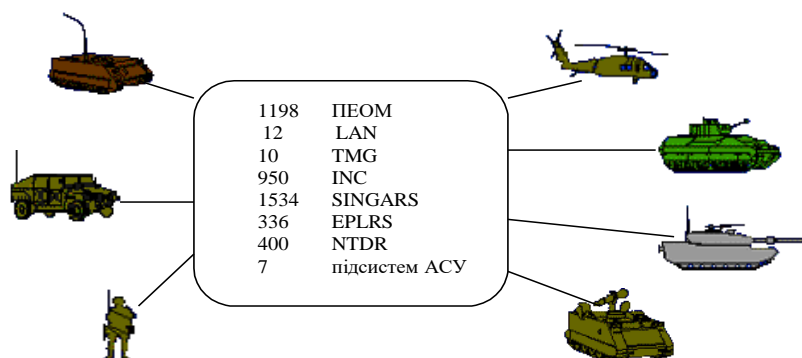


Рис. 4. Тактичний Internet

Замість різноманітних і різнотипних засобів радіозв'язку передбачається створити уніфікований програмувальний засіб радіозв'язку SDR (Software Defined Radio), який реалізується в програмі створення JTRS (Joint Tactical Radio System) – рис. 5.

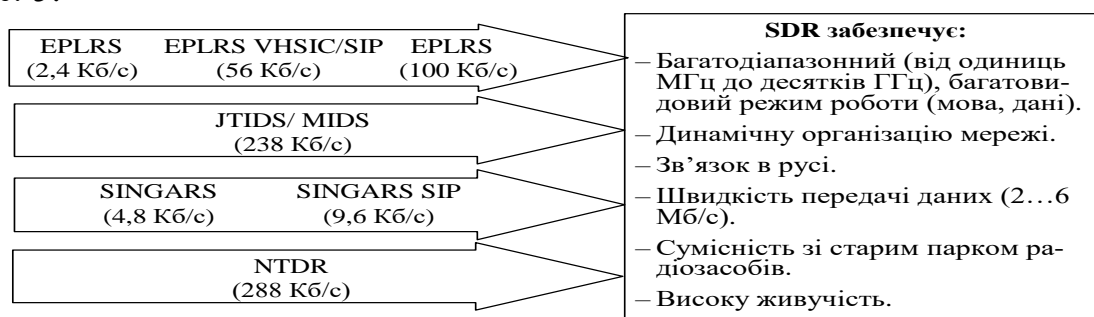


Рис. 5. Конвергенція засобів радіозв'язку

Однак ТІ повною мірою не може забезпечити обслуговування значного числа користувачів та обсягів переданої інформації і виконати вимоги мобільності користувачів, оснащених комп'ютерами (зараз у дивізії близько 1200 комп'ютерів, у цілком «комп'ютеризованій» дивізії – більше 5000 комп'ютерів).

Під час другого етапу 2000-2010 р. реалізації програми WIN-T планується реорганізація дивізій у «комп'ютеризовані» дивізії, що, як передбачається, стануть основою Сухопутних військ ХХІ століття. Характерною рисою «комп'ютеризованої» дивізії є оснащення її перспективними зразками озброєння, військової техніки, АСУ військами, розвідки, ППО і тилу, інтегрованими в одну

систему. За рахунок цього буде зроблена реструктуризація її бойових систем у бік зменшення бойового і чисельного складу, але зі зростанням їхньої бойової ефективності за рахунок підвищення мобільності, досягнення абсолютної переваги в інформаційному забезпеченні і розвідувальних можливостях.

У цей період часу передбачається:

- модифікувати протокол IPv.6 для армійських умов (вирішити задачі адресації, маршрутизації, групової передачі мови і даних та відеозображень);
- збільшити зони обслуговування абонентам у безпроводних ЛОМ;
- уніфікувати засоби радіозв'язку;
- впровадити технологію АТМ (Asynchronous Transfer Mode – асинхронний вид передачі) у високошвидкісні транкінгові вузли НСТТ (High Capacity Trunk Radio) і мобільні базові станції, реалізовані у виді РАР (Radio Access Point).

На третьому етапі (після 2010 р.) військові системи зв'язку цілком будуть побудовані на основі технологій комерційних мереж. Кожен військовослужбовець буде мати мобільний доступ для передачі в будь-який час, у будь-якому місці мови, даних, графіки, відео за допомогою мультимедійного переносного комп'ютера, сполученого з радіотерміналом.

В даний час швидкий ріст технологій в галузі телекомунікацій привів, з одного боку, до випереджувального розвитку комерційних мереж, з іншого боку – необхідність скорочення бюджетних асигнувань на оборону вимагає впровадження цивільних технологій у військову область. Сьогодні досягнення технологій безпроводного зв'язку дозволяють вирішити задачу – «зв'язок у будь-якому місці, у будь-який час», тобто забезпечити користувачу персональну мобільність і безпроводний доступ. Однак аналіз існуючих комерційних стандартів (IS-54, IS-41, IS-95A) і протоколів (IPv.4, GSM і ін.) показує, що їхнє безпосереднє застосування в системах військового зв'язку неможливе. Комерційні протоколи оптимізовані до стаціонарної інфраструктури (базові станції стаціонарні) і не можуть виконувати функції адресації, маршрутизації, передачі обслуговування з однієї зони в іншу в мережах з динамічною топологією. Вони реалізують централизовані алгоритми управління і, крім цього, вносять значне службове навантаження на мережу. Тому найближчі напрямки досліджень – модифікація комерційних стандартів з урахуванням унікальних характеристик військової інфраструктури.

У перспективних військових мережах необхідно максимально використати існуючі технології, протоколи й стандарти, однак існує ряд фундаментальних відмінностей тактичних мереж від Інтернет та стільникових мереж, що обмежують їхнє застосування. Головна відмінність мереж тактичного рівня – ненадійність, тимчасовість каналів, низька їх живучість; технології, протоколи, якість обслуговування (QoS) Інтернет розраховані на передбачувану інфраструктуру на фізичному рівні.

Проведений аналіз можливих варіантів побудови архітектури мереж тактичної ланки продемонстрував переваги застосування мобільних радіомереж (MANET – Mobile Ad-hoc Networks) – табл. 2.

Таблиця 2

Характеристика	Стільникові мережі	Мобільні радіомережі
----------------	--------------------	----------------------

Архітектура	Фіксована стільникова: фіксовані зони обслуговування, стаціонарні базові станції, використання стаціонарної мережі загального користування	Відсутність фіксованої інфраструктури, кожен вузол являє собою ретранслятор (маршрутизатор) повідомлень
Тип топології	Статична	Випадкова, високодинамічна
Зовнішнє середовище	Дружнє	Антагоністичне
Час розгортання	Значний, необхідний етап проектування (планування) мережі до моменту її використання	Швидке розгортання, самоорганізація мережі, адаптація топології до умов функціонування
Тип управління	Централізований	Децентралізований (розподілений), зоновий, гібридний
Мобільність	Мобільні тільки абоненти в межах зон покриття	Мобільні всі елементи мережі
Живучість	Низька	Дуже висока

Мобільні радіомережі – динамічна архітектура побудови мереж, яка самоорганізується та не містить базових станцій і фіксованих маршрутів передачі інформації. Під вузлом мережі розуміється термінал (переносний комп'ютер, персональний секретар, сенсорний пристрій, робот й ін., оснащені радіомодемом), який виконує функції хоста та маршрутизатора (рис. 6). У даних мережах топологія випадкова, всі її елементи можуть бути мобільними, принцип організації передачі інформації – комутація повідомлень (пакетів), тип управління децентралізований.

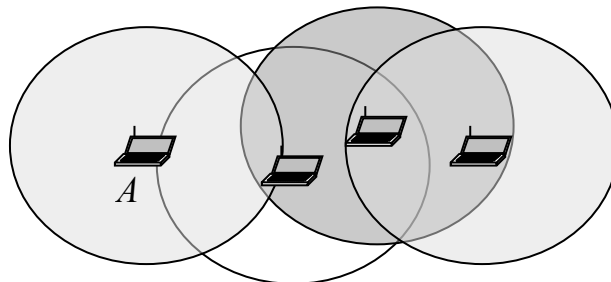
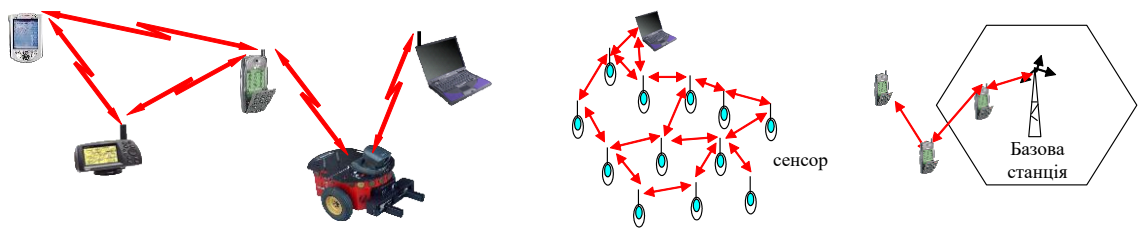


Рис. 6. Приклад мобільної радіомережі

Вже зараз можна навести приклади використання мобільних радіомереж цивільного призначення: домашні (рис. 7а) та сенсорні мережі (рис. 7б). Розвиток бездротових технологій передбачає введення мережі MANET, як складової мереж зв'язку четвертого покоління 4G – так звані стільниково-мобільні (гібридні) мережі – рис. 7в.



а) домашні мережі

б) сенсорні мережі

в) гібридні мережі

Рис. 7. Приклади MANET цивільного призначення

Основні характеристики існуючих протоколів каналного рівня бездротових мереж наведені в табл. 3. Переваги має протокол IEEE 802.11, який після певної модифікації може бути застосований в тактичних радіомережах.

Таблиця 3

Характеристика	Протокол каналного рівня			
	IEEE 802.11	HomeRF	HiperLAN 2	Bluetooth
Частота (ГГц)	2.4 / 5.1	2.4	5.1	2.4
Відстань (м)	100...1000	50	100...250	10...100
Швидкість передачі в каналі Мб/с	1 / 2 / 11 / 54	11	54	0.7...1
Метод доступу до каналу	DFWMAC (CSMA/CA)	TDMA / TDD	Polling / TDD	
Тип управління, організація мережі	Децентралізоване, всі вузли одного рівня	Зонове (кластеризація мережі), централізоване управління ресурсами (Master/Slave) в кожній зоні (пікомережі)		
Мобільність вузлів	Легко реалізується на мережевому рівні	Ускладнена, викликає необхідність перебудови зон мережі		
Пропускна спроможність мережі	Обмежена взаємними завадами	Визначається конфігурацією мережі, час реконфігурації мережі – значний		
Можливість хвильової передачі	Так	Ускладнена		

Сучасні принципи організації зв'язку і технічне оснащення підрозділів зв'язку вже не дозволяють цілком задовольнити потреби управління військами в динаміці сучасного бою. Тому в даний час розробляється концепція побудови мобільної компоненти мережі зв'язку військового призначення, що передбачає створення нового покоління оперативно-тактичних мереж (рис. 8).

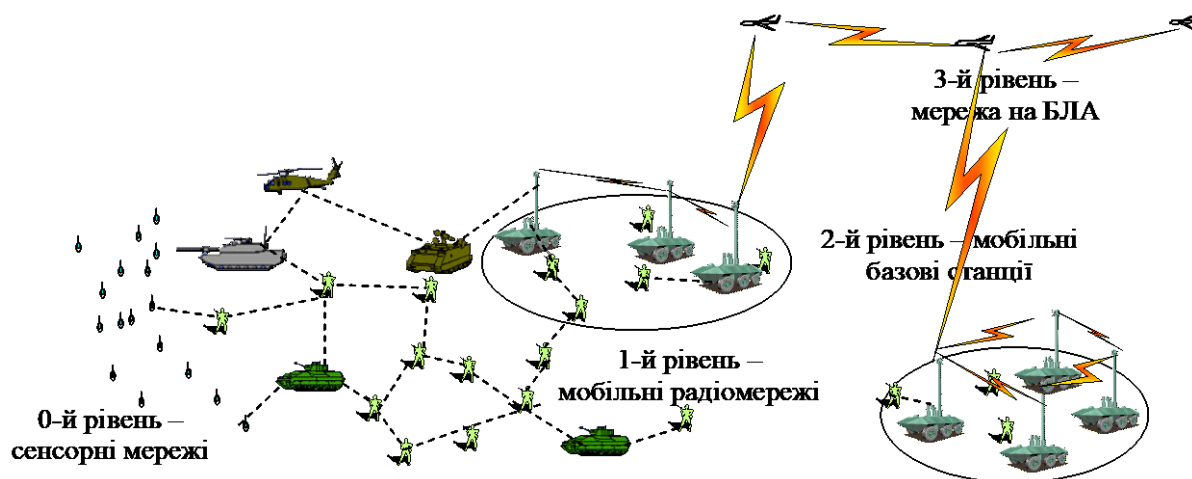


Рис. 8. Архітектура мобільної компоненти

Передбачається, що її архітектура буде ієрархічною, неоднорідною, яка складається з трьох основних рівнів. Кожний рівень буде являти собою мобільну радіомережу. Мобільна компонента покликана забезпечити інформаційний обмін в інтересах усіх військ, що діють в оперативно-тактичній зоні незалежно від їхнього підпорядкування і виконуваних задач. Основні характеристики складових мобільної компоненти наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Характеристика	Мобільні радіомережі	Мережа МБС	Сенсорні Мережі	Мережі на літальних

опорної мережі – підвищення пропускної здатності мобільної компоненти та надання заданої якості обслуговування абонентів (QoS). Для цього необхідно вирішувати задачі динамічного формування (переформування) опорної мережі та розподілу радіоресурсів між її вузлами.

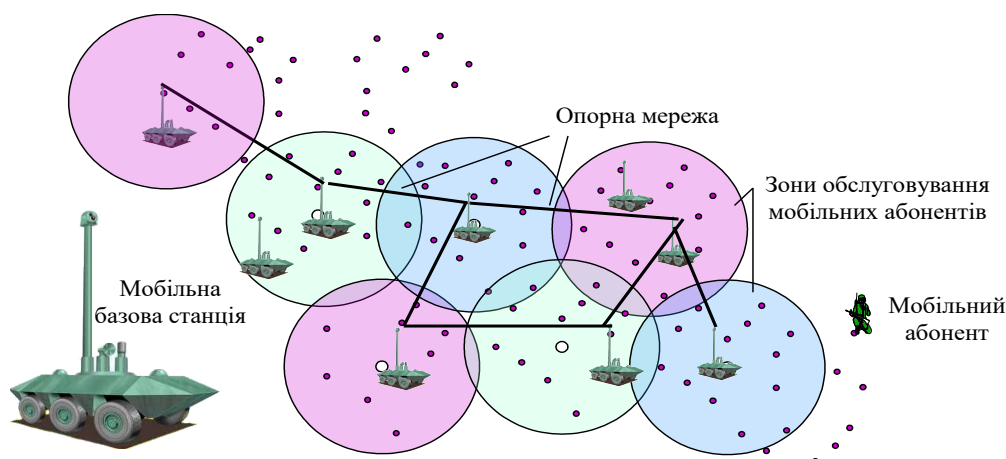


Рис. 10. Мережа мобільних базових станцій

Додатковою складовою мобільної компоненти можуть служити сенсорні мережі (0-рівень), що забезпечують прийом і передачу розвідувальної інформації про супротивника та видачу її органам управління військами та зброєю. На рис. 11 наведений приклад функціонування: виявлення сенсорами руху танку, передача координатної інформації по сенсорній та іншій мережі засобом враження та знищення танка ракетною з бойового вертоліта. Сенсорні пристрої являють собою інтегровану платформу, яка поєднує можливості сенсорів (зовнішніх датчиків, що реєструють сукупність параметрів) з мікрокомп'ютерами, що з'єднані у бездротову мережу.

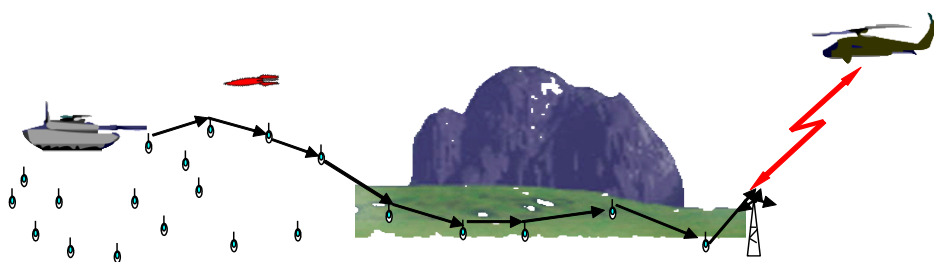


Рис. 11. Сенсорні мережі

Якісна порівняльна характеристика сенсорних і мобільних радіомереж наведена в табл. 5.

Таблиця 5

Характеристика	Сенсорні мережі	Мобільні радіомережі
Розмірність	Висока	Середня
Топологія	Часто змінюється	Динамічна
Основний тип передачі (протоколи)	Хвильова передача	2-х пунктова передача TCP (UDP) / IP
Глобальна ідентифікація	Не мають	Мають
Потужність передатчика	Дуже мала	Середня

Для зв'язку між географічно розділеними угрупованнями військ (зонами мережі) або підвищення надійності зв'язку між МБС та продуктивності мобільної компоненти створюється верхній рівень – мережа ретрансляторів на безпілотних літальних апаратах (літак, дирижабль) – рис. 12.

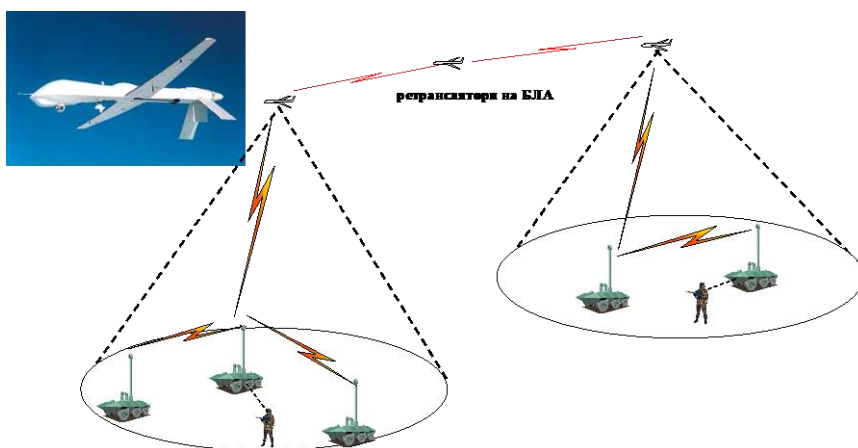


Рис. 12. Мережа на БЛА

Визначено вимоги до перспективних радіозасобів:

- висока пропускна здатність радіоканалу (> 200 Кб/с);
- багатодіапазонність і багатofункціональність (FDMA/TDMA/CDMA) роботи;
- здатність програмування всіх видів і режимів роботи;
- самоорганізація мережі (режим Plug-and-Play);
- інтелектуальність, децентралізованість й оптимізація функцій управління мережевими ресурсами (маршрутизація, навантаження, топологія, радіоресурс, безпека й т.д.);
- робота в різних мережах (стільникових, мобільних) і з різними видами трафіка (мова, дані, відео);
- наявність системи позиціонування, спрямованих антен;
- робота в русі;
- модульність виконання й відкрита архітектура;
- низьке енергоспоживання.

Аналіз останніх публікацій дозволив визначити основні напрямки підвищення продуктивності бездротових мереж (табл. 6). Виграш в цієї таблиці вказаний в умовних одиницях.

Таблиця 6

Проблема	Технології (способи рішення)	Виграш
На каналному рівні		
Збільшення пропускної здатності радіоканалів	Зсув діапазону частот (сотні МГц, од. ГГц),	10
	використання оптичного діапазону	2...20
	Оптимізація використання радіоспектру	2...30
	Спрямовані антени	
На мережевому рівні		
Маршрутизація	Нові гібридні протоколи маршрутизації	2...10

Вертикальні елементи архітектури	Безпілотні літальні апарати, супутники	2...4
Управління ресурсами мережі	Інтелектуалізація процесу управління мережами	3...5

Основні проблеми створення сучасних тактичних мереж зв'язку.

1. Створення ефективної системи управління мережею та її підсистем:
 - управління маршрутизацією повідомлень;
 - управління топологією;
 - управління навантаженням;
 - управління радіоресурсом;
 - управління безпекою;
 - управління мережами великої розмірності та ін.
2. Розробка прикладного математичного забезпечення управління мережами.

Висновки

1. Система зв'язку тактичної ланки розвивається еволюційно в напрямку застосування відкритої архітектури, впровадження новітніх телекомунікаційних технологій, які застосовуються у комерційних системах зв'язку.
2. Завдяки новим інформаційним і мережевим технологіям виникла принципово нова стратегія й тактика ведення бойових дій, а також форми та способи управління військами. Збільшення бойової ефективності військ можливе за рахунок підвищення мобільності, досягнення переваги в інформаційному забезпеченні і розвідувальних можливостях.
3. Основу транспортної системи мобільної компоненти перспективних тактичних мереж зв'язку будуть складати мобільні радіомережі різних рівнів. Це дозволить значно покращити характеристики інформаційного обміну: підвищити пропускну здатність мережі, надійність (безпеку) доставки інформації, зменшити час її доставки, отримувати маршрути з заданою якістю тощо. Однак вимагає вирішення ряд проблем наукового та технологічного плану.
4. Інститут володіє науковими теоретичними дослідженнями по створенню мобільної компоненти мереж зв'язку військового призначення.