

Ю.В. Киричук, к.т.н., доц.  
Р.В. Бичук, аспір.

Національний технічний університет України "КПІ"

## СИСТЕМИ ВИЗНАЧЕННЯ ПОЛОЖЕННЯ ОБ'ЄКТА У ЗАМКНУТОМУ ПРОСТОРИ

Області застосування інформації про положення розширюються разом з розвитком інформаційно-прогресуючого суспільства. Відомі системи визначення положення такі, як автомобільні навігаційні системи, що використовують систему глобального позиціонування (GPS), мають широке поширення. З іншого боку, в приміщенні інформація про місцезнаходження також важлива для людей і роботів для самостійного місця знаходження та керування навігацією по маршрутах. Однак, оскільки сигнали від супутників рідко проникають в приміщення, важко перетворити безпосередньо систему відкритого позиціонування на внутрішню. Таким чином, системи, що використовують датчики, такі, як псевдоліти, інфрачервоні промені або ультразвукові хвилі, були досліджені для використання позиціонування в приміщенні.

Порівняно з іншими методами, системи, що використовують ультразвукові хвилі, мають ту перевагу, що вони можуть бути побудовані за низькою вартістю і мають порівняно високу точність, оскільки швидкість поширення ультразвукових хвиль відбувається повільніше, ніж електромагнітних. Однак ці системи, як правило, слабкі з точки зору завадостійкості і займають більше часу для отримання даних, оскільки вони використовують мультикомплексний метод з розподілом часу, який стає більш затратним, тому що кількість об'єктів, які будуть виміряні, збільшується. Для подолання цих недоліків були досліджені системи позиціонування з розширенням спектра ультразвукових хвиль, вони використовують множинний доступ з кодовим поділом каналів (CDMA), який більш стійкий до шумів, тому що використовує метод з розширеним спектром ультразвукових сигналів. Згідно з цими дослідженнями, дані системи показали високу ефективність, хоча процедура прийому і позиціонування розрахунку обчислюється в автономному режимі.

Обчислення кореляції є одним з найбільш важливих процедур при вимірюванні положення за допомогою розширення спектра ультразвукових хвиль. Цей розрахунок (в повітрі) важко здійснити за допомогою існуючих методів, які були розроблені або для ультразвукових сигналів, що проходять через тверді тіла і рідини, або для радіосигналів, таких як GPS через відмінності в швидкості, частоті і сприйнятливості до втрати сигналу. Процес обчислення кореляції в системах визначення місця розташування також вимагає багато обчислень для послідовностей довгих сигналів, якщо це підтримує роботу CDMA і стійкість до шуму. Таким чином, в режимі реального часу обчислення кореляції повинні бути реалізовані при ефективному використанні обмежених електронних схем.

Оскільки система позиціонування потрібна для контролювання рухомих роботів, вивчення позиціонування повинно здійснюватися в реальному часі. У процесі визначення місця розташування, обчислення кореляції потрібно для виявлення сигналу РС. Деякі системи позиціонування (наприклад, GPS) обчислюють значення кореляції за допомогою послідовного методу пошуку або за допомогою узгодженого фільтра з аналоговими елементами. У випадку внутрішнього позиціонування за допомогою розширення спектра ультразвукових хвиль (з приблизно  $1/100000$  швидкістю поширення і  $1/38000$  частотою електричних хвиль), то малоймовірно, що можна було безпосередньо використовувати звичайні методи, які застосовані до електричних хвиль. Хоча методи кореляційного розрахунку для ультразвукових хвиль, що поширюються через рідини або тверді речовини, такі, як метали, були досліджені. Вони, як і раніше, важко застосовуються до внутрішніх систем позиціонування з ультразвуковими хвилями в повітрі через відмінності швидкості, довжину хвилі, та швидкість загасання ультразвукового сигналу. Таким чином, ми зосередили увагу на цифровому фільтрі, щоб система отримувала сигнал протягом відносно короткого часу.

У цьому дослідженні обговорюється розрахунок кореляції в реальному часі для розширення спектра ультразвукових сигналів для використання в приміщенні системи позиціонування. Експериментальні результати були зібрані за допомогою оригінальної апаратної системи

збереження часткового методу кореляції (ЗЧМК) із зовнішньою пам'яттю. У нашому методі, обробка позиціонування, що приймає сигнал, обчислення кореляції, пік виявлення і вимірювання відстані реалізуються апаратною обробкою на FPGA, яка встановлена на борту рухомого об'єкта.

Через розрахунок кореляції в реальному часі, який вимагає найбільше часу в процесі обробки обладнання, ми запропонували і встановили систему ЗЧМК із зовнішньою пам'яттю і порівняно невеликими логічними елементами. ЗЧМК можна поділити на 3 блоки: видобуток сигналу М-последовності шляхом множення прийнятого сигналу на несучі хвилі і накопичення сигналу в блоці 1, попереднього розрахунку кореляції в 4-х мікросхемах в блоці 2, і розрахунок за цілими значеннями кореляції в блоці 3 з використанням попереднього значення кореляції. Кількість обчислення кореляції може бути зменшена на 1/64 від попереднього розрахунку кореляції.

Експеримент вимірювання відстані було проведено для оцінки значення кореляції й дій в режимі реального часу. Експериментальні результати, які використовують оригінальне обладнання з ЗЧМК, порівнюються з результатами офф-лайн послідовного обчислення з використанням програмного забезпечення. Час обробки обладнання вимірювали за допомогою лічильника на основі апаратних годин. Крім того, відстань вимірювання розраховували за даними TOF, що використовують апаратне ЗЧМК в режимі реального часу.

З експериментів ми виявили, що в режимі реального часу апаратний розрахунок правильний в межах 5,76 мікросекунд, який був менше, ніж час вибірки; помилки відстані отримані були в межах  $\pm 1,5$  см. Таким чином, була показана ефективність цього пристрою. У разі 3D внутрішнього позиціонування з РС ультразвуковими сигналами, більш ніж на 3 сигнали (виробництва різних каналів з передавачів, що використовують CDMA) повинні бути використані. Як корелятор потрібних при розрахунку сигналів на 1 каналі скорочення з логічних елементів має важливе значення для створення корисних приймачів. У цей час внутрішнє позиціонування з використанням ЗЧМК пропонується для використання в режимі реального часу в позиціонуванні з використанням порівняно невеликих логічних елементів. Цей розділ також показує можливість в режимі реального часу положення зондування для мобільних роботів і людей, що використовують розширення спектра ультразвукові хвилі.