

МОБІЛЬНІ РАДІОМЕРЕЖІ (MANET) - ОСНОВА ПОБУДОВИ 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 [1]. 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 – окремих солдат);
- децентралізація процесів управління ресурсами мережі.

Відомо, що сучасні принципи організації зв'язку і технічне оснащення підрозділів зв'язку ЗСУ не дозволяють цілком задовольнити потреби управління військами в умовах сучасного бою. Основними недоліками існуючої системи зв'язку тактичної ланки управління є : низька мобільність вузлів зв'язку пунктів управління; невиконання вимог продуктивності, надійності, розвідзахищеності, забезпечення радіозв'язку між мобільними абонентами; невиконання ймовірнісно-часових характеристик інформаційного обміну; низька автоматизація процесів встановлення, ведення та підтримки радіозв'язку; моральна та фізична застарілість засобів радіозв'язку тощо. Тобто розробка нових підходів по створенню системи зв'язку тактичного рівня, яка відповідала вимогам сьогодення, є актуальною науковою проблемою.

Тому пропонується нова архітектура мобільної компоненти мереж зв'язку ЗСУ, яка враховує: досвід розвитку тактичних систем зв'язку США; сучасні вимоги процесу управління військами та відповідні вимоги до систем зв'язку тактичного рівня; сучасний рівень розвитку безпроводних телекомунікаційних технологій цивільного призначення.

Так, в останній час, в США ведуться інтенсивні розробки по створенню єдиної багатофункціональної інформаційно-управляючої системи [2], 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. 1.

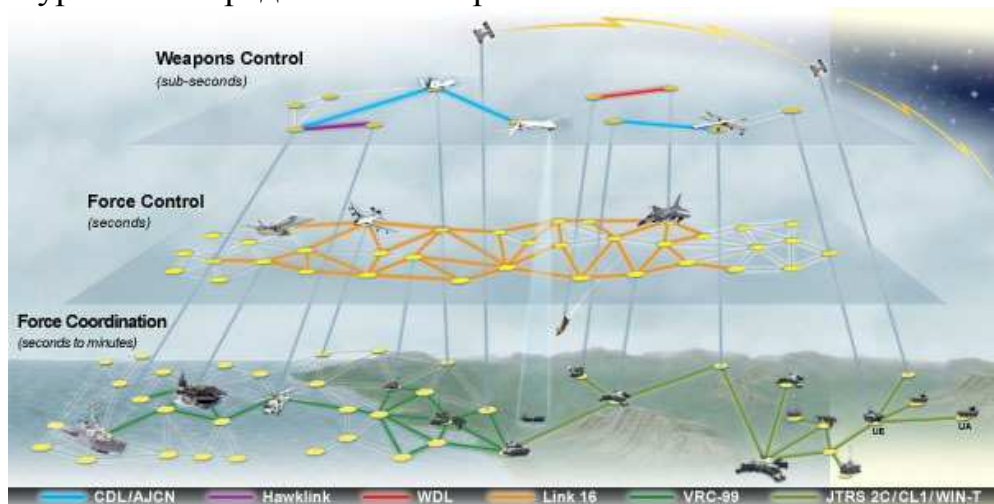


Рис. 1. Архітектура C⁴ISR

З 1999 року введено термін мережецентрична (network-centric) концепція ведення бойових дій, яка визначила масштабне застосування комп'ютерів, високошвидкісних каналів та мереж полі бою (рис. 2).



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.

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.

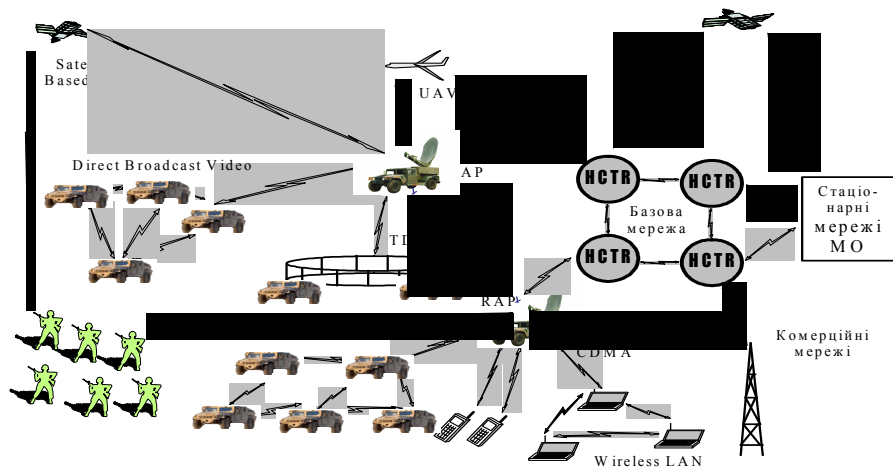


Рис. 3. Архітектура WIN

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-х миль; забезпечити сервіси персонального зв'язку (PCS – Personal Communication Services); почати використання протоколу IPv.6.

Таблиця 1

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 різномірні 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).

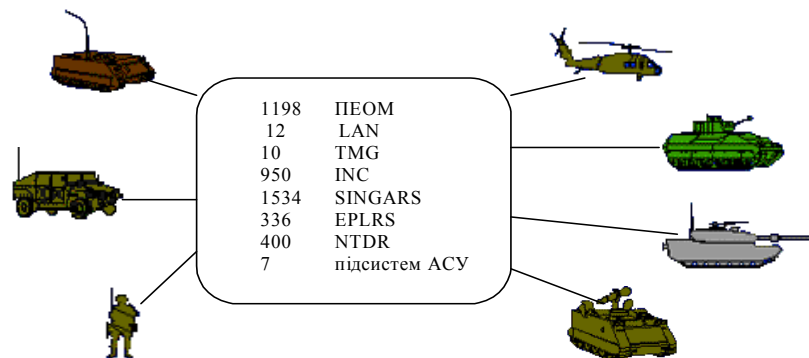


Рис. 4. Тактичний Internet

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

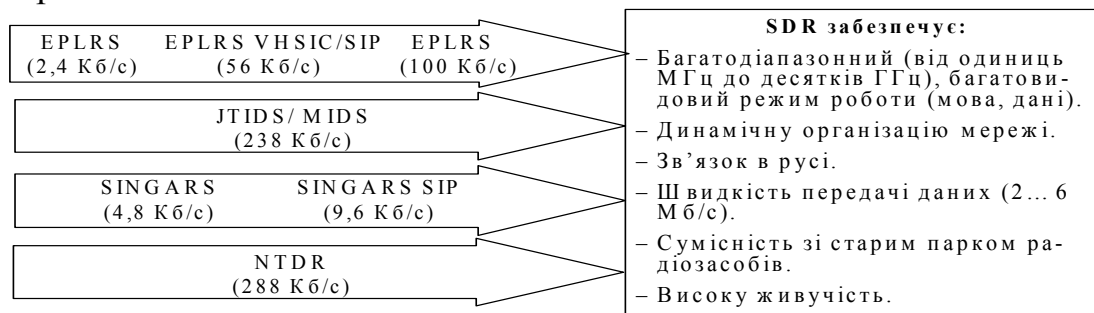


Рис. 5. Конвергенція засобів радіозв'язку

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. Однак аналіз існуючих стандартів (IS-54, IS-41, IS-95A) і протоколів (IPv.4, GSM MPT 1327, TETRA тощо) стільникового та транкінгового зв'язку, безпроводних локальних показує, що їхнє *безпосереднє застосування в тактичних системах військового зв'язку*

неможливе. Головна же відмінність мереж тактичного рівня – ненадійність, тимчасовість каналів, низька їх живучість; в той же час технології, протоколи, якість обслуговування (QoS) Інтернет розраховані на передбачувану інфраструктуру на фізичному рівні. 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 централізовані алгоритми управління і, крім цього, вносять значне службове навантаження на мережу.

Тому в перспективних тактичних мережах необхідно використовувати комерційні стандарти та проводити наукові розробки з урахуванням унікальних характеристик військової інфраструктури.

До особливостей сучасних 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);

- обмежені потужність і час передачі абонентів, оснащених радіотерміналами з акумуляторними батареями;

- значна розмірність мереж (сотні або тисячі елементів);

- неоднорідність елементів мережі: за мобільністю (танк, солдат, вертоліт, літак), за рівнем продуктивності (мобільна базова станція, мобільний абонент).

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.

Проведений аналіз можливих варіантів побудови архітектури мереж тактичної ланки продемонстрував переваги застосування мобільних радіомереж (Mobile ad-hoc networks, MANET) в порівнянні зі стільниковими чи транкінговими мережами – стільникових (транкінгових) та MANET (рис. 6, табл. 2).

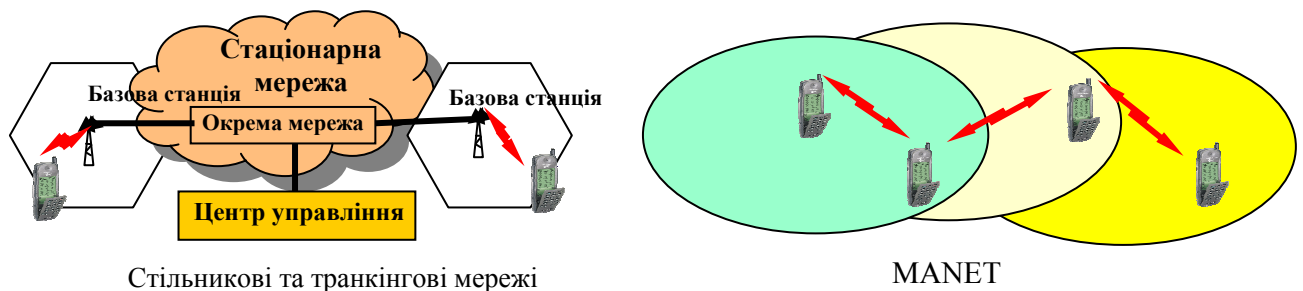


Рис. 6. Відмінності побудови стільникових (транкінгових) та мобільних радіомереж

Характеристика	Стільникові мережі	Транкінгові мережі	Мобільні радіомережі
Архітектура	Фіксована стільникова: фіксовані зони обслуговування, стаціонарні базові станції		Відсутність фіксованої інфраструктури, кожен вузол являє собою ретранслятор (маршрутизатор) повідомлень
	Використання стаціонарної мережі загального користування	Використання фіксованої мережі для з'єднання базових станцій	
Тип топології	Статична (базові станції статичні)		Випадкова, високо динамічна, адаптація топології до умов функціонування
Час розгортання	Дуже великий	Значний	Швидке розгортання, самоорганізація мережі, легке нарощування
	Необхідний етап проектування (планування) мережі	Необхідний етап планування мережі	
Тип управління	Централізований, наявність окремої (виділеної) мережі управління		Децентралізований, не має виділеної мережі управління
Мобільність	Мобільні тільки абоненти в межах зон покриття стаціонарними базовими станціями		Мобільні всі елементи мережі
Живучість	Дуже низька		Дуже висока
Розвідзахищеність	Низька		Висока
Швидкість перед.	Мала – GPRS (од.-дес. Кб/с)		Висока до Гб/с
Сфера застосування	Тилові підрозділи, антитерористичні операції		Поле бою, надзвичайні ситуації

MANET – динамічна архітектура побудови мереж, яка самоорганізується та не містить базових станцій і фіксованих маршрутів передачі інформації [3]. Під вузлом мережі розуміється термінал (переносний комп'ютер, персональний секретар, сенсорний пристрій, робот й ін., оснащені радіомодемом), який виконує функції хоста та маршрутизатора. У даних мережах топологія випадкова, всі її елементи можуть бути мобільними, принцип організації передачі інформації – комутація повідомлень (пакетів), тип управління децентралізований.

Вже зараз можна навести приклади використання безпроводних локальних та міських мереж цивільного призначення, які ґрунтуються на використанні протоколів IEEE 802.11, Bluetooth тощо [3]. Подальший розвиток безпроводних технологій передбачає введення мережі MANET, як складової мереж зв'язку четвертого покоління 4G – стільниково/мобільні (гібридні) мережі (рис. 7).

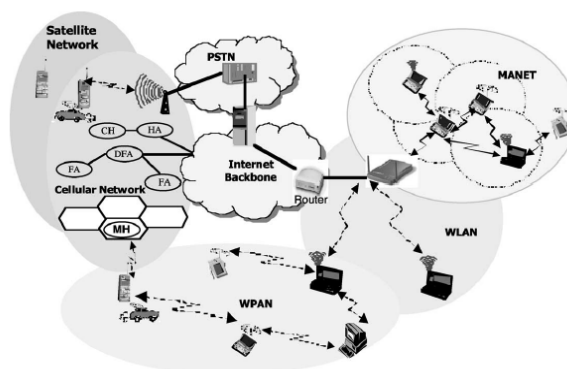


Fig. 1. 4G networks.

Рис. 7. MANET – технологія четвертого покоління

Основні концептуальні заходи створення 4-го покоління мереж зв'язку (4G) (рис. 8): підвищена пропускна здатність; збільшена кількість користувачів в комірці; мала вартість передачі; сумісність з існуючими системами; малий час реакції; основа протокол IP v.6; єдиний інтерфейс для всіх видів зв'язку; підвищена мобільність; підтримка мультимедійних додатків; безшовна зв'язність; Підвищена секретність; підвищений та гарантований (QoS) сервіс; глобальний роумінг; стандартизація відкритих інтерфейсів; самоорганізація мережі [2].

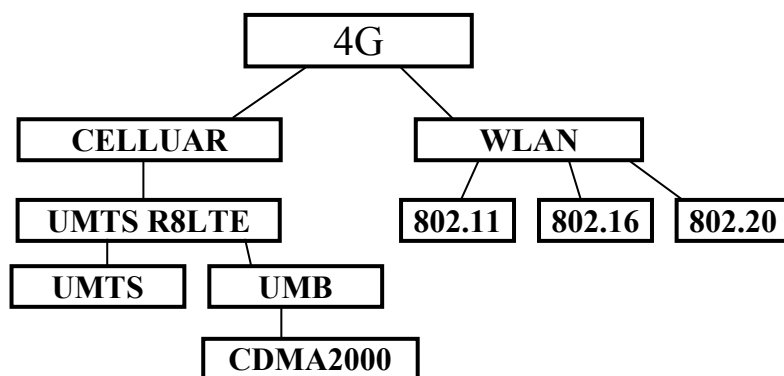


Рис. 8. Еволюція 4G

Основні характеристики існуючих протоколів канального рівня бездротових мереж наведені в табл. 3. Переваги мають протоколи IEEE 802.11, IEEE 802.16, які після певної модифікації можуть бути застосовані в тактичних радіомережах. Тобто вже існують певні комерційні технології (стандарт) канального та фізичного рівнів моделі OSI, які можуть являти собою основу для створення мобільної компоненти тактичних мереж зв'язку ЗСУ.

Таблиця 3

Основні характеристики	Протокол канального рівня			
	IEEE 802.11	IEEE 802.16	HiperLAN 2	Bluetooth
Частота (ГГц)	2.4 / 5.1	2 – 66	5.1	2.4
Відстань (м)	До 500 / до 100	100 – 20000	До 250	10...100
Швидкість передачі в каналі Мб/с	1 / 2 / 11 / 54	120	54	0.7...1
Метод доступу до каналу	DFWMAC (CSMA/CA)	OFDMA/TDMA / TDD	Polling / TDD	
Тип управління, організація мережі	Децентралізоване, всі вузли одного рівня	Зонове (кластерізація мережі), централізоване управління ресурсами 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		

Мобільна компонента покликана забезпечити інформаційний обмін в інтересах усіх військ, що діють в тактичній зоні незалежно від їхнього підпорядкування і задач, які вони виконують. Передбачається, її архітектура буде неоднорідною, ієрархічною, яка складається з трьох основних рівнів (рис. 9): 1-й – мобільні радіомережі низової ланки управління; 2-й – мережі мобільних базових станцій (МБС), що утворять опорну мережу; 3-й – повітряна мережа, яка може бути реалізована на безпілотних літальних апаратах [1]. Додатковий нульовий рівень можуть утворювати сенсорні мережі (мережі телеметрії). Створення ко-

жного рівня передбачає поліпшення показників якості функціонування всієї системи зв'язку. Кожен рівень мобільної компоненти використовує свій піддіапазон частот.

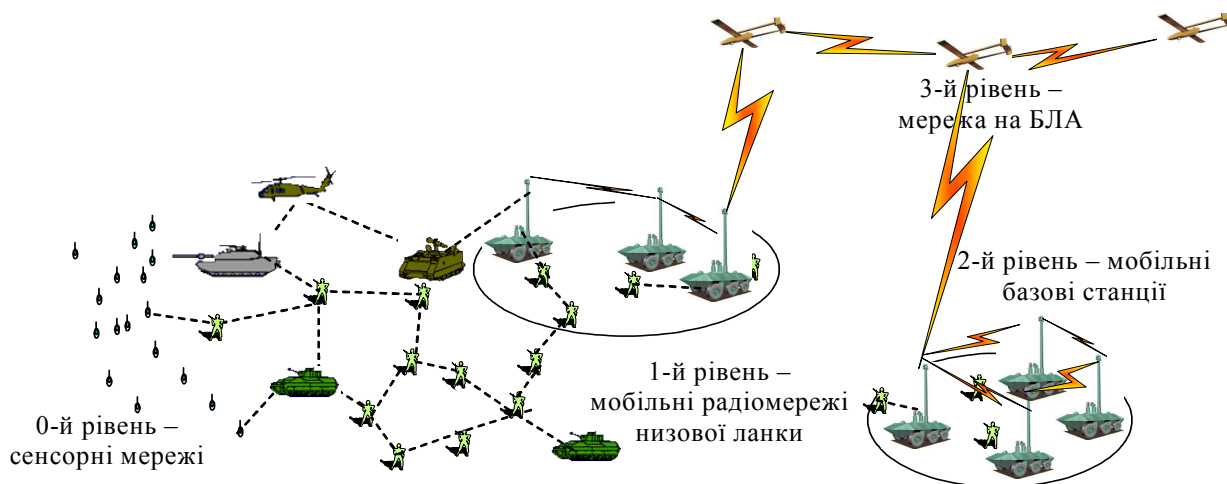


Рис. 9. Перспективна архітектура мобільної компоненти

Основні характеристики складових мобільної компоненти наведені в таблиці 4. Перший рівень (рис. 10) являє собою сукупність MANET низової ланки управління. Мобільні абоненти (солдат, танк, вертоліт тощо) оснащені радіотерміналами (переносними комп'ютерами із прийомопередавачами), які реалізують функції маршрутизації. Абоненти здійснюють інформаційний обмін безпосередньо між собою або використовують ретрансляцію (маршрутизацію) повідомлень. В якості ретранслятора (точніше маршрутизатора) може виступати будь-який мобільний абонент свого рівня або мобільна базова станція – елемент другого рівня ієрархії, що перебуває з ним в межах радіозв'язності.

Таблиця 4

Основні характеристики	Бойова MANET 1-го рівня	Мережа МБС – MANET 2-го рівня	Сенсорні мережі – MANET 0-го рівня	Мережа на БЛА – MANET 3-го рівня
Розмірність	Сотні-тисячі	Десятки	Сотні-тисячі	Десятки
Принцип організації та побудови	Самоорганізація мережі, комутація пакетів, кожен вузол – маршрутизатор інформаційних повідомлень			
Мобільність	Висока	Низька	Низька	Дуже висока
Тип та спосіб управління	Розподілений, технологічний	Зоновий, організаційно-технологічний	Розподілений, (ієрархічний) технологічний	Зоновий, організаційно-технологічний
Способи розподілу радіоресурсу	Випадковий	Детермінований, гібридний	Випадковий	Детермінований
Потужність передавача термінала; відстань зв'язку та швидкість передачі (залежать від частоти, потужності передавача, типу антени тощо)	Солдат – Од. Вт, до 1 км; транспортний засіб – 20 Вт, декілька км; 0.01 – 1 Мб/с	Десятки Вт; до 10 км; між МБС > 20 Мб/с (радіоканал), між МБС > 100 Мб/с (оптичний канал); між МБС-МА – 0.01-1 Мб/с; між МБС-БЛА > 20 Мб/с	Визначається типом сенсорів; (для наземних – мВт, сотні метрів > 0.01 Мб/с)	Десятки Вт; десятки км; > 20 Мб/с

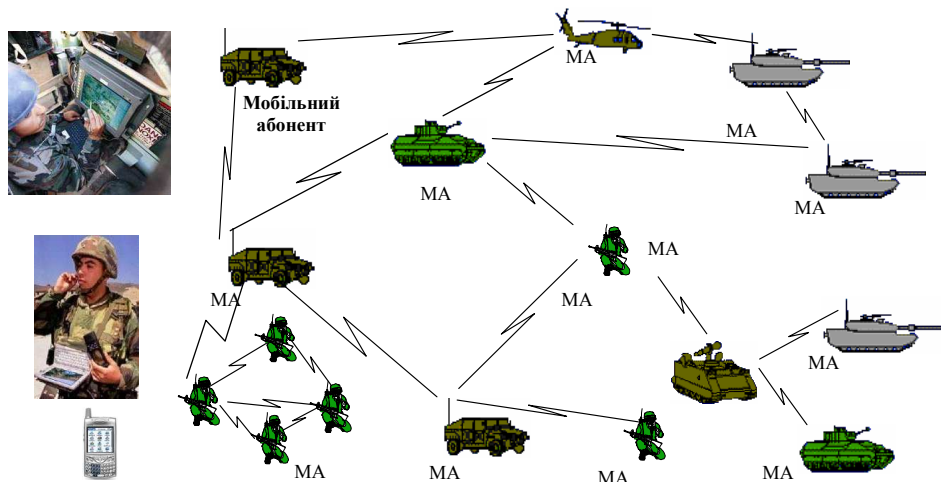


Рис. 10. MANET 1-го рівня

Переваги мобільних радіомереж очевидні: відсутність етапу планування (можливість самоорганізації), швидке розгортання, децентралізоване управління (дуже висока живучість), робота в русі всіх елементів мережі тощо (табл. 5).

Таблиця 5

Переваги (недоліки)	За рахунок чого досягнуто
(+) Висока живучість, мобільність всіх елементів мережі	Управління мережею – децентралізоване, здатність до самоорганізації. Кожний вузол – маршрутизатор, адаптація до умов функціонування
(+) Висока швидкість передачі в радіоканалі – потенційно Гб/с	Зсув діапазону частот (сотні МГц, од. ГГц). Напрямки вдосконалення: адаптація протоколу IEEE 802.11 до тактичних вимог (QoS, пріоритети тощо), оптимізація використання радіоресурсу (еволюція OFDM (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing)), спрямовані антени (інтелектуальні фазові решітки), застосування технології MIMO (Multiple Input Multiple Output)
(+) Висока продуктивність мережі	Застосування нових ефективних методів управління мережею (методів: маршрутизації, управління топологією, управлінням енергоресурсом тощо), введення додаткових мережевих рівнів (мобільних базових станцій, безпілотних літальних апаратів, супутників)
(-) Незначна відстань безпосереднього зв'язку	Зв'язок в умовах прямої видимості – дальність зв'язку залежить від частоти, потужності, типу антени тощо. Недолік усувається використанням за рахунок маршрутизації
(+) Передача різних видів трафіку	Застосування нових протоколів канального та мережевого рівнів (протоколів підтримки заданої якості обслуговування – QoS)
(+) Маршрутизація	Застосування нових ефективних методів маршрутизації
(+) Висока безпека	Застосування гібридних систем захисту (симетричних та асиметричних), створення розподілених трасових центрів, систем виявлення вторгнень, використання HIP (Host Identify Protocol)
(+) Висока завадозахищеність	Використання ширококутових сигналів (метод частотних стрибків – FHSS, метод прямої послідовності – DSSS), в перспективі застосування гібридних схем розподілу ресурсів (FDMA/TDMA/CDMA)

Визначено вимоги до перспективних радіозасобів (рис. 11):
– висока пропускна здатність радіоканалу (> 200 Кб/с);

- багатодіапазонність і багатofункціональність (FDMA/TDMA/CDMA);
- здатність програмування всіх видів і режимів роботи;
- автоматизація процесів ведення зв'язку (режим “включив та працюй” – Plug-and-Play) та можливість самоорганізації мережі;
- інтелектуальність, децентралізованість й оптимізація функцій управління мережевими ресурсами (маршрутизація, навантаження, топологія, радіоресурс, безпека й т.д.) [4];
- робота з різними видами трафіка (мова, дані, відео);
- наявність системи позиціювання, спрямованих антен, робота в русі;
- модульність виконання, відкрита архітектура, низьке енергоспоживання.

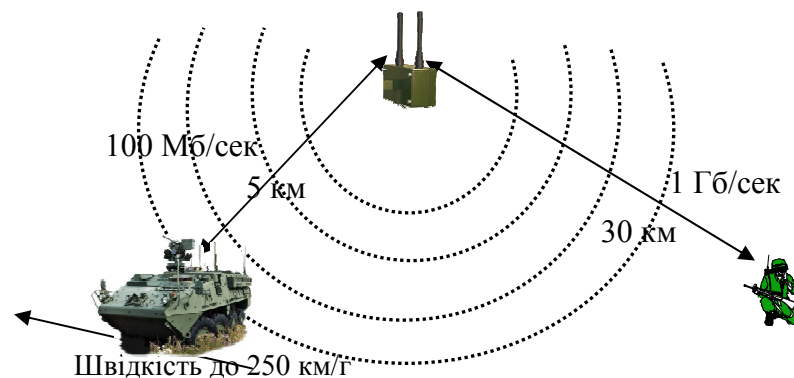


Рис. 11. Потенційні можливості використання 4G технологій

В той же час існують вагомі *труднощі створення мобільних радіомереж* – необхідність рішення значної кількості наукових проблем (маршрутизація, розподіл радіоресурсів, управління потужністю, управління топологією, децентралізоване управління, безпека, забезпечення заданої якості передачі інформації тощо) при обмеженнях ресурсу радіотерміналу (за ємністю пам'яті, продуктивністю процесора, енергоємністю батареї). Пропозиції щодо частини їх рішення можуть бути знайдені в роботах [4 – 14].

Другий рівень мобільної компоненти (рис. 12) утворює мережа мобільних базових станцій (наземна магістральна мережа). Вона призначена для поліпшення якості зв'язку, а насамперед, підвищення продуктивності мобільної компоненти та надання заданої якості обслуговування абонентів (QoS). Кожна мобільна базова станція є вузол (шлюз) комутації, який за допомогою наявних засобів передачі:

1. Створює саму мережу МБС за принципами MANET (а не за принципами стільникової чи транкінгової мережі!) з використанням спрямованих антен. Для функціонування мережі МБС в режимі MANET необхідно вирішувати задачі динамічного формування (переформування) топології мережі, маршрутизації, розподілу радіоресурсів (найбільш доцільніше використовувати детерміновані методи розподілу радіоресурсів) тощо [10]. Також для збільшення продуктивності та розвідзахищеності мережі МБС можливе використання засобів оптичного діапазону – лазерних систем передачі.

2. Забезпечує доступ мобільних абонентів до використання ресурсів мереж мобільних базових станцій та безпілотних летальних апаратів (БЛА).

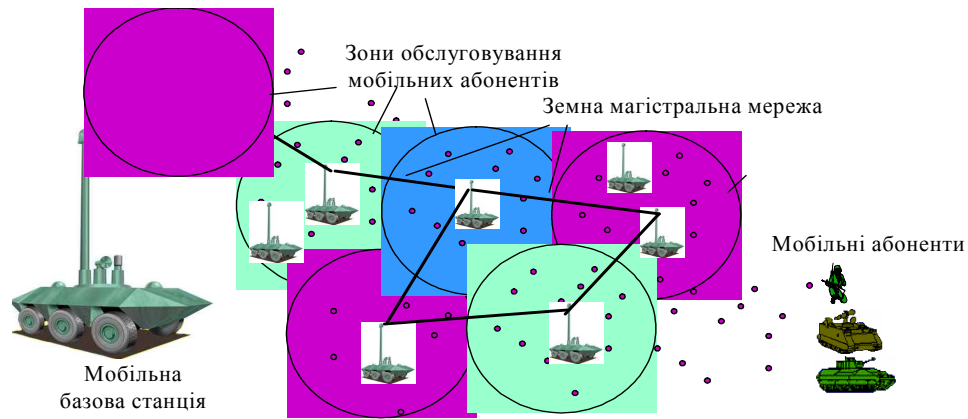


Рис. 12. Мережа мобільних базових станцій (MANET 2-го рівня)

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. Сенсорні пристрої являють собою інтегровану платформу, яка поєднує можливості сенсорів (зовнішніх датчиків, що реєструють сукупність параметрів – акустичних, вібраційних, радіаційних, хімічних, біологічних тощо) з мікрокомп'ютерами, які з'єднані у бездротову мережу. Принцип побудови: децентралізоване управління (для сенсорних мереж значної розмірності – ієрархічне) [12, 13]. Класифікація сенсорних мереж приведена на рис. 13.

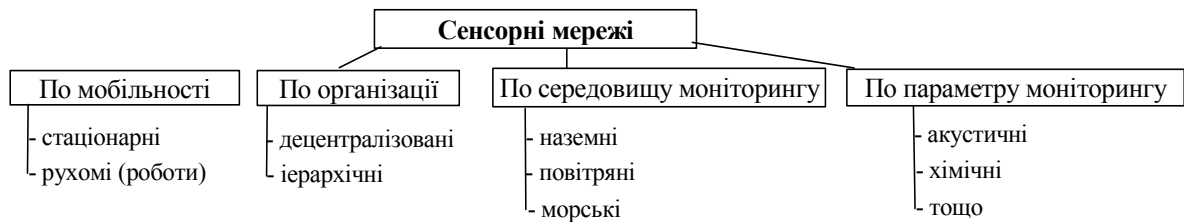


Рис. 13. Класифікація сенсорних мереж

На рис. 14 наведений приклад функціонування наземних стаціонарних сенсорних мереж: виявлення сенсорами руху танку супротивника, передача координатної інформації (по сенсорній та інших мережах) засобом враження (наприклад, бойовому вертоліту) та знищення танка.

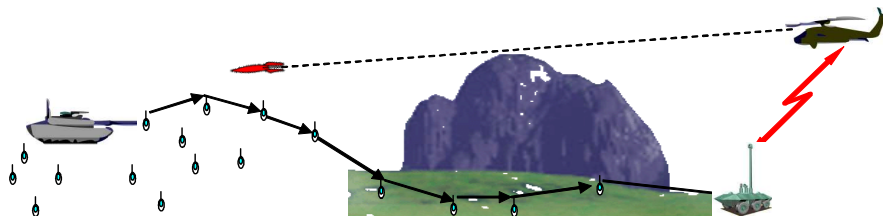


Рис. 14. Застосування наземної стаціонарної сенсорної мережі

Для зв'язку між географічно розділеними угрупованнями військ (зонами мережі) або підвищення надійності зв'язку між МБС та продуктивності мобільної компоненти створюється верхній рівень – повітряна магістральна мережа, яка може бути реалізована на безпілотних літальних апаратах (літак, дирижабль) – рис. 15.

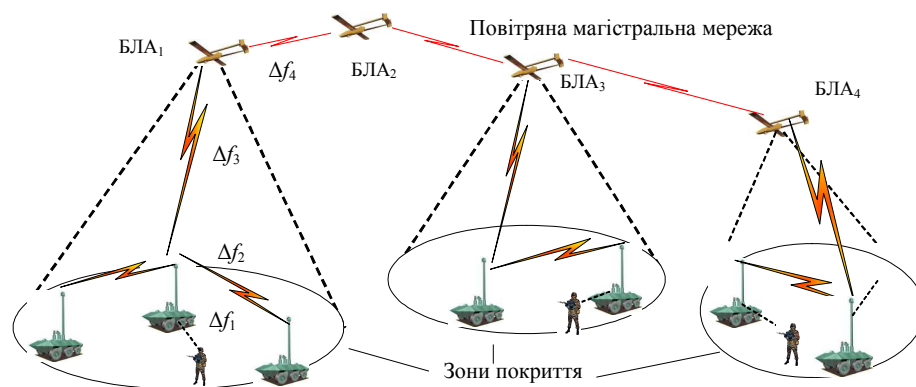


Рис. 15. Мережа на БЛА (MANET 3-го рівня)

Кожен БЛА оснащений двома типами радіозасобів з використанням спрямованих антен: 1-й – для зв'язку з МБС або виділеними абонентами; 2-й – для обміну інформацією із сусіднім БЛА. БЛА об'єднані у мережу повітряних вузлів комутації повідомлень (пакетів) з реалізацією функцій маршрутизації: збір (розсилання) маршрутної інформації, її зберігання, обчислення маршрутів, передача пакетів за маршрутами двох типів. Перший тип маршруту обумовлює ретрансляцію трафіка в межах своєї зони. Другий тип – між різними ($m-n$) зонами: абонент_{*i*}-МБС_{*m*}-БЛА_{*m*}-...-БЛА_{*n*}-МБС_{*n*}-абонент_{*m*}. Переваги застосування мережі БЛА полягають у наступному:

1. Забезпечується зв'язність між географічно розділеними угрупованнями військ (зонами мобільної компоненти) [14].
2. Підвищується надійність зв'язку між МБС у межах однієї зони за рахунок появи альтернативних незалежних маршрутів передачі.
3. Підвищується продуктивність мережі за рахунок: використання радіоканалів між БЛА з більшою пропускну здатністю в порівнянні з радіоканалом МБС-МБС, ефективність керування мобільним компонентом (зменшується обсяг переданої службової інформації й зменшується час її збору [6]), скорочення в кілька разів довжин маршрутів передачі інформації й т. д.
4. Забезпечується задана якість обслуговування абонентів (QoS) за рахунок застосування детермінованих протоколів множинного доступу [5].
5. Забезпечується дистанційний збір розвідувальної інформації або її знімання з датчиків сенсорних мереж.

Висновки

1. Система зв'язку тактичної ланки розвивається в напрямку застосування відкритої архітектури, впровадження новітніх телекомунікаційних технологій, які застосовуються у комерційних системах зв'язку.

Існуючі цивільні технології (фізичного та каналного рівнів) безпроводних мереж зв'язку являють собою основу для створення мобільних радіомереж тактичного рівня.

2. Запропонована нова архітектура мобільної компоненти систем військового зв'язку – 3-х рівнева ієрархія неоднорідних мобільних радіомереж (мобільних абонентів – мобільних базових станцій – безпілотних літальних апаратів) типу MANET. Реалізація кожного її рівня (за принципами побудови MANET)

дозволить значно покращити якість функціонування системи зв'язку та параметри інформаційного обміну. Однак для її впровадження поки необхідно вирішення низки проблем наукового (розробка математичного та програмного забезпечення інтелектуальної децентралізованої системи управління тощо) та технологічного плану (побудова програмуємих багатофункціональних багатодіапазонних радіозасобів).

3. Застосування запропонованої архітектури мобільної компоненти призведе до появи принципово нової форм (способів) ведення бойових дій, змінить форми та способи управління військами, а також дозволить значно збільшити бойову ефективність військ.

4. В інституті проводяться теоретичні дослідження, які стосуються створення математичного забезпечення управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення [10]. Отримані наукові результати можуть скласти основу побудови інтелектуальної мобільної компоненти мереж зв'язку тактичної ланки управління.

ЛІТЕРАТУРА

1. Міночкін А.І., Романюк В.А. Перспективи побудови тактичних систем зв'язку // III Науково-технічна конференція ВІТІ. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2006. – С. 5 – 15.
2. Szedodrak M., Kim J., Baek Y. 4GM@4GW: Implementing 4G in Military Mobile Networks // In Proc. IJCSNS, vol. 7, no. 4, April 2007.
3. Романюк В.А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий // Сети и телекоммуникации. – 2003. – № 12. – С. 62 – 68.
4. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методология оперативного управления мобильными радиосетями // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 53 – 58.
5. Миночкин А.И., Романюк В.А. Методы множественного доступа в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2004. – № 2. – С. 23 – 26.
6. Миночкин А.И., Романюк В.А. Управление топологией мобильной радиосети // Зв'язок. – 2003. – № 2. – С. 28 – 33.
7. Миночкин А.И., Романюк В.А. Управление энергоресурсом в мобильных радиосетях // Зв'язок. – 2004. – № 8. – С. 36 – 40.
8. Миночкин А.И., Романюк В.А. Маршрутизация в мобильных радиосетях – проблема и пути решения // Зв'язок. – 2006. – № 7. – С. 49 – 55.
9. Міночкін А.І., Романюк В.А., Шаціло П.В. Виявлення атак в мобільних радіомережах // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – № 1. – 2005. – с. 103 – 113.
10. Міночкін А.І., Романюк В.А. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення // Збірник наукових праць № 3. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2005. – С. 51 – 60.
11. Міночкін А.І., Романюк В.А. Беспроводні чарункові мережі // Збірник наукових праць № 1. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 55 – 63.
12. Кучерявый Е.А., Молчан С.А., Кондратьев В.В. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 38 – 39.
13. Жук О.В., Міночкін А.І., Романюк В.А. Сенсорні мережі // Збірник наукових праць № 2. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 35 – 40.
14. Міночкін А.І., Романюк В.А. Задачі управління топологією мережі безпілотних літальних апаратів мобільного компоненту мереж зв'язку військового призначення // Збірник наукових праць № 2. – К.: ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2005. – С. 83 – 90.