

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТОЧНОСТІ НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМІ GPS

Вінницький національний технічний університет¹

Анотація

Наведено математичні особливості розрахунку точності вимірювання координат об'єкту у випадку використання навігаційної системи GPS. Визначено параметри та фактори, які дозволяють провести корегування отриманих координат програмними засобами. Знайдено оптимальну кількість супутників, які необхідно захопити приймачу за для досягнення потрібної точності визначення координат об'єкту. Отримані рекомендації для розробки у майбутньому алгоритму коректної роботи навігаційної системи GPS.

Ключові слова: навігація, точність, розташування, супутник, приймач.

Abstract

The mathematical features of calculation of exactness of measuring of coordinates of object are shown at the use of navigation system GPS. Parameters and factors that allow to conduct the correction of the got coordinates a programmatic method are certain. The optimal number of companions that must be taken receivers for the achievement of the required exactness of determination of coordinates of object is found. Pre-conditions are got for development in the future of algorithm of correct work of navigation system GPS.

Keywords: navigation, exactness, location, satellite, receiver.

Вступ

У найбільш популярній на сьогоднішній день навігаційної системи GPS оцінка точності визначення координат об'єктів ґрунтується на використанні статистичної теорії рішень, оскільки два основних параметри, від яких залежить точність, змінюються в часі.

Результати досліджень

Доведено, що точність визначення місця розташування залежить від сукупності діючих на систему навігації помилок і взаємного геометричного положення супутників і приймача і задається двома параметрами — еквівалентною похибкою вимірювання дальності абонентом (User Equivalent Range Error, UERE) та зниженням показника точності, що обумовлений геометричними факторами (Geometrical Dilution Of Precision, GDOP) можна визначити за формулою 1:

$$T = UERE \times GDOP. \quad (1)$$

Слід зазначити, що UERE визначає величину похибки вимірюваної приймачем дальності до кожного супутника.

На основі проведених вимірів знайдено, що значення похибки вимірювання дальності безпосередньо залежить від:

- особливостей поширення радіохвиль у тропосфері та іоносфері;
- нестабільності частоти супутникового опорного генератора;
- впливу перешкод, внутрішніх шумів приймача.

Ця похибка розподіляється випадковим чином і може бути з певною часткою ймовірності бути представленою гауссовим розподілом ймовірності.

Математично UERE виражається як корінь квадратний із суми квадратів всіх діючих на систему помилок. Миттєва похибка для кожного супутника буде різною і залежить головним чином від кута піднесення супутника на момент вимірювання, а також від актуальності навігаційних коригувальних даних, переданих супутнику сегментом управління.

Аналіз GDOP показав, що цей коефіцієнт приймає найменше значення при оптимальному виборі сузір'я навігаційних супутників. Такий алгоритм вибору для отримання максимальної точності визначення координат задовольняє розташування, при якому один з супутників знаходиться в зеніті, а три інших розташовуються як можна ближче до горизонту, утворюючи рівносторонній трикутник. Оптимальне розташування супутників зображено на рис. 1.

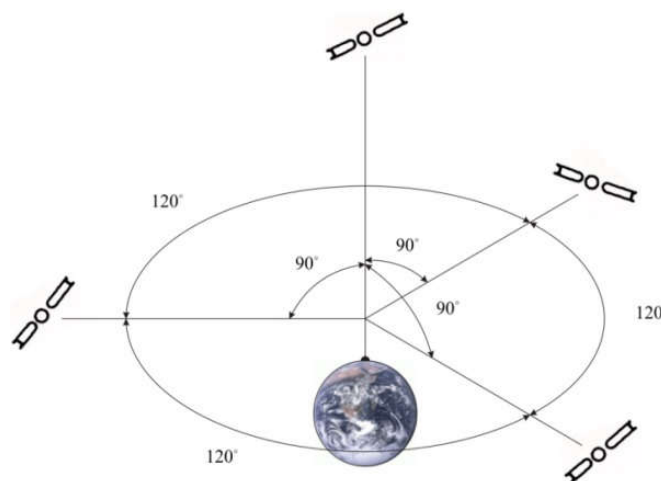


Рисунок 1 – Оптимальне розташування супутників для отримання вищої точності визначення координат

На практиці використовується ряд коефіцієнтів DOP, які є підкласом GDOP і мають особливе фізичне значення для координат розташування. До них відносять:

- показник зниження точності визначення місцеположення в просторі (Position Dilution Of Precision, PDOP) ;
- у горизонтальній (Horizontal Dilution Of Precision, HDOP) ;
- у вертикальній площині (Vertical Dilution Of Precision, VDOP) ;
- показник зниження точності, обумовленої нестабільністю тимчасової шкали (Time Dilution Of Precision, TDOP).

Ці параметри пов'язані співвідношеннями:

$$GDOP^2 = PDOP^2 + TDOP^2;$$

$$PDOP^2 = HDOP^2 + VDOP^2.$$

Так як приймач може відслідковувати тільки сигнали супутників, що знаходяться над рівнем горизонту, VDOP завжди більше, ніж HDOP, і точність вертикальної складової менше, ніж горизонтальної. VDOP може бути покращений за допомогою застосування допоміжних засобів, наприклад, так званих псевдо супутників, які розташовуються на Землі і передають аналогічні супутникові сигнали. Знайдено за результатами проведених вимірювань, що геометричний показник зниження точності залежить від кількості робочих супутників.

З 24 супутників в будь-який час в зоні видимості користувача знаходяться від 5 до 11 супутників (за умови, що будівлі або особливості місцевості не закривають їх). Якщо видно вісім супутників, то GDOP зазвичай не перевищує трьох. Однак при робочому сузір'ї з 24 супутників, якщо із зони йдуть кілька супутників, GDOP істотно погіршується.

Висновки

У підсумку, в системі GPS при штатному стані супутникового угруповання показник зниження точності PDOP не повинен перевищувати шести 99,9 % випадків, в будь-якій точці земної кулі, в будь-який час. Дані про величину PDOP можуть бути визначені без виконання вимірювань розташування, коли відомі приблизні координати приймача.

Програмне забезпечення навігаційних приймачів, як правило, може передбачати геометрію руху супутників в таких ситуаціях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Громаков Ю. А. Технології визначення місцеположення в GSM і UMTS — М.: Еко-Трендз, 2005. — 144 с.: іл.
2. Сиякин А. К. Фізичні принципи роботи GPS/ГЛОНАСС [Текст]: монографія / А. К. Сиякин, А. В. Кошелєв. — Новосибірськ: СМДА, 2009. — 110 с.
3. Global Positioning System processing methods for GPS Passive Coherent Location / Sean Kaiser, Andrew Christianson, Ram Narayanan // IET Radar Sonar & Navigation, May 2017, the Institution of Engineering and Technology (the IET) DOI: 10.1049/iet-rsn.2017.0010
4. Кичак В.М. Визначення бітових спотворень в каналах з прямою корекцією помилок. / В.М. Кичак, В.С. Белов, А.С. Белов. // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах». – 2012. - №1.- с. 121-124
5. Белов В.С. Аналіз спектру в діапазоні НВЧ на основі квадратурної обробки елементарних складових / В.С. Белов, А.С. Белов // Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» – Хмельницький – 2014 – №1 – с. 83-87.
6. Белов В. С. Системи радіозв'язку : лабораторний практикум / В. С. Белов, С. П. Кононов. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.

Белов Володимир Сергійович — асистент кафедри телекомунікаційних систем і телебачення, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Самоліук Ірина Анатоліївна — студентка групи ТКП-15б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com

Belov Vladimir S. — Assistant Department of Telecommunication Systems and Television, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: belov@vntu.edu.ua

Samolyuk Irina A. — Department of Infocommunication, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: tkp15b.samoliuk@gmail.com