

УДК 621.396.67 : 621.391.81

Костяной П.А.¹, Каплієнко О.О.², Коротич В.М.³

¹ асп. гр. А-172.12 НУ «Запорізька політехніка»

² старш. викл. каф. ЕЕА НУ «Запорізька політехніка»

³ студ. гр. БК-513м НУ «Запорізька політехніка»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АНТЕННОЇ РЕШІТКИ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ СПУФІНГУ GNSS ПРИЙМАЧІВ

Уразливість GNSS до радіочастотних перешкод і підробки стає все більшою проблемою для навігаційних програм, які вимагають високого рівня точності та надійності. Ця недостатня точність звичайних приймачів GPS призвела до розробки багатоантенних систем GPS, які об'єднують три або більше інтерфейсів GPS, пов'язаних із загальним осцилятором.

Основною метою цього проекту є розробка недорогої та простої у розгортанні платформи з кількох антен, каліброваної за GPS, за допомогою використання комерційних стандартних (COTS) програмно-визначених радіостанцій (SDR) і антен GPS.

Решітка відноситься до набору антен, розташованих у різних точках простору. Цей набір антен або датчиків витягує інформацію з поля падаючої хвилі в околицях, і його можна використовувати для покращення прийому

цікавих сигналів. Це дозволить, наприклад, визначити напрямок приходу фронту хвилі, що падає, оцінити джерела випромінювання сигналу тощо.

Беручи до уваги, що приймач виконує фазову та квадратурну обробку, у цьому короткому поясненні падаючі сигнали розглядатимуться як його низькочастотний еквівалентний сигнал. Це припущення дозволяє працювати з виразами більш простим способом і не передбачає втрати загальності. Низькочастотний еквівалентний сигнал на кожному датчику може бути виражений як лінійна комбінація сигналів, випромінюваних кожним джерелом, і шумовий елемент і може бути виражений як:

$$x_i(t) = \sum_{k=1}^m s_k(t - \tau_{i,k}) g_i(\theta_k, \phi_k, p_k) e^{-j2\pi f_0 \tau_{i,k}} + n_i(t) \quad (1)$$

$$\tau_{i,k} = \frac{K_k r_i}{2\pi f_0} \quad (2)$$

де s_k – еквівалентний сигнал низьких частот k -го джерела, отриманий з контрольної точки (точкою відліку є один датчик масиву або найближча точка);

$\tau_{i,k}$ – час поширення сигналу джерела k від контрольної точки до датчика i ;

k_k – векторне хвильове число, пов'язане з сигналом k ;

r_i – вектор положення датчика i відносно контрольної точки;

f_0 – робоча центральна частота;

$n_i(t)$ – еквівалентний шум низькочастотного датчика i ;

$g_i(\theta_k, \phi_k, p_k)$ – посилення датчика i хвилі джерела k .

На рис.1 показана рівномірна лінійна решітка (ULA), яка є найбільш базовою конфігурацією розподілу антенних решіток. Цей тип геометрії масиву складається з розподілу N датчиків, розташованих на однаковій відстані d і вздовж однієї осі. ULA є найбільш базовою конфігурацією розподілу антенних решіток.

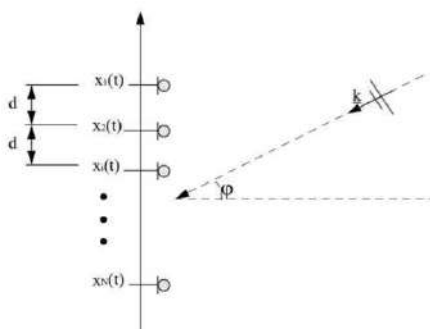


Рисунок 1 - Геометрія ULA

В ідеальній конфігурації та в чистому середовищі вимірювання, отримані кожною антеною, мають бути однаковими, за винятком ефекту, спричиненого відстанню між антенами. Отже, аналіз, виконаний у роботі, базується на відмінностях між вимірюваннями, отриманими кожною антеною. Основна концепція базується на оцінці напрямку прибуття за допомогою спостережуваних фаз несучої.

На рис. 2 представлена решітка ULA з двома антенами, що приймають сигнал s , випромінюваний супутником GPS.

Щоб визначити висоту супутника на основі оцінених параметрів сигналів GPS, вимірюваннями, які забезпечують найбільш точні значення, є фазові спостереження несучої.

На рис.3 показано фазу сигналу кожного приймача USRP і різницю фаз між сигналом, отриманим за допомогою USRP2 і USRP3, порівняно з сигналом, отриманим USRP1.

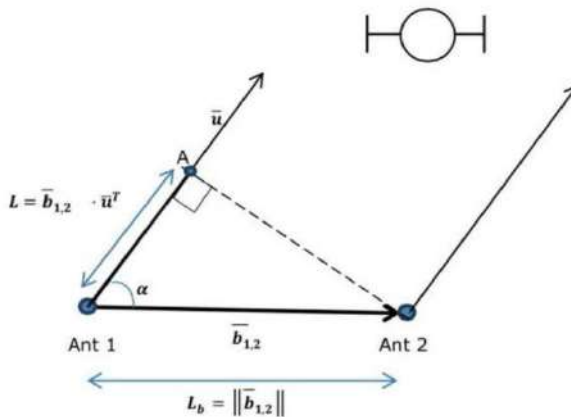


Рисунок 2 - Оцінка DOA з масивом ULA

На сьогоднішній день існує більше ніж один спосіб отримати вирівняні по фазі зразки за допомогою зовнішнього калібрувального сигналу. Найбільш використовуваний метод корекції фази базується на прямій подачі зовнішнього калібрувального сигналу до другого порту кожної з плат USRP у масиві та, таким чином, виявленні неоднозначності фази без етапу калібрування. Явним недоліком використання цієї методики фазової корекції є необхідність чітко відрізнити цільовий сигнал від калібрувального тону. Цей калібрувальний сигнал має бути певним чином відокремлений від цільового сигналу, щоб після виконання програмної фільтрації цільовий сигнал можна було чітко відрізнити.

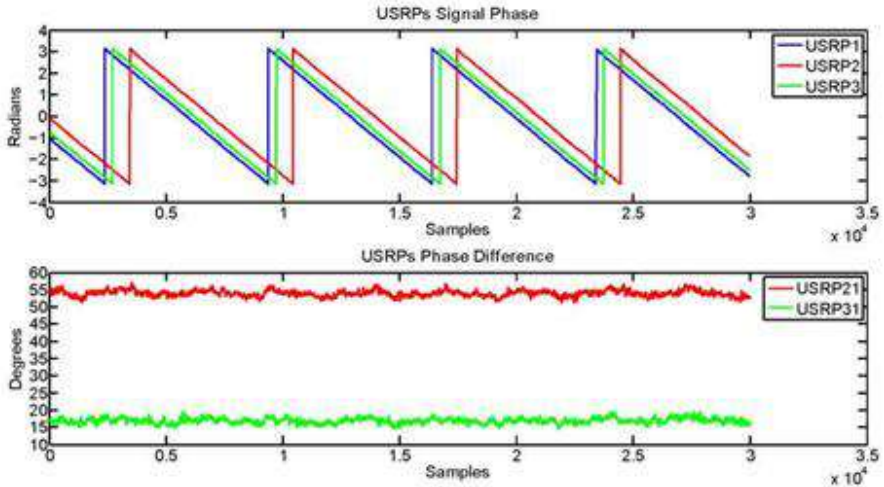


Рисунок 3 - Різниці фаз USRP

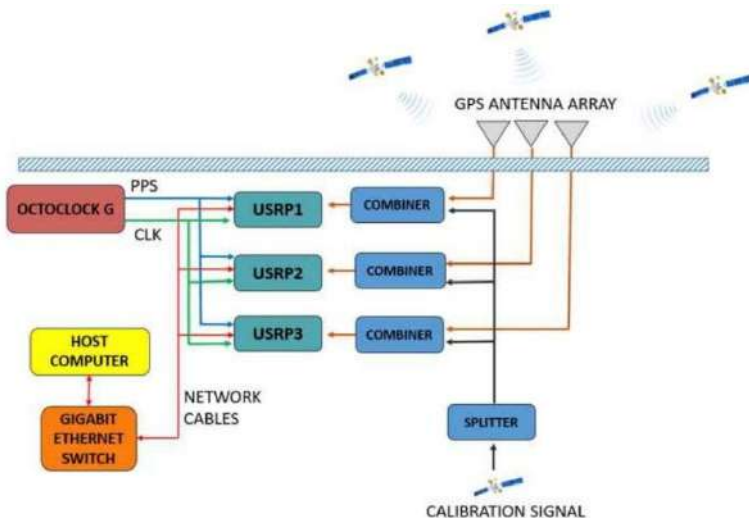


Рисунок 4 Підхід схеми синхронізації часу та фази

Як видно на рис. 4, враховуючи, що створений багатоантенний приймач має програми GPS, синтетичний сигнал GPS пропонується як сигнал калібрування фази. Цей синтетичний сигнал GPS є нічим іншим, як чистим фіктивним супутниковим сигналом GPS, який поширюється на передніх

кінцях за допомогою розгалужувача та кабелів відповідної довжини. Запропонований підхід дозволяє користувачеві виправляти випадкові зсуви фази USRP шляхом компенсації різниць фаз, що спостерігаються за загальним калібрувальним сигналом, дозволяючи спостережуваним реальним різницям фаз GPS обумовлюватися положенням антенної решітки.

Апаратне забезпечення та методи, що використовуються в цій роботі, можуть бути використані для виявлення атак статичного спуфера GPS. Крім того, оскільки процес калібрування, що виконувався протягом цієї роботи, гарантує принаймні отримання вирівняних за часом і фазою зразків, розроблену платформу можна використовувати як інструмент тестування для будь-якої іншої антенної решітки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dr-Ing. Bernd Eissfeller, “GPS & GNSS Receiver Technology and Trends”, Navtech Seminars&GPS Supply,Inc., ION GNSS 2004 Tutorial Course 710
2. Dr. M. Elizabeth Cannon, “High Accuracy GPS Positioning Techniques & Applications I”, Navtech Seminars&GPS Supply,Inc., ION GNSS 2004 Tutorial Course 610A