

*Роман Володимирович Кочан (д-р техн. наук, доцент)
Богдан Ростиславович Трембач*

Національний університет “Львівська політехніка”, Львів, Україна

КОНЦЕПЦІЯ РОЗПОДІЛЕНОЇ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЗВУКОВОЇ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ РОЗВІДКИ НА БАЗІ СТІЛЬНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

Проаналізовано недоліки засобів звукової артилерійської розвідки Збройних Сил України. Синтезовано структуру запропонованої розподіленої автоматичної системи звукової артилерійської розвідки, що реалізується як розподілена система автономних звукоприймачів, розташованих на місцевості за відомими географічними координатами, підключених з допомогою безпроводних каналів зв'язку до сервера. Запропонована система, за рахунок автоматичного виконання всіх необхідних операцій компонентами системи, забезпечує зменшення часу виявлення та ідентифікації цілей порівняно з існуючими засобами. Використання засобів супутникової навігації, а також можливість підключення/відключення звукоприймачів в процесі роботи забезпечує адекватність роботи системи при зміні положення та кількості звукоприймачів, що дозволяє цілеспрямовано переконфігурувати систему при зміні оперативної обстановки. Синтезовані функції компонентів запропонованої системи. Обґрунтовано доцільність реалізації цієї системи на базі системи стільникового зв'язку. Що дозволяє будувати звукоприймачі на базі терміналів стільникового зв'язку з встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням. Окреслено коло задач, що потребують вирішення для впровадження запропонованої системи.

Ключові слова: звукова розвідка; розподілена система.

Вступ

Звукова розвідка є складовою частиною та одним із видів артилерійської розвідки. Методи і прилади, які застосовуються у звуковій розвідці, дозволяють визначати координати місцезнаходження артилерійських і мінометних батарей противника за звуком їхніх пострілів, а також коригувати вогонь своєї артилерії визначаючи місця фактичного влучення снарядів і мін за звуком їх вибухів.

Особливості звукової артилерійської розвідки. Головним завданнями звукової артилерійської розвідки є:

визначення координат батарей (гармат), мінометів наземної артилерії, зенітної артилерії та реактивних систем залпового вогню за звуком їх пострілів;

корекція результатів стрільби артилерії за звуком вибухів снарядів та мін.

Перевагами цього виду розвідки є:

незалежність від умов видимості, завдяки чому розвідка та обслуговування стрільби за звуком можливі вночі, у туман, під час задимлення;

слабка залежність від рельєфу місцевості та місцевих предметів, що дозволяє проводити розвідку в умовах лісової та пересіченої місцевості, а також у горах;

відсутність демаскувальних ознак, що перешкоджає виявленню підрозділів звукової розвідки противником;

можливість приховано вести розвідку безперервно впродовж тривалого часу.

Недоліками звукової розвідки є:

чутливість до звукових завад, створених стрілецькою зброєю та технікою, перш за все авіаційною;

чутливість до умов поширення звукових хвиль в атмосфері;

залежність від щільності вогню артилерії.

Знання переваг та недоліків звукової розвідки дозволяє ефективно застосовувати засоби звукової розвідки в бою [1, 2].

Постановка проблеми. Організаційно підрозділи, що забезпечують звукову артилерійську розвідку – взводи звукової розвідки, входять до складу батареї управління та артилерійської розвідки бригадних артилерійських груп та артилерійських дивізіонів і діють, перш за все, в їхніх інтересах [2]. В умовах обмеженої кількості засобів звукової розвідки та обмеженого радіусу їхньої дії, вести розвідку всієї лінії зіткнення навіть на обмеженому театрі військових дій не можливо, а в умовах недостатньої координації між різними підрозділами робить їх слабоефективним видом розвідки. Тому, розробка та впровадження ефективних засобів звукової розвідки, які забезпечують повною, адекватною, своєчасною та достовірною розвідувальною інформацією всі задіяні підрозділи є актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз засобів звукової артилерійської розвідки Збройних Сил України. У 1909 році Бенуа М. О. створив зразок звукометричної станції і розробив метод роботи звукової розвідки, який увійшов в історію як метод “різниці часу. У 1930

році радянські конструктори А. І.Данилевський і А. В.Євтюхов створили звукометричну станцію ДЄ-30. У подальшому на озброєння підрозділів звукової розвідки надійшла більш сучасна станція СЧЗ-36. Після зміни системи синхронізації станція стала називатися СЧЗМ-36 [1, 3].

Особливо бурхливого розвитку техніка звукометрії набула у 70 - 90-х роках ХХ ст. На озброєння надійшли нові автоматизовані звукометричні комплекси АЗК-5 та АЗК-7. Власне ці комплекси і є основою звукової артилерійської розвідки Збройних Сил України. Їхнім недоліком є відносно малий радіус дії, який для артилерійських гармат не перевищує 20 км, а для мінометів – 8 км [2], що не дозволяє виявляти цілі, які працюють на максимальну дистанцію. Крім того, точність визначення координат цілей є досить низькою і для надійного ураження необхідно їх уточнювати з допомогою інших засобів розвідки. Швидкодія цих комплексів, а також наявних засобів зв'язку не дозволяє ефективно протидіяти ворожій артилерії, особливо самохідній. Крім того ці комплекси поступово вичерпують свій технічний ресурс [4].

Українські військові спеціалісти, науковці, інженери та конструктори розробили сучасний автоматизований звукометричний комплекс розвідки “Положення-2”, який пройшов випробування і показав значно кращі результати та можливості, ніж існуючі нині на озброєнні АЗК – 5 та АЗК – 7. Автоматизований звукометричний комплекс розвідки “Положення-2” оснащений ЕОМ, елементна база якого дає можливість швидко визначати координати артилерійських і мінометних батарей з високою точністю. Точність визначення координат на 15-20% вища, ніж у АЗК-5 та АЗК-7. Координати цілей, виявлених комплексом “Положення-2”, одночасно відображаються на моніторі ЕОМ оператора і цифровому планшеті ЕОМ командира в реальному масштабі часу [5]. Однак кількість цих комплексів є недостатньою, а виробництво не розгорнуто.

Враховуючи це, метою статті є проведення аналізу побудови розподіленої системи звукової розвідки, що базується на мережі звукоприймачів з автоматичною реєстрацією, опрацюванням та передачею інформації про акустичну обстановку в радіусі дії.

Принцип роботи системи звукової артилерійської розвідки. Визначення координат цілей в звуковій розвідці здійснюється за звуком їх пострілів та вибухів, які реєструються звукоприймачами, розміщеними на певній відстані між собою. Пара звукоприймачів утворює акустичну базу, що дозволяє визначити напрям на ціль. Принцип роботи акустичної бази схематично представлено на рис. 1. В точках А та В знаходяться звукоприймачі, відстань відрізка АВ називають довжиною акустичної бази. Нехай в точці О знаходиться ціль, що виявила себе звуком пострілу, тоді від неї у всіх напрямках зі

швидкістю розповсюдження звуку розповсюджуються акустичні хвилі, які пройшовши шлях S1 реєструються звукоприймачем в точці А, а пройшовши шлях S2 – в точці В. Тоді справджується співвідношення

$$\begin{cases} S1 = c \times t1 \\ S2 = c \times t2 \end{cases} \quad (1)$$

де с – швидкість розповсюдження звуку у атмосфері, t1 та t2 – часи проходження акустичних хвиль відстаней S1 та S2 відповідно.

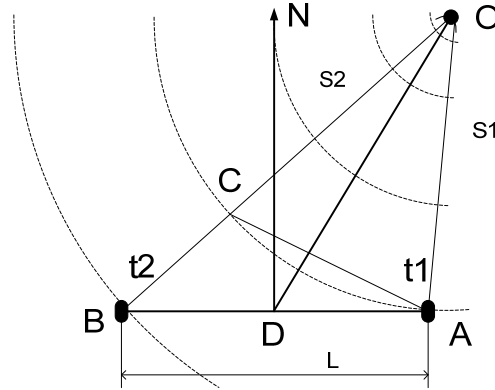


Рис. 1. Схема розташування елементів акустичної бази

Нехай точка С лежить на відрізку ВО так, що довжина відрізка СО рівна довжині відрізка АО, тобто звук пострілу одночасно реєструється в точках А та С, а точки D та N розташовані таким чином, що довжина відрізків BD та DA рівні (точка D лежить посередині відрізка АВ), а кут NDA є прямим (відрізок DN є нормаллю до відрізка АВ, який в артилерії прийнято називати директрисою акустичної бази). Якщо довжина відрізка АВ значно менша від довжин відрізків АО та ВО, то значення кута АСВ прямує до 90° [1, 2]. В такому випадку відрізки ВС та СА – катети прямокутного трикутника АВС, а відрізок ВА – його гіпотенуза. Кут NDO рівний куту САВ і для нього справджується

$$\begin{aligned} \sin(CAB) &= \sin(NDO) = \frac{BC}{BA} = \\ &= \frac{(t2-t1) \times c}{L} = \frac{\Delta t \times c}{L} \end{aligned} \quad (2)$$

де Δt – різниця часу реєстрації звуку пострілу двома звукоприймачами, L – довжина акустичної бази.

Таким чином вихідними даними при розрахунку напрямку на ціль є різниця часу реєстрації звуку між двома звукоприймачами, відстань між ними, та орієнтація акустичної бази на місцевості. Для визначення координати цілі необхідно визначити напрямки на ціль із, як мінімум, двох акустичних баз. При чому, один і той самий звукоприймач може входити в склад декількох акустичних баз.

Розподілена автоматична система звукової розвідки. Для усунення вказаних недоліків системи звукової розвідки Збройних Сил України пропонується розробити розподілену автоматичну систему, яка складається з множини автономних

звукочувачів – сенсорів, розміщених на місцевості, підключених з допомогою безпроводних каналів зв'язку до сервера цієї системи. Сенсори забезпечують автоматичну реєстрацію, опрацювання та передавання інформації про акустичну обстановку в радіусі своєї дії. Враховуючи відкритість каналу зв'язку, обмін інформацією між компонентами системи повинен організовуватися виходячи з вимог забезпечення інформаційної безпеки системи. Сервер забезпечує збір інформації від сенсорів, її опрацювання та відображення, а також доступ до неї авторизованих користувачів.

Основним функціями сенсора є:
визначення власних координат з допомогою супутникової навігаційної системи, наприклад GPS;

дискретизація, квантування та зберігання прийнятих акустичних сигналів;

розпізнавання звуків вистрілів та розривів снарядів на фоні акустичних шумів;

класифікація типу озброєння – джерела звуку вистрілу;

передача серверу інформації про час надходження акустичного сигналу, розпізнаного як вистріл або розрив снаряду, тип озброєння, та власні координати.

Одним з можливих режимів роботи сенсора може бути запис та передача серверу повністю прийнятого акустичного сигналу, що дозволить дистанційно прослуховувати ситуацію в радіусі дії сенсора. Ускладнення алгоритмів розпізнавання та класифікації може забезпечити виявлення не тільки пострілів, а й інших подій, що супроводжуються акустичними сигналами. Наприклад проїзд техніки за звуком двигуна.

Основними функціями сервера є:
синхронізація всіх сенсорів між собою;
прийом інформації від сенсорів;
розрахунок координат цілей;
авторизація користувачів розвідувальної інформації;

представлення координат цілей активним засобом протидії;

архівування, зберігання та представлення всієї інформації про результати роботи системи у зручному вигляді.

Якщо задіяні канали зв'язку дозволяють здійснювати надійний обмін інформацією з сенсорами на відносно велику відстань, то такі сенсори можуть монтуватися на бойових та транспортних машинах, що забезпечить адекватність розміщення сенсорів при зміні конфігурації лінії зіткнення. При умові невеликих масо-габаритних розмірів сенсорів, відносно великого терміну автономної роботи, та конструктивній міцності їх можна буде розміщати і за лінією зіткнення з допомогою розвідувальних груп або закинути з використанням авіаційних носіїв чи ракетно-артилерійського озброєння.

Інтеграція запропонованої системи з іншими, наприклад ГІС "Арта" [6, 7] здійснюється шляхом авторизації користувачів сервером та надання їм відповідної інформації в реальному часі з використанням провідних або безпроводних каналів зв'язку.

При використанні мережі стільникового зв'язку для взаємодії компонентів системи, як сенсори можна використати як спеціалізовані пристрої, так і сучасні термінали стільникового зв'язку (смартфони) з встановленим відповідним програмним забезпеченням. Це дозволить побудувати систему звукової артилерійської розвідки в місцях наявності покриття мережею стільникового зв'язку. Розробка та модифікація програмного забезпечення таких сенсорів є нескладним завданням. Перевагами такого підходу є:

відносно низька вартість самих терміналів;
розвиненість інфраструктури стільникового зв'язку;

загальнонаціональне покриття території України мережею стільникового зв'язку;
автоматичний роумінг з сусідніми країнами.

Це дозволяє швидко розгорнути систему звукової артилерійської розвідки на великій площі, а зважаючи на широкую розповсюдженість терміналів стільникового зв'язку – забезпечити живучість та надійність системи, а також дозволить проводити статистичне опрацювання результатів вимірювання, що дозволить суттєво підвищити точність системи [8].

Для дослідження можливості реалізації системи звукової розвідки на базі терміналу стільникового зв'язку було створено тестову програму на базі операційної системи Android, вікно якої представлено на рис. 2.

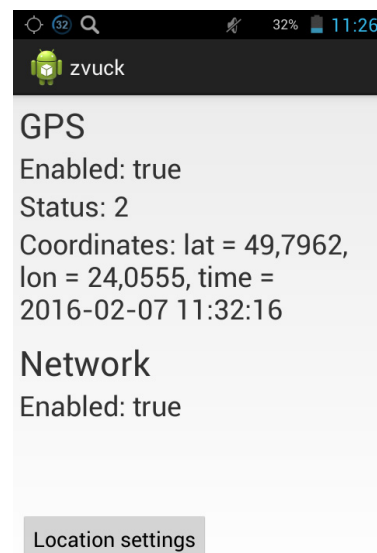


Рис.2 Вікно тестової програми

Програма зчитує дані з таких системних пристроїв: GPS приймач, системний годинник, мікрофон, та передає їх на сервер через мережевий контролер. Це забезпечує визначення географічних координат терміналу, зчитування

аналіз та зберігання дискретизованих акустичних сигналів, що поступають на мікрофон.

Висновки й перспективи подальших досліджень

Запропоновано концепцію побудови автоматичної системи звукової артилерійської розвідки, яка будується по відкритій архітектурі та передбачає підключення множини автономних звукоприймачів до сервера системи з використанням безпроводних каналів зв'язку і забезпечує автоматичний збір, опрацювання та передачу даних про оперативну обстановку в зоні дії звукоприймачів.

Використання системи стільникового зв'язку та мобільних пристроїв як бази для побудови системи звукової артилерійської розвідки забезпечують масштабованість системи, малий час розгортання та сумісність з наявними в збройних силах України засобами керування артилерійським вогнем. Широке розповсюдження таких пристроїв та всеукраїнське покриття мереж стільникового зв'язку різних операторів, а також автоматичний роумінг дозволяє побудувати систему з великою кількістю каналів, які перекриваються за радіусом дії, що забезпечить точність, надійність та живучість системи.

Розроблена тестова програма на базі операційної системи Android, забезпечує доступ до всіх необхідних системних пристроїв, а також спрощений алгоритм розпізнавання звуку

вистрілу. Використання операційної системи Android забезпечує портованість розробленого програмного забезпечення.

Для впровадження запропонованої системи необхідно:

- розробити метод та алгоритм обробки звукового сигналу процесором звукоприймача, що забезпечує розпізнавання та класифікації цілей з заданою імовірністю в умовах дії шумів та завад;

- оцінити похибку системи та її залежність від положення та густини розташування звукоприймачів, що дозволить встановити вимоги до конфігурації системи для забезпечення заданого рівня точності визначення координат цілей;

- розробити програмне забезпечення сервера системи, що передбачає розрахунок координат цілей та забезпечує доступ до цих результатів в реальному масштабі часу;

- розробити набір спеціалізованих звукоприймачів, конструктивне виконання яких дозволить їхнє розміщення на місцевості з використанням авіаційних носіїв або ракетно-артилерійського озброєння.

Подяка

Наукові результати, подані у цій статті, було отримано в рамках дослідницького проекту ДБ/КІБЕР з реєстраційним номером 0115U000446 01.01.2015 – 31.12.2017, фінансово підтриманим Міністерством освіти та науки України.

Література

1. Таланов А. В. Звуковая разведка артиллерии / А. В. Таланов – Военное издательство министерства вооруженных сил союза ССР. – М. – 1948. 404 с.
2. Кривошеев А. М. Основы артиллерийской разведки: навч. посібник / А. М. Кривошеев, В. М. Петренко, А. І. Приходько – Суми: Сумський державний університет, 2014. – 393 с.
3. Трофименко П. Є. Звукометричні станції розвідки – 100 років / П. Є. Трофименко, Ю. Г. Філіпенко // Вісник СумДУ. – 2009. – №3 - С. 198-202.
4. Латін С. П. Стан та перспективи досліджень питань бойового забезпечення РВІА / С. П. Латін // Перспективи та шляхи розвитку бойового забезпечення ракетних військ і артилерії Сухопутних військ Збройних Сил

України. - Суми : СумДУ, 2009. - С. 6-13. [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/21189>
5. НДР “Положення - РБЗ”. – Суми НЦ БЗ РВ і А Сум ДУ, 2008. – 115 с.
6. Інновації для армії. Система для артилеристів ГІС “Арта” [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://life.pravda.com.ua/technology/2015/06/2/194846/>
7. ГІС “Арта” - незаменимая помощь артиллеристу [Електронний ресурс] – Режим доступу <http://arta.center/#ua>.
8. Дорожовець М. М. Опрацювання результатів вимірювань: навч. посіб. / М. М. Дорожовець – Нац. ун-т “Львів. політехніка”. – Л., – 2007. 624 с.

КОНЦЕПЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ЗВУКОВОЙ АРТИЛЛЕРИЙСКОЙ РАЗВЕДКИ НА БАЗЕ СОТОВОЙ СВЯЗИ

Роман Владимирович Кочан (д-р техн. наук, доцент)
Богдан Ростиславович Трэмбач

Национальный университет “Львовская политехника”, Львов, Украина

Проанализированы недостатки средств звуковой артиллерийской разведки Вооруженных Сил Украины. Синтезирована структура предложенной распределенной автоматической системы звуковой артиллерийской разведки, которая реализуется как распределенная система автономных звукоприемников, расположенных на местности с известными географическими координатами, подключенных с помощью беспроводных каналов связи к серверу. Предложенная система, за счет автоматического исполнения всех необходимых операций компонентами системы, обеспечивает уменьшение времени обнаружения и идентификации целей по сравнению с существующими средствами. Использование средств спутниковой навигации, а также возможность подключения/отключения звукоприемников в процессе работы обеспечивает адекватность работы системы при изменении положения и количества звукоприемников, что позволяет целенаправленно переконфигурировать систему при изменении оперативной обстановки. Синтезированы функции компонентов предложенной системы. Обоснована целесообразность реализации этой системы на базе системы сотовой связи. Что позволяет строить звукоприемники на базе терминалов сотовой связи с установленным

специализированным программным обеспечением. Очерчен круг задач, требующих решения для внедрения предложенной системы.

Ключевые слова: звуковая разведка; распределенная система.

THE CONCEPT OF THE DISTRIBUTED AUTOMATIC SYSTEM OF SOUND ARTILLERY INTELLIGENCE BASED ON CELLULAR COMMUNICATION

Roman V. Kochan (Doctor of Technical Sciences, Associate Professor)
Bogdan R. Trembach

Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

There is analyzed the disadvantages of equipment for artillery sound intelligence of Armed Forces of Ukraine. It is synthesized the structure of proposed distributed system for automatically artillery sound intelligence, which is implemented as distributive system of the set of autonomous sound sensors located on the area with defined geographical coordinates connected to the server via wireless communication channels. The proposed system provides time decreasing of targets detection in comparison with existed equipment. It is achieved by automatic execution of all functions by all components of the system. Implementation of space based navigation technology and opportunity of hot swapping of sound sensors provides purposeful reconfiguration of the system in the condition of changing military situation. There re synthesized functions of all components of proposed system. There is showed that it is rational to implement the proposed system on cellular communication system. It provides development sound sensors based on cellular phones with installed special software. There are lighted the set of outstanding tasks for implementation of the proposed system.

Keywords: sound intelligence; distributive system.

References

1. **Talanov A.V.** (1948), Sound intelligence of artillery. [Zvukovaja razvedka artillerii], Publishing house of ministry of military forces of USSR, Moscow, 404 p.
2. **Krivosheev A.M.**, Petrenko V.M., Pryhod'ko A.I. (2014), Basic of artillery intelligence [Osnovy artylerijs'koi rozvidky], Sumy State University, Sumy, 393 p.
3. **Trofymenko P.E.**, Filipenko Y.G. (2009), Sound intelligence station – 100 years [Zvukometrychnij stantsii rozvidky – 100 rokov], Visnyk SumDU, No 3, pp. 198–202.
4. **Latın S.P.** (2009), State of the art and future investigation of the questions of combat support of missiles and artillery [Stan ta perspektyvy doslidjen' pytan' bojovogo zabezpechennja raketnyh vijs'k i artillerii], Perspektyvy ta shljahy rozvytku bojovogo zabezpechennja raketnyh vijs'k I artillerii Suhoputnyh vijs'k Zbrojnyh Syl Ukrainy, Sumy State University, Sumy, pp. 6-13. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/21189>.
5. **R&D Project** Position RB3 [NDR Polojenie – RB3], Sumy NC BZ RViA, Sumy State University, 2008, 115 p.
6. **Innovations for** military forces. System for artillery GIS “Arta” [Innovatsii dla armii. Systema dla artillerii GIS “Arta”] URL: <http://life.pravda.com.ua/technology/2015/06/2/194846/>
7. **GIS “Arta”** - an indispensable support for artillerists [GIS “Arta” – nezamenimaja pomosch artileristui] URL: <http://arta.center/#ua>.
8. **Dorojovets M.M.** (2007), Measurement results processing [Opracuvannja rezultativ vymirjuvan'], Lviv Ntional Politechnic University, Lviv, 624 p.

Отримано: 09.03.2016 року.