

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Радіотехнічний факультет
Радіотехнічних пристроїв та систем**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 20__ р.

Дипломна робота

на здобуття ступеня бакалавра

за освітньо-професійною програмою

«Радіотехнічні інформаційні технології»


спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

**на тему: «Алгоритми та програма роботи з картами для радіостанції
Micronet PSTR на ОС Android»**

Виконав :

студент IV курсу, групи РТ-371

Чмир Роман Володимирович



Керівник:

Доцент, кандидат технічних наук

Головін Володимир Андрійович



Рецензент:

старший викладач кафедри ТОР

Ястребов Микола Ігорович

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент



Київ – 2021 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет
Радіотехнічних пристроїв та систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – **172 «Телекомунікації та радіотехніка»**

Освітньо-професійна програма **«Радіотехнічні інформаційні технології»**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЖУК

«__» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

Студенту групи РТ-371

Чмиру Роману Володимировичу

1. Тема роботи «_«Алгоритми та програма роботи з картами для радіостанції Micronet PSTR на ОС Android», керівник роботи Головін Володимир Андрійович, к.т.н., затверджені наказом по університету від «__» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом роботи 11.06.2021

3. Вихідні дані до роботи

Технічна документація на радіостанцію Micronet PSTR. Система для розробки програмного забезпечення для ОСAndroid

4. Зміст роботи

Огляд технічних та експлуатаційних характеристик радіостанції Micronet PSTR. Основні задачі, які вирішуються радіостанцією в військових підрозділах. Постановка задачі на розробку програмного забезпечення. Розробка програмного забезпечення для роботи з картами. Результати тестування програм.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (із зазначенням плакатів, презентацій тощо)

Плакат 1:

Тактико-технічні характеристики, умови застосування та комплектація радіостанції. Структурна схема програмного забезпечення для ОС Android.

Плакат 2:

Порівняння з альтернативними радіостанціями. Переваги та недоліки РС Micronet PSTR, та її програмного забезпечення.

Плакат 3:

Основні задачі, вирішені в дипломній роботі, структурна схема програмного забезпечення.

7. Дата видачі завдання 12 квітня 2021р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд носимих радіостанцій УКХ діапазону що знаходяться на озброєнні ЗСУ. Порівняння, та можливості програмного забезпечення для виконання завдань РГр СПП	12.04.21	Виконано
2	Обґрунтування вибору радіостанції Micronet PSTR, як оптимальної для встановлення зв'язку всередині групи СПП	19.04.21	Виконано
3	Ознайомлення з оригінальним кодом додатку для роботи з картами. Вибір програмного забезпечення для модернізації роботи з картами Розробка модифікованого ПЗ для ОС Android	26.04.21	Виконано
4	Оформлення пояснювальної записки	10.06.21	Виконано
5	Розробка презентації	11.06.21	Виконано

Студент



Роман Чмир

Керівник



Володимир Головін

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до даної роботи містить 55 сторінок, 28 ілюстрацій, 6 таблиць, 7 додатків (з них 3 плакати) і 21 бібліографічне найменування за переліком посилань.

Метою даної роботи є модернізація програмного забезпечення для роботи з топографічними картами при використанні тактичних радіостанцій MICRONET PSTR. Для розробки додатку було використано IDE Android Studio. В результаті було отримано більш практичний додаток для роботи з картами, основною перевагою якого перед попереднім є можливість коректного його встановлення на Android більш пізніх версій. Це дає можливість використання додатку, на новіших пристроях на базі ОС Android.

Рекомендується використовувати даний додаток для навігації, організації зв'язку в середині групи спеціального призначення: обміну даними з приводу місця знаходження противника, позначення орієнтирів, корегування вогнем.

Перелік ключових слів: Micronet, спецзв'язок, навігація, ультрависокі частоти, передача даних по радіоканалу, тактичний чат, спеціальні операції.

ANOTATION

The explanatory note to this work contains 55 pages, 28 illustrations, 6 tables, 7 appendices (including 3 posters) and 21 bibliographic names according to the list of references.

The purpose of this work is to upgrade the software for working with topographic maps using tactical radios MICRONET PSTR. The Android Studio IDE was used to develop the application. The result is a more practical application for working with maps, the main advantage of which over the previous one is the ability to correctly install it on Android later versions. This allows you to use the application on newer devices based on Android. It is recommended to use this application for navigation and communication in the middle of a special purpose group: the exchange of data about the location of the enemy, marking landmarks, adjusting the fire. Keywords: Micronet, special communication, navigation, ultra-high frequencies, radio data transmission, tactical chat, special operations.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

на тему: «Алгоритми та програма роботи з картами для радіостанції
Micronet PSTR на ОС Android»

Київ — 2021 року

ЗМІСТ

Перелік скорочень.....	3
Вступ.....	4
1 Огляд носимих радіостанцій УКХ діапазону що знаходяться на озброєнні ЗСУ. Порівняння та можливості програмного забезпечення для виконання завдань РГр СПП.....	5
1.1 Motorola.....	5
1.1.1 Будова радіостанції Motorola DP 4800.....	5
1.1.1 Технічні характеристики, призначення та застосування радіостанції DP4800.....	7
1.1.2 Програмне забезпечення DP4800 для програмування радіостанції.....	8
1.1.3 Додаток для роботи з картами Combatvision.....	9
1.2 Harris.....	12
1.2.1 Комплектація та будова RF-7850М-НН.....	12
1.2.2 Технічні характеристики, призначення та застосування радіостанції RF-7850М-НН.....	14
1.2.3 Програмне забезпечення для програмування радіостанції RF-7850М-НН.....	15
1.2.4 Програмне забезпечення RF-7850М-НН.....	16
1.3 Висновки.....	17
2 Будова, програмне забезпечення та технічні характеристики радіостанції Micronet pstr 004.....	20
2.1 Комплектація та будова.....	20
2.1.1 Центральний приймально-передавальний модуль.....	21
2.1.2 Тактична гарнітура.....	24

2.1.3 Акумуляторна батарея Li-Ion 18650	25
2.1.4 Зарядний пристрій	26
2.2 Технічні характеристики радіостанції Micronet PSTR, та завдання, які вони дозволяють вирішувати	26
2.2.1 Режими роботи радіостанції	28
2.2.2 Завдання, які можуть бути вирішеними виходячи з технічних характеристик радіостанції	30
2.3 Програмне забезпечення та завдання, що можуть бути вирішені за його допомогою	30
2.3.1 Програмне забезпечення для програмування радіостанції	31
2.3.2 Програмне забезпечення для навігації, та завдання які можуть бути вирішені за його допомогою	35
2.3.3 Завдання, які можливо вирішити за допомогою наявного ПЗ. Завдання які за допомогою наявного ПЗ вирішити неможливо.	39
2.4 Висновки	40
3 вибір програмного середовища, аналіз оригінального коду, та модернізація додатка micronav	42
3.1 Постановка завдань, що мають бути вирішені за допомогою розробки програмного забезпечення, та шляхи їхнього вирішення	42
3.2 Вибір програмного середовища	42
3.3 Аналіз оригінального коду, та модернізація додатка micronav	43
3.3.1 Оновлення бібліотек Android	43
3.3.2 Заміна маркерів старого зразку маркерами зразку НАТО	47
3.4 Висновки	51
Висновки	52
Перелік джерел посилань	53

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ДП — Друкована плата

DSP — Digital signal processing

АКБ – Акумуляторна батарея

Customer Programming Software - Customer Programming Software

ПК – Персональний комп'ютер

ПЗ – Програмне забезпечення

РТТ – Press to talk

CPA – Communication planing application

ГІС – Геоінформаційна система

БПЛА – Безпілотний літальний апарат

РГр СПП – Розвідувальна група спеціального призначення

РЕР – Радіоелектронна розвідка

API – application programing interface

ЗСУ – Збройні Сили України

УКХ – ультракороткі хвилі

PSTR – Personal secure tactical radio

ДВЧ – дуже високі частоти

ССО – Сили спеціальних операцій

ДШВ – десантно штурмові війська

ВСТУП

Дана робота присвячена дослідженню специфіки організації зв'язку в умовах тактичної обстановки всередині розвідувальної групи спеціального призначення.

В даній роботі розглянуто та порівняно індивідуальні носимі радіостанції, що знаходяться на озброєнні Збройних Сил України на даний момент, та обґрунтовано доцільність їхнього застосування в різних обставинах. Основною характеристикою до порівняння була здатність радіостанції до встановлення безпечного та прихованого зв'язку в умовах технологічної і кількісної переваги противника.

В третій частині даної роботи модернізовано наявне програмне забезпечення для навігації та цілевказання, з метою збільшення кількості приладів на базі операційної системи Android, на які даний додаток може бути встановлено. Також проведено заміну умовних позначень старого зразку на позначення зразку країн НАТО.

Результати даної роботи можуть бути використані для роботи з картами та навігації за допомогою додатку Micronav на версіях Android до 12 включно.

1 ОГЛЯД НОСИМИХ РАДІОСТАНЦІЙ УКХ ДІАПАЗОНУ ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ НА ОЗБРОЄННІ ЗСУ. ПОРІВНЯННЯ ТА МОЖЛИВОСТІ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ РГР СПП

Оскільки існує надвелика кількість носимих УКХ (ультра короткі хвилі) радіостанцій та пов'язаних з ними додатків для цілевказання і навігації - у даному розділі будуть приведені лише найпоширеніші у ЗСУ (Збройних Силах України) на сьогоднішній день носимі індивідуальні радіостанції, а саме радіостанції Motorola, та Harris сімейства Falcon III.

1.1 Motorola

Корпорація Motorola – багатонаціональна корпорація, яка спеціалізується на розробці рішень пов'язаних зі зв'язком. Її розробки в сфері носимих радіостанцій орієнтовані на потреби цивільного населення: зв'язок для персоналу, обслуговуючого цехи, екіпажів медичних допомог, ремонтних бригад, охоронних агентств та поліції – як найбільш наближених до військових структур.

Про те початок війни 2014 року потребував негайного вирішення питання зв'язку, для контролю та управління військами і продукт Motorola чудово підійшов для цього.

1.1.1 Будова радіостанції Motorola DP 4800

Дана модель радіостанції є більш функціональною модифікацією («командирською») в порівнянні з DP 4400, оскільки в ній наявний монітор та клавіатура, які дають їй додаткові функції, такі як відправка коротких текстових повідомлень, дистанційне блокування інших радіостанцій та ін.

Будова даної радіостанції наведена на рисунку 1.1.1 та у відповідній йому таблиці.

Назва	№
Ручка вибору каналів	(1)
Ручка вкл/викл/гучність	(2)
Світлодіодний індикатор	(3)
Бокова кнопка 1	(4)
Тангента РТТ	(5)
Бокова кнопка 2	(6)
Бокова кнопка 3	(7)
Передня кнопка Р1	(8)
Клавіша меню/ОК	(9)
Клавіша навігації	(10)
Клавіатура	(11)
Клавіша повернення	(12)
Передня кнопка Р2	(13)
Дисплей	(14)
Мікрофон	(15)
Динамік	(16)
Акcesуарний роз'єм	(17)
Екстренна кнопка	(18)
Антенa	(19)



Рисунок 1.1.1 Будова радіостанції Motorola DP4800

Таблиця 1.1.1 Будова радіостанції Motorola DP4800

Як стає зрозумілим з рис. 1.1.1 клавіатура та меню навігації на дисплеї виконані по аналогії з мобільними телефонами старих моделей, для їх інтуїтивного освоєння користувачем.

Ручка вибору каналів вільно прокручується, дозволяючи користувачеві обирати один з 1000 попередньо запрограмованих каналів.

Ручка вмикання та регуляції гучності виконана аналогічно до такої в більшості популярних на сьогоднішній день індивідуальних радіостанцій (Baofeng, Micronet).

Оскільки радіостанція розроблялась для потреб цивільного населення – візуальні користувацькі інтерфейси ніяким чином не передбачають світломаскування: світло, випромінюване відносно великим дисплеєм та світлодіодним індикатором завдає шкоди бійцям (особливо в зонах, де

можлива присутність ворожих снайперів у темний час доби), через що бійці нерідко заклеюють світлодіод індикації ізоляційною стрічкою.

На корпусі радіостанції наявні кнопки, які користувач може запрограмувати під власні потреби.

За допомогою екстреної кнопки є можливість подати періодичний сигнал «SOS» на радіостанції, що знаходяться в радіусі зони покриття.

1.1.1 Технічні характеристики, призначення та застосування радіостанції DP4800

Частотний діапазон: UHF: 403-527 МГц, VHF: 136-174 МГц;

Кількість каналів: 1000;

Міжканальна відстань 25/20/12.5 кГц;

Робоча напруга 7.5 В;

Габаритні розміри 130.3 x 55.2 x 38.7 мм;

Час роботи АКБ(акумуляторної батареї) без підзарядки (літій-йонна батарея 1600 мА*год): 7.7 год. в аналоговому, 11.3 в цифровому режимі;

Вихідна потужність 1-5 Вт;

Рівень захисту від пилуки та вологи IP57.

При програмуванні радіостанції DP4800 можливо обрати ключ шифрування: AES 128-ти або AES 256-ти (за додаткову оплату) бітний ключ. Дані ключі не є достатньо надійними на сьогоднішній день, і можуть бути зламані навіть початківцем, у разі перехоплення сигналу даної радіостанції.

Таким чином радіоканал зв'язку створений за допомогою даних радіостанцій по великому рахунку відкритий для будь-кого, хто зможе перехопити її сигнал, що враховуючи кругову діаграму покриття, та її радіус - не є проблемою.

За допомогою ретрансляторів (наприклад DR3000 або SLR5500) є можливим суттєве збільшення зони покриття та створення дротових IP мереж. [1]

Дана радіостанція набула популярності через простоту в використанні та освоєнні на початку війни, але на даний момент є морально застарілою.

До її переваг можна віднести реакцію ворога: виявлення випромінювання радіостанцій Motorola є ділом звичним, і ніяких заходів (виклику артилерійського вогню, підвищення пильності на постах, висилання в район пошуково-розвідувальних груп і т.п.) з боку ворога може не викликати.

1.1.2 Програмне забезпечення DP4800 для програмування радіостанції

Для програмування радіостанцій Motorola використовується додаток CPS (Customer Programming Software) адаптований для ПК (персонального комп'ютера)(рис.1.1.2).

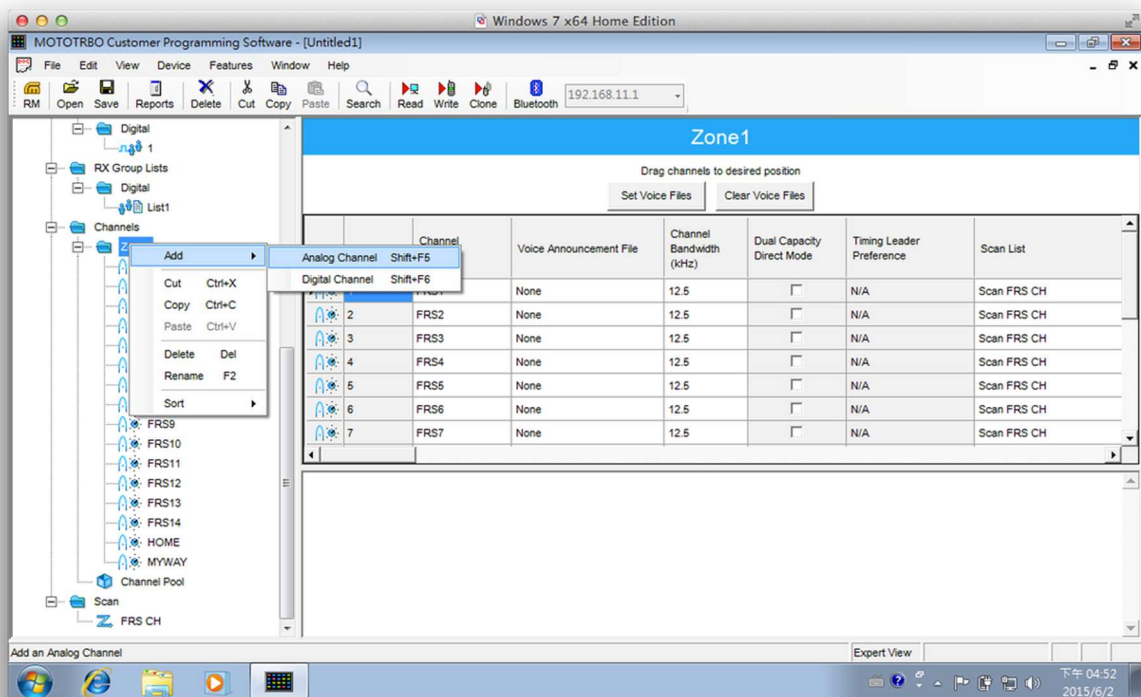


Рисунок 1.1.2. CPS встановлений на ОС Windows 7

Як стає зрозумілим з рис. 1.1.2 інтерфейс додатку є подібним до інтерфейсів налаштування мережевого обладнання (комутаторів, роутерів і т.п.), тому може бути простим в освоєнні людиною, що стикалася з ІТ (інформаційними технологіями) на впевненого користувача.

Перепрограмування відбувається через аксесуарний роз'єм за допомогою спеціального шнура, що надається в комплекті з радіостанцією. Перепрограмування радіостанції без ПК неможливе.

Виробник заявляє про існування офіційного програмного забезпечення для визначення GPS координат даних радіостанцій, але об'єктивно дане ПЗ (програмне забезпечення) в ЗСУ не використовується. На томись з цією метою може бути використано додаток для роботи з картами вітчизняних розробників[2], [3].

1.1.3 Додаток для роботи з картами Combatvision

Combatvision— це програмно-апаратний комплекс військової розвідки, координації на полі бою та підтримки прийняття рішень, яка дозволяє фіксувати положення та зовнішній вигляд геопросторових об'єктів з різних джерел, класифікувати та фільтрувати їх за допомогою вбудованої ГІС(геоінформаційна система) і видавати оброблені результати споживачам на мобільні навігаційні термінали або у зовнішні системи для подальшого аналізу, реагування та координації дій.

Специфіка цього додатку полягає в його сумісності з багатьма моделями радіостанцій: при з'єднанні приладу на базі ОС Android з радіостанцією, що має GPS приймач – додаток отримує доступ зібраної даним приймачем інформації. Сумісний з наведеними у цій роботі моделями радіостанцій: Harris Falcon III RF-7850M-НН, Motorola dp4800, та Micronet PSTR 004.

Даний комплекс має безліч опцій: визначення координат предмету спостереження, проєкціювання публічно відомих об'єктів мапи на фото та відео, опцію сумісності з безпілотними літальними апаратами (БПЛА). Але в даному розділі він буде розглядатись, винятково як додаток для навігації та комунікації в складі РГр СПП (розвідувальна група спеціального призначення).

Інсталяція відбувається за допомогою установочного файлу доступного на GooglePlay.

Для першого запуску додатка необхідно зареєструвати акаунт на сайті виробника, вступити до підрозділу (також частина реєстрації на сайті) (Рис.1.1.3.1).

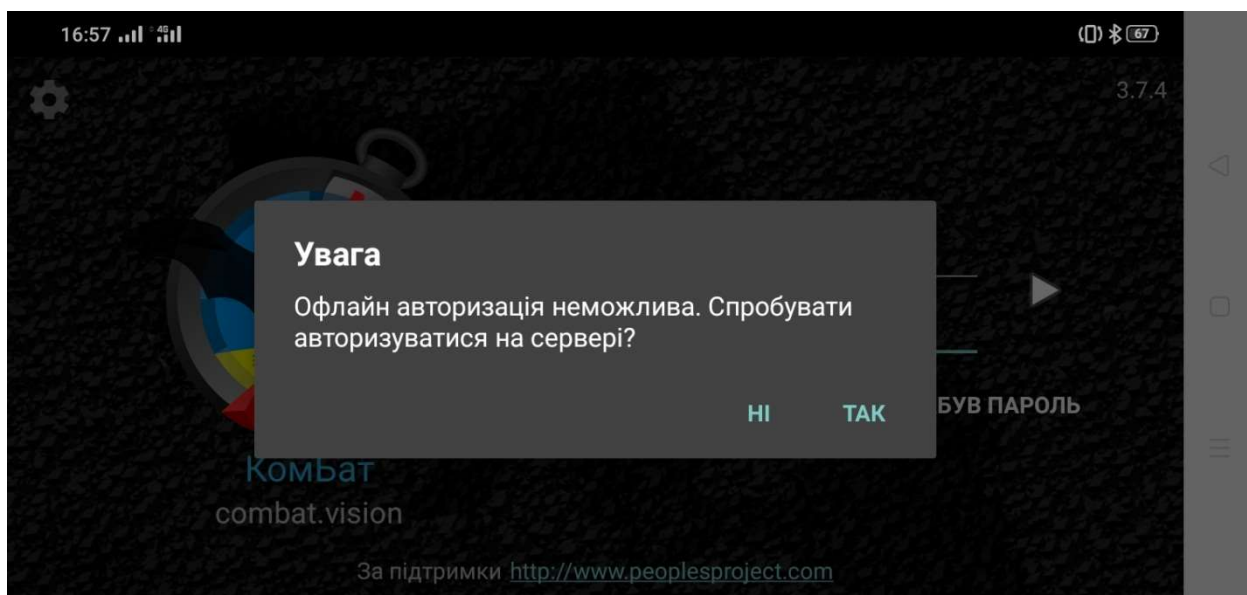


Рисунок 1.1.3.1 CombatVision потребує авторизації користувача

Як видно з рисунку 1.1.3.1 для запуску додатку телефон або планшет мають бути під'єднані до мережі, яку використовує комплекс. Також вхідну аутентифікацію програми не вдасться пройти, якщо не надати їй дозвіл адміністрування даними телефону, та якщо екран блокування не запитує пароль, при спробі розблокування телефону.

Додаток має безліч функцій: серед них чат (надається окремим додатком), відправлення в загальну мережу даних про стан бійця, завчасне встановлення маршрутів та їх позначення на карті, можливість завантаження інших карт, вибір кількох систем координат та можливість блокування додатка і приладу (з знищенням усієї інформації на приладі, та з опціональною можливістю роботи радіомаяка для пошуку пристрою) (рис. 1.1.3.2).

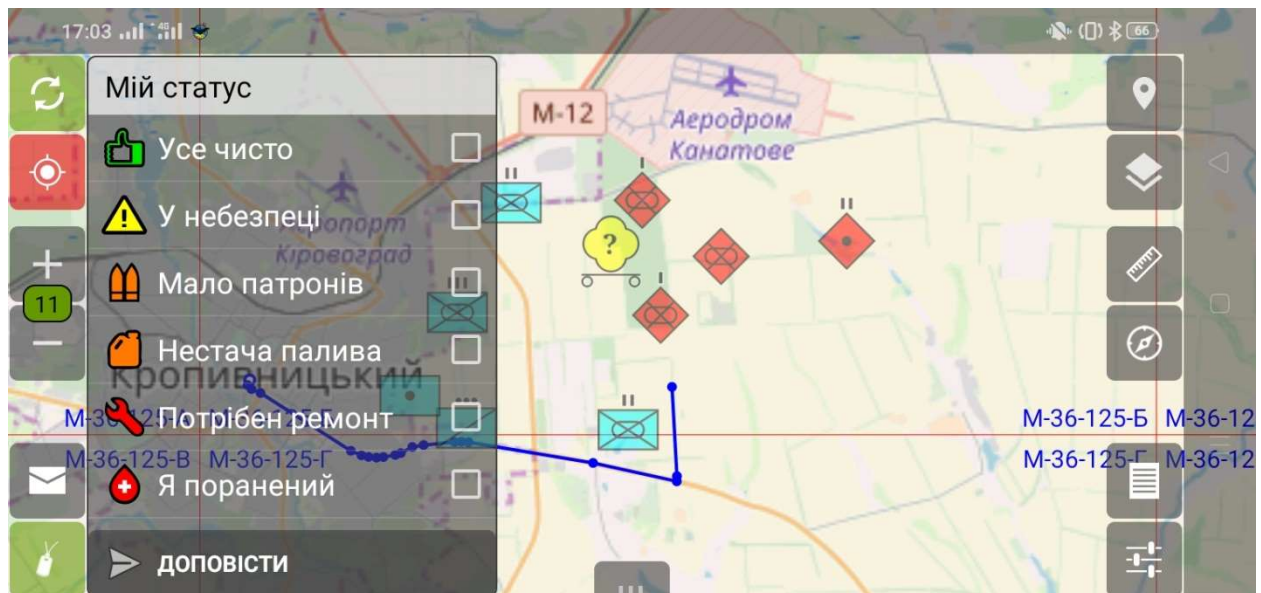


Рисунок 1.1.3.2 Опція доповіді статусу бійця в CombatVision

Як бачимо з рисунку 1.1.3.2 інтерфейс даного додатку інтуїтивно зрозумілий досвідченому користувачеві ОС Android, про те, такий широкий вибір функцій може стати дуже складним у вивченні користувачеві менш досвідченому.

Додаток може працювати як підключений до інтернету та\або GPS з приладу на базі ОС Android, так і використовувати радіоэфір та GPS модулі радіостанцій, до яких він може підключатись (може бути підключеним до всіх трьох наведених у даній роботі радіостанцій).

З точки зору функцій та можливостей – неможливо знайти більш універсальний засіб навігації для апаратури доступної ЗСУ.

Проте велика кількість можливостей викликає велику кількість потреб: даний додаток має не найпростіший інтерфейс, і тому, може бути складним в освоєнні для не спеціаліста. Також потреба підключення до серверів Combatvision виключає можливість під'єднання до мережі нових приладів у польових умовах (у разі виходу з ладу, або втрати пристрою). Збереження інформації та змін внесених в додаток відбувається на накопичувачі, вбудованому в прилад на ОС Android, і тому, в разі захоплення групи в полон – ворог зможе отримати інформацію, що збережена додатком [4].

1.2 Harris

Корпорація Harris вирішує завдання зв'язку, в тому числі і у військовій галузі промисловості та існує на ринку вже понад 100 років.

На протязі військового конфлікту на сході України, від США ЗСУ отримали партнерську підтримку у вигляді радіостанцій Harris сімейства Falcon III.

Серед них переносні (такі, що можуть переноситися оператором, але для встановлення зв'язку потребують розгортання) радіостанції та носимі (такі, що переносяться бійцем на спорядженні, та використовуються без відриву від виконання тактичних задач).

Другі і будуть розглядатися у даній роботі.

1.2.1 Комплектація та будова RF-7850M-NN

Комплектація перерахована у таблиці 1.2.1 та на рисунку 1.2.1 відповідно.

Назва	№
Трансівер	(1)
Заглушка бокового роз'єму	(2)
Антенa 0.3 метри	(3)
Антенa 1.2 метри	(4)
GPS антенa	(5)
Акумуляторна батарея	(6)
Диск з ПЗ	
Інструкція з експлуатації	

Таблиця 1.2.1 Комплектація RF-7850M-NN

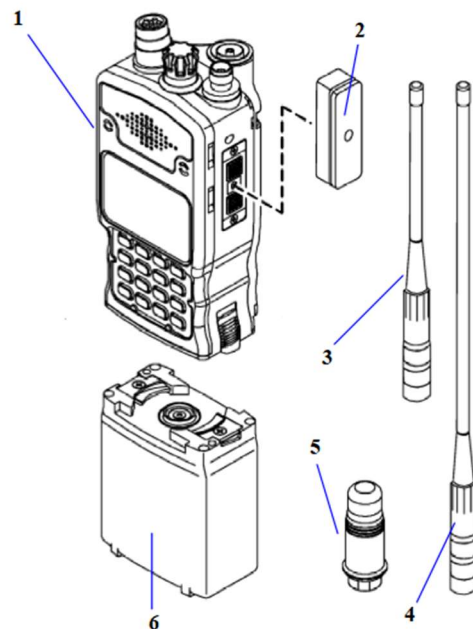


Рисунок 1.2.1 Комплектація RF-7850M-NN

Як стає очевидним з рис. 1.2.1 батарея повністю від'єднується від трансивера.

Також окремо постачаються зарядний пристрій, антена штировий диполь, коаксіальна лінія зв'язку штирового диполя, виносний пульт KDU (Keypad Display Unit), планшет Harris на базі ОС Android.

Будова радіостанції RF-7850М-НН наведена на рисунку 2.2.2 та відповідній йому таблиці 2.2.2

Назва	№
Верхня та нижня РТТ	(1, 2)
Регулятор гучності	(3)
Мікрофон	(4)
Аудіороз'єм	(5)
Поворотний перемикач	(6)
Роз'єм GPS антени	(7)
Високочастотний роз'єм	(8)
Боковий роз'єм	(9)
Фіксатор батареї	(10)
Клавіатура	(11)
Дисплей	(12)

Таблиця 2.2.2 Будова

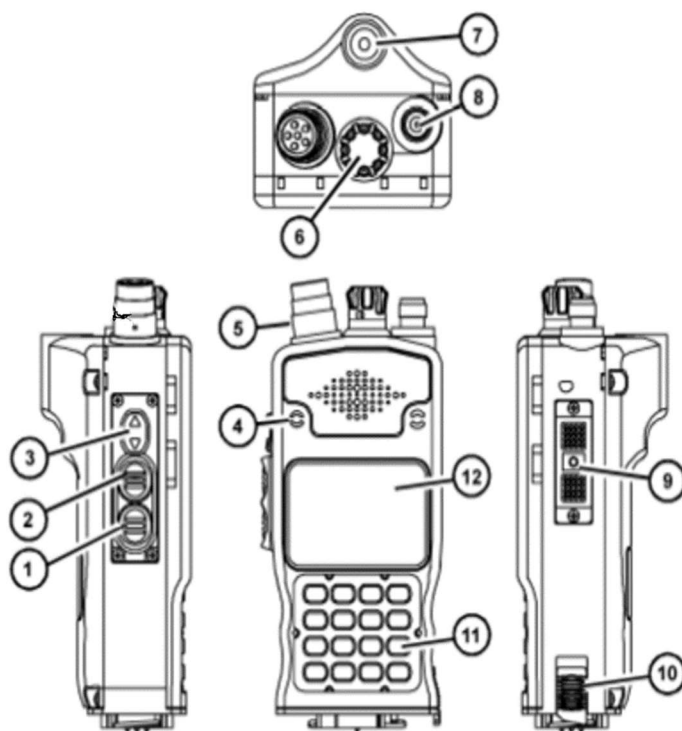


Рисунок 2.2.2 Будова RF-7850М-НН

Як стає очевидним з рис. 2.2.2 радіостанція має дві тангенти, оскільки має функцію голосової телефонії на двох різних каналах одночасно. До 6-ти контактного аудіороз'єму монтується РТТ (Press to talk) адаптер та аудіогарнітура, що дозволяють не діставати станцію із місця кріплення до спорядження бійця. Поворотний перемикач розрахований на 13 попередньо запрограмованих каналів та має положення обнулення (повного знищення усієї попередньо запрограмованої інформації) радіостанції.

Високочастотний роз'єм використовується для під'єднання до радіостанції антени, або фідера (у разі розгортання штирової дипольної

антени) До бокового роз'єму може бути під'єднано KDU або ethernet інтерфейс для підключення до планшета Harris.

Клавіатура та користувацький інтерфейс на дисплеї виконані максимально наближено до клавіатури та інтерфейсу мобільних телефонів старих моделей, для максимально простого, інтуїтивного, сприйняття користувачем навіть з мінімальним рівнем підготовки [5].

1.2.2 Технічні характеристики, призначення та застосування радіостанції RF-7850M-НН

Габаритні розміри: 7,5 x 24,7 x 6,1 см

Діапазон робочих частот радіостанції RF-7850M-НН від 30 до 512 МГц

Потужність встановлюється на вибір користувача :1, 2, 5, 10 Вт

Вага радіостанції 0.68 кг без батареї та 0.91 кг з батареєю.

Має вбудований GPS модуль

Швидкість передачі даних до 64 кбіт/сек по радіоканалу та до 192 кбіт/сек через Ethernet інтерфейс.

Комплектується літій-іонною АКБ 5.8 А*год.

Здатна працювати про температурах від -20 до +60 градусів цельсію.

Радіостанція призначена для встановлення голосового зв'язку та передачі даних по захищеному радіоканалу.

За рахунок своєї потужності дана радіостанція здатна забезпечувати радіозв'язок на відстані до 30 км (при розгортанні антени-штирового диполя).

Час роботи від батареї залежить від робочої потужності, режиму роботи радіостанції, та від температури навколишнього середовища, і може коливатися від 4 (при максимально несприятливих обставинах) до 24 годин.

При підключенні до бокового роз'єму планшета Harris або ПК можлива передача даних, але на відміну від радіостанції Micronet інтерфейс з'єднання радіостанції з планшетом має специфічний роз'єм і потребує шнура, який можна отримати тільки від виробника. Також наявність роз'ємів під конектор

RG45 у планшетів – велика рідкість, отже у разі виходу з ладу наявного обладнання в умовах тактичної обстановки їхня заміна буде неможливою.

Є можливими застосування даної радіостанції з мобільними (на авто шасі) підсилювачами, що суттєво збільшує їхню зону покриття[6].

1.2.3 Програмне забезпечення для програмування радіостанції RF-7850M-НН

Для програмування радіостанції RF-7850M-НН використовується додаток CPA (Communication planning application), адаптована для використання на ПК (Рис. 1.2.3).

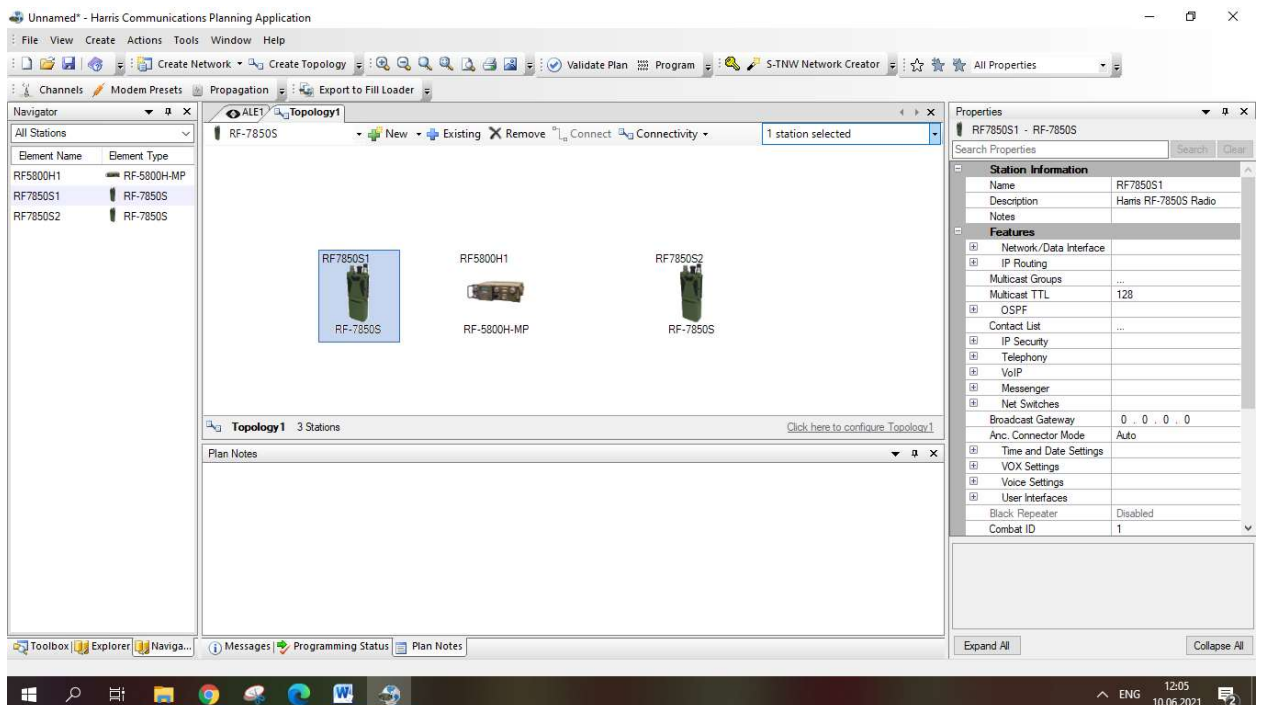


Рисунок 1.2.3 CPA на ОС Windows 10

Як можемо бачити з рис. 1.2.3 програма CPA має складний англійський інтерфейс. Таким чином користувач має пройти навчання, мати базові знання в сфері радіозв'язку та володіти англійською мовою.

Програмування відбувається шляхом підключення радіостанції до ПК через Ethernet інтерфейс, або шляхом підключення зовнішнього носія інформації з завчасно створеним файлом налаштувань через USB порт в KDU.

1.2.4 Програмне забезпечення RF-7850M-НН

Підключивши радіостанцію до планшета Harris з ОС (Операційною системою) Android оператор має змогу передавати дані через додаток Tactical Chat (Рис 1.2.4.1)



Рисунок 1.2.4.1 Додаток Tactical chat

З рисунку 1.2.4.1 бачимо схожість додатку зі звичними користувачеві ОС Android додатками для листування. Відмінність полягає в потребі знання IP адреси абонента, і необхідності внесення його до адресної книги.

Даний додаток дає можливість обмінюватись текстовими повідомленнями, фотографіями, відеозаписами та передавати дані будь-якого формату [7].

Також серед програмного забезпечення радіостанції Harris існує додаток контролю та управління військами FalconCommand (Рис 1.2.4.2)



Рисунок 1.2.4.2: Додаток Falcon Command

Як стає очевидним з рисунка 1.2.4.2 додаток є англомовним. Даний додаток дає можливість визначити своє місце знаходження на географічній карті, нанесення на карту умовних позначок та ін.

Додаток займає 35 мегабайт пам'яті на носії інформації та для встановлення не потребує зв'язку з інтернетом. Для оволодіння даним додатком є необхідне знання англійської мови та рівень впевненого користувача в роботі з ОС Android.

Також з радіостанцією Harris сумісним додаток CombatVision, розроблений вітчизняними виробниками [8].

1.3 Висновки

Обидві наведені вище радіостанції мають значну зону покриття та забезпечують стабільний радіозв'язок у ній.

Проте, є певні недоліки, які повністю анулюють дану перевагу.

Радіостанція Motorola розроблена для цивільного населення, тому має не достатньо надійні для сьогодення ключі шифрування. Розшифрування

сигналу може провести навіть оператор-аматор. І хоч радіостанція Micronet має аналогічні ключі шифрування – за рахунок наднизької потужності її сигнал виявити та перехопити засобами РЕР (радіоелектронної розвідки) практично неможливо, на відміну від Motorola, яку РЕР виявляє за 30 кілометрів.

Радіостанція Harris RF-7850-M-NN має найбільшу зону покриття із наведених в роботі, найвищу стабільність встановлення зв'язку та найбільш досконале ПЗ, серед наведених у даній роботі. Оскільки вона розроблялась для військових цілей - повідомлення, зашифроване ключами Citadel розшифрувати наявними у ворога засобами РЕР неможливо. Але розроблялась вона для ведення бойових дій, в умовах, що значно відрізняються від тих, що склалися на сході України.

Дана станція ідеально підходить для сил, що мають чисельну та технологічну перевагу над ворогом. Але у нашій ситуація перевага як чисельна, так і технологічна на боці противника. Тому, якщо США в попередніх конфліктах вели контр-партизанську війну, і могли собі дозволити знехтувати радіомаскуванням на користь покращення стабільності зв'язку, РГр СПП ЗСУ, чії дії мають бути максимально прихованими, собі такого дозволити не можуть. За рахунок своєї потужності і специфічності випромінювання радіостанції Harris пеленгуються засобами РЕР противника з 50 кілометрів, і дозволяють корегувати вогонь артилерії по оператору з точністю до 150 метрів.

Але на противагу Motorola (якою комплектуються підрозділи сухопутних військ) радіостанціями Harris комплектуються лише підрозділи ДШВ (десантно-штурмових військ) та ССО (Сил спеціальних операцій), і противнику вже відомий і зрозумілий цей факт. Тому, якщо виявлена активність радіостанцій Motorola за позиціями ЗСУ може бути залишеною без уваги – виявлення активності радіостанції Harris – зразу ж викличе на себе увагу ворога та стане для нього пріоритетом №1.

Усі додатки наведені у розділі надають доволі широкий спектр можливостей користувачеві, про те потребують також рівня підготовки починаючи від досвідченого користувача і вище, що може негативно відобразитись під час мобілізації нерегулярних військових формувань.

2 БУДОВА, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАДІОСТАНЦІЇ MICRONET PSTR 004

Радіостанція Micronet PSTR (Personal Secure Tactical Radio)

призначена для встановлення голосового зв'язку та передачі даних по зашифрованому радіоканалу в УКХ діапазоні. Є носимою радіостанцією (її масо-габаритні характеристики дозволяють переносити її на спорядженні бійця, без потреби розгортання, і використовувати не зупиняючись та не відволікаючись від виконання завдання).

2.1 Комплектація та будова

Стандартна комплектація радіостанції Micronet PSTR 004 наведена в таблиці 2.1

Назва	№ (Рис.1.1)
Центральний приймально-передавальний модуль	(1)
Антенно-фідерний пристрій	
-чвертьхвильовий штир	(2.1)
-дипольна антена	(2.2)
Тактична гарнітура	(3.1)
з РТТ(Press to talk)-адаптером	(3.2)
Акумуляторна батарея Li-Ion 18650	(4)
Зарядний пристрій	(5)
Підсумок для носіння	
Інструкція з експлуатації	

Табл. 2.1 Комплектація радіостанції

Вище перелічені деталі надходять у картонних коробках білого кольору з маркуванням серійних номерів та ін. Роз'єми кріплень зроблені таким чином, що радіостанцію можна зібрати інтуїтивно, без додаткових інструкцій та підготовки.



Рисунок 2.1 Комплектація радіостанції

Як бачимо з рис. 2.1 зарядний пристрій (5) та АКБ (4) є моделями розповсюдженими і в цивільних сферах діяльності.

2.1.1 Центральний приймально-передавальний модуль

Центральний приймально-передавальний модуль (Рис.2.1.1) має габаритні розміри 150x30x90 мм Та вагу без батареї-278 грамів.

. Виготовлений із заліза пофарбованого в захисний оливковий колір. Тангента та кнопки виконані із міцного резинового матеріалу, що забезпечує герметизацію радіостанції.

Регулятор гучності одночасно являється кнопкою ввімкнення/вимкнення (дане рішення дуже розповсюджене серед носимих радіостанцій, напр. Motorola, Aselsan, Baofeng [9]).

Гучномовець захищений залізною сіткою та монтується окремим модулем разом з дисплеєм (для полегшення ремонту у разі поломки).

Мікрофон знаходиться в нижній частині корпусу радіостанції, у виступі, прикритий металевою перепонною, що зменшує негативні впливи на нього.

Заглушка батареї герметизує відсік батареї. Виконана з металу, як і корпус радіостанції. З внутрішньої сторони має пружину, яка виконує функцію електричного контакту з АКБ. Фіксується за допомогою

вкручування (різьбове з'єднання). Має ребристі грані по радіусу (для полегшення відкручування пальцями) та проріз ззовні посередині (для можливості відкручування викруткою).

Вмонтована GPS антена є нез'ємною, та захищається від негативних впливів герметичною пластиковою кришкою

Роз'єм типу LEMO має 6 контактів та є типовим роз'ємом для гарнітур та головних телефонів, як військової так і цивільної промисловості, що частково забезпечує певну універсальність, можливість заміни зіпсованої гарнітури іншою, яку можна знайти будь де, не лише у офіційного виробника радіостанції.

Клавіатура виконана подібно до клавіатури старих мобільних телефонів, таким чином управління радіостанцією може здійснюватися частково інтуїтивно, навіть при низькому рівні підготовки бійця.

Органи управління та індикації, та їхнє призначення наведені в таблиці 2.1.1 та відповідному їй рисунку 2.1.1:

№	Органи управління/ індикація	Призначення
1	Тангента	Призначена для переключення радіостанції з режиму прийому на режим передачі (РТТ)
2	Регулятор гучності	Призначений для включення/виключення радіостанції та регулювання рівня гучності.
3	Гучномовець	Вмонтований гучномовець призначений для прослуховування голосових повідомлень без підключення головних телефонів, гарнітури, тощо.
4	Мікрофон	Призначений для обміну голосом в мережі.
5	Оптичний дисплей	Кольоровий оптичний дисплей призначений для перегляду інформації, повідомлень та конфігурації радіостанції.
6	Заглушка	Заглушка батареї призначена для фіксації батареї в

	батареї	відсіку.
7	Антенa GPS	Вмонтована антенa GPS закрита пластиковою герметичною заглушкою.
8	Роз'єм типу LEMO	6-контактний роз'єм типу LEMO призначений для підключення головних телефонів з мікрофоном.
9	Вбудована клавіатура	Використовується для переміщення по меню та управління функціями індивідуальної радіостанції.

Таблиця 2.1.1 Органи управління та індикації



Рисунок 2.1.1 Органи управління та індикації

Як можемо бачити з рис. 2.1.1 Оптичний дисплей виконано із ударостійкого скла. Дозволяє мінімізувати вірогідність механічного пошкодження дисплея, та мінімізувати світлове випромінювання в темну пору доби (що є важливим фактором світломаскування для РГр СПП).

Серійний номер радіостанції вказано на вирізі в нижній частині корпусу (який також можна використовувати для кріплення модуля до спорядження

бійця). Конструкція радіостанції забезпечує належне функціонування за відносної вологості до 95%.

Антенно-фідерний пристрій кріпиться до різьбового з'єднання на верхній частині корпусу радіостанції аналогічно принципу з'єднання коаксіальних ліній передачі.

Стандартна комплектація передбачає два варіанти АФП (антенно-фідерного пристрою): чвертьхвильову штирвову антену та дипольну антену.

Чвертьхвильова штирвова антена має кругову діаграму направленості та довжину 0.75м.

Дипольна антена являє собою гнучкий провідник, який кріпиться до спорядження бійця.

У порівнянні чвертьхвильова антена має меншу площу випромінювання та меншу площу падіння хвилі, але в умовах роботи РГ СПП є практичною з точкою зору більшої ергономічності: при переповзанні, або русі через густо зарослий ліс, при роботі в захламлених будівлях чи укріпленнях для бійця зменшується ризик зачепитися протягнутим вздовж спорядження антенним полотном за гілку (та\або) іншу перешкоду, що призведе до порушення шумомаскування, можливого виявлення бійця противником, та вірогідного механічного пошкодження антенного полотна.

2.1.2 Тактична гарнітура

Тактична гарнітура практична при використанні радіостанції для голосової телефонії. Її використання виключає потребу кожного разу відкріплювати від спорядження радіостанцію, щоб говорити у вбудований мікрофон, та виключає порушення шумомаскування голосом із динаміка радіостанції в режимі прийому.

РТТ адаптер кріпиться до радіостанції за допомогою роз'єму LEMO та до спорядження бійця, дозволяє розмістити тангенту в зручному для бійця місці. Дане рішення є поширеним серед інших носимих тактичних радіостанцій (Harris, Motorola) .

Тактична гарнітура (головні телефони) кріпляться до РТТ адаптера за допомогою інтерфейсу дротового підключення TRS (Standart jack) 6.3 мм на три контакти, що є типовим рішенням для з'єднання гарнітури і РТТ адаптера (HARRIS, Peltor) та дозволяє заміну стандартної заводської гарнітури на іншу, у разі поломки, або за бажанням користувача. Таке рішення є безумовною перевагою, адже серед бійців РГр СПП є частою потреба у застосуванні так званих активних гарнітур, що являють собою головні телефони з шумопридушенням, тобто ізолюючи органи слуху від згубних шумів (притишення пострілів крупнокаліберної зброї, вибухів) та підсилення малочутних шумів (таких, як, наприклад, хруст гілок під ногами, шелест деталей спорядження на відстані і т.п.) [10].

Недоліком застосування гарнітури і адаптера є потреба в розташуванні поверх форми ти спорядження додаткових проводів, згубна дія яких описана вище.

2.1.3 Акумуляторна батарея Li-Ion 18650

Заводська АКБ Li-Ion забезпечує час автономної роботи не менше, ніж 24 години за умови температури зовнішнього середовища від 0 градусів і вище при використанні акумуляторної батареї 18650 Li-Ion 2400 мА/год та не менше 12 годин при температурах від -20 градусів до 0 градусів при використанні акумуляторної батареї 18650 Li-FePO₄ 1500мА/год (без забезпечення прийому координат).

Перевагою даного рішення є універсальність та поширеність батареї типу 18650. Дані батареї часто застосовуються не лише в радіостанціях але і в іншій військовій та цивільній електроніці та техніці, наприклад в тактичних ліхтарях. Таке рішення значно полегшує пошук заміни у разі розрядки/знищення/втрати заводського АКБ та дає можливість заміни заводського на більш дорогий та досконаліший аналог [11].

2.1.4 Зарядний пристрій

У стандартному комплекті радіостанції постачається зарядний пристрій для батареї типу 18650 з вхідним microusb інтерфейсом, кабель microusb-usb та блок живлення для підключення в електромережу 220 з usb виходом.

Перевагою даного рішення є універсальність подібного пристрою: боєць має змогу заряджати одним пристроєм АКБ як радіостанції так і ліхтарика, або іншого приладу. Також завдяки microusb інтерфейсу та microusb-usb кабелю стає можливою зарядка не лише від електромережі але і від ноутбука, або планшета, тобто за критичної потреби боєць зможе зарядити АКБ мінімально для виходу на зв'язок навіть у польових умовах, перебуваючи віддалено від інфраструктури з мережею 220 В [12].

Також даний тип зарядних пристроїв (microusb) на сьогоднішній день дуже розповсюджений, тому, знайти аналог у разі виходу з ладу/втрати проводу або блока живлення – буде неважко.

Це безумовно найкраще рішення у порівнянні з аналогічними носимими радіостанціями (HARRIS або Motorola У яких батарея потребує специфічної зарядної станції, що працює від мережі 220)

2.2 Технічні характеристики радіостанції Micronet PSTR, та завдання, які вони дозволяють вирішувати

Технічні характеристики радіостанції Micronet PSTR 004 наведені в таблиці 2.2.1.

Параметр	Значення параметра
Діапазон частот	860-1090 МГц
Заздалегідь запрограмовані радіоканали	16
Рознесення при розміщенні кількох радіостанцій	2 МГц
Колір, покриття	Зелений
Вихідна потужність	40 мВт

Чутливість	-130 дБм
Селективність по сусідньому каналу	50 дБ
Діапазон робочих температур	Від -20°С до +60°С
Вологість	Відносна 95%
Передача даних	До 4,8 кбіт/сек
Ширина спектру сигналу	500 кГц
Коефіцієнт розширення спектру	50
Безпека зв'язку	AES 128, 256
Вокодер	Вокодер із змішаним збудженням та лінійним передбаченням
GPS	Внутрішній
Інтерфейс зв'язку з зовнішніми приладами	Радіоінтерфейс Bluetooth
Одночасне передавання даних та голосових повідомлень	Так
Габарити	150x30x90 мм
Маса (повна)	0,5 кг

Таблиця 2.2.1 ТТХ радіостанції Micronet PSTR 004

Як можна побачити з таблиці 2.2.1 особливими характеристиками даної радіостанції є вихідна потужність: 40 мВт, та діапазон робочих частот 860-1090 МГц.

За рахунок низької потужності – дана станція практично невидима для засобів РЕР (радіоелектронної розвідки). Також радіоелектронному маскуванню значною мірою сприяє діапазон робочих частот: радіостанція випромінює на частотах стільникового зв'язку, тому навіть виявивши її випромінювання – його можна прийняти за випромінювання мобільного телефону.

Складності в користуванні пов'язані також з цими самими характеристиками: в умовах лісу радіус покриття радіостанції сягає лише 200-300 метрів, в міській забудові він може зменшуватись до 50-100 метрів, що частково компенсується можливістю радіостанції працювати в режимі ретрансляції [13].

2.2.1 Режими роботи радіостанції

Радіостанція працює в симплексному режимі. Також можливий режим «зозуля» - відтворення прийнятого голосового повідомлення тривалістю до 1 хвилини, режим ретрансляції.

Для захисту даних та голосу використовується вбудований алгоритм AES з ключами довжиною 128 біт (для голосової інформації) та 256 біт (для передачі даних). Радіостанція може зберігати 16 ключів довжиною 128 чи 256 біт. Забезпечення прихованості функціонування індивідуальної радіостанції та максимального захисту від РЕР та РЕБ (радіоелектронної боротьби) противника здійснюється за рахунок прямого розширення спектра випромінюваного сигналу.

У порівнянні з радіостанціями Harris з алгоритмом шифрування Citadel радіостанція Micronet має дещо слабші ключі шифрування, натомість завдяки можливості програмування з планшета – цей недолік компенсується можливістю їхньої регулярної швидкої заміни без потреби повернення до базового табору з ПК .

Індивідуальна радіостанція працює у каналах з шириною спектра сигналу не менше, ніж 500 кГц (з кроком сітки частот довільним з точністю 1 кГц) та коефіцієнтом розширення спектру не менше 50. Рознесення частот окремих радіомереж не менше, ніж 2 МГц. Швидкість передачі даних 4,8 кбіт/с.

Індивідуальна радіостанція може забезпечити одночасну передачу даних та голосових повідомлень.

Радіостанція має власний вбудований **модуль GPS** який призначений для здійснення автоматичної передачі своїх координат з інтервалом 30 с.

Також сумісно з радіостанцією може працювати **підсилювач, призначений для збільшення дальності зв'язку** між кореспондентами. Він створений на основі індивідуальної радіостанції. Підсилювач є універсальним для використання на автомобільній (броньованій) базі або у ранцевому варіанті. Він забезпечує передачу даних та голосу, сигналів бойового управління та оповіщення в умовах радіоелектронної протидії противника, а також маскування інформації, що передається з використанням загальноприйнятого стандарту AES. До підсилювача підключаються дві ідентичні індивідуальні радіостанції. Можлива одночасна робота в двох радіомережах з підключенням двох гарнітур в стандартні роз'єми індивідуальних радіостанцій. Робота здійснюється на одну антену з комплекту підсилювача через вмонтований смуговий фільтр. Дальність радіозв'язку при використанні підсилювача в умовах щільної міської забудови 1500 м, а в лісі та на пересіченій місцевості 2000 м, на відкритій місцевості-8000 м. Крок сітки частот довільний з точністю 1 кГц. Рознесення частот окремих мереж не менше, ніж 10 МГц. Ширина спектра сигналу не менше, ніж 500 кГц, коефіцієнт розширення спектру не менше 50. Потужність підсилювача 5 Вт. Чутливість-130 дБм. Пригнічення поза смугових сигналів 48 дБ. Цифрове маскування даних з довжиною ключа 256 біт та голосових повідомлень з довжиною ключа 128 біт. В комплект підсилювача, в залежності від роду використання, входить антенно-фідерний пристрій для автомобільного варіанту-дипольна все направлена антена на магнітній основі з коефіцієнтом підсилення 3 дБі, для стаціонарного використання-антена з кріпленням на мачту колінеарного типу з коефіцієнтом підсилення 6 дБі, для ранцевого варіанту-вкручена дипольна антена з коефіцієнтом підсилення 3 дБі. При використанні підсилювача в ранцевому варіанті застосовується АКБ Li-FePo₄ (вихідна напруга 12 або 24 В ємність батареї 120 Вт/год). Для автомобільної (броньованої) бази використовується штатне бортове живлення (вихідна напруга 12 або 27 В).

Індивідуальна радіостанція має можливість підключення до різнорідних та **IP мереж** через типовий маршрутизатор з програмним забезпеченням PROXIMUS.

Режим ретранслятора дозволяє використовувати одну індивідуальну радіостанцію у якості ретранслятора без підключення до неї іншої. Мережа налаштована для даних та голосу. Радіостанція-ретранслятор буде ретранслювати голосові повідомлення та дані з маскуванням AES, без можливості дешифрування. Для збільшення дальності в мережі, ретранслятор має знаходитися на максимально припустимій висоті.

2.2.2 Завдання ,які можуть бути вирішеними виходячи з технічних характеристик радіостанції

Низька потужність випромінювання, частота стільникового зв'язку, можливість використання радіостанцій як ретранслятора – роблять її практично непомітною для засобів РЕР противника, але водночас і значно обмежує зону покриття. Таким чином дана радіостанція чудово підходить для організації внутрішньогрупового зв'язку всередині РГР СПП.

Непомітність випромінювання – дозволяє використовувати радіостанцію при будь якій потребі, що значно полегшує координацію всередині групи

Також за допомогою переносного підсилювача та/або БПЛА – ретранслятора можливо значно збільшити зону покриття, що на даний момент не знайшло широкої практики серед РГР СПП через значні габарити та вагу підсилювача, і через відсутність інтеграції операторів БПЛА в РГР СПП достатньою мірою.

2.3 Програмне забезпечення та завдання, що можуть бути вирішені за його допомогою

Для коректної роботи радіостанції її необхідно запрограмувати за допомогою спеціально створеного для цього програмного забезпечення.

Також за допомогою ПЗ для ОС (операційної системи) Android радіостанцію можливо використовувати для навігації в парі з приладом на базі цієї ОС

2.3.1 Програмне забезпечення для програмування радіостанції

Програма для запису налаштувань Micronet PSTR (V.5) (Рис.2.3.1.1) розроблена для сімейства Windows (86- та 64- розрядних). Програма не потребує установки в ОС, а також наявності бібліотек, драйверів та інших утиліт. Данні введені в програмі не кодуються та не шифруються.

26.08.rset	628	322	Файл RSET	30.09.2015 11:36	56CDBA5F
2121.rset	633	326	Файл RSET	06.07.2015 14:53	B3D91B2D
Radio.Param.ini	118	118	Налаштування конфіг...	09.04.2019 9:14	1CC4379C
RadioControl.exe	17 184 399	3 696 798	Застосунок	06.07.2015 19:29	92E14538

Рисунок 2.3.1.1 Структура файлів програми

Як можна бачити з рис. 2.3.1.1 структура файлів програми наступна: 1) RadioControl.exe –виконавчий файл, 2) Radio.Param.ini – файл налаштувань програми, 3) RadioControl[DeskTop].exe – виконавчий файл, 4) *.rset – файли налаштувань радіостанцій.

Для зручності програма має два інтерфейси: перший для вводу даних з настільного ПК (персонального комп'ютера), другий- для планшетного вводу даних. Відмінності в інтерфейсі полягають в розмірі елементів управління, наявності віртуальної клавіатури для введення параметрів на планшеті. Загальний функціонал залишається однаковим.

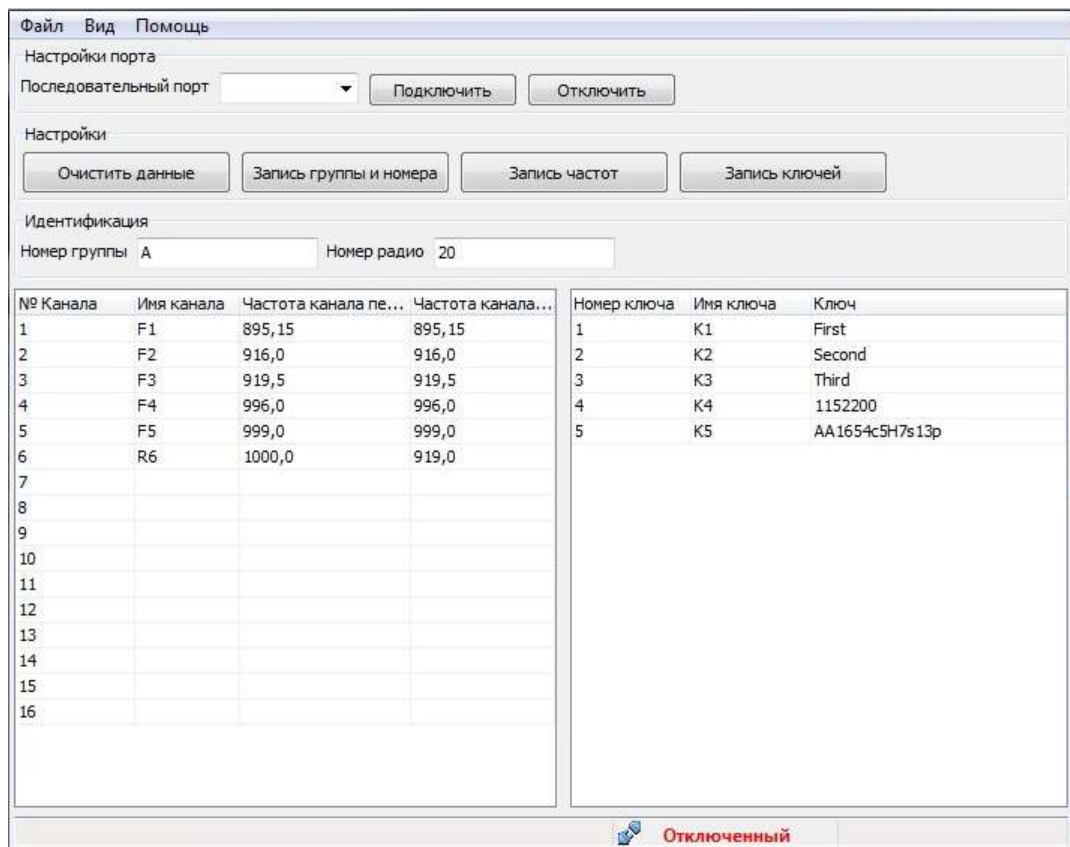


Рисунок 2.3.1.2 Вікно програми для стаціонарного ПК

В програмі для планшетів меню дублюється стандартним меню Windows

8. Для виклику меню необхідно провести пальцем по екрану зверху вниз, або навпаки.

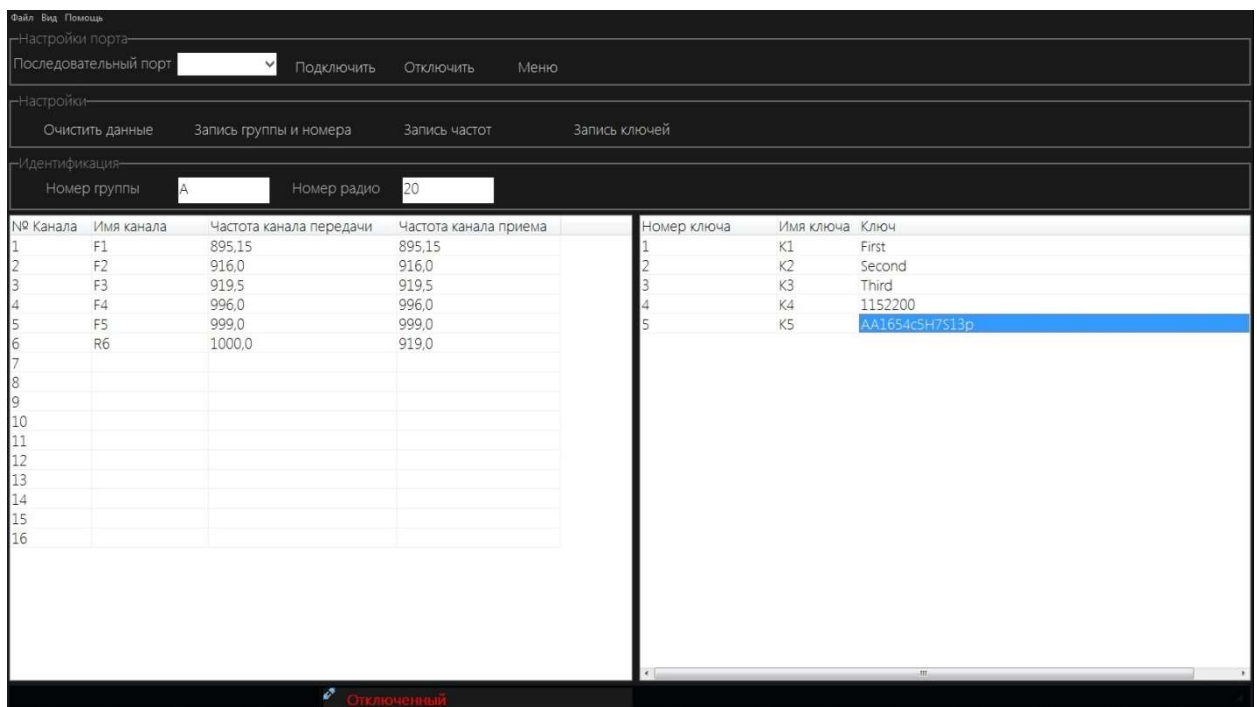


Рисунок 2.3.1.3 Вікно програми для планшета

Меню програми поділено на пункти:

Файл – *Новый* – Створити новий набір параметрів

- *Загрузить* – Завантажити параметри з файла

- *Сохранить* – Зберегти внесені параметри в файл

- *Выход* - Вихід з програми

Вид – *Язык* – мова інтерфейсу програми

- *История* – відображення історії передачі параметрів

Помощь – *О программе* – Відображення версії програми

Настройка порта (Рис. 2.3.1.4): Для завантаження параметрів у радіостанцію використовується Bluetooth підключення радіостанції з комп'ютером або планшетом. При підключенні радіостанції в ОС Windows створюється послідовний (COM) порт.



Рисунок 2.3.1.4 Вибір послідовного порту із випадаючого меню

Як бачимо з рис. 2.3.1.4 з випадаючого списку обирається порт, який було призначено системою. Після вибору послідовного порту радіостанція підключається за допомогою кнопки «Подключить». При вдалому підключенні в статусній строчці програми відобразиться повідомлення, що порт відкрито, «Подключенный» (Рис 2.3.1.5).



Рисунок 2.3.1.5 Вигляд статусної строчки при вдалому підключенні радіостанції

Якщо порт зайнятий іншою програмою вікно матиме вигляд зображений на рисунку 2.3.1.6

Не удается открыть последовательный порт.

Отключенный

Рисунок 2.3.1.6 Вигляд статусної строчки при вдалому підключенні радіостанції

Таким чином, як вказано на рис. 2.3.1.5 – 2.3.1.6 програма постійно надає користувачеві зворотній зв'язок щодо стану підключення.

Налаштування радіостанції:

Налаштування радіостанції (Рис.2.3.1.7) стають доступними тільки після вдалого підключення радіостанції до комп'ютера.

Очистить данные – Виконується очистка пам'яті радіостанції. Видалення усіх ключів і каналів введених раніше. Перед стиранням пам'яті відключається передавач.

Запись группы и номера – В радіостанцію записується номер радіогрупи (наприклад Alpha, Bravo, Charlie, т.п.). Номер радіостанції-порядковий номер радіостанції в списку групи (1, 2, 3, т.д.).

Запись частот – В радіостанцію виконується запис частот прийому і передачі, а також назва каналу для відображення на дисплеї радіостанції.

Запись ключей – запис в радіостанцію ключів шифрування, введених в таблицю і назва ключа для відображення на індикаторі радіостанції.

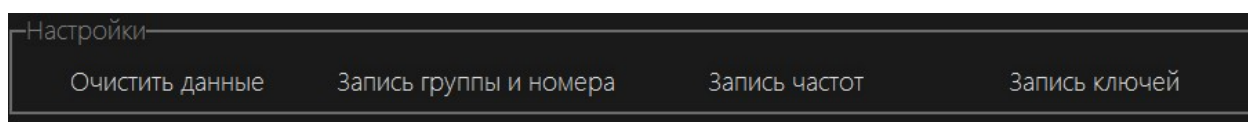


Рисунок 2.3.1.7 Панель настройки радіостанції

Після кожної операції відображається повідомлення з підтвердженням виконаної дії: очистки пам'яті, запису групи і номера радіостанції, запису частот, запису ключів.

Після завершення налаштування радіостанції її необхідно вимкнути і увімкнути для того, щоб зміни вступили в силу.

Діапазони вводу значень:

Номер групи - значення не можуть перевищувати 32768 в десятковому форматі, або 8000 у вісімковому.

Номер радіостанції – значення не можуть перевищувати 32768 в десятковому форматі. Введення можливе лише в десятковому форматі.

Частоти – значення вводяться в таблицю в межах 890 МГц-1019 МГц. Значення вводяться в МГц. Максимальна кількість частот 16 пар (прийом передача). Імена частот складаються з трьох символів ASCII.

Вікно значень має наступний вигляд (Рис. 2.3.1.8)

№ Канала	Имя канала	Частота канала передачи	Частота канала приема	Номер ключа	Имя ключа	Ключ
1	F1	895,15	895,15	1	K1	First
2	F2	916,0	916,0	2	K2	Second
3	F3	919,5	919,5	3	K3	Third
4	F4	996,0	996,0	4	K4	1152200
5	F5	999,0	999,0	5	K5	AA1654c5H7S13p
6	R6	1000,0	919,0			
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Рисунок 2.3.1.8 Вікно вводу значень

З рис. 2.3.1.7 – 2.3.1.8 стає очевидною простота в освоєнні користувацького інтерфейсу, навіть користувачеві з початковим рівнем знань в галузі радіозв'язку та з навичками користувача ПК рівня початківця.

2.3.2 Програмне забезпечення для навігації, та завдання які можуть бути вирішені за його допомогою

Програма Micronav розроблена для ОС Android та дає змогу виявляти радіостанції союзників, що знаходяться в одній радіомережі з радіостанцією оператора, передавати короткі текстові повідомлення, залишати видимі мітки на карті.

Додаток в форматі .apk копіюється на прилад з ОС Android з ПК по usb, або передається по bluetooth (чи будь яким іншим способом) з іншого приладу, та встановлюється шляхом запуску через провідник.

.ark файл займає 1.7 Мб місця на носії інформації, та для коректної роботи потребує додаткового ПЗ у вигляді векторних карт з розширенням .map.

Після інсталяції необхідно підключити радіостанцію до приладу з ОС Android по bluetooth через спеціально для цього призначену кнопку в додатку (рис 2.3.2.1)

За допомогою кнопки scan виконується пошук доступних bluetooth приладів. З їхнього списку за іменем (PSTR та серійний номер радіостанції) обирається радіостанція та підключається перемикачем «on/off»)

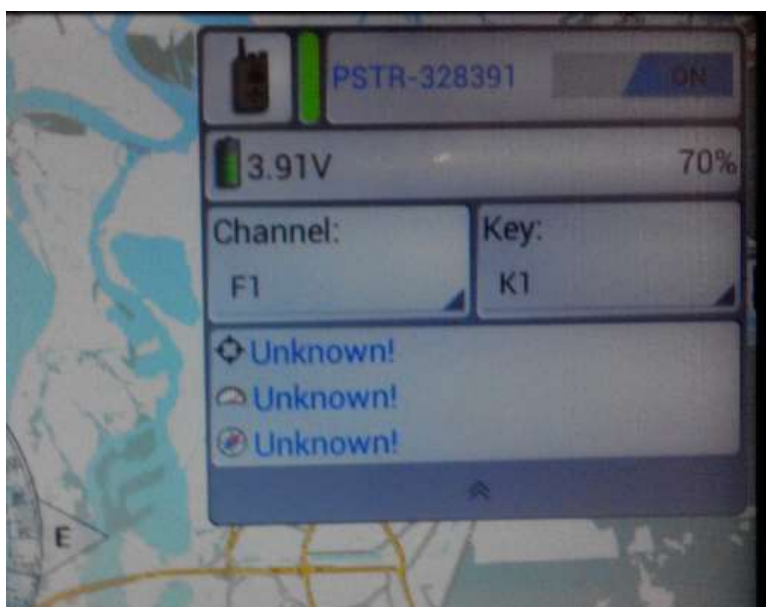


Рисунок 2.3.2.1 Підключення радіостанції до додатка.

Червоний індикатор зправа радіостанції свідчить про відсутність доступних супутників для GPS навігації.

Жовтий індикатор свідчить про їхній пошук та визначення координат.

Зелений індикатор свідчить про те, що супутники виявлені та координати перебування радіостанції встановлено.

Строчка з намальованою батареєю візуалізує відсоток зарядженості АКБ.

Строчка Channel та Key відображає на якому в даний момент каналі працює радіостанція та який ключ шифрування використовує.



Рисунок 2.3.2.2 Кнопки управління додатком

З рисунків 2.3.1.1 – 2.3.2.2 можемо бачити простоту користувацького інтерфейсу: максимальна кількість інформації подана зображеннями.

Кнопка з зображенням діалогової хмаринки використовується для переходу в чат з короткими текстовими повідомленнями.

Кнопка з хрестом посередині для встановлення власного місцезнаходження на карті.

Кнопка з зображенням шестерні для переходу до меню налаштувань.



Рисунок 2.3.2.3 Меню налаштувань

Зображені на рисунку 2.3.2.3 налаштування виконують наступні функції:

В графі tactical data:

Node timeout – час очікування вузла

Clear- очищення нанесених на карту позначень та повідомлень в чаті

Maps – список доступних на накопичувачі приладу карт.

Names- адресна книга радіостанцій, з яким радіостанція оператора знаходиться в одній радіомережі.



Рисунок 2.3.2.4 Загальний вигляд карти в додатку

В центрі екрана знаходиться компас, центр якого на радіостанції оператора. За допомогою нього відкладається азимут на ціль.

Повідомлення в текстовому чаті надсилаються всім кореспондентам в мережі.

Затримавши дотик на певній точці карти з'являється контекстне меню, яке дозволяє встановити маркер з умвною позначкою та текстовим поясненням до нього. Під час встановлення маркера вказується азимут та відстань до маркера (що є потрібною опцією для цілевказання).

Обравши встановлений маркер можна побачити його опис, координати та надіслати його іншим користувачам (Рис 2.3.2.5).

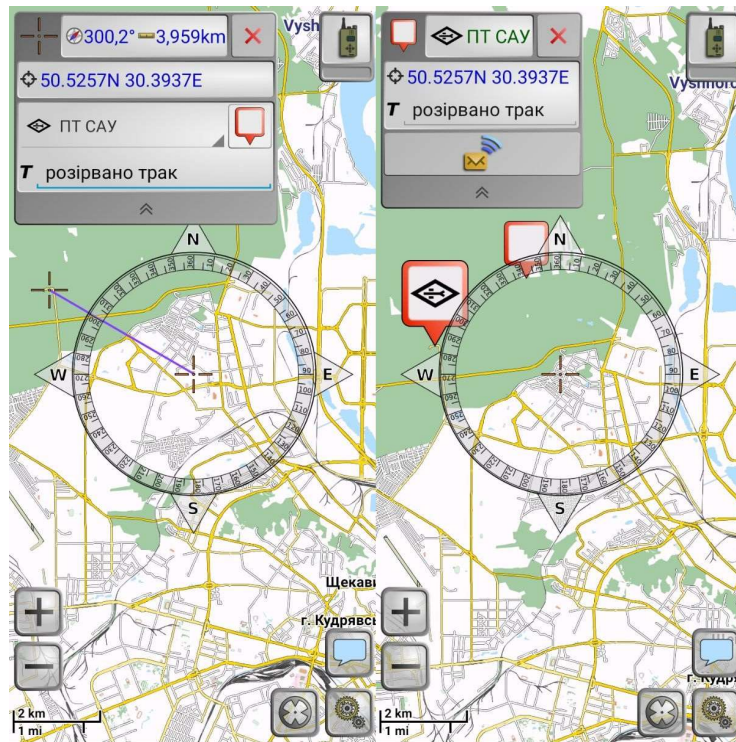


Рисунок 2.3.2.5 Встановлення маркера на карті

З рисунків 2.3.2.4-2.3.2.5 показано процес цілевказання за допомогою додатку: достатньо встановити маркер на карті, азимут та дистанцію додаток визначить автоматично. Опціонально можливо додати графічну позначку зразків СССР та текстову інформацію що до цілі.

Передача даних відбувається по радіоканалу, тобто з пристроєм з ОС Android на радіостанцію, з радіостанції користувача на радіостанцію кореспондента і з радіостанції кореспондента на прилад кореспондента з аналогічним додатком.

Можливість передачі даних та текстових повідомлень є поширеним рішенням у сфері військових телекомунікацій, але в таких аналогів, як Hattis та Motorola додатки спрямовані на навігацію постачаються окремо від додатків для передачі даних.

2.3.3 Завдання, які можливо вирішити за допомогою наявного ПЗ. Завдання які за допомогою наявного ПЗ вирішити неможливо.

Перевагою даного додатку є малий обсяг пам'яті який він займає, можливість завантаження додаткових карт, інтуїтивність в освоєнні та простота в використанні.

Таким чином, на відміну від додатків що потребують складнішої процедури настройки та запуску – даний додаток може бути освоєний людиною з початковим рівнем навичок обходження з ОС Android в найкоротші терміни (що може безумовно позитивно вплинути на навчання нерегулярних мілітаризованих елементів).

Також невибагливість програми до встановлення дозволяє передавати її з приладу на прилад, встановлювати, запускати та використовувати за виконання мінімальних вимог: наявності apk файлу додатку та карти.

Та суттєво обмежують можливості використання додатку відсутність оновлень. З версії Android 9 та вище при встановленні додатку виникає попередження про несумісність з системою, та на 3 з 10 телефонів, на яких було проведено експеримент з ОС Android 9 та вище, додаток не запустився.

Також існує вірогідність невдачі при встановленні карт користувача, пов'язана з застарілістю бібліотек для роботи з картами в додатку.

Графічні позначення радянського зразку з російськомовними підписами можуть бути незрозумілими військовослужбовцям інших держав у разі військового співробітництва.

2.4 Висновки

Радіостанція Micronet є відмінним рішенням для прихованого радіозв'язку в умовах тактичної обстановки та дії РЕР противника. Низька потужність та діапазон робочих частот хоч і роблять зону покриття радіостанції значно меншою ніж у наявних в ЗСУ закордонних аналогів (Harris, Motorola), про те, режим ретранслятора «зозуля» в певній мірі компенсує цей недолік. В свою чергу для типових умов роботи РГр СПП зв'язку на 300 метрів більше ніж достатньо, ситуація коли бійці РГр знаходяться на таких відстанях один від одного доволі нетипова.

Набір програмного забезпечення для програмування радіостанції дозволяє перепрограмування її безпосередньо в польових умовах, що безперечно є значною перевагою, у разі злому ключів шифрування (у радіостанцій Motorola перепрограмування без ПК неможлива, у Harris –

можлива лише завчасно заготовленими програмами, без можливості внесення змін до них)

Набір програмного забезпечення для цілевказання-чудово підходить для цілевказання артилерійського вогню, завдання навігації та позначення об'єктів противника, характерні для РГ СПП, виконує в достатній мірі.

Можливість інсталяції додатку на ОС Android 9 та вище, оновлення бібліотек для роботи з картами розширила б спектр приладів сумісних з додатком. Заміна умовних позначок відповідно до прийнятих стандартами НАТО зробила б користування додатком зручнішим іноземним військовослужбовцям, у випадках військового співробітництва.

3 ВИБІР ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА, АНАЛІЗ ОРИГІНАЛЬНОГО КОДУ, ТА МОДЕРНІЗАЦІЯ ДОДАТКА MICRONAV

3.1 Постановка завдань, що мають бути вирішені за допомогою розробки програмного забезпечення, та шляхи їхнього вирішення

З метою збільшення кількості сумісних з додатком приладів на базі ОС Android необхідно оновити бібліотеки Android, що завантажуються і формують .apk файл під час збірки.

З метою збільшення кількості векторних карт, сумісних з додатком Micronav оновити бібліотеки marsforge, що завантажуються і формують .apk файл під час збірки.

<https://download.marsforge.org/maps/>

З метою полегшення освоєння додатку іноземними фахівцями у разі виконання сумісних завдань – заміна маркерів на карті Micronav радянського зразку, маркерами відповідними стандарту НАТО.

3.2 Вибір програмного середовища

Для створення та редагування додатків написаних мовою Java існує кілька середовищ IDE (Integrated Development Environment – інтегроване середовище розробки). Для даної роботи розглядалось декілька варіантів IDE: Eclipse, IntelliJ Idea та Android Studio.

Eclipse – русифікована IDE, що потребує небагато оперативної пам'яті комп'ютера для роботи та дозволяє зібрати з файлів коду готовий apk файл [14].

IntelliJ Idea – створений раніше платний аналог, з на базі якого з часом було створено Android Studio [15].

Android Studio – IDE розроблене Google, створене для компіляції, написання та запуску додатків на приладах з ОС Android. Його перевагою є можливість імпорту додатків з більш старих на новіші версії Android, Android Studio є у вільному безкоштовному доступі [16].

Як IDE для аналізу та доповнення коду додатка Micronav мною було обрано Android studio, через наявність офіційної її підтримки сервісами Google, великий обсяг текстових та відео- керівництв з приводу практичного застосування даної IDE. Також, додаток Micronav було створено на базі даного середовища, та для модернізації коду воно було рекомендовано розробником додатку.

3.3 Аналіз оригінального коду, та модернізація додатка micronav

3.3.1 Оновлення бібліотек Android

Від розробника було отримано файл з кодом програми Micronav.

Для роботи використовуємо останню (4.2.1) версію Android studio та 64 розрядну версію ОС Windows 10

При спробі зібрати даний код додаток при першому запуску IDE Android studio видає помилку:

```
Build file 'C:\Users\Lido\Desktop\Micronav\app\build.gradle' line: 1
```

```
A problem occurred evaluating root project 'app'.
```

```
> Plugin with id 'com.android.application' not found.
```

Яка стосується першої строчки gradle скрипта.

Gradle- система автоматичної збірки додатків, інтегрована в IDE Android Studio.

Дана помилка свідчить про неможливість виконання плагіна com.android.application, та відповідно відсутності можливості оновлення бібліотек, необхідних для коректної роботи додатку. Це пов'язано зі значним оновленням бібліотек android з моменту створення додатку. Оригінальний код gradle:

```
apply plugin: 'com.android.application'
android {
    compileSdkVersion 28
    defaultConfig {
        applicationId "com.prx.micronav"
        minSdkVersion 15
        targetSdkVersion 28
        versionCode 1
        versionName "1.0"
        testInstrumentationRunner
"android.support.test.runner.AndroidJUnitRunner"
    }
}
```

```

buildTypes {
    release {
        minifyEnabled false
        proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android-
optimize.txt'), 'proguard-rules.pro'
    }
}
}

dependencies {
    //implementation fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])
    implementation 'com.android.support:appcompat-v7:28.0.0'
    testImplementation 'junit:junit:4.12'
    androidTestImplementation 'com.android.support.test:runner:1.0.2'
    androidTestImplementation 'com.android.support.test.espresso:espresso-
core:3.0.2'
    implementation 'com.android.support.constraint:constraint-layout:1.1.3'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-core:0.13.0'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map:0.13.0'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map-reader:0.13.0'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-themes:0.13.0'
    implementation 'net.sf.kxml:kxml2:2.3.0'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map-android:0.13.0'
    implementation 'com.caverock:androidsvg:1.4'
}

```

Даний фрагмент коду свідчить про розробку додатку для версій орієнтованих на максимальний рівень API (application programming interface) 28, якій відповідає максимальна версія Android 9 (серпень 2018)

Загальну топологію коду додатка наведено на рисунку (3.3.1.1):

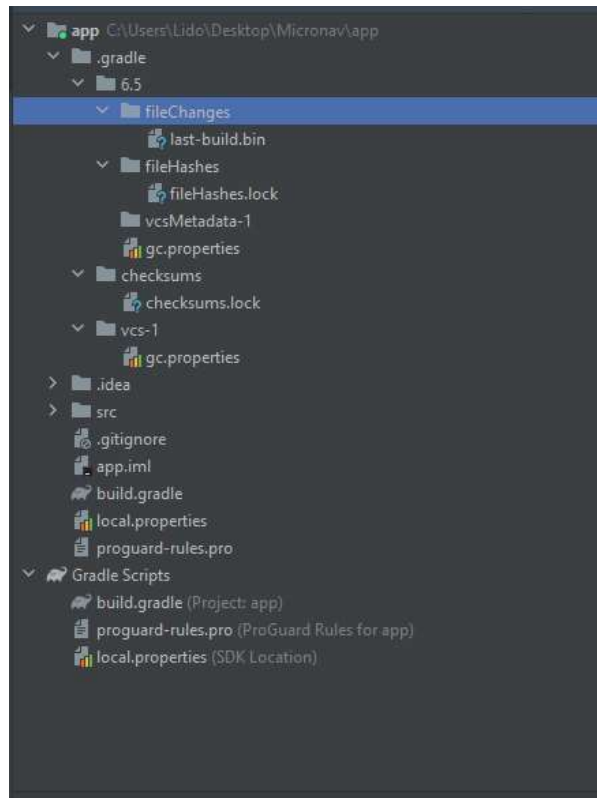


Рисунок 3.3.1.1 Загальна топологія файлів коду додатка Micronav

Виходячи з назв файлів коду, вказаних на рис. 3.3.1.1, можемо бачити, що даний додаток використовує gradle версії 6.5, в той час, як найновішою версією gradle є версія 7.0.2 [17], [18].

IDE Android Studio здатне самостійно генерувати gradle скрипт, що буде використано для його оновлення наступним чином: створення нового, чистого проекту та gradle скрипта, та монтаж коду в нього.

Для міграції на новіші версії Android скористаємося бібліотеками з офіційного сайту Android: [19]

Також оновлюємо з зовнішніх ресурсів для роботи з картами [20].

За допомогою вбудованої функції IDE Android Studio проводимо міграцію на API AndroidX.

В результаті отримуємо:

```
plugins {
    id 'com.android.application'
}

android {
    compileSdkVersion 30
    buildToolsVersion "30.0.3"
    defaultConfig {
        applicationId "com.example.test"
        minSdkVersion 16
    }
}
```

```

        targetSdkVersion 30
        versionCode 163
        versionName "1.63"
        testInstrumentationRunner 'androidx.test.runner.AndroidJUnitRunner'
    }

    buildTypes {
        release {
            minifyEnabled false
            proguardFiles getDefaultProguardFile('proguard-android-
optimize.txt'), 'proguard-rules.pro'
        }
    }
    compileOptions {
        sourceCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
        targetCompatibility JavaVersion.VERSION_1_8
    }
}

dependencies {
    //noinspection GradleCompatible
    implementation 'androidx.appcompat:appcompat:1.3.0'//1
    //implementation fileTree(dir: 'libs', include: ['*.jar'])
    testImplementation 'junit:junit:4.13.2'
    androidTestImplementation 'androidx.test.ext:junit:1.1.2'
    androidTestImplementation 'androidx.test.espresso:espresso-core:3.3.0'//2
    implementation 'androidx.constraintlayout:constraintlayout:2.0.4'//3

    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-core:0.16.0' //4
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map:0.16.0'//5
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map-reader:0.16.0'//6
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-themes:0.16.0'//6
    implementation 'net.sf.kxml:kxml2:2.3.0'
    implementation 'org.mapsforge:mapsforge-map-android:0.16.0'//7
    implementation 'com.caverock:androidsvg:1.4'
    testImplementation 'junit:junit:4.13.2'
}

```

При збірці було вказано gradle v 7.0.2, що знаходиться на жорсткому диску комп'ютера, та проведено збірку за його допомогою.

Як бачимо зі рядків помічених коментарями в блоці dependencies: замість застарілих ресурсів android. та mapsforge. було вказано найновіші версії.

До комп'ютера підключається реальний пристрій з ОС Android 11 в режимі розробника.

Android studio розпізнає його, та дає можливість провести збірку на даному пристрої.

```
06/05 22:39:18: Launching 'app' on OPPO CPH2083.  
Install successfully finished in 6 s 694 ms.  
$ adb shell am start -n "com.example.test/com.prx.micronav.map  
.MapActivity" -a android.intent.action.MAIN -c android.intent  
.category.LAUNCHER  
Connected to process 15444 on device 'oppo-cph2083-z9nvg9yhqcai4p4l'.
```

Рисунок 3.3.1.2 Звіт про вдалу інсталяцію додатка на телефон

Як бачимо з рис. 3.3.1.2 виведена в терміналі інформація свідчить про успішну інсталяцію. На смартфоні відкрився додаток, та функціонує належним чином. При спробі установки на телефон за допомогою арк файлу попередження про несумісність з новими версіями зникло.

Інсталяція на смартфон 11, на якому не працював додаток старішої версії проходить вдало, додаток працює належним чином.

3.3.2 Заміна маркерів старого зразку маркерами зразку НАТО

З метою надання користувачу можливості модифікації та створення нових умовних позначень – умовні позначення для карти в збірку не входять, і надаються окремим файлом, разом з програмою для програмування радіостанції, .ark файлом та базовою картою.

Знаходимо блок коду, що відповідальний за видобуття маркерів із внутрішньої пам'яті приладу (Рис. 3.3.2.1):

```

1 package com.prx.micronav.map;
2
3 import ...
4
5
6
7
8
9
10
11
12 public class MarkersFactory {
13     private final HashMap<Integer, Type> types = new HashMap<>();
14     private File path = new File(Environment.getExternalStorageDirectory(), child: "MicroNav/markers");
15
16     public Bitmap getImage(int id) {
17         Type type = types.get(id);
18
19         if (type == null) {
20             return null;
21         }
22
23         Bitmap bitmap = type.bitmap;
24
25         if (bitmap == null) {
26             if (type.file != null) {
27                 bitmap = BitmapFactory.decodeFile(type.file.getPath());
28                 type.bitmap = bitmap;
29             }
30         }
31
32         return bitmap;
33     }
34
35     public String getName(int id) {
36         Type type = types.get(id);
37
38         if (type == null) {
39             return null;
40         }
41     }
42 }












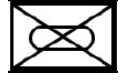

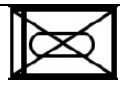





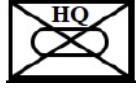










```





Рисунок 3.3.2.1: Блок коду, відповідальний за видобуття маркерів із внутрішньої пам'яті приладу

Як бачимо з строчки 14, рисунку 3.3.2.1: додаток шукатиме ресурси в зовнішньому сховищі.

Умовні позначення наведено в таблиці 3.3.2

Назва	Зразок СРСР	Зразок НАТО
1001.КНП бат		
1002.Пехота		
1003.ЛПО		
1004.РПГ		
1005.СП		
1006.Танк		

1007.ПТРК		
1008.САУ		
1009.Склад		
1010.Автомобиль		
1011.ПТ САУ		
1012.БТР		
1013.БМП		
1014.Дозор		
1015.КНП		
1016.БТР ком		
1017.Миномет		
1018.Пушка		
1019.ПТ пушка		
1020.ЗО		
1021.Десант		

1022.СПГ		
1023.УВ		

Таблиця 3.3.2 Умовні позначення СРСР та їхні аналоги НАТО

Як бачимо з таблиці 3.3.2 умовні позначення НАТО значно відрізняються від СРСР, тому для можливості використання програми іноземними військовослужбовцями – було виконано заміну на позначення НАТО. Підписи було залишено російськомовними для можливості розуміння нерегулярними мілітаризованими елементами їхнього змісту [21].

Остаточний варіант вигляду мені встановлення маркерів:

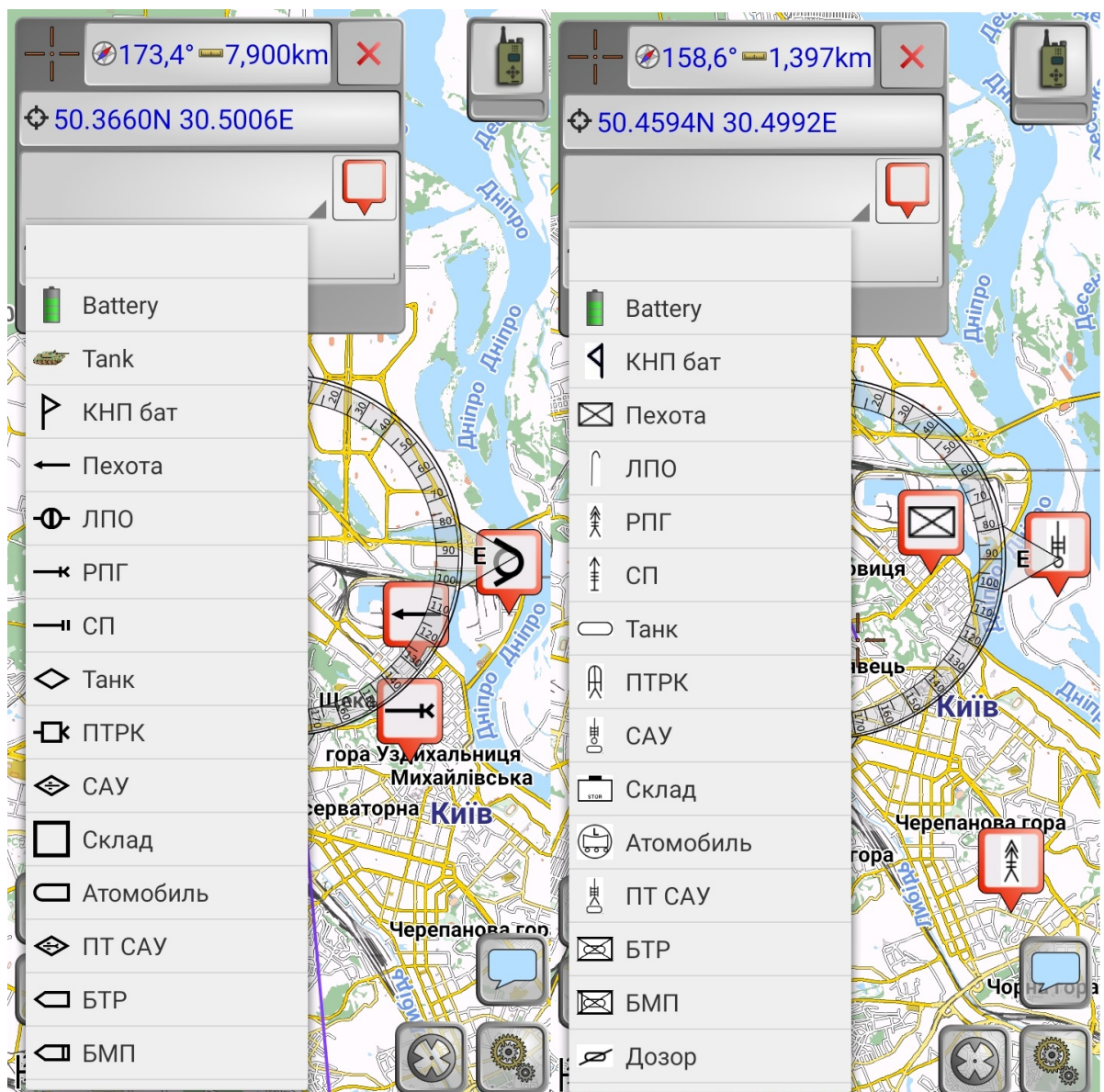


Рисунок 3.3.2.2 Остаточний вигляд додатка після модернізації

Як можемо бачити з рис. 3.3.2.2 замість старих моделей умовних позначок на карті відображаються нові.

3.4 Висновки

За допомогою правильної настройки IDE Android Studio імпорт додатків з більш старих на новіші версії стає доступним та частково виконується самою програмою.

Відсутність можливості зберігання інформації у постійній пам'яті приладу на базі ОС Android – певним чином відповідає потребам РГр СПП: потрапивши у руки противника прилад не залишить в собі слідів використання та умовних позначок на карті, незалежно від бажання бійця, що може зіграти важливу роль в умовах партизанської війни, коли апаратура потрапляє в руки нерегулярних військових формувань, зі значно нижчим рівнем підготовки та нижчою здатністю до навчання, ніж регулярні війська.

Оновивши посилання на зовнішні ресурси в коді – ми дали змогу IDE автоматично змонтувати необхідні для коректної роботи на пізніх версіях Android бібліотеки.

Це дозволяє значно збільшити кількість пристроїв Android на яких даний додаток працюватиме стабільно.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було порівняно актуальний на даний момент парк носимих УКХ радіостанцій, що використовуються підрозділами ЗСУ, з точки зору потреб РГр СПП, у існуючій та вірогідно можливій тактичній обстановці, та програмне забезпечення для навігації та управління військами сумісне з даними радіостанціями.

Було обгрунтовано доцільність використання радіостанції Micronet PSTR 004 в пріоритеті перед іншими радіостанціями для забезпечення зв'язку всередині РГр СПП.

Також в даній роботі було розглянуто додатки CombatVision та Micronav на базі ОС Android, та обгрунтовано їхню відповідність теперішнім потребам РГр СПП, та доцільність використання другого в умовах ведення малої (партизанської) війни.

Обидва додатки мають специфічні сфери застосування та специфічні вимоги для коректної роботи. І хоча на перший погляд перевага додатку Combatvision очевидна, але широкий функціонал він забезпечує за рахунок своєї вибагливості до приладу та користувача.

Саме простота та невибагливість можуть стати ключовими, в умовах партизанської війни, коли виникає необхідність навчання та експлуатації апаратури нерегулярними мілітаризованими формуваннями з орієнтовно низьким рівнем здатності до навчання.

Модернізація, виконана в дослідницькій частині роботи дає можливість застосування додатка Micronav на приладах на базі ОС Android версій до 12 (напротивагу Android 9 що були попередньо). Це значно розширює парк апаратури, на якій додаток може працювати коректно.

Також заміна умовних позначок зі зразків СРСР на прийнятні відповідно до стандартів НАТО полегшує використання даного додатка військовослужбовцями країн-партнерів.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. <https://viva-telecom.org/10860/motorola/dp4800/ttx/> (станом на 06.06.21)
2. <https://learning.motorolasolutions.com/user-guide/5942enus> (станом на 06.06.21)
3. http://mototrbo.radioprofessional.info/_cps_mototrbo.php (станом на 06.06.21)
4. <http://www.combat.vision/> (станом на 06.06.21)
5. <https://ppt-online.org/196875> (станом на 06.06.21)
6. <https://military.trcvr.ru/2015/11/12/radiostancija-rf-7850m-hh/> (станом на 06.06.21)
7. <https://www.l3harris.com/sites/default/files/2020-11/cs-tcom-rf-6705-sw001-tactical-chat-ip-spec-sheet.pdf> (станом на 06.06.21)
8. [http://www.atexshop.com/download/pdf/harris3590ruggedized-tablet%20\(1\).pdf](http://www.atexshop.com/download/pdf/harris3590ruggedized-tablet%20(1).pdf) (станом на 06.06.21)
9. <https://www.aselsan.com.tr/ce2571ab-d185-43ed-88e8-ae8672d6ec3f.pdf> (станом на 06.06.21)
10. <https://multimedia.3m.com/mws/media/10874880/hearing-protection-for-impulse-noise-technical-bulletin.pdf> (станом на 06.06.21)
11. <https://www.ineltro.ch/media/downloads/SAAItem/45/45958/36e3e7f3-2049-4adb-a2a7-79c654d92915.pdf> (станом на 06.06.21)
12. <https://www.ukrmilitary.com/2019/04/sof-signals.html> (станом на 06.06.21)
13. <http://www.wireless.ua/1697-malozametnye-lichnye-radiostancii-soldata.html> (станом на 06.06.21)
14. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse_\(%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Eclipse_(%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0_%D1%80%D0%B0%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%BA%D0%B8)) (станом на 06.06.21)
15. <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/> (станом на 06.06.21)

16. https://developer.android.com/studio?gclid=Cj0KCQjwweyFBhDvARIsAA67M70rKln5Hr4zKtEELljqIAqYhfP0qcToNO8JCQJooK24tUTDYrXduwaAuJQEALw_wcB&gclsrc=aw.ds(станом на 06.06.21)

17. <https://developer.android.com/guide/topics/manifest/uses-sdk-element#target> (станом на 06.06.21)

18. https://en.wikipedia.org/wiki/Android_version_history(станом на 06.06.21)

19. <https://developer.android.com/jetpack/androidx/migrate/artifact-mappings> (станом на 06.06.21)

20. mapsforge <https://mvnrepository.com/artifact/org.mapsforge/mapsforge-core> (станом на 06.06.21)

21. FM 1-02 (FM 101-5-1) MCRP 5-12A. Change No.1. Operational Terms and Graphics. Headquarters Department of the Army, Headquarters Marine Corps Combat Development Command, Department of the Navy. Washington, DC. 2 February 2010.

Додатки

Додатки А, Б, В, Г, І наведені окремими, відповідно підписаними файлами

Додаток А: плакат з порівнянням характеристик радіостанцій

Додаток Б: плакат з порівнянням властивостей додатків

Додаток В: плакат з порівнянням та розбором розробленого коду gradle файлу

Додаток Г: програмне забезпечення Micronav до модернізації

Додаток І: програмне забезпечення Micronav після внесених змін

Додаток Д: файли з кодом надані розробниками

Додаток Е: файли з кодом після модернізації