

С.В. Сальник, К.О. Єфанова, С.П. Бригадир

Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ

АНАЛІЗ МОБІЛЬНИХ ЗАСОБІВ ЗВ'ЯЗКУ ТАКТИЧНОЇ ЛАНКИ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ

В статті розглядаються мобільні засоби зв'язку тактичної ланки управління військами. З'ясовано завдання мобільних радіомереж при їх побудові. Дано визначення безпроводовим самоорганізуючим мережам. Охарактеризовано типи безпроводових самоорганізуючих мереж, робота яких, ґрунтуються на наступних засобах, які застосовуються при побудові мережі: координатор, маршрутизатор та кінцевий пристрій. Розглянуто основні характеристичні особливості найбільш застосовуваних радіозасобів в тактичній ланці управління військами збройних сил передових країн світу. Вказані основні рівні управління потоками даних, які розрізняють в телекомунікаційних мережах. Визначено основні вимоги до потоків даних в мобільних радіомережах та функції методів управління потоками даних в безпроводових самоорганізуючих мережах. Запропоновано забезпечити передачу даних мобільної радіомережі з використанням елементів інтелектуалізації мереж застосовуваних за умов нечіткої мережевої активності, що дозволить забезпечити можливість самоорганізації мобільних вузлів у радіомережу та прийняття ними рішень з управління вузловими та мережевими ресурсами в умовах невизначеності радіомереж, а передача різних видів трафіка забезпечить підрозділи тактичної ланки управління військами всією необхідною для прийняття управлінських рішень інформацією в режимі реального часу, що значно підвищить бойову ефективність даних підрозділів.

Ключові слова: тактична ланка управління військами, мобільні радіомережі, безпроводові самоорганізуючі мережі, засоби зв'язку, потоки даних, інтелектуалізація управління, traffic engineering.

Вступ

Постановка завдання. На сьогодні у телекомунікаційній сфері багато уваги приділяється розвитку мобільних радіомереж (МР), які завдяки своїм особливостям, знаходять широке застосування при побудові безпроводових мереж зв'язку спеціального призначення. Особливостями побудови МР є: динамічна топологія; надійність та динамічність радіоресурсу; колективний характер їх використання; обмеженість та неоднорідність ресурсів вузлів; здатність до самоорганізації; одночасне використання вузлів у ролі маршрутизаторів, комутаторів, і кінцевих пристроїв та інше. З урахуванням особливостей побудови даних мереж необхідно розглянути мобільні засоби зв'язку тактичної ланки управління військами, з'ясувати завдання мобільних радіомереж при їх побудові, охарактеризувати типи безпроводових самоорганізуючих мереж [1].

Аналіз сучасних публікацій [7–15] показав, що тенденцією розвитку телекомунікаційних технологій є забезпечення повної мобільності користувачів, яке можливо реалізувати шляхом використання безпроводових самоорганізуючих радіомереж (рис. 1) [2].

Мета даної статті є визначити мобільні засоби зв'язку, які доцільно використовувати в тактичній ланці управління військами та сформулювати вимоги, що висуваються до потоків даних в мобільних радіомережах та функції методів управління потоками даних в безпроводових самоорганізуючих мережах.

Виклад основного матеріалу

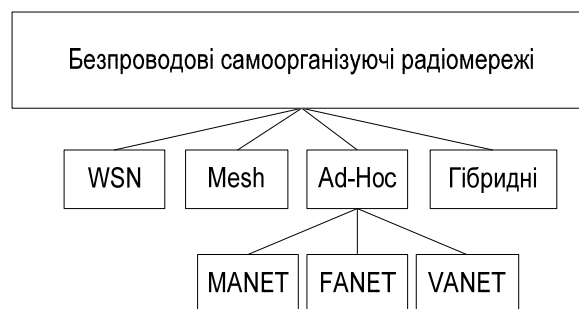


Рис. 1. Типи безпроводових самоорганізуючих радіомереж

Безпроводові самоорганізуючі мережі – являють собою децентралізовані безпроводові мережі, які не мають постійної структури, але є динамічними, мобільними та самоорганізуючими. Кожен вузол мережі намагається переслати дані призначені іншим вузлам. При цьому визначення, якому вузлу надсилати дані, проводиться динамічно, на основі зв'язності мережі. Це і є відмінністю від провідних мереж та керованих безпроводових мереж, в яких завдання управління потоками даних виконують маршрутизатори (в провідних мережах) або точки доступу (у керованих безпроводових мережах). До таких мереж можна віднести мережі типів:

– **WSN** (Wireless Sensor Networks) – безпроводова сенсорна розподілена, самоорганізуюча мережа, яка побудована на множині сенсорів об'єднаних між собою за допомогою радіоканалу. Радіус по-

криття мережі може становити до декількох кілометрів. Мережі побудовані на сенсорах здатні моніторити певні параметри та збирати інформацію про аномалії, які з'являються в радіомережі [3].

– **Mesh** – радіомережі чарункової структури, які складаються з безпроводових стаціонарних маршрутизаторів та створюють безпроводову магістраль і зону обслуговування мобільних та стаціонарних абонентів. Дана мережа зарекомендувала себе в організації МР військового призначення, та здатна передавати цифрову інформацію, аудіо- та відеозв'язок [4].

– **Ad Hoc** – радіомережа, яка являє собою мережу, що складається з множини мобільних вузлів, основна особливість яких – це відсутність централізованої координації або фіксованої інфраструктури. Кожен вузол є не тільки кінцевим користувачем системи, але і, при необхідності, виступає у якості маршрутизатора для пересилання пакетів інших вузлів. Такі мережі дозволяють оперативно організувати мережеву взаємодію між користувачами на великих площах з незначними витратами. В свою чергу, Ad-hoc мережі можливо розподілити на:

– **MANET** (Mobile Ad-hoc Networks) – радіомережі з динамічною топологією, множиною абонентів, децентралізованим управлінням при відсутності базових станцій або опорних вузлів. Самоорганізуючі мережі MANET мають: можливість передачі даних на великі відстані без збільшення потужності передавача; стійкість до змін в інфраструктурі мережі; можливість швидкої реконфігурації в умовах несприятливих завад; простоту та швидкість розгортання [5–6].

– **VANET** (Vehicle Ad-hoc Networks) – автомобільні мережі зв'язку транспортних засобів, які забезпечують зв'язок між мобільними та стаціонарними об'єктами мережі. Робота автотранспортної безпроводової самоорганізуючої мережі, ґрунтується на використанні інтелектуальної системи управління мережею [7].

– **FANET** (Flying Ad-hoc Networks) – це мережі зв'язку, які відносяться до класу мобільних мереж Ad-hoc, що самоорганізуються, де в якості мережевих вузлів використовуються безпілотні літальні апарати. Головним завданням даних мереж є – забезпечення прийнятної якості передачі відеопотоку з борта літаючого вузла на наземну станцію через високу мобільність вузлів, непередбачуваної і швидкої зміни мережевої топології і особливостей роботи протоколів маршрутизації даних [8].

У свою чергу, робота кожної з описаних типів мереж ґрунтується на наступних засобах, які застосовуються при побудові мережі: координатор, маршрутизатор та кінцевий пристрій. Дані засоби на сучасному етапі розвитку телекомунікацій об'єднують в мобільні та стаціонарні радіозасоби, які застосовуються в тактичній ланці управління військами (ТЛУВ) передових країн світу.

До даних засобів зв'язку можливо віднести: *Harris falcon 2 (3)*, *Aselsan PRC-9661/VRC-9661*, *THALES AN/PRC-148 MBITR2*, *Tadiran SDDR-7200HH SkyPilot Extender*, *ITT-Exelis: Centaur HCDR ITT (SR-M)*, *Cisco Aironet 1520 (1522) Series*, та ін. [9]. Основні характеристичні особливості засобів зв'язку що використовуються в ТЛУВ збройних сил передових країн світу (НАТО) наведені в табл. 1.

Радіостанція Harris RF-7800V-HH

Широкопasmовою носима радіостанція, є потужною і продуктивною для тактичної ланки управління, дозволяє при передовому базуванні команд встановлювати зв'язок, а також швидко і надійно, використовувати повний набір розширених можливостей. Кожна радіостанція автоматично виявляє авторизовану мережу й підключається до неї. Така організація мережі (*ad-hoc* – мережі) дозволяє автоматичне підключення радіостанції до неї через доступні станції і забезпечує самовідновлення мережі. Дана радіостанція є широкопasmовою станцією, здатною забезпечити *ad-hoc* мережу до підрозділів, що знаходяться на передній лінії бойових дій. Радіостанція оснащена широкопasmовими та вузькопasmовими можливостями, станція поставляє інформаційну перевагу у спеціальній, самостійно формуючій та самовідновленій мережі і дозволяє підтримувати до 64 користувачів в мережі для одночасного спілкування голосом. Станція працює від однієї стандартної батареї, яка забезпечує тривале використання при безперервному покритті від 30 до 108 МГц, і до 10 Вт вихідної потужності [10].

Радіостанція Aselsan PRC-9661/VRC-9661

Радіостанція PRC/ VRC 9661 KB / УКВ – багатофункціональна тактична радіостанція, яка забезпечує безпечні та безперебійні вимоги щодо передачі голосу та даних. Радіостанція розроблена для роботи в діапазоні 30–512 МГц з використанням SDR технології та забезпечує зв'язок в різних режимах в своєму діапазоні частот. Кількість запрограмованих каналів, максимальна потужність випромінювання та можливі технології передачі залежать від режиму роботи. PRC / VRC-9661 гарантує підвищену живучість проти засобів придушення сигналу, забезпечуючи альтернативний зв'язок на KB / УКВ. PRC / VRC-9661 також забезпечує стратегічний зв'язок KB діапазону (HF), Combat Net Radio (CNR), Broad Band Packet Radio (BBPR), Narrow Band Packet Radio (NBPR) і Single Channel Radio Access (SCRA) функціонально. В радіостанції є два основних режими (визначається програмним забезпеченням радіостанції) які називаються 96SK та WBNR. У даній радіостанції є наступні режими роботи: TASMUS (Тактична Комунікаційна Платформа) та режим Ізольованої Мережі (Isolated Network Mode), які використовуються тільки в режимі WBNR. Радіостанція легко адаптується, підлаштовуючись під різні тактичні завдання [11].

Таблиця 1

Радіозасоби тактичного рівня передових країн світу

Характеристики	Harris RF-7800V-НН	Aselsan PRC-9661/VRC-9661	THALES AN/PRC-148 MBITR2	Tadiran SSSDR-7200НН	ITT-Exelis: Centaur HCDR ITT	ITT Exelis: SR-M
Країни застосування	НАТО, Україна	НАТО, Україна	НАТО			
MANET	так	Так	так	так	так	так
MESH	так	Так	так	так	так	так
IP-мережі	так	Так	так	так	так	так
Вид модуляції	SDR: AM/FM-FSK/ASK-MELP Voice, ASKData, FSK/TCM	AM; FM; 16APSK, 8PSK, DQPSK, TDMA; DSSS	SDR, AM/FM, FH2 MHB, LPC-10, MELP	SDR	SDR, MELP	QBL-MSK, CPM, FM, FSK
Діапазон частот МГц	30-108	30-512	30-512	NBWF: 30-512 WBWF: 225-512	225-450	VHF 30-88 UHF 2 25-450 L-діап. 1250-1390 1710 -1850
Шифрування	AES-256	AES-256	Type I COMSEC сумісний з AES-256	AES-256	COMSEC TRANSE, сумісний з AES-256	Airis-777 сумісний з AES-256
Швидкість передачі даних	до 192 Кбіт/с	до 16 Кбіт/с – в режимах ACNR, NBNR; до 64 Кбіт/с (112 в обидві сторони) – в режимі WBNR	30 - 512 225 - 450 1250 -1390 1750 - 850	до 1 Мбіт/с	до 8 Мбіт/с	до 2 Мбіт/с
Потужність передавача	дискретна 0,25-10 Вт	10 Вт – для PRC-9661/ 50 Вт - для VRC-9661 діапазон 30-470 МГц; 20 Вт – діапазон 470-512 МГц	Type I COMSEC сумісний з AES-256	5 Вт	20 Вт	5 Вт
GPS	так	так	до 16 Кбіт/с	так	так	так
Додаткові функції						
USB	так	ні	так	так	так	так
RS-232	так	так	так	так	так	так
Wi-Fi	ні	ні	ні	ні	ні	ні
Bluetooth	ні	ні	ні	ні	ні	ні
Ethernet	так	так	ні	так	так	ні
RNDIS	так	ні	ні	ні	ні	так
AUDIO	ні	так	так	так	так	так
Відео H264	ні	так	ні	так	ні	ні

Радіостанція Harris RF-7800V-НН

Ширококутова носима радіостанція, є потужною і продуктивною для тактичної ланки управління, дозволяє при передовому базуванні команд встановлювати зв'язок, а також швидко і надійно, використовувати повний набір розширених можливостей. Кожна радіостанція автоматично виявляє авто-

ризовану мережу й підключається до неї. Така організація мережі (*ad-hoc* – мережі) дозволяє автоматичне підключення радіостанції до неї через доступні станції і забезпечує самовідновлення мережі. Дана радіостанція є ширококутовою станцією, здатною забезпечити *ad-hoc* мережу до підрозділів, що знаходяться на передній лінії бойових дій. Радіостанція

оснащена ширококутовими та вузькосмуговими можливостями, станція поставляє інформаційну перевагу у спеціальній, самостійно формуючій та самовідновленій мережі і дозволяє підтримувати до 64 користувачів в мережі для одночасного спілкування голосом. Станція працює від однієї стандартної батареї, яка забезпечує тривале використання при безперервному покритті від 30 до 108 МГц, і до 10 Вт вихідної потужності, що підходить для довгострокового діапазону внутрішньокомандних і "земля-повітряних" комунікації [10].

Радіостанція Aselsan PRC-9661/VRC-9661

Радіостанція PRC/ VRC 9661 KB / УКВ багатифункціональна тактична радіостанція, яка забезпечує безпечні та безперервні вимоги щодо передачі голосу та даних. Радіостанція розроблена для роботи в діапазоні 30-512 МГц з використанням SDR технології та забезпечує зв'язок в різних режимах в своєму діапазоні частот. Кількість запрограмованих каналів, максимальна потужність випромінювання та можливі технології передачі залежать від режиму роботи. PRC / VRC-9661 гарантує підвищену живучість проти засобів придушення сигналу, забезпечуючи альтернативний зв'язок на KB / УКВ. PRC / VRC-9661 також забезпечує стратегічний зв'язок KB діапазону (HF), Combat Net Radio (CNR), Broad Band Packet Radio (BBPR), Narrow Band Packet Radio (NBPR) і Single Channel Radio Access (SCRA) функціонально. В радіостанції є два основних режими (визначається програмним забезпеченням радіостанції) які називаються 96SK та WBNR. У даній радіостанції є наступні режими роботи: TASMUS (Тактична Комунікаційна Платформа) та режим Ізольованої Мережі (Isolated Network Mode), які використовуються тільки в режимі WBNR. Всі інші режими доступні коли радіостанція знаходиться в режимі 96SK. TASMUS забезпечує голосовий та відеосервіси, сервіси передачі даних для потреб на полі бою; забезпечує сервісами на оперативному рівні та сервісами на тактичному рівні за допомогою використання радіостанцій тактичної ланки. Радіостанція легко адаптується, підлаштовується під різні тактичні завдання [11].

Радіостанція AN/PRC-148 MBITR2 THALES

Малогобаритна багатифункціональна широкодіапазонна УКХ радіостанція тактичної ланки управління. Ця радіостанція представляє собою сукупність двох радіостанцій в одному корпусі: AN / PRC-148 MBITR2 надає можливість одночасної роботи в двох типах радіомереж, як вузькосмуговою, з радіостанціями AN / PRC-148 та подібними їй, а також ширококутової, в якій працюють версії мережевих радіостанцій AN / PRC-148 JEM, AN / PRC-154 з підтримкою функції GPS. Дана станція – це нове покоління малогабаритної багатифункціональної широкодіапазонної УКВ радіостанції, що забезпечує ведення в

захищеному режимі радіотелефонних переговорів і передачі даних у середині підрозділів і груп та між ними. Вона зберігає сумісність з існуючими радіостанціями і підтримує вимоги до наступного покоління, ширококутових, мережевих портативних радіостанцій [12].

Радіостанція Tadiran SDR-7200 HH

Пристаєвана для сухопутних операцій, з можливістю обміну інформації голосом та передачею даних між військовими підрозділами при безпроводовому з'єднанні. Радіостанція здатна підтримувати автоматичну маршрутизацію та ретрансляцію, а також виконувати завдання у важких польових умовах, та забезпечувати безперервне підключення IP-мереж. SDR-7200 призначена для використання командирами взводів, для зв'язку через вузькосмугові (NBWF) і ширококутові (WBWF) канали зв'язку. Станція підтримує передачу даних в VHF / UHF діапазонах, з швидкістю обміну даними до 115 Кбіт/с з шириною каналу 25 кГц і до 1 Мбіт в більш ширококутових каналах у смугах частот UHF. [13].

Радіостанція ITT-Exelis: Centaur HCDR ITT

Являє собою інтелектуальну, спеціальну мережеву VHF радіостанцію системи тактичного зв'язку CENTAUR з здатністю створення самоорганізуючої, самовідновлюючої, адаптивної мобільної мережі зв'язку. Радіостанція забезпечує гнучкість мобільної мережі та характеризується динамічністю. Радіостанція здатна забезпечувати високошвидкісну передачу даних між підрозділами різних родів військ (морськими, сухопутними, повітряними). Вона забезпечує високу пропускну здатність з низькою часовою затримкою, що є невід'ємною складовою в умовах сучасного бою. Кожна радіостанція мережі здатна постійно контролювати стан підключення до сусідніх вузлів [14].

Радіостанція ITT Exelis: SR-M

Носима система зв'язку для безпроводових самоорганізованих мереж з одночасною передачею голосу, даних і відео. Вона являє собою ефективну програмно-обумовлену SDR-радіостанцію, розроблену для підвищення оперативних можливостей підрозділів. Радіостанція є повністю програмованою радіостанцією, призначеної для роботи з найсучаснішими JTRS-сигналами і має програмовану криптографічну підсистему. Радіостанція є багатодіапазонною та здатною забезпечувати тактичне підключення між підрозділами, транспортними засобами, літальними апаратами, безпілотними системами та кораблями. Функціональна можливість радіостанції забезпечує режим "двох мережевої спільності інтересів" та дозволяє командирам підрозділів одночасно використовувати голосовий зв'язок в двох різних мережах. Радіостанція підтримує роботу з вузькосмуговими і ширококутовими сигналами в тактичному ДВЧ, УВЧ та L частотних діапазонах, роботу з

зовнішнім підсилювачем для розширення дальності зв'язку, а також розширені функціональні можливості, подібні багаторівневим шлюзам [15].

Робота вказаних засобів ґрунтується на підтримці самоорганізуючих мереж, які побудовані на протоколах маршрутизації та передачі даних. Зазначені засоби, протоколи та стандарти характеризуються, як перевагами так і недоліками такими як: низька завадостійкість, слабкий захист передачі даних, невелика пропускна здатність мережі, зниження якості обслуговування мережі, що, в свою чергу, вказує на важливість рішення питання щодо забезпечення доставки даних в мережі, як компонентів МР так і МР в цілому. В свою чергу, управління потоками даних в телекомунікаційній мережі являє собою процес узгодження характеристик потоків даних і характеристик засобів, які обслуговують ці потоки, що здійснюється шляхом встановлення таких значень параметрів відповідних мережових елементів, при яких забезпечується доставка даних в мережі із заданою якістю обслуговування [16].

Основними вимогами до потоків даних в МР є: децентралізоване управління; розподілене функціонування; мінімальне завантаження мережі службовою інформацією; можливість здійснювати функції управління потоками даних на різних рівнях моделі OSI.

У провідних мережах забезпечення надійної та якісної передачі потоків даних здійснюється завдяки функціонуванню протоколів транспортного рівня моделі OSI, зокрема TCP та UDP, а також їх модифікації. На основі зазначеного в таблиці 1, приходимо до висновку, що передача даних у більшості представлених радіостанцій, здійснюється за допомогою протоколів TCP та UDP транспортного рівня моделі OSI та їхніми модифікаціями.

Протокол транспортного рівня UDP відповідає за передачу мультимедійної інформації в режимі реального часу, але в ньому відсутні механізми управління потоками даних та гарантування доставки інформації. Тому, протокол TCP є основним протоколом управління потоками даних в провідних мережах зв'язку, який забезпечує узгодження швидкостей передачі між усіма елементами мережі, запобігає перевантаженням у мережі. При цьому, управляючими параметрами, якими протокол TCP впливає на пропускну спроможність мережі, є розмір вікна перевантаження та величина часу очікування квитанції про підтвердження правильного прийому пакетів даних адресатом (тайм-аут повторної передачі) [17–18].

Механізм управління потоками даних являє собою множину операційних правил, згідно яких об-

робляються потоки даних (запитів, повідомлень, пакетів і т. п.). Ці правила повинні: визначати маршрути проходження потоків даних, а також стратегії, алгоритми і дисципліни обслуговування у вузлах мережі; прогнозувати, запобігати або виключати перевантаження та блокування шляхом регулювання вхідного трафіка та управління розподілом буферної пам'яті. Управління потоками даних в мережах з комутацією пакетів має за мету запобігти зниженню ефективності мережі через перевантаження, оптимально розподілити ресурси між користувачами, а також забезпечити відповідність між продуктивністю мережі та вхідним навантаженням.

У телекомунікаційних мережах розрізняють наступні рівні управління потоками даних [19]:

1) міжвузловий рівень – на цьому рівні забезпечується управління потоками даних між двома сусідніми вузлами комутації з метою запобігання переповнення локальних буферів (каналний рівень моделі OSI);

2) рівень доступу до мережі – здійснюється обмеження вхідного потоку за результатами вимірювання внутрішнього навантаження мережі. Управління здійснюється між абонентами і вузлом комутації (каналний і мережовий рівні моделі OSI);

3) рівень „вузол комутації – джерело – вузол комутації – адресат”. Запобігає переповненню буфера вузла комутації-адресата (мережовий рівень моделі OSI);

4) рівень „процес-процес”. Запобігання переповненню буферів користувачів на рівні процесів (транспортний рівень моделі OSI).

Враховуючи зазначене, на рис. 2 зображені основні функції, які повинні бути реалізовані методами управління потоками даних, що використовуються в МР, а також механізми, якими можливо реалізувати зазначені функції [18].

Збір інформації про стан мережі (стан інформаційного напрямку між відправником та адресатом) має за мету визначити перелік контрольованих параметрів мережі, значення яких будуть використовуватися вузловою системою управління [18] для прийняття рішення з управління потоками даних, маршрутизацією, енергоресурсом та ін.

Узгодження швидкостей передачі та прийому, а також забезпечення надійної передачі інформації на всіх рівнях протоколів базується на механізмах квітуння та “ковзаючого вікна” (методи зменшення надлишковості при передачі інформації – Нагля, Кларка та ін., методи виявлення перевантаження – TCP Vegas та ін., методи управління розміром вікна – Slow Start, Binary Increase та таймером повторної передачі – Джекобсона та ін.).



Рис. 2. Функції методів управління потоками даних в безпроводових самоорганізуючих мережах

Запобігання перевантаженням досягається при управлінні вхідним потоком (обмеженні потоку) у вузлах мережі передачі даних. При цьому розділяють методи глобального та локального управління потоками даних. Глобальне управління передбачає або обмеження загальної кількості пакетів, які передаються в мережі (ізоритмічне управління), або обмеження кількості в кожному віртуальному з'єднанні „джерело-адресат” (міжкінцеве управління). У відповідності з локальним управлінням обмежується або загальна кількість пакетів у вузлі комутації, або кількість буферів, які виділяються різним класам пакетів. Крім того, для запобігання перевантаженням доцільно використовувати Traffic Engineering (TE), основним завданням якої є реалізації повного пакету вимог по забезпеченню якості обслуговування, передбачення зони мережі (ділянки інформаційного напрямку), яка буде перевантажена, та перерозподілу трафіку в разі аварії чи перенавантаження в мережі, використовуючи зібрану інформацію про стан ТКМ. Це дозволить перенаправити потоки даних за менш завантаженими маршрутами і уникнути різкого скорочення пропускної спроможності мережі [18].

Traffic Engineering (TE) – дозволить розширити можливості стандартних IGP (маршрутизація трафіку різних класів);

-при побудові маршруту врахувати задані обмеження, наприклад, які ресурси необхідні цього класу трафіку і скільки їх є на всіх вузлах і лініях по шляху, або по яких лініях можна будувати тунелі;

-швидка перебудова шляхів відповідно до вимог в разі аварії;

- періодична оптимізація шляхів.

За допомогою функцій, що вирішує TE, безпроводові самоорганізуючі мережі здатні забезпечити передачу даних на заданому рівні відповідно до вимог якості обслуговування, що до них висуваються.

Формування та впорядкування трафіка передбачає визначення дисциплін обслуговування пакетів різного пріоритету (знищення пакетів при переповненні черг – *Tail Drop*, *Random Drop*, *Drop from Front*, *Random Early Detection*; методи, що визначають послідовність обслуговування черг – *First In – First Out*, *Class-Based Queuing*, справедлива черга, *Weighted Fair Queuing*, *Priority Queuing* та ін.; методи попереднього резервування ресурсів – пропускної спроможності, продуктивності процесорів, буферної пам'яті та ін.) та розподіл і резервування буферів (довільний розподіл буферної пам'яті між чергами, обмеження максимальної довжини черги та ін.) [20].

Висновок

Таким чином, проведений аналіз мобільних засобів зв'язку, які використовуються в тактичній ланці управління військами, дозволив з'ясувати їх основні особливості: забезпечення передачі інформаційних даних в сучасних мобільних радіомережах потребує спеціалізованого обладнання, алгоритмів та методів, які забезпечать швидку передачу даних, як в окремих вузлах і компонентах, так і в мережі в цілому; ефективне функціонування радіозасобів в МР передбачає існування системи управління в кожному мобільному вузлі, де використовується підсистема управління потоками даних в МР; застосування інформаційних технологій при розробці радіозасобів дозволяє інтелектуалізувати мобільні вузли, що забезпечує можливість їх самоорганізації у радіомережу та прийняття ними рішень з управління вузловими та мережевими ресурсами в умовах невизначеності МР; передача різних видів трафіка забезпечить підрозділи тактичної ланки управління військами всією необхідною для прийняття управлінських рішень інформацією в режимі реального часу, що значно підвищить бойову ефективність даних підрозділів.

Список літератури

1. Mathiesen M. Wireless Ad-Hoc networks for industrial automation: trends and prospects / M. Mathiesen, G. Thonet, N. Aakvaag // *Automation & Control*. – March 2007. – P. 26-31. www.dx.doi.org/10.3182/20050703-6-cz-1902.01170.
2. Шишаев М.Г. Современные технологии сетей типа Ad-hoc и возможные подходы к организации одноранговых телекоммуникационных сетей на базе мобильных устройств малого радиуса действия / М.Г. Шишаев, С.А. Потаман // Труды Кольского научного центра РАН. – 2010. – № 3. – С. 70-74.
3. Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring, in ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications / A. Mainwaring, J. Polastre, R. Szewczyk, D. Culler, J. Anderson // (WSNA'02), 2002. – P. 88-97.
4. Стрюк О.Ю. Метод максимізації корисності MESH-радіомережі на основі показників сприйняття якості обслуговування абонентів / О.Ю. Стрюк // Збірник наукових праць Військового інституту телекомунікацій та інформатизації Національного технічного університету України КПІ. – 2010. – № 2. – С. 131-140.
5. Lee K.A. Global On-Demand Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks / K.A. Lee Kimm, Reinhart // *Proceedings of IEEE NCA 2007*, Boston, MA. – 2007.
6. Романюк В.А. Мобільні радіомережі (MANET) – основа побудови тактичних мереж зв'язку / В.А. Романюк // IV наук.-пр. семінар ВІПІ “Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення”. – К.: ВІПІ НТУУ “КПІ”. – 2007. – С. 5-18.
7. Harsch C. Secure position-based routing for VANETs / C. Harsch, A. Festag, P. Papadimitratos // *Proceedings of IEEE 66th vehicular technology conference*. – Sept. 2007. – P. 26-30.
8. Survey A. Hoc Networks (FANETs) / A Survey // *Ad Hoc Netw.* – 2013. – Vol. 11, № 3. – P. 1254-1270.
9. Сальник С.В. Перспективи розвитку мобільних радіомереж / С.В. Сальник, В.В. Сальник // 70-та науково-технічна конференція Одеська національна академія зв'язку, 2015. – С. 14-17.
10. Офіційний сайт корпорації Harris. Режим доступу: <https://www.harris.com/sites/default/files/downloads/solutions/rf-7800v-hh-handheld-vhf-tactical-combat-net-radio.pdf>.
11. Офіційний сайт корпорації Aselsan. Режим доступу: www.aselsan.com.tr/en-us/capabilities/cpb1/Brochures/9671_vuhf_deniz/SRC-9671%20V-UHF%20Naval-Fixed%20Station%20Radio.pdf
12. Офіційний сайт корпорації Thales. Режим доступу: <https://www.thalesgroup.com/fr/mbitr2-1>
13. ELBiT SYSTEMS Land and C4. [Electronic resource]. – Available at: www.elbitsystems.com/Elbitmain/files/Tadiran%20SDR%207200HH_2012.pdf.
14. Офіційний сайт корпорації Exelis. Режим доступу: www.exelisinc.com/solutions/High-Capacity-Data-Radio/Documents/Centaur-High-Capacity-Data-Radio-Spanish.pdf.
15. Офіційний сайт корпорації Exelis. Режим доступу: www.exelisinc.com/solutions/Soldier-Radio-Multifunctional/Documents/Exelis-Soldier-Radio-Multifunctional.pdf.
16. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.
17. Миночкин А.И. Методология оперативного управления мобильными радиосетями / А.И. Миночкин., В.А. Романюк // Зв'язок. – 2005. – № 2. – С. 53-58.
18. Жук П.В. Аналіз методів управління потоками даних в мобільних радіомережах (MANET) / П.В. Жук // Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: ВІКНУ, 2011. – № 33. – С. 147-155.
19. Дымарский Я.С. Управление сетями связи: принципы, протоколы, прикладные задачи / Я.С. Дымарский, Н.П. Крутякова, Г.Г. Яновский – М.: ИТЦ Мобильные телекоммуникации, 2003. – 384 с.
20. Сова О.Я. Постановка проблеми управління потоками даних у мобільних радіомережах з динамічною топологією / О.Я. Сова // Збірник наукових праць ВІПІ НТУУ КПІ. – 2010. – № 1. – С. 92-100.

References

1. Mathiesen, M., Thonet, G. and Aakvaag, N. (2005), Wireless ad-hoc networks for industrial automation: current trends and future prospects, *IFAC Proceedings Volumes*, No. 38(1), pp. 89-100, www.dx.doi.org/10.3182/20050703-6-cz-1902.01170.
2. Shishaev, M.G. and Potaman, S.A., (2010), “Covremennyye tekhnologii setey tipa Ad-hoc i vozmozhnyye podkhody k organizatsii odnorangovykh telekommunikatsionnykh setey na baze mobil'nykh ustroystv malogo radiusa deystviya” [Modern technologies of Ad-hoc networks and possible approaches to the organization of peer-to-peer telecommunication networks based on mobile devices of short range], *Works of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, No. 3, pp.70-74.
3. Mainwaring, A., Polastre, J., Szewczyk, R., Culler, D. and Anderson, J. (2002), Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring, in ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications, *WSNA'02*, pp. 88-97.
4. Stryuk, O.Y. (2010), “Metod maksymizatsiyi korysnosti MESH-radiomerezhi na osnovi pokaznykiv spryynyattya yakosti obsluhovuvannya abonentiv” [The method of maximizing the usefulness of the MESH-radio network based on the perceptions of customer service quality], *Collection of scientific works of the Military Institute of Telecommunications and Informatization of the National Technical University of Ukraine “Kyiv Polytechnic Institute”*, No. 2, pp. 131-140.
5. Lee, K. and Reinhart (2007), Global On-Demand Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks, *Proceedings of IEEE NCA*, Boston, MA.

6. Romanjuk, V.A. (2007), "Mobil'ni radiomerezhi (MANET) – osnova pobudovy taktychnykh mrezh zv'yazku" [Mobile Radio Network (MANET) is the basis for building tactical communication networks], *IV Scientific and Practical Workshop of VITI "Priority Areas for the Development of Telecommunication Systems and Special Purpose Networks"*, pp. 5-18.
7. Harsch, C., Festag, A. and Papadimitratos, P. (2007), Secure position-based routing for VANETs, *Proceedings of IEEE 66th vehicular technology conference*, Sept., pp. 26-30.
8. Survey, A. (2013), Hoc Networks (FANETs), *Ad Hoc Netw.*, Vol. 11, No. 3, pp. 1254-1270.
9. Salnyk, S.V. and Salnik, V.V. (2015), "Perspektyvy rozvytku mobil'nykh radiomerezhi" [Prospects for the development of mobile radios], *70th scientific and technical conference Odessa National Academy of Communications*, pp.14-17.
10. The official site of the Corporation Harris, available at: www.harris.com/sites/default/files/downloads/solutions/rf-7800v-hh-handheld-vhf-tactical-combat-net-radio.pdf.
11. The official site of the Corporation Aselsan, available at: www.aselsan.com.tr/en-us/capabilities/cpb1/Brochures/9671_vuhf_deniz/SRC-9671%20V-UHF%20Naval-Fixed%20Station%20Radio.pdf.
12. The official site of the Corporation Thales, available at: www.thalesgroup.com/fr/mbitr2-1.
13. ELBiT SYSTEMS Land and C4, available at: www.elbitsystems.com/Elbitmain/files/Tadiran%20SDR%207200HH_2012.pdf.
14. The official site of the Corporation Exelis, available at: www.exelisinc.com/solutions/High-Capacity-Data-Radio/Documents/Centaur-High-Capacity-Data-Radio-Spanish.pdf.
15. The official site of the corporation, available at: www.exelisinc.com/solutions/Soldier-Radio-Multifunctional/Documents/Exelis-Soldier-Radio-Multifunctional.pdf.
16. Kucheryavyy, E.A. (2004) "Upravleniye trafikom i kachestvo obsluzhivaniya v seti Internet" [Traffic Management and Quality of Service on the Internet], Science and technology, SPb., 336 p.
17. Minochkin, A.I. and Romanyuk, V.A. (2005), "Metodologiya operativnogo upravleniya mobil'nymi radioset'yami" [The methodology of the operational management of mobile radio networks], *Links*, No. 2, pp. 53-58.
18. Zhuk, P.V. (2011), "Analiz metodiv upravlinnya potokamy danykh v mobilnykh radiomerezhakh (MANET)" [Analysis of data flow management methods in mobile radio networks (MANET)], *Collection of scientific works of the Military Institute of the Kyiv National Taras Shevchenko University*, No. 33, pp. 147-155.
19. Dymarsky, Y.S., Krutyakova, N.P. and Yanovsky, G.G. (2003), "Upravleniye set'yami svyazi: printsipy, protokoly, prikladnyye zadachi" [Management of communication networks: principles, protocols, applied tasks], Mobile Telecommunications, Moscow, 384 p.
20. Sova O.Y. (2010) "Postanovka problemy upravlinnya potokamy danykh u mobilnykh radiomerezhakh z dynamichnoyu topologiyeyu" [The problem of data flow management in mobile radio networks with dynamic topology], *Collection of scientific works of VITI NTUU "KPP"*, No. 1, pp. 92-100.

Надійшла до редколегії 19.09.2018

Схвалена до друку 20.11.2018

Відомості про авторів:

Сальник Сергій Васильович

начальник науково-дослідного відділу
Військового інституту телекомунікацій
та інформатизації,
Київ, Україна.
<https://orcid.org/0000-0003-4463-5705>

Єфанова Катерина Олександрівна

молодший науковий співробітник
Військового інституту телекомунікацій
та інформатизації,
Київ, Україна.
<https://orcid.org/0000-0003-2059-5761>

Бригадир Сергій Петрович

науковий співробітник
Військового інституту телекомунікацій
та інформатизації,
Київ, Україна.
<https://orcid.org/0000-0002-5473-3096>

Information about the authors:

Sergey Salnyk

Chief of Scientific Research Department
of Military Institute of Telecommunications
and Informatization,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4463-5705>

Kateryna Yefanova

Junior Researcher
of Military Institute of Telecommunications
and Informatization,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-2059-5761>

Sergey Brigadir

Research Associate
of Military Institute of Telecommunications
and Informatization,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5473-3096>

АНАЛИЗ МОБИЛЬНЫХ СРЕДСТВ СВЯЗИ ТАКТИЧЕСКОГО ЗВЕНА УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ

С.В. Сальник, Е.А. Ефанова, С.П. Бригадир

В статье рассматриваются мобильные средства связи тактического звена управления войсками. Обозначена задача мобильных радиосетей при их построении. Дано определение беспроводным самоорганизующимся сетям. Дана характеристика различным типам беспроводных самоорганизующихся сетей, работа которых основывается на следующих средствах, применяемых при построении сети: координатор, маршрутизатор и оконечное устройство. Рассмотрены основные характерные особенности наиболее применяемых радиосредств в тактическом звене управления войсками вооруженных сил передовых стран мира. Указаны основные уровни управления потоками данных, которые различают в телекоммуникационных сетях. Определены основные требования к потокам данных в мобильных радиосетях и функции методов управления потоками данных в беспроводных самоорганизующихся сетях. Предложено обеспечить передачу данных мобильной радиосети с использованием элементов интеллектуализации сетей применяемых в условиях нечеткой сетевой активности, что позволит обеспечить возможность самоорганизации мобильных узлов в радиосеть и принятия ими решений по управлению узловыми и сетевыми ресурсами в условиях неопределенности радиосетей, а передача различных видов трафика обеспечит подразделения тактического звена управления войсками всей необходимой для принятия управленческих решений информацией в режиме реального времени, что значительно повысит боевую эффективность данных подразделений.

Ключевые слова: тактическое звено управления войсками, мобильные радиосети, беспроводные самоорганизующиеся сети, средства связи, потоки данных, интеллектуализация управления.

ANALYSIS OF THE COMMUNICATION OF THE TACTICAL LEVEL OF MILITARY MANAGEMENT

S. Salnyk, K. Yefanova, S. Brigadir

The article deals with the mobile means of communication of the tactical level of command of troops. The task of mobile radio networks during their construction is outlined. The definition of a wireless self-organizing network, such as: Wireless Sensor Networks (WSN), Mesh-Networks, Ad Hoc, Mobile Ad-hoc Networks (MANET), Vehicle Ad-hoc Networks (VANET), Flying Ad-hoc Networks (FANET). Characterized types of wireless self-organizing networks. The work of each of the described types of networks is based on the following tools used for network construction: coordinator, router, and terminal device. These means at the present stage of telecommunication development are combined into mobile and fixed radio equipment, which are used in the tactical command line of the troops (TLUs) of the advanced countries of the world. The following communications are possible: Harris falcon 2 (3), Aselsan PRC-9661 / VRC-9661, THALES AN / PRC-148 MBITR2, Tadiran SSSDR-7200HH SkyPilot Extender, IIT Exel: Centaur HCDR IIT (SR- M), Cisco Aironet 1520 (1522) Series. The main characteristic features of the most widely used radio equipment in the tactical chain of command of the troops of the armed forces of the advanced countries of the world are considered. The basic levels of data flow management that are distinguished in telecommunication networks are indicated: the level of access to the network, the level of the "node of switching - the source - the node of commutation - the addressee", the level of "process-process". The basic requirements for data streams in mobile radio networks and functions of data flow management methods in wireless self-organizing networks are determined. It is proposed to provide the transmission of data of mobile radio network using the elements of intellectualization of networks used in the conditions of fuzzy network activist, which will enable the possibility of self-organization of mobile nodes in the radio network and their decision making on managing nodes and network resources in conditions of MN uncertainty, and transmission of different types of traffic will provide tactical units of command of troops all necessary for making managerial decisions in real-time information that will naturally increase the combat effectiveness of these divisions.

Keywords: tactical troop control unit, mobile radio networks, wireless self-organizing networks, communications equipment, data flows, intelligent control, traffic engineering.