

ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

УДК. 624.941

С.Ю. Спіченков, Ю.М. Романишин, В.І. Гоць*, Я.С. Парамуд**
Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних засобів інформаційно-комп'ютерних технологій,
*проектно-конструкторське об'єднання "Політехніка",
**кафедра електронних обчислювальних машин

СПЕЦІАЛІЗОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ДЖЕРЕЛА АКУСТИЧНИХ СИГНАЛІВ

© Спіченков С.Ю., Романишин Ю.М., Гоць В.І., Парамуд Я.С., 2004

Розглянуто структуру спеціалізованої комп'ютерної системи для просторової локалізації джерела акустичних сигналів. Наведені системи рівнянь для визначення просторових координат джерела за результатами взаємної кореляційної обробки сигналів у шести каналах. Проведений аналіз особливостей розв'язування системи рівнянь та похибок розв'язку.

In this paper the structure of specialized computer system for spatial localization of acoustic signals' source is examined. Equations sets for acoustic source's spatial coordinates determination by the results of cross-correlation signal processing in six channels are given. Equations sets solving peculiarities and inaccuracy of result determination are analyzed.

Вступ. Акустична локація як пасивна, так і активна, з використанням різних діапазонів звукових частот та сигналів різної форми, має різні галузі практичного застосування [1,2]. Це зумовлює доцільність розробки спеціалізованих програмно-апаратних засобів для встановлення просторових координат джерел акустичних сигналів на основі використання процесорів цифрової обробки сигналів та з врахуванням специфіки конкретних практичних задач. Нижче розглянуто визначення просторових координат джерела сигналів на основі їх просторово-часової обробки.

1. Структура комп'ютерної системи локалізації джерела акустичних сигналів. Під час побудови спеціалізованої комп'ютерної системи локалізації джерел акустичних сигналів не доцільно основну частину обчислень перекладати на універсальну ЕОМ, оскільки вона не відповідає вимогам швидкодії щодо забезпечення роботи в режимі реального масштабу часу. Універсальна ЕОМ будується на основі універсального процесора і добре підходить для вторинної обробки даних, використовуючи зручне для користувача середовище сучасних мультизадачних систем. Отже, до складу системи повинен входити зовнішній апаратний модуль з відповідними розширеними обчислювальними потужностями, акцентованими на виконання операцій цифрової обробки сигналів, які є переважаючими в даній задачі.

Загальна структура спеціалізованої комп'ютерної системи для просторової локалізації джерела акустичних сигналів зображена на рис. 1. До складу системи входить антенна решітка з шести мікрофонів, апаратний модуль системи, який складається з блока аналогової обробки та аналогово-цифрового перетворення і блока попередньої цифрової обробки сигналів, а також персональний комп'ютер для вторинної обробки результатів роботи апаратного модуля.

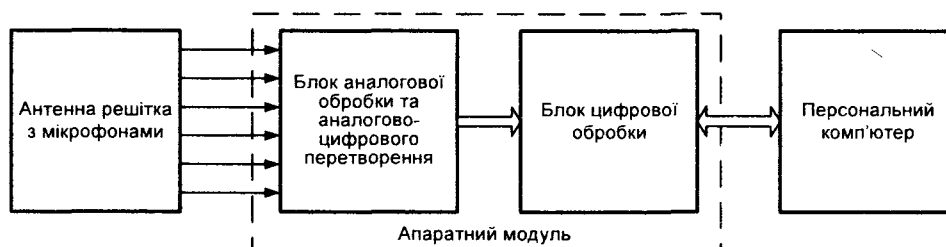


Рис. 1. Структура комп'ютерної системи локалізації джерела акустичних сигналів

2. Визначення просторових координат джерела акустичних сигналів. На основі взаємної кореляційної обробки сигналів, отриманих у кожному з шести каналів, а також швидкості звуку, визначаються різниці часів приходу та відстаней від джерела сигналів до кожного з мікрофонів. Розташування мікрофонів та джерела сигналів зображено на рис. 2.

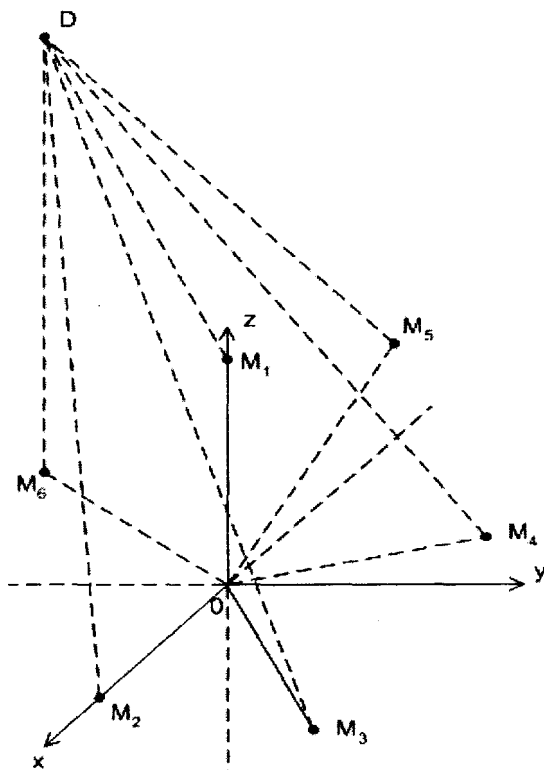


Рис. 2. Розташування мікрофонів M_i ($i = \overline{1,6}$) та джерела сигналів D

Мікрофони утворюють акустичну антенну решітку з таким їх розташуванням: п'ять мікрофонів ($M_2 - M_6$) розташовані в одній площині, а шостий мікрофон (M_1) розташований на прямій, перпендикулярній до цієї площини. Аналогічна система мікрофонів використана в [3]. Декартова система координат розташована так, що осі x та y розташовані в площині мікрофонів $M_2 - M_6$, на осі x мікрофон M_2 , а на осі z розташований мікрофон M_1 .

При симетричній системі розташування мікрофонів мікрофони $M_2 - M_6$ знаходяться в вершинах правильного п'ятикутника, всі мікрофони розташовані на однаковій відстані від центра координат. При цьому координати в сферичній системі координат $(r_i; \theta_i; \varphi_i)$ співвідношеннями:

$$r_i = r; i = \overline{1,6}; \quad (1)$$

$$\theta_1 = 0; \theta_i = \frac{\pi}{2}; i = \overline{2,6}; \quad (2)$$

$$\varphi_1 = 0; \varphi_i = (i-2) \frac{2\pi}{5}; i = \overline{2,6}. \quad (3)$$

Симетрична система може бути використана для проведення числових експериментів. Практично значення координати уточнюються на основі виміряних геометричних параметрів антенної решітки.

Координати в сферичній системі перераховуються в декартові координати

$$x_i = r_i \sin \theta_i \cos \varphi_i; \quad (4)$$

$$y_i = r_i \sin \theta_i \sin \varphi_i; \quad (5)$$

$$z_i = r_i \sin \theta_i. \quad (6)$$

На основі обробки сигналів, прийнятих мікрофонами, отримуються значення різниць відстаней

$$d_{ij} = l_i - l_j, \quad (7)$$

де l_i, l_j – відстані від джерела акустичних сигналів D до мікрофонів M_i та M_j .

Якщо орієнтувати систему мікрофонів так, щоб вісь z була спрямована в бік джерела сигналів, мікрофон M_1 буде найближче до джерела сигналів і відстань l_1 буде найменшою. Тоді за опорну відстань може бути прийнята відстань l_1 і всі різниці будуть визначатися відносно неї.

У загальному випадку як опорна відстань може бути взята найменша, яка не обов'язково буде збігатися з l_1 .

Отже, на основі кореляційної обробки акустичних сигналів відомими є різниці відстаней: $d_{ii}; i = \overline{2,6}$. Координати джерела сигналу $(x; y; z)$, координати мікрофонів $(x_i; y_i; z_i)$ та відстані l_i пов'язані співвідношеннями:

$$(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 = l_i^2; i = \overline{1,6}. \quad (8)$$

У цих рівняннях невідомими є x, y, z та одна з відстаней, наприклад, l_1 . Кількість необхідних рівнянь перевищує кількість невідомих, і для отримання розв'язку можна вибрати довільні п'ять з наведених рівнянь, наприклад 1–5. Тоді, віднявши від 2–5 рівнянь перше, отримаємо

$$\begin{aligned} (x_1 - x_i)(2x - x_1 - x_i) + (y_1 - y_i)(2y - y_1 - y_i) + \\ + (z_1 - z_i)(2z - z_1 - z_i) = l_i^2 - l_1^2; i = \overline{2,5}. \end{aligned} \quad (9)$$

У результаті отримаємо систему чотирьох лінійних алгебраїчних рівнянь з чотирма невідомими x, y, z та l_1 :

$$\begin{aligned} 2(x_1 - x_i)x + 2(y_1 - y_i)y + 2(z_1 - z_i)z - 2d_{i1}l_1 = \\ = (x_1^2 - x_i^2) + (y_1^2 - y_i^2) + (z_1^2 - z_i^2) + d_{i1}^2; i = \overline{2,5}. \end{aligned} \quad (10)$$

Ця система рівнянь має єдиний розв'язок, якщо її визначник не дорівнює 0. Для розв'язування цієї системи використовується метод виключення Гаусса з вибором головного елемента за максимумом модуля.

Похибка розв'язку (при можливій поганій обумовленості системи рівнянь) може бути оцінена величиною:

$$\Delta = \sum_{i=1}^6 [(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2 - l_i^2]^2. \quad (11)$$

При фіксованому опорному мікрофоні (M_1) існують п'ять варіантів систем, для яких виключається з розгляду один з мікрофонів $M_2 - M_6$.

Серед цих варіантів можна вибрати найкращий за мінімальною похибкою:

$$\min \Delta_j, j = \overline{2,6}; \quad (12)$$

де Δ_j – похибка, отримана при виключенні з розгляду j -го мікрофона.

Повністю симетрична система може призвести в деяких випадках до виродження системи рівнянь. Так, наприклад, при розташуванні джерела сигналів на осі z виникає таке виродження (визначник системи близький до 0).

З метою підвищення точності визначення координат можуть бути використані всі 6 початкових рівнянь з подальшим застосуванням методу найменших квадратів. Після віднімання від 2–6 рівнянь, що пов'язують координати джерела сигналу $(x; y; z)$, координати мікрофонів $(x_i; y_i; z_i)$ та відстані між джерелом і мікрофонами l_i , перше, отримаємо

$$\begin{aligned} 2(x_1 - x_i)x + 2(y_1 - y_i)y + 2(z_1 - z_i)z - 2d_{i1}l_1 = \\ = (x_1^2 - x_i^2) + (y_1^2 - y_i^2) + (z_1^2 - z_i^2) + d_{i1}^2; i = \overline{2,6}. \end{aligned} \quad (13)$$

Для отримання розв'язку цих п'яти алгебраїчних рівнянь з чотирма невідомими використовується метод найменших квадратів

$$\min_{x,y,z,l_i} \sum_{i=1}^5 \Delta_i^2, \quad (14)$$

де Δ_i – нев'язка i -го рівняння в системі (13).

При проведенні експериментів, зокрема на основі комп'ютерного моделювання, був проаналізований вплив похибок задання геометричних параметрів антенної решітки та похибок визначення різниць відстаней від джерела сигналу до мікрофонів на похибки визначення координат джерела.

Висновки. Розглянуто організацію спеціалізованої комп'ютерної системи для просторової локалізації джерела акустичних сигналів. Для визначення просторових координат джерела акустичного сигналу необхідно мінімум 5 мікрофонів. На основі аналізу експериментальних даних з використанням двох методів визначення просторових координат встановлено, що використання додаткових мікрофонів та методу найменших квадратів дає змогу зменшити похибку визначення координат.

1. J.L. Spiesberger, *Utilization of Auto and Cross-Correlation Functions in Methods for Locating a Source of a Primary Signal and for Localizing Signals*, US Patent No. 6,160,758, Dec. 12, 2000. – 35 pp.
2. Акустическая эмиссия и ее применение для неразрушающего контроля в ядерной энергетике / Артюхов В.И. и др. / Под ред. К.Б.Вакара. – М.: Атомиздат, 1980. – 216 с. 3. В. Berdugo, M.A. Doron, J. Rosenhouse, H. Azhari, *On Direction Finding of an Emitting Source from Time Delays*. - 33 pp. - http://www.andraelectronics.com/pdf_files/DFTAwhite.pdf.

УДК 621.3.049.77

Т.О. Коротєєва

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ПЗ

РОЗПАРАЛЕЛЮВАННЯ ТРАСУВАННЯ ЧЕРЕЗ ГЛОБАЛЬНУ КОМП'ЮТЕРНУ МЕРЕЖУ

© Коротєєва Т.О., 2004

Запропоновано стратегії розпаралелювання обробки інформації через мережу Internet та наведені результати їх практичного застосування до задачі трасування ПЛІС.

Computer networks could be used do parallel calculations is considered. Results of experimental research of parallel calculations for FPGA was considered.

1. Вступ. В основі обробки однотипної інформації лежить багаторазове розв'язування одної або декількох задач, що створює широкі можливості для застосування розпаралелювання обчислень*. У зв'язку з обмеженням ресурсів пам'яті будь-якої обчислювальної машини передбачено такий варіант організації обробки інформації з використанням мережі INTERNET. А саме, система, яка складається з БД і робочої програми, наприклад, проведення з'єднань між елементами інтегральної схеми, розміщується на сервері мережі. Вся БД розміщена на сервері, а прикладна програма, яка організовує інтерфейс з цією базою знаходиться на комп'ютері користувача. У цьому випадку йдеться про архітектуру “клієнт-сервер”. Інформаційна система складається з неоднорідних частин сервера і клієнта БД. За допомогою мережі INTERNET користувач, використовуючи свій INTERNET Brouser, під'єднується до віддаленого сервера, на якому розміщена БД. Потім

* Бройнль Т. Паралельне програмування: початковий курс: Навч. посібник. – К.: Вища шк., 1997. – 358с