

## АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ ОРГАНІЗАЦІЇ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОСНОВІ СТАНДАРТІВ 802.11XX

*Проблема, на вирішення якої спрямована робота – це забезпечення надійним зв'язком і своєчасною та якісною інформацією пошуково-рятувальних робіт в зоні надзвичайної ситуації (НС) завдяки застосуванню безпроводових мереж із мобільними абонентами, телекомунікаційних наземних вузлів, ефективного управління ними із одночасним забезпеченням структурно-функціональної зв'язності мобільних компонентів в умовах їх швидкого та непередбачуваного переміщення. Об'єкт дослідження – телекомунікаційна мобільна мережа на основі стандартів IEEE 802.11xx для використання в умовах НС. Предмет дослідження – можливість організації мобільного зв'язку на основі стандартів IEEE 802.11xx в умовах НС. Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні доцільності організації мобільного зв'язку на основі стандартів IEEE 802.11xx в умовах НС.*

*Уривский Л.А., Мошинская А.В., Осипчук С.А. Анализ возможностей организации мобильной связи в условиях чрезвычайных ситуаций на основе стандартов 802.11xx. Проблема, на решение которой направлена работа – это обеспечение надежной связью, своевременной и качественной информацией поисково-спасательных работ в зоне чрезвычайной ситуации (ЧС) благодаря применению беспроводных сетей с мобильными абонентами, телекоммуникационных наземных узлов, эффективному управлению ими с одновременным обеспечением структурно-функциональной связности мобильных компонент в условиях их быстрого и непредсказуемого перемещения. Объект исследования – телекоммуникационная мобильная сеть на основе стандартов IEEE 802.11xx для использования в условиях ЧС. Предмет исследования – возможность организации мобильной связи на основе стандартов IEEE 802.11xx в условиях ЧС. Научная новизна работы заключается в обосновании целесообразности организации мобильной связи на основе стандартов IEEE 802.11xx в условиях ЧС.*

*L.Uryvsky, A.Moshynska, S.Osypchuk The possibilities analysis of the organizing the mobile communications for emergency situations based on 802.11xx standards. The problem that the work is aimed at is providing reliable communications, timely and high-quality information delivery of the rescue operations in the emergency zones through the use of wireless networks with mobile subscribers, telecommunications ground nodes, and efficient management of them while ensuring structural and functional connectivity of mobile components in terms of their rapid and unpredictable movement. The object of study is a telecommunications mobile network based on IEEE 802.11xx standards for use in emergency cases. The subject of the research is the possibility of organizing the mobile communications based on IEEE 802.11xx standards in emergency situations. The scientific novelty of the work is to justify the feasibility of organizing mobile communications based on IEEE 802.11xx standards in emergency situations.*

**Ключові слова:** надзвичайна ситуація, мобільний зв'язок, стандарти IEEE 802.11xx

**Актуальність, постановка задачі.** На сьогоднішній день в Україні існує ситуація, за якої час від часу виникає необхідність в реагуванні на так звані **надзвичайні ситуації**. Згідно Кодексу цивільного захисту України [1], **надзвичайна ситуація** – це обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, аварією, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності. Ефективне реагування на надзвичайні ситуації (НС) можливе лише за наявності ефективної системи оповіщення та зв'язку між населенням, спеціалізованими службами цивільного захисту та іншими причетними до НС сторонами.

Для оповіщення про загрозу або виникнення НС [1] передбачається централізоване використання телекомунікаційних мереж загального користування (ТМЗК), у тому числі мобільного (рухомого) зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж і телекомунікаційних мереж суб'єктів господарювання, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та

місцевого радіомовлення і телебачення та інших технічних засобів передавання (відображення) інформації, – проте без зазначення яких саме засобів та їх особливостей.

Згідно [2], час інформування та оповіщення про загрозу виникнення або виникнення НС, час проходження інформації від органу виконавчої влади, органу місцевого самоврядування, територіальних органів ДСНС до оперативно-чергової служби ДСНС в усній формі становить 5 хвилин після отримання інформації про загрозу виникнення або виникнення НС. Дані показник та критерій є вагомими для проектування та реалізації відповідної ефективної системи зв'язку. У [2] зазначено, що для управління єдиною державною системою цивільного захисту використовується телекомунікаційна мережа загального користування (ТМЗК), телекомунікаційна мережа спеціального призначення (ТМСП), та державна система урядового зв'язку. Проте, в той же час, ТМЗК чи система урядового зв'язку можуть бути не придатними для здійснення зв'язку в зоні самої НС, і саме тому може виникати необхідність у розгортанні мобільної ТМСП.

У [3] зазначено, що для вирішення НС передбачається використання можливостей рухомого (мобільного) та супутникового зв'язку. Експлуатаційно-технічне обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та технічних засобів телекомунікацій здійснюється операторами телекомунікацій або іншими підприємствами та організаціями, що надають послуги в галузі телекомунікацій. У випадку, коли оператори телекомунікацій не в змозі забезпечувати ефективний зв'язок у разі виникнення НС на окремій території чи суб'єкті господарювання, то виникає потреба у розробці та локальному розгортанні саме такої мобільної телекомунікаційної мережі, яка буде здатна забезпечувати ефективний зв'язок на окремій території чи суб'єкті господарювання.

В роботах вітчизняних вчених [4-8] розглядається управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення, пропонується архітектура системи управління мережами MANET як мобільними одноранговими мережами; розглядаються методологічні основи управління перспективними неоднорідними безпроводовими сенсорними мережами тактичної ланки управління військами. Проте часто необхідна побудова мережі як з компонентою доступу, так і з транспортною компонентою, і саме тому в даній роботі проводиться аналіз можливостей організації мобільного зв'язку в умовах НС на основі стандартів 802.11xx [9], як таких що мають широке застосування сьогодні для побудови цифрових безпроводових телекомунікаційних мереж, включаючи транспортну компоненту та компоненту доступу до мережі зв'язку.

**Проблема**, на вирішення якої спрямована робота – це забезпечення надійним зв'язком і своєчасною та якісною інформацією пошуково-рятувальних робіт в зоні надзвичайної ситуації завдяки застосуванню безпроводових мереж із мобільними абонентами, телекомунікаційних наземних вузлів, ефективного управління ними із одночасним забезпеченням структурно-функціональної зв'язності мобільних компонент в умовах їх швидкого та непередбачуваного переміщення.

Відсутність засобів в державі для розгортання або використання захищених автономних мереж мобільного зв'язку для вирішення НС та необхідність в таких засобах згідно законодавства України [1-3], підкреслює актуальність аналізу можливості побудови безпроводових мобільних мереж на основі стандартів IEEE 802.11xx із мобільними абонентами, що розгортаються у зоні НС і діють в умовах невизначеності.

**Метою** дослідження є аналіз особливостей та технічних характеристик стандартів IEEE 802.11 та пропозицій щодо забезпечення надійним зв'язком і своєчасною та якісною інформацією пошуково-рятувальних робіт в зоні надзвичайної ситуації на основі застосування безпроводових мобільних мереж на основі стандартів IEEE 802.11xx та відповідних засобів зв'язку, телекомунікаційних наземних вузлів і ефективного управління ними із одночасним забезпеченням структурно-функціональної зв'язності мобільних компонент мережі в умовах їх швидкого та непередбачуваного переміщення.

Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

- Огляд характеристик стандартів IEEE 802.11xx, їх переваг та недоліків;

- Обґрунтування побудови комплексної системи мобільного зв'язку (з наявністю транспортної компоненти та компоненти доступу), на основі безпроводових засобів стандарту 802.11xx, та проводових засобів для розподілу і маршрутизації потоків інформації;
- Огляд існуючих рішень засобів IEEE 802.11xx та їх характеристик.

Таким чином, в системі мобільного зв'язку повинно бути реалізовано поєднання систем високошвидкісного цифрового радіообладнання на основі стандартів 802.11xx для транспортної компоненти та компоненти доступу мережі зв'язку, та модернізованого під потреби силових відомств проводового обладнання маршрутизації цифрових потоків, комутації та розподілу інформації, завдяки чому виникає можливість гнучкого конфігурування комбінованих (проводово-безпроводових) систем передачі інформації, із забезпеченням необхідного рівня криптографічного захисту інформації.

**Об'єкт дослідження** – телекомунікаційна мобільна мережа на основі стандартів IEEE 802.11xx для використання в умовах НС.

**Предмет дослідження** – можливість організації мобільного зв'язку на основі стандартів IEEE 802.11xx в умовах НС.

**Наукова новизна** роботи полягає в обґрунтуванні доцільності організації мобільного зв'язку на основі стандартів IEEE 802.11xx в умовах НС.

**Основна науково-технічна ідея роботи.** В основу роботи покладена науково-технічна ідея, яка полягає в науковому обґрунтуванні та розробці комплексу методів, алгоритмічних і програмних засобів для реалізації багаторівневої динамічної архітектури безпроводової мобільної мережі, всі елементи якої є мобільними. Реалізація цієї ідеї ґрунтується на ствердженні про те, що отримання оперативної інформації має здійснюватися за мінімальний час про події, що відбуваються у зоні НС (*стан оперативного ландшафту, напрямки пошуку і шляхи рятування, розташування потерпілих та об'єктів небезпеки, пріоритетність надання допомоги, тенденції розвитку надзвичайної ситуації, супроводження та захист рятувальників і медичного персоналу, локалізація мародерів та їх знешкодження, відновлення зв'язку та недопущення паніки*).

Система мобільного зв'язку складається з транспортної компоненти та компоненти доступу, з метою високошвидкісного розподілу інформації з використанням стандартів безпроводового зв'язку IEEE 802.11xx, засобів цифрової комутації та криптографічного захисту інформації, для забезпечення своєчасного передавання великих об'ємів інформації з високою швидкістю та заданою достовірністю інформації.

**Очікувані результати.** В роботі передбачається аналіз можливості організації транспортної компоненти мережі виду точка-точка із використанням засобів передавання інформації на основі стандартів IEEE 802.11xx, ретрансляції сигналу на основі кількох ліній точка-точка, і розподілом потоків інформації в точках ретрансляції виду точка-багатоточка.

**Огляд характеристик стандартів IEEE 802.11xx, їх переваг та недоліків.**

IEEE 802.11xx – це набір стандартів безпроводової мережі [9-17] (табл. 1), розроблений інститутом інженерів електротехніки та електроніки. Як і всі стандарти комітету IEEE 802, у документі IEEE 802.11 розглядаються два нижніх рівні моделі взаємодії відкритих систем (OSI): фізичний і канальний (Data Link layer). На фізичному рівні стандарт визначає спосіб роботи із середовищем передачі, швидкість і методи модуляції. На Data Link, або MAC-рівні – принцип, за яким пристрої використовують (ділять) загальний канал, способи підключення пристроїв до точок доступу і їх аутентифікації, механізми захисту даних.

Найбільш поширеними сьогодні є стандарти IEEE 802.11n та 802.11ac. Стандарт 802.11n підвищує швидкість передачі даних практично вчетверо в порівнянні з пристроями стандартів 802.11g (максимальна швидкість яких дорівнює 54 Мбіт/с), за умови використання в режимі 802.11n з іншими пристроями 802.11n. Теоретично 802.11n здатний забезпечити швидкість передачі даних до 600 Мбіт/с, застосовуючи передачу даних відразу через чотири антени. При використанні однієї антени – до 150 Мбіт/с. У безпроводових мережах 802.11 використовуються два частотні діапазони 2.4 ГГц і 5 ГГц. Безпроводові мережі стандарту 802.11b/g працюють на частоті 2.4 ГГц, мережі стандарту 802.11a

працюють на частоті 5 ГГц, а мережі стандарту 802.11n для сумісності можуть працювати як на частоті 2,4 ГГц, так і на частоті 5 ГГц. Підтримуються частотні канали 802.11 шириною 20MHz і 40MHz (2x20MHz). Використовувана радіочастотна технологія: OFDM. Використовується технологія OFDM MIMO (Multiple Input Multiple Output) до рівня 4x4 (4 передавачі і 4 приймачі). Приклади можливих MCS (Modulation & Coding Scheme) для стандарту IEEE 802.11n, а також максимальні теоретичні швидкості передачі даних в радіоканалі представлені в [8].

Таблиця 1

Основні характеристики стандартів сімейства IEEE 802.11

Назва стандарту	Частота, що використовується, ГГц	Швидкість передачі даних	Радіус зони покриття, м
IEEE 802.11a	2,4 та 5	до 54 Мбіт/с	100
IEEE 802.11b	2,4	до 11(22) Мбіт/с	300
IEEE 802.11g	2,4	до 54 Мбіт/с	300
IEEE 802.11n	2,4-2,5 та 5	до 600 Мбіт/с	>400
IEEE 802.11ac	5-6	до 6 Гбіт/с	>500

**Стандарт 802.11ac**, який ще називають VHT (very high throughput – дуже висока пропускна здатність), являє собою поправки до версії стандарту 802.11-2007. На фізичному рівні в 802.11ac, як і в 11a і 11n, застосовується мультиплексування з ортогональним частотним поділом сигналів OFDM; використовується той же принцип модуляції, переміщення бітів і кодування, що і в 802.11n. Пристрої 802.11ac повинні підтримувати канали 20, 40 і 80 МГц і 1 просторовий потік. У той же час для забезпечення більш високої пропускної здатності введено кілька доповнень:

- підтримка каналів шириною 80 + 80 МГц і 160 МГц;
- підтримка від 2 до 8 просторових каналів;
- модуляція 256QAM;
- принцип MIMO для декількох користувачів;
- короткий захисний інтервал 400 нс;
- просторово-часове блочне кодування STBC (space time block coding);
- код з малою щільністю перевірок на парність LDPC (low density parity check).

Відмінністю стандарту 802.11ac є мала кількість індексів MCS, що характеризують способи модуляції. В стандарті 802.11ac передбачено всього 10 варіантів MCS, а в попередника 802.11n – аж 77 варіантів.

Обґрунтування побудови комплексної системи мобільного зв'язку, з наявністю транспортної компоненти та компоненти доступу на основі безпроводових засобів стандарту 802.11xx, та проводових засобів для розподілу і маршрутизації потоків інформації.

Як зазначено вище, комплексна система мобільного зв'язку повинна складатися з транспортної компоненти та компоненти доступу, з метою високошвидкісного розподілу інформації з використанням стандартів безпроводового зв'язку IEEE 802.11xx, засобів цифрової комутації та криптографічного захисту інформації, для забезпечення своєчасного передавання великих об'ємів інформації з високою швидкістю та заданою достовірністю інформації, у заданій зоні виникнення НС та з можливістю організації зв'язку як на території НС, так і з можливістю здійснення зв'язку зі штабом.

На рис. 1 наведено базову схему зазначеної мережі, де буквами А, Б, В, Г позначено основні вузли мережі. Мережа рис. 1 має наступні показники та якісні характеристики:

- Автономність: всі елементи мережі передбачають автономне живлення та контроль кількості заряду. Автономне живлення розраховане на певний період роботи з певним навантаженням, з можливістю дозарядки батарей живлення в рамках чи за рамками зони НС;

- Мобільність: всі елементи мережі передбачають абсолютну (абоненти вузлів точка-багатоточка, сенсори мережі), чи часткову мобільність (наприклад, вузли точка-точка: радіорелейні станції) – можливість перенесення вузла зв'язку на нове місце за необхідністю в період обмеженого допустимого відрізка часу. Застосування сучасних цифрових технологій зв'язку та стандартів 802.11xx передбачає використання режимів хендоверу для мобільних абонентів в разі їх переміщення в рамках зони, що обслуговується мобільною мережею на основі стандартів 802.11xx;

- Комплексність: архітектура мережі передбачає використання базових структурних компонент:

Транспортна компонента: головні транспортні лінії мобільної мережі представлені радіорелейними лініями на основі засобів 802.11xx виду точка-точка, що розгортаються за необхідністю (та з можливістю зміни розташування вузлів передачі та ретрансляції сигналу), з врахуванням особливостей місцевості, та з метою побудови мережі достатньої зв'язності для забезпечення необхідним зв'язком абонентів мобільної мережі. Може бути реалізована на несучій частоті 5-6 ГГц;

Компонента доступу: вузли виду точка-багатоточка представлені точками доступу для підключення абонентів мережі по безпроводовому каналу зв'язку, що забезпечується узгодженням обладнання абонентів та базових станцій чи точок доступу на основі стандартів 802.11xx. Може бути реалізована на частоті 2.4 ГГц;

- Живучість: вузли доступу абонентів та ретрансляції А, Б, та В мають лінії РРЛ між собою для підвищення живучості мережі у разі припинення функціонування одного чи більшої кількості вузлів ретрансляції за причиною виходу з ладу, навмисного руйнування вузла, розряджання батареї живлення чи інших причин;

- Гнучкість: мережа на основі засобів 802.11xx є абсолютно гнучкою у конфігурації структури мережі, її топології, використовуваних компонент в залежності від їх характеристик, завадо- та криптозахищеності;

- Масштабованість: наведена на рис. 1 схема мережі – приклад можливої реалізації мережі, на основі трьох вузлів доступу і ретрансляції А, Б і В; проте дана конфігурація може бути легко масштабована на необхідну кількість вузлів мережі, зі створенням ефективної сітки покриття та забезпечення зв'язком зони НС;

- Захищеність: безпроводова мобільна мережа на основі засобів 802.11xx передбачає захищеність безпроводових каналів зв'язку від завад в радіоканалі, а також методи криптографічного програмного чи апаратного захисту інформації від втручання зловмисників в мережу з метою спотворення чи викрадення конфіденційної інформації.

На рис. 1 центр керування мережею показаний як локальний (в рамках зони НС), так і віддалений – для віддаленого доступу до мережі за допомогою проводового чи безпроводового модему зв'язку.

Абоненти мережі рис. 1 зображені з мобільними терміналами на основі стандартів 802.11xx, та знаходяться в межах зони покриття мобільної мережі, або ж за її межами.

На рис. 1 базові станції (точки доступу), та точки ретрансляції А, Б, В характеризуються:

а) радіальною зоною покриття території НС (Б, В), або ж

б) секторним виконанням зон покриття території, – дана задача вирішується на етапі проектування мережі, з подальшим вибором відповідних приймально-передавальних пристроїв 802.11xx з круговими, секторними чи направленими антенами, в залежності від призначення мережевих компонент.

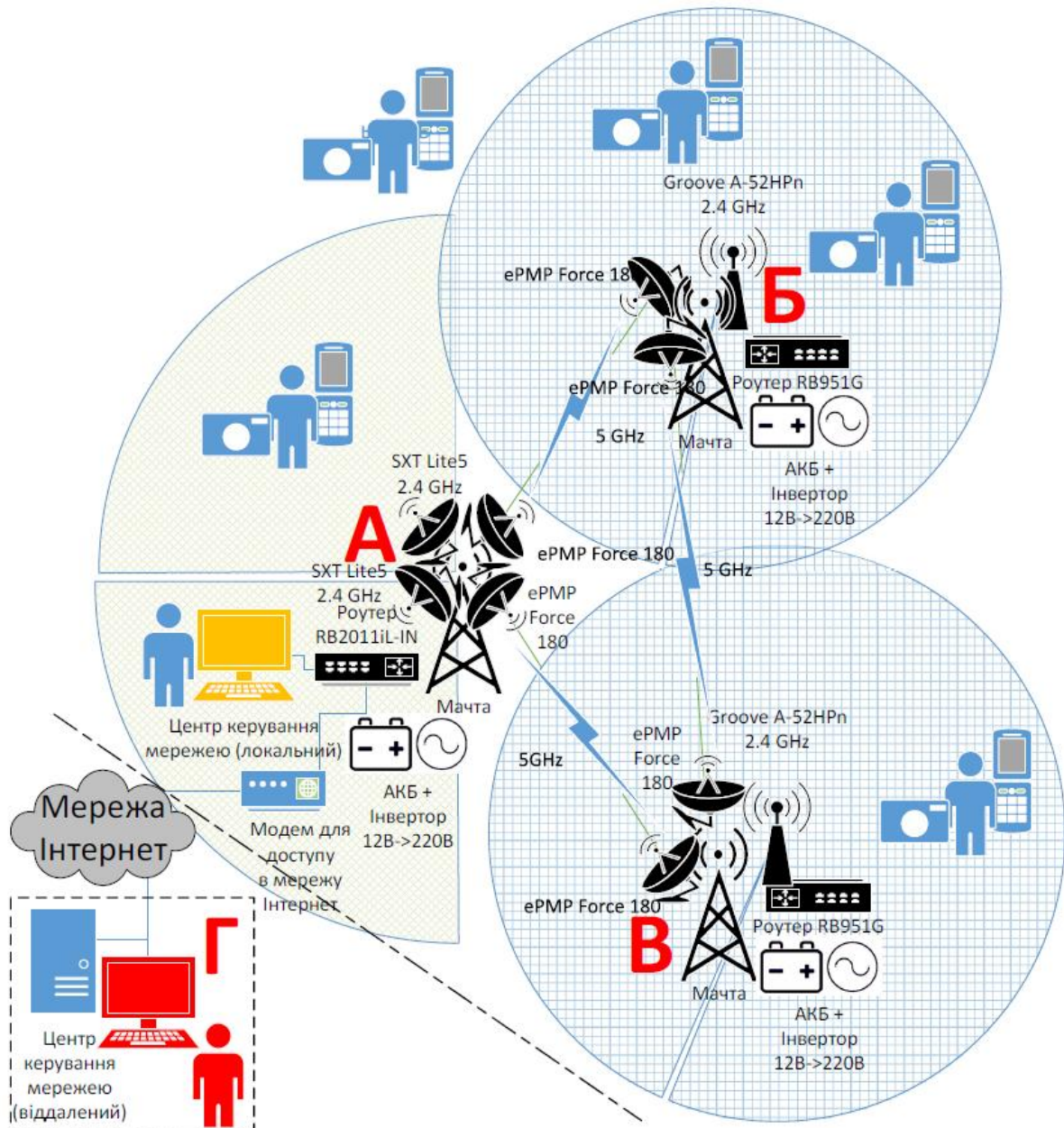


Рис. 1. Схема комплексної системи мобільного зв'язку, з наявністю транспортної компоненти та компоненти доступу на основі безпроводових засобів стандарту 802.11xx

Огляд рішень засобів IEEE 802.11xx та їх характеристик.

На рис. 2 представлено фото лабораторного зразка автономного живлення обладнання зв'язку 802.11xx на основі акумуляторної батареї BONZER 12V 510A(EN) 60Ач та джерела безперебійного живлення з функцією інвертора напруги 12В в напругу 220В моделі RITAR RTSW-600, 12В [18]. Вольтметр на рис. 2 показує напругу на акумуляторі 12,5В; дисплей інвертора показує вихідну напругу 230В.

На рис. 1 представлені назви деяких проводових і безпроводових компонент мережі зв'язку, що використовуються в лабораторних та натурних випробуваннях мережі, а саме: MikroTik RB951G-2HnD [19], MikroTik Groove A-52HPn [20], MikroTik SXT Lite5 [21], MikroTik RB2011iL-IN [22], MikroTik RB750r2 (hEX lite) [23]; Cambium Force 180 [24], Cambium ePMP 1000 [25], Cambium ePMP 2000 [26]. Засоби зв'язку 802.11xx вибрані для побудови експериментальних ланок мережі та досліджень у зв'язку з відносно недорогою ціною, функціональністю та гнучкістю конфігурування.





Рис. 2. Фото лабораторного зразка автономного живлення обладнання зв'язку 802.11xx

На рис. 3 показано лабораторне дослідження РРЛ на основі прийомопередавачів Mikrotik Groove A-52HPn та атенюатора, що в даному випадку зконфігуровані для лінії точка-точка, в той час як мають також функцію точка-багатоточка у разі необхідності.

На рис. 4 показано фото дослідження роботи криптозахищеної лінії безпроводового зв'язку на основі радіорелейного обладнання зв'язку SXT Lite5 та обладнання захисту даних на основі апаратного шифратора IP-трафіку CryptoIP-448 [27] виробника Автор. Досягнута швидкість передачі зашифрованого IP-трафіку – 557 кбайт/с (4.35 Мбіт/с), що практично відповідає заявленим виробником характеристикам (CryptoIP-448). Схема передавання даних по захищеній РРЛ показана на рис. 5.



Рис. 3. РРЛ на основі прийомопередавачів Mikrotik Groove A-52HPn та атенюатора



Рис. 4. Криптозахищеної лінії безпроводового зв'язку на основі Mikrotik SXT Lite5 та шифратора IP-трафіку CryptoIP-448

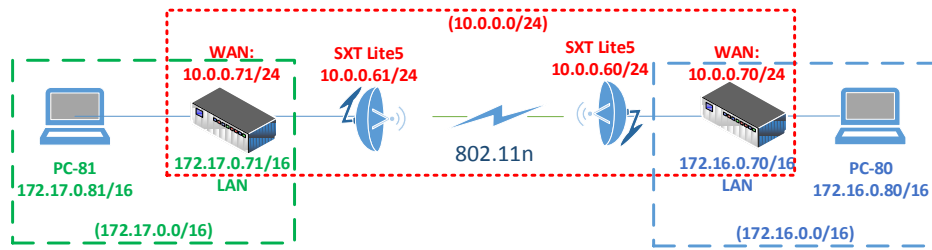


Рис. 5. Схема передачі даних по захищеному каналу зв'язку

**Висновки.** Таким чином, актуальним є питання відсутності засобів в державі для розгортання або використання захищених автономних мереж мобільного зв'язку для вирішення НС, тому є необхідність в таких засобах і мережах згідно законодавства України, на основі стандартів IEEE 802.11xx із мобільними абонентами, що розгортаються у зоні НС і діють в умовах невизначеності.

В роботі обгрунтовано необхідність побудови комплексної системи мобільного зв'язку з наявністю транспортної компоненти та компоненти доступу на основі безпроводових засобів стандарту 802.11xx, та проводових засобів для розподілу і маршрутизації потоків інформації. Проведено огляд існуючих рішень засобів IEEE 802.11xx, наведено фото проведення лабораторних досліджень компонентів мобільної мережі. В роботі реалізовано поєднання систем високошвидкісного цифрового радіообладнання на основі стандартів 802.11xx для транспортної компоненти та компоненти доступу мережі зв'язку, та модернізованого під потреби силових відомств, з функціями маршрутизації цифрових потоків, комутації, розподілу та криптографічного захисту інформації. **Подальші дослідження** авторів полягають у вивченні і порівнянні ефективності функціонування запропонованої мережі комплексної системи мобільного зв'язку, з наявністю транспортної компоненти та компоненти доступу на основі безпроводових засобів стандарту 802.11xx, та традиційних ad-hoc і MANET мереж.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Документ 5403-VI, чинний, поточна Редакція від 01.01.2019, підстава - 2629-VIII. – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> .
2. ПОСТАНОВА КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ від 14 березня 2018 р. N 223 "Про затвердження Плану реагування на надзвичайні ситуації державного рівня". – [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/KP180223.html](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/KP180223.html) .
3. ПОСТАНОВА КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ від 27 вересня 2017 р. N 733 "Про затвердження Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту". – <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/733-2017> .
4. Міночкін А.І. Концепція управління мобільною компонентою мереж зв'язку військового призначення / А. І. Міночкін, В.А. Романюк// Збірник наукових праць № 3. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”. – 2005. – С. 51 – 60.
5. Миночкин, А. И. Управление топологией мобильной радиосети [Текст] / А. И. Миночкин, В. А. Романюк // Зв'язок. – 2003. – № 2. – С. 28–33.
6. Жук, О. В. Архітектура системи управління мережами MANET [Текст]: V Міжнар. наук.-тех. конф. / О. В. Жук, О. Я. Сова, В. А. Романюк // Проблеми телекомунікацій – 2011. – К.: ІТС НТУУ „КПІ”, 2011. – С. 77.
7. Жук О. В. Методологічні основи управління перспективними неоднорідними безпроводовими сенсорними мережами тактичної ланки управління військами [Текст]: IX наук.-практ. конф. / О. В. Жук, В. А. Романюк, О. Я. Сова // Пріоритетні напрямки розвитку телекомунікаційних систем та мереж спеціального призначення. – К.: ВІТІ НТУУ „КПІ”, 2016. – С. 34–44.



8. IEEE 802.11 Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications. IEEE Std., 2012 .
9. IEEE Standards Association: 802.11 – <https://standards.ieee.org/search-results.html?q=802.11> .
10. Л.О. Уривський, С.О. Осипчук. Особливості формування сигнально-кодових конструкцій на основі стандарту 802.11n. 5-та міжнародна науково-технічна конференція «Інфокомунікації – сучасність та майбутнє», Одеса, 29-30 жовтня 2015 року. – с.124-128.
11. L. Uryvsky, S. Osypchuk, V. Shmigel. The 802.11 Protocols Usage for Wireless Systems Construction with Flexible Architecture. – IEEE TCSET'2016, February 23–26, 2016, Lviv-Slavske, Ukraine. pp. 918-921. (Scopus, IEEE)
12. Уривський Л.О., Осипчук С.О., Шмігель Б.О. Особливості способів оцінки продуктивності мережі на основі 802.11ac. Десята міжнародна науково-технічна конференція "ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ". 19–22 квітня 2016 року, Київ. – с. 28-30.
13. Осипчук И.С., Чекунов Н.В., Осипчук С.А. Исследование мультисервисной сети связи на основе стандарта 802.11N. Десята міжнародна науково-технічна конференція "ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ". 19–22 квітня 2016 року, Київ. – с. 95-97.
14. Уривський Л.А., Осипчук С.А., Чекунов Н.В. Исследование информационной эффективности системы связи на основе стандарта 802.11n / Одинадцята міжнародна науково-технічна конференція "ПРОБЛЕМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ". 18–21 квітня 2017 року, Київ. – с. 66-68.
15. L. Uryvsky, A. Moshynska, S. Osypchuk. Efficiency analysis of signal-code sequences selection algorithms in IEEE 802.11 equipment / 2nd International Conference on Advanced Information and Communication Technologies – 2017 (AICT-2017). 4–7 July 2017, Lviv, Ukraine. – Conference Proceedings.
16. L. Uryvsky, A. Moshynska, S. Osypchuk. Applied research of Modulation-Coding Schemes selection algorithms effectiveness in 802.11 equipment / 4th International Scientific and Practical Conference «Problems of Infocommunications. Science and Technology» (PICS&T-2017). – 10-13 October, 2017, Kharkiv, Ukraine. – Conference Proceedings. – P.405-409.
17. М. Yu. Ilchenko, L. Uryvsky, A. Moshynska, S. Osypchuk. Empirical and analytical energy thresholds of Modulation-Coding Schemes research in IEEE 802.11n devices / 2018 14th International Conference on Advanced Trends in RadioElectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET). Date of Conference: 20-24 Feb. 2018. Conference Location: Lviv-Slavske, Ukraine. DOI: 10.1109/TCSET.2018.8336361. - PP. 991-994.
18. Акумуляторна батарея BONZER 12V 510A(EN) 60Ач – <https://autobatterie.heureka.cz/banner-power-bull-12v-60ah-510a-p60-62/> ; джерело безперебійного живлення з функцією інвертора напруги 12В в напругу 220В моделі RITAR RTSW-600, 12В <https://220volt.com.ua/ibp-ritar-rtsw-600-12v-q4/> .
19. Mikrotik RB951G-2HnD – <https://mikrotik.com/product/RB951G-2HnD> .
20. Mikrotik Groove A-52HPn – <https://mikrotik.com/product/RBGroove52HPnr2> .
21. Mikrotik SXT Lite5 – <https://mikrotik.com/product/RBSXT5nDr2> .
22. Mikrotik RB2011iL-IN – <https://mikrotik.com/product/RB2011iL-IN> .
23. Mikrotik RB750r2 (hEX lite) – <https://mikrotik.com/product/RB750r2> .
24. Cambium Force 180 – <https://www.cambiumnetworks.com/products/epmp/force-180/> .
25. Cambium ePMP 1000 – <https://www.cambiumnetworks.com/products/epmp/epmp-1000/> . Cambium ePMP 2000 – <https://www.cambiumnetworks.com/products/pmp-distribution/epmp-2000/> .
26. Апаратний шифратор IP-трафіку CryptoIP-448 – <http://avtor.ua/apparatnye-produkty/ip-shifратор-cryptoip-448.html> .