

МЕТОД ІДЕНТИФІКАЦІЇ ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ У ДВОВИМІРНОМУ ХЕММІНГОВОМУ ПРОСТОРИ

Трембач Б.Р.¹⁾, Сидор А.І.²⁾, Возна Г.В.³⁾

¹⁾Національний університет "Львівська політехніка", аспірант

Тернопільський національний економічний університет

²⁾аспірант, ³⁾студент

І. Постановка проблеми

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

Існують різні методи та способи реалізації такого класу інформаційно-обчислювальних систем, які базуються на основі аналогових кореляційних засобів, систем стільникового зв'язку та цифрової мікроелектронної техніки. Аналіз функціональних можливостей досліджуваних засобів реєстрації та опрацювання акустичних сигналів у реальному часі показує, що визначену перспективу у вирішенні цієї актуальної науково-прикладної задачі складають мікроелектронні цифрові кореляційні спецпроцесори, які забезпечують ідентифікацію просторового розміщення джерела акустичних сигналів у середовищі двовимірного Хеммінгового простору.

Розробка теоретичних засад інформаційних технологій та програмно-апаратних засобів кореляційного опрацювання сигналів є актуальною науково-прикладною задачею, яка потребує вирішення у багатьох галузях промисловості. У тому числі, ідентифікація просторового розміщення джерел акустичних сигналів (ДАС) відносно просторового розміщення мікрофонів приймачів акустичних сигналів (ПАС). Названа задача була і є пріоритетною промислово-технічною задачею спецтехніки.

II. Мета роботи

Метою роботи 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.

III. Аналіз засобів звукової артилерійської розвідки.

У 1909 році Бенуа М.О. створив зразок звукометричної станції і розробив метод роботи звукової розвідки, який увійшов у історію як метод "різниці часу". У 1950 році конструктори А.І. Данилевський і А.В. Євтухов створили звукометричну станцію ДС-30. У подальшому на озброєння підрозділів звукової розвідки надійшла більш сучасна станція СЧЗ-36. Після зміни системи синхронізації станція стала називатися СЧЗМ-36 [1].

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 [3], 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. Українські спеціалісти розробили сучасний автоматизований звукометричний комплекс розвідки "Положення-2", який пройшов випробування і показав значно кращі результати. Автоматизований звукометричний комплекс розвідки "Положення-2" оснащений процесором, елементарна база якого дає можливість швидко визначити координати артилерійських і мінометних батарей з точністю, яка на 15-20% вища ніж у АЗК-5 та АЗК-7. Координати цілей, виявлених комплексом "Положення-2, одночасно відображаються на моніторі оператора і цифровому планшеті командира в реальному масштабі часу [4].

IV. Принцип роботи системи ідентифікації просторового розміщення джерела акустичних сигналів

Визначення координат 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:

$$\begin{cases} S1 = c \times t1 \\ S2 = c \times t2 \end{cases}$$

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

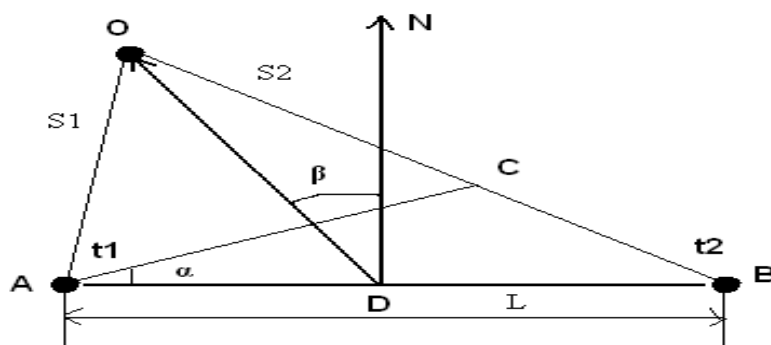


Рисунок 1. Схема розташування елементів акустичної бази

Нехай точка С лежить на відрізку ОВ так, що довжина відрізка СО рівна довжині відрізка АО, тобто звук пострілу одночасно реєструється в точці 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 довжини відрізків АО та БО, 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:

$$\alpha\beta = \sin(CAB) = \sin(NDO) = \frac{BC}{BA} = \frac{(t2 - t1) \times c}{BA} = \frac{\Delta t \times c}{L}$$

де Δt різниця часу реєстрації звуку пострілу 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 координат 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.

V. Розробка спецпроцесора опрацювання акустичних сигналів на основі модульної кореляційної функції.

Прикладом успішного, але далекого від оптимального вирішення такої задачі є розроблена С. Бірчфлідом та Д.Гіллмором система локалізації накопичуваної інформації [5]. В основу даної системи покладено визначення просторових параметрів азимуту (θ) та віддалі до ДАС (φ) застосуванням певного числа кореляторів (q) при заданому числі кількості мікрофонів (m).

У роботі [5] приведений приклад реалізації структури системи АЛАС (рис 2).

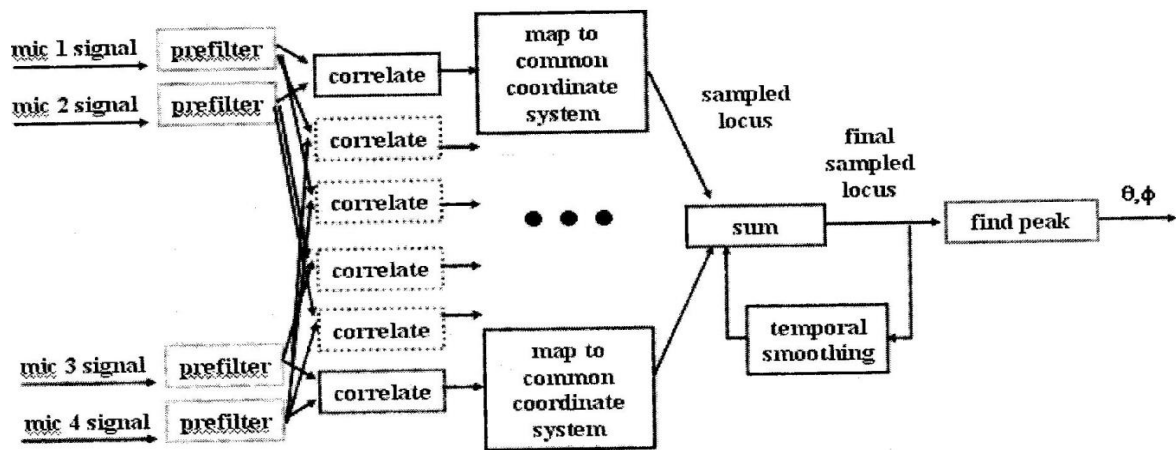


Рисунок 2. Структура системи ALAC

Загальна схема розробленого нами спецпроцесора опрацювання акустичних сигналів у Хеммінговому просторі [6] на основі модульної кореляційної функції зображена на рис.3.

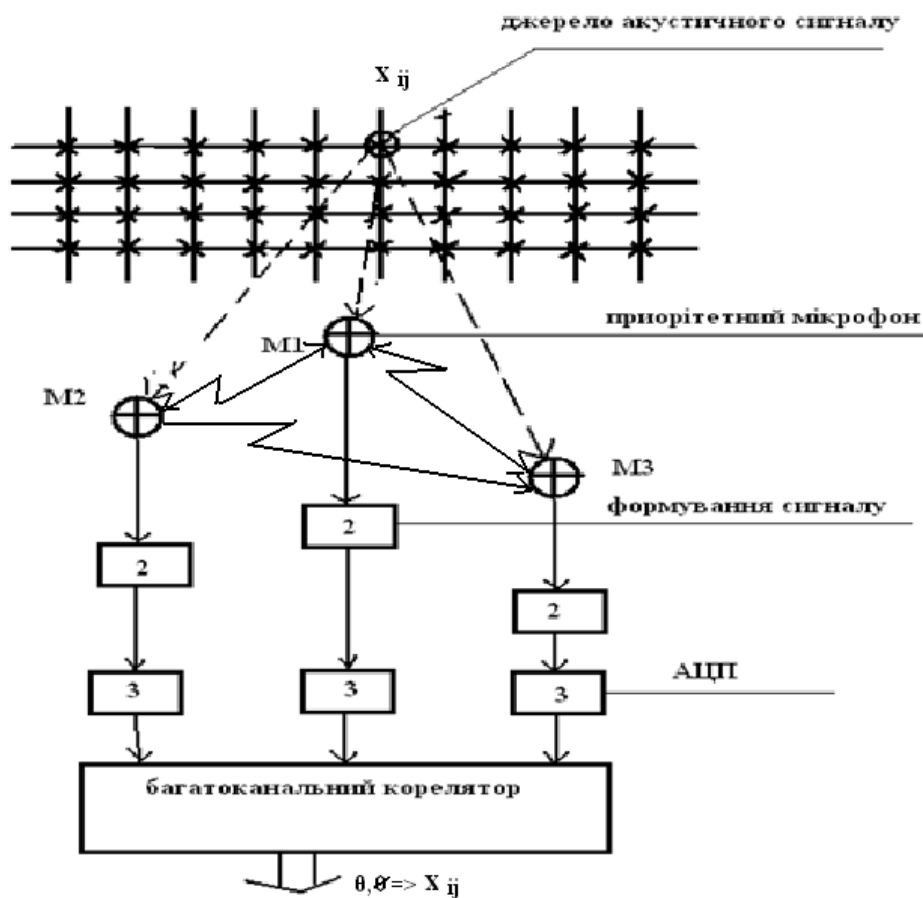


Рисунок 3. Базова структура цифрового спецпроцесора кореляційного опрацювання акустичних сигналів

Висновки

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

Список використаних джерел

1. Таланов А.В. Звуковая разведка артиллерии / А.В. Таланов Военное издательство вооруженных сил союза ССР. М. 1948. 404с.
2. Кривошеев А.М. Основи артилерійської розвідки: навч. посібник / А.М. Кривошеев, В.М. Петренко, А.І. Приходько Суми: Сумський державний університет, 2014. 393 с.

3. НДР “положення-РБЗ”. Суми НЦ РВ і А СумДУ, 2008.115с.
4. Дорожовець М.М. Опрацювання результатів вимірювання: навч. посіб. / М.М. Дорожовець Нац. ун-т “львівська політехніка”. Л., 2007. 624 с.
5. Кочан Р.В. Концепція розподіленої автоматичної системи звукової артилерійської розвідки на базі стільникового зв'язку. / Р.В. Кочан, Б.Р. Трембач, Р.Б. трембач // Вісник Хмельницького національного університету. 2016. №2(235). С. 101-104.
6. Круліковський Б.Б. Теоретичні основи розпізнавання багатомірних образів у Хеммінговому просторі. / Б.Б. Круліковський, А.І. Сидор, Я.М. Николайчук, О.М. Заставний Вісник НЛТУ України Вип.26.3. – Львів, 2016. – С.361-367