

УДК 621.396



І. М. Майборода



В. Д. Лазарев



О. В. Ніконенко



М. І. Новіков

## ПІДХОДИ ДО ПОБУДОВИ МОБІЛЬНОЇ КОМПОНЕНТИ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ НАЦІОНАЛЬНОЇ ГВАРДІЇ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ MANET

*Розглянуто деякі підходи до побудови мобільної компоненти тактичного рівня системи зв'язку Національної гвардії України з використанням передових комунікаційних технологій та визначено перспективи їх застосування.*

**Ключові слова:** система зв'язку, радіозв'язок, технологія MANET, мобільні базові станції, інформаційний обмін.

**Постановка проблеми.** Сучасне поле бою – це дія, що відбувається у трьох стихіях (на землі, у небі, на воді та під водою), учасниками якої є люди (штаби, командири і солдати) та технічні засоби (стаціонарні і мобільні). А сучасна Воєнна доктрина України фокусується не на масовості, а на ефективному зосередженні зусиль для досягнення мети бою [1]. Такий підхід потребує чіткого розуміння ситуації на полі бою, яке ґрунтується на збиранні інформації щодо максимальної кількості різноманітних джерел у реальному режимі часу. Для реалізації цього підходу кожен учасник бою має бути укомплектований різними облаштуваннями зняття інформації й обміну нею (радіоповідомленнями, телефонними дзвінками, відео і зображеннями, телеметрією), а сам обмін повинен відбуватися у безперервному режимі.

Важливість цього обміну настільки висока, що про сучасний бій можна говорити як про такий, що відбувається в комунікаційному полі і переможцем з нього вийде той, хто має не лише класичні засоби ведення бою, але також і надійні засоби комунікації. В умовах високої ймовірності локальних (регіональних) збройних конфліктів розвинені країни світу, у тому числі й Україна, приділяють особливу увагу вдосконаленню систем зв'язку тактичної ланки управління. Досягнення інформаційної переваги є об'єктивною необхідністю успішного ходу бою (операції).

Відомо, що використовувані нині принципи організації зв'язку і технічне оснащення підрозділів зв'язку Національної гвардії

України (НГУ) не дозволяють цілком задовольнити потреби управління військами в умовах сучасного бою [2]. Основними недоліками існуючої системи зв'язку в тактичній ланці управління НГУ є низька мобільність вузлів зв'язку пунктів управління, невиконання вимог продуктивності, надійності, розвідвахищеності, невиконання ймовірнісно-часових характеристик інформаційного обміну, низька автоматизація процесів встановлення, ведення та підтримки радіозв'язку.

Тобто розроблення нових підходів до створення мобільної компоненти тактичного рівня системи зв'язку НГУ з використанням новітніх комерційних комунікаційних технологій, яка б відповідала вимогам сьогодення, є актуальною науковою проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Останнім часом у США проводяться інтенсивні розробки зі створення єдиної багатофункціональної інформаційно-управляючої системи, яка інтегрує функції управління військами, зброєю, розвідкою, радіоелектронною боротьбою, а також зв'язку, навігації, орієнтування і впізнання, – C4ISR (Command, Control, Communications, Computers, Intelligence, Surveillance & Reconnaissance) [3]. Крім того було введено термін “мережецентрична (network-centric) концепція ведення бойових дій”, яка визначила масштабне застосування комп'ютерів, високошвидкісних каналів та мереж на полі бою [3]. У працях [4, 5, 6] були розглянуті

сучасні комунікаційні технології, що цілком можуть бути використані для побудови військових систем зв'язку.

**Метою статті** є розробка нових підходів до побудови архітектури мобільної компоненти мереж зв'язку НГУ, яка б урахувала досвід розвитку тактичних систем зв'язку США, сучасні вимоги до процесу управління військами та відповідні вимоги до систем зв'язку тактичного рівня, а також сучасний рівень розвитку безпроводових телекомунікаційних технологій цивільного призначення.

**Виклад основного матеріалу.** У Національній гвардії України класичний аналоговий радіозв'язок фактично вже не використовується у бригадній і батальйонній ланках управління військами. На зміну йому прийшли безпроводові інформаційні мережі, що дозволяють одержувати не тільки формалізовані повідомлення про розкриті й знищені цілі, втрати, витрату боєприпасів та пального, але й відеозображення з місця бойових дій, інформацію від розвідувальних безпілотних літальних апаратів, літаків радіоелектронного спостереження та спостереження за наземними цілями [4]. Насправді для цього не потрібно винахіду нових засобів і механізмів зв'язку. Нинішній рівень розвитку комерційних систем передачі даних дозволяє використати їх у військових цілях без погіршення функціональності, рівня надійності та захищеності, а готові рішення дають змогу перенести їх у військове середовище з мінімальними змінами.

Ці рішення у цивільному світі об'єднані концепцією "Інтернет Речей" (Internet of Things (IoT)) [5], сутність якої полягає у створенні обчислювальної мережі фізичних об'єктів ("речей"), оснащених вбудованими технологіями для взаємодії один з одним або із зовнішнім середовищем. Застосування цієї концепції у військовому сегменті дозволяє створити мобільну мережу, яка об'єднує всі типи сенсорів і пристроїв (оптичні, термічні, акустичні, барометричні та інфрачервоні датчики, системи GPS, безпілотні літальні апарати (БЛА), відео- і фотокамери, радары, далекоміри тощо) і значно поліпшує керованість боєм, своєчасність здійснення маневрів і в цілому – ефективність місії, що виконується.

На кінцевому етапі військові системи зв'язку цілком можуть бути побудовані на основі технологій комерційних мереж. Кожен

військовослужбовець буде мати мобільний доступ для передачі у будь-який час, у будь-якому місці мови, даних, графіків, відео за допомогою мультимедійного переносного комп'ютера, сполученого з радіотерміналом. Тому в перспективних тактичних мережах необхідно використовувати комерційні стандарти і проводити наукові розробки з урахуванням унікальних характеристик військової інфраструктури.

Проведений аналіз можливих варіантів побудови архітектури мереж тактичної ланки управління продемонстрував переваги застосування мобільних радіомереж у порівнянні зі стільниковими чи транкінговими мережами. На цей час озброєння частин Національної гвардії сучасними засобами зв'язку дозволяє створити перші елементи комунікаційного полю бою. Наприклад, технологія MotoTRBO IP Site Connect (IPSC) дає змогу створити досить функціональну систему транкінгового радіозв'язку, яка спроможна охопити велику територію [6]. Технічні та програмні рішення корпорації Harris дозволяють забезпечити впровадження у систему зв'язку НГУ радіомереж MANET (Mobile Ad Hot Networking) [7].

Технологія MotoTRBO IP Site Connect (IPSC), в основі якої – використання стандарту DMR, створена спеціально для розширення зони дії системи двобічного радіозв'язку MotoTRBO. Це рішення дає змогу зв'язувати між собою кілька систем за допомогою стандартної IP-мережі, забезпечуючи безперервну передачу мови і даних без територіальних обмежень.

У цій статті більш детально розглянемо можливості й особливості застосування технології радіомереж MANET. Це динамічна архітектура побудови мереж, яка самоорганізується і не містить базових станцій та фіксованих маршрутів передачі інформації. Під вузлом мережі розуміється термінал (переносний комп'ютер, персональний секретар, сенсорний пристрій, робот тощо, оснащений радіомодемом), який виконує функції хоста та маршрутизатора. У цих мережах топологія випадкова, всі її елементи можуть бути мобільними, принцип організації передачі інформації – комутація повідомлень (пакетів), тип управління децентралізований. У мережі MANET кожна радіостанція, що носить, є маршрутизатором і зв'язується із кожною такою радіостанцією, що знаходиться у межах видимості. Таким чином, формується

багатозв'язкова мережа, яка характеризується дуже високою мірою живучості, де кожен термінал пов'язаний із множиною інших і у нього майже завжди є альтернативний маршрут до будь-якого з терміналів цієї мережі.

Механізми організації зв'язності дозволяють ефективно реагувати на появу, зникнення і переміщення "сусідніх" вузлів, забезпечуючи найкращий маршрут (по пропускній смугі, затримці та ін.) між будь-якою парою вузлів у мережі або до шлюзу в Інтернет. У цій мережі немає централізованого управління (контролера), тому вивести її з ладу шляхом знищення контролера неможливо через відсутність такого.

Мобільна компонента покликана забезпечити інформаційний обмін в інтересах усіх військ, що діють у тактичній зоні незалежно від

їхнього підпорядкування і завдань, які вони виконують. Передбачається, що її архітектура повинна бути неоднорідною, ієрархічною, яка складається з трьох основних рівнів (див. рис. 1): 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 БЛА.

Додатковий нульовий рівень можуть утворювати сенсорні мережі (мережі телеметрії). Створення кожного рівня передбачає поліпшення показників якості функціонування всієї системи зв'язку. Кожен рівень мобільної компоненти використовує свій піддіапазон частот. Основні характеристики складових мобільної компоненти наведені у таблиці.

| 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 терміналу; відстань зв'язку та швидкість передачі (залежать від частоти, потужності передавача, типу антени тощо) | Солдат – од. Вт, до 1 км; транспортний засіб –20 Вт, кілька 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     |

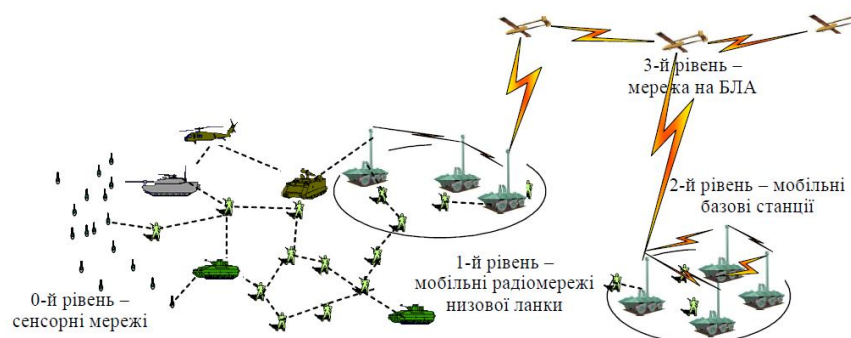


Рис. 1. Перспективна архітектура мобільної компоненти

Перший рівень (рис. 2) 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. Як ретранслятор (точніше, маршрутизатор) може бути будь-який мобільний абонент свого рівня або МБС – елемент другого рівня ієрархії, що перебуває з ним у межах радіозв'язності. Переваги мобільних радіомереж очевидні: відсутність етапу планування (можливість самоорганізації), швидке розгортання, децентралізоване управління (дуже висока живучість), робота в русі всіх елементів мережі тощо.

Другий рівень мобільної компоненти (див. рис. 3) утворює мережа МБС (наземна магістральна мережа). Вона призначена для

поліпшення якості зв'язку, а насамперед – для підвищення продуктивності мобільної компоненти та надання заданої якості обслуговування абонентів (QoS). Кожна МБС є вузол (шлюз) комутації, який за допомогою наявних засобів передачі забезпечує:

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

- доступ мобільних абонентів до використання ресурсів мереж МБС та БЛА [8].

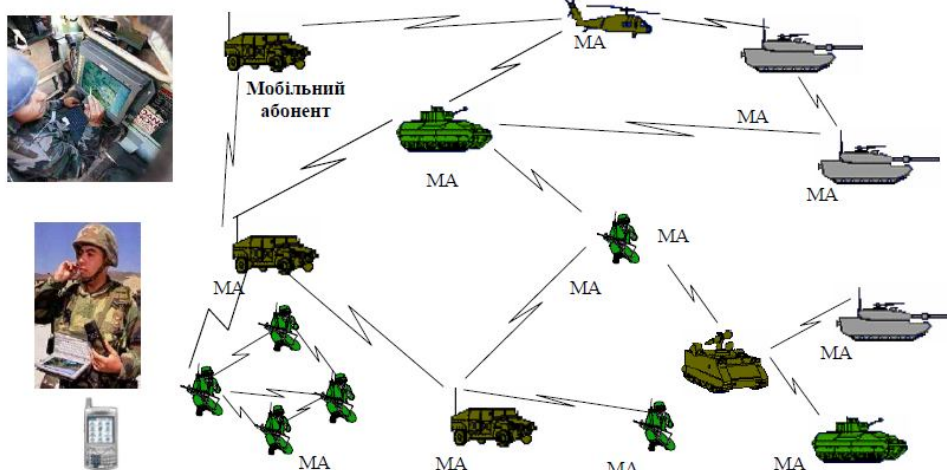


Рис. 2. MANET 1-го рівня



Рис. 3. Мережа мобільних базових станцій (MANET 2-го рівня)

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 БЛА (рис. 4).

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. Безпілотні летальні апарати об'єднані у мережу повітряних вузлів комутації повідомлень (пакетів) з реалізацією функцій маршрутизації: збирання (розсилання) маршрутної інформації, її зберігання, обчислення маршрутів, передача пакетів за маршрутами двох типів. Перший тип маршруту обумовлює ретрансляцію трафіка у межах своєї зони. Другий тип – між різними ( $m-n$ ) зонами: абонент  $i$  – МБС $m$  – БЛА $m$  – ... – БЛА $n$  – МБС $n$  – абонент. Переваги застосування мережі БЛА полягають у такому:

- забезпечується зв'язність між географічно розділеними угрупованнями військ (зонами мобільної компоненти);
- підвищується надійність зв'язку між МБС у межах однієї зони внаслідок появи альтернативних незалежних маршрутів передачі;
- збільшується продуктивність мережі за рахунок: використання радіоканалів між БЛА з більшою пропускну здатністю в порівнянні з радіоканалом МБС-МБС, ефективності керування мобільним компонентом (зменшується обсяг переданої службової інформації й зменшується час її збирання), скорочення в кілька разів довжин маршрутів передачі інформації й т. ін.;

- забезпечується задана якість обслуговування абонентів (QoS) унаслідок застосування детермінованих протоколів множинного доступу;

- забезпечується дистанційне збирання розвідувальної інформації або її знімання з датчиків сенсорних мереж.

Технологія MANET реалізована деякими виробниками. Рішення одного з них – компанії Harris – уже частково використовується у частинах Національної гвардії – називається ANW2 (форма сигналу мережі Ad-Hoc) MANET. Може бути налаштована для мережі з 2-10 радіостанцій і забезпечує такі характеристики для кожного каналу зв'язку в мережі:

- багато одночасних користувачів;
- одночасна передача голосу і даних;
- автоматична безпечна ретрансляція аних;
- стандартні дані за протоколом IP забезпечують просте і безшовне з'єднання з будь-якою стандартною мережею Internet;
- стандартне шифрування AES убезпечує передачу “точка-точка”;
- ключ TRANSEC забезпечує безпеку лінії передачі;
- мережа формується автоматично, сама відновлюється;
- високошвидкісна передача даних по радіоканалу зі швидкістю до 5 Мбіт/с.

На сьогодні технології, комерційні рішення у царині віртуалізації дозволяють ефективно управляти фізичними ресурсами всіх типів пристроїв (сервера, сховища та мережі) і забезпечувати високий рівень надійності та захищеності інформаційних систем, що дає змогу істотно скоротити витрати на побудову й обслуговування інформаційних систем.

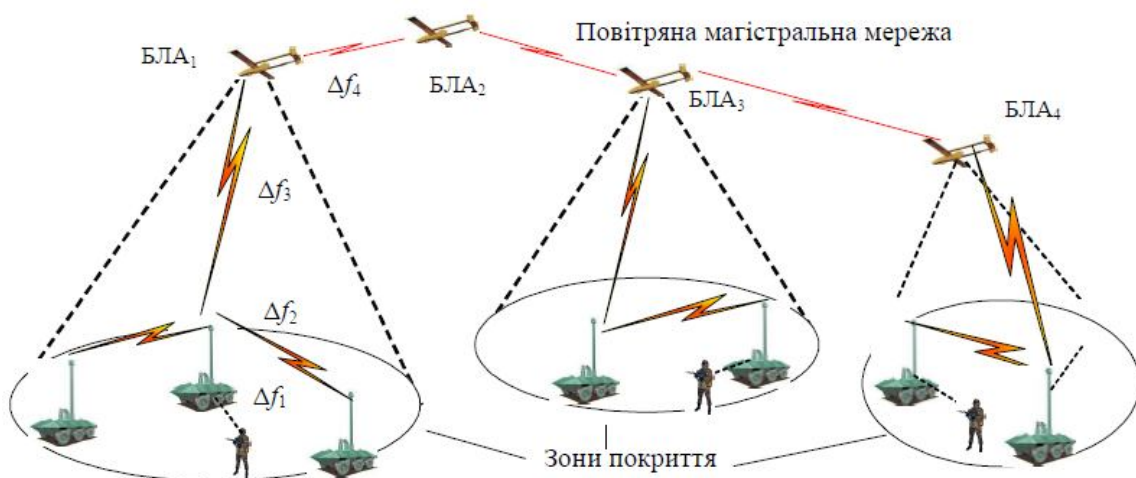


Рис. 4. Мережа на БЛА (MANET 3-го рівня)

Це, безумовно, варте того, щоб бути застосованим у військових цілях.

### **Висновок**

Безліч сучасних комерційних технологій, обслуговуючих цивільний сегмент, цілком застосовні й у військовому сегменті. Складність і розміри комерційних мереж (включаючи сам по собі Інтернет), насиченість і різноманітність сервісів, високі вимоги до безпеки у бізнес-сегменті дозволяють легко використати “цивільні” технології у військовій справі, оскільки вони гарантують високу безпеку і надійність зв'язності. Єдине, у чому цивільний сегмент не досяг успіху, – це фізичний захист устаткування, тому під час його вибору слід звертати пильну увагу на ці характеристики.

### **Список використаних джерел**

1. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 2 вересня 2015 року “Про нову редакцію Военної доктрини України” [Текст] : Указ Президента України № 555/2015.

2. Особливості організації зв'язку у військових частинах та підрозділах Національної гвардії України [Текст] / Г. А. Дробаха, М. О. Єрмошин, В. І. Щербина та ін. // Честь і закон. – 2016. – № 2 (57). – С. 19–25.

3. Andreas Tolk, Ph.D. Using the C4ISR Architecture Framework as a Tool to Facilitate VV&A for Simulation Systems within the Military Application Domain. Foundations for V&V in the 21st Century Workshop Laurel, Maryland, October 2002.

4. Кривошеєв, А. М. “Мережецентрична війна” – заходи оборони і нейтралізації нападу [Текст] / А. М. Кривошеєв // Системи озброєння і військова техніка. – 2010. – № 3 (23). – С. 51–56.

5. Лаврут, О. О. Метод управління потоками інформації у фрагменті мобільного компоненту перспективної системи зв'язку в надзвичайних ситуаціях, що змінюються [Текст] / О. О. Лаврут // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2012. – № 1 (7). – С. 94–101.

6. Конвенциональная цифровая система радиосвязи стандарта DMR IP SITE CONNECT. Radio Resource Inc. Motorola Solutions Channel Partner Denver, Colorado, 2018.

7. Концепция иерархического построения интеллектуальных систем управления тактическими радиосетями класса MANET [Текст] / В. А. Романюк, О. Я. Сова та ін. // Сборник тезисов и выступлений XXII международной Крымской конференции. – Севастополь : КрыМиКО, 2012. – С. 265.

8. Романюк, В. А. Мобільні радіомережі (MANET) – основа побудови тактичних мереж зв'язку [Текст] / В. А. Романюк // Матеріали IV науково-практичного семінару ВІТІ. – Київ : ВІТІ НТУУ “КПІ”, 2007. – С. 5–18.

9. Особливості організації зв'язку у військових частинах та підрозділах Національної гвардії України [Текст] / Г. А. Дробаха, М. О. Єрмошин, В. І. Щербина та ін. // Честь і закон. – 2016. – № 2 (57). – С. 19–25.

10. Офіційний сайт корпорації Harris [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://rf.harris.com> (дата звернення : 09.11.2018). – Назва з екрана.

*Стаття надійшла до редакції 27.12.2018 р.*

**УДК 621.396**

**И. Н. Майборода, В. Д. Лазарев, О. В. Ніконенко, Н. И. Новиков**

### **ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ МОБИЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ СИСТЕМЫ СВЯЗИ НАЦИОНАЛЬНОЙ ГВАРДИИ УКРАИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MANET**

*Рассмотрены некоторые подходы к построению мобильной компоненты тактического уровня системы связи Национальной гвардии Украины с использованием передовых коммуникативных технологий и определены перспективы их применения.*

**Ключевые слова:** система связи, радиосвязь, технология MANET, мобильные базовые станции, информационный обмен.

**UDC 621.396**

**I. M. Mayboroda, V. D. Lazarev, O. V. Nikonenko, M. I. Novikov**

**SOME ASPECTS OF MOBILE COMPONENTS SYSTEM OF COMMUNICATION OF THE NATIONAL GUARD OF UKRAINE BASED ON THE MANET TECHNOLOGY**

*The current level of commercial data transmission systems development allows them to be used for military purposes without loss for functionality, level of reliability and security. Ready decisions allow these systems to be transferred into the military environment with minimal changes. This article highlights some new approaches to the building of the mobile component architecture of the NGU communication network, which can take into account the experience of the development of tactical communications systems in the USA, modern requirements to the process of troops command and the corresponding requirements for tactical level communication systems, as well as the current level development of wireless telecommunication technologies for civilian use.*

*The possibilities and peculiarities of application technology of radio networks MANET are considered in more detail. It is a dynamic self-organizing network architecture, which does not include base stations and fixed routes for information transmission. Thus, a multi-link network is formed, which is characterized by a very high level of survivability, where each terminal is connected to a plurality of other terminals and has an alternative route to them.*

*The mobile component of the NGU communication system is intended to provide an exchange of information in the interests of all troops operating in the tactical zone, regardless of their subordination and the tasks they perform. It is assumed that its architecture should be heterogeneous, hierarchical, which consists of three main levels: 1st - mobile radio networks of the lower echelon; 2nd - the network of mobile base stations that create the backbone network; 3rd - air network, which can be implemented on the camera drones. An additional zero level can form sensory networks (telemetry networks). The creation of each level involves improving the performance indicators of the entire communication system. Each level of the mobile component uses its own sub-band frequencies.*

**Keywords:** communication system, radio communication, MANET technology, mobile base stations, information exchange.

**Майборода Ігор Миколайович** – кандидат військових наук, доцент, завідувач кафедри військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0002-8389-6994>

**Лазарев Віктор Дмитрович** – старший викладач кафедри військового зв'язку Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0002-2424-4195>

**Ніконенко Олег Вікторович** – старший помічник начальника науково-організаційного відділу Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0003-0689-2030>

**Новіков Микола Іванович** – кандидат військових наук, доцент, доцент кафедри підготовки офіцерів запасу Національної академії Національної гвардії України  
<https://orcid.org/0000-0001-9747-9465>