

ПРИЙМАЧ СИГНАЛІВ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ GPS

Гончаренко О.М., Авдєєнко Г.Л.

Інститут телекомунікаційних систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: oksanka96goncharenko@ukr.net

GPS satellite navigation signals receivers

The report presents the principles of the construction and operation of global satellite navigation system GPS. For the educational process of ITS the testbed of satellite navigation signals receiver has been constructed and tested with appropriate software. The test results allow getting location information in the form of numerical values, time charts, diagrams.

Приймачі сигналів супутникової навігації застосовуються для визначення місцезнаходження наземних, водних та повітряних об'єктів. Глобальні навігаційні супутникові системи (ГНСС) складаються з космічного сегменту – навігаційних супутників, які розподілені по орбітам рівномірно, щоб у кожний момент часу забезпечувати покриття кожної точки планети, і наземного сегменту (системи управління). У наш час лише дві ГНСС забезпечують повне і безперервне покриття земної кулі — GPS і GLONASS [1].

Основний принцип використання системи GPS — визначення місцезнаходження об'єкту шляхом вимірювання моментів часу прийому синхронізованого сигналу від навігаційних супутників навігаційною апаратурою споживача (НАС). Для визначення тривимірних координат (довготи, широти та висоти) об'єкта необхідно щоб НАС приймала радіосигнали мінімум 4-х супутників.

Супутниковий сегмент системи GPS включає мінімум 24 штучних супутника Землі (ШСЗ), розміщених рівномірно в шести орбітальних площинах, рознесених по довготі на 60° і нахилених на 55° до екваторіальної площини (рис.1). Кожен супутник рухається по синусоїдальній орбіті і здійснює за добу два оберти навколо Землі. Така конфігурація забезпечує в будь-якій точці земної кулі одночасно видимість від 5 до 11 супутників [2].

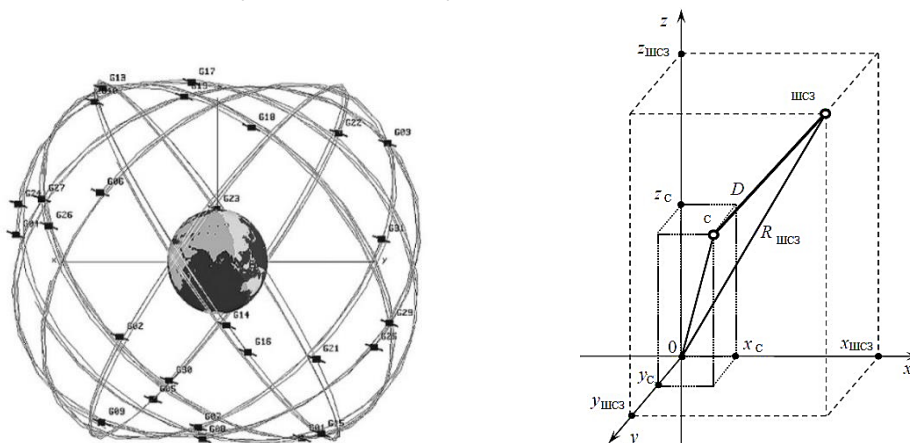


Рис.1 Структура супутникового угруповання GPS та визначення місцезнаходження об'єкту в просторі

Оскільки для визначення координат об'єкту необхідно мати відомості про місцезнаходження ШСЗ на кожен момент часу, НАС має знати ефемеридну інформацію (сукупність даних навігаційного повідомлення ГНСС). Для знаходження координат споживача (С) у просторі необхідно скласти навігаційні рівняння. Для цього зручно використовувати систему декартових координат (рис.1) з початком в центрі Землі (геоцентричну прямокутну систему координат). Координати навігаційного ШСЗ (НШСЗ) позначимо $x_{ШСЗ}$, $y_{ШСЗ}$, $z_{ШСЗ}$, а координати споживача — x_c , y_c , z_c . Тоді відстань D між ШСЗ і С:

$$D = \sqrt{(x_{ШСЗ} - x_c)^2 + (y_{ШСЗ} - y_c)^2 + (z_{ШСЗ} - z_c)^2} \quad (1)$$

Якщо виконано вимір дальності до трьох супутників D_1 , D_2 , D_3 і координати всіх трьох НШСЗ відомі, то отримаємо систему з трьох рівнянь виду (1), рішення якої дозволить знайти три невідомі: x_c , y_c , z_c . Однак виміряти справжню дальність між НШСЗ і С можна тільки за умови точного поєднання їх шкал часу, тобто необхідно, щоб супутники випромінювали сигнали синхронно і НАС був точно відомий момент випромінювання сигналів НШСЗ.

Мережа навігаційних супутників координована по руху і випромінюванню сигналів. При наявності розбіжності шкал часу $\Delta t = \text{const}$ з'являється фіксований додатак $c\Delta t$ в вимірюваних значеннях дальності D і рівняння системи (1) приймає вигляд:

$$D_i + c\Delta t = \sqrt{(x_{ШСЗi} - x_c)^2 + (y_{ШСЗi} - y_c)^2 + (z_{ШСЗi} - z_c)^2}, \quad (2)$$

де індекс i — відповідає номеру ШСЗ.

Для розрахунку x_c , y_c , z_c та Δt необхідно провести вимірювання дальності до чотирьох НШСЗ. При цьому отримаємо систему з чотирьох рівнянь виду (2), рішення якої дозволить обчислити координати споживача x_c , y_c , z_c і часову розбіжність шкал Δt .

Вимірювання швидкості руху споживача може здійснюватися, як шляхом обчислення збільшень його координат при послідовних сеансах вимірювання, так і шляхом вимірювання доплерівського зсуву частоти сигналу НШСЗ [3].

Далі розглянемо функціональну схему [4] приймача сигналів ГНСС та створений на його основі прототип НАС для навчального процесу ІТС (рис.2).

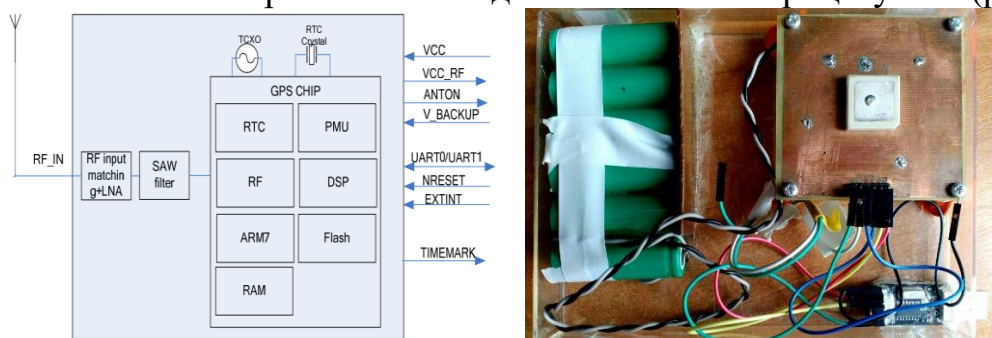


Рис.2 Функціональна схема та прототип GPS-приймача сигналів ГНСС SIM28

На друкованій платі зі склотекстоліту зібрано прототип прийомного пристрою сигналів (НАС) системи супутникової навігації GPS, який складається з пасивної патч-антени 20x20 мм, резервного джерела живлення (аккумуляторна батарея 7,2 В, 1500 мА·год), GPS модуля SIMCOM SIM28 на базі

чіпсета Mediatek MT3339, стабілізатора напруги 3,3 В. Для його підключення до персонального комп'ютера (ПК) використовується окремий модуль перетворювача інтерфейсів UART-USB.

Параметри приймального пристрою визначаються параметрами модуля приймача супутникової навігації SIM28, а саме: чутливість (у режимі холодного старту) -147 дБм та час визначення місцезнаходження (у режимі холодного старту) 33с. Точність позиціонування визначається функціональними особливостями та характеристиками чіпсета, а також стабільністю джерела напруги.

Готовий прототип може працювати як автономно за допомогою акумуляторів, так і живитись від USB. Для роботи з приймачем використовують спеціальне програмне забезпечення, наприклад Fastrax Workbench 5. Приклад обробки даних у середовищі Fastrax Workbench 5 наведено на рис.3.

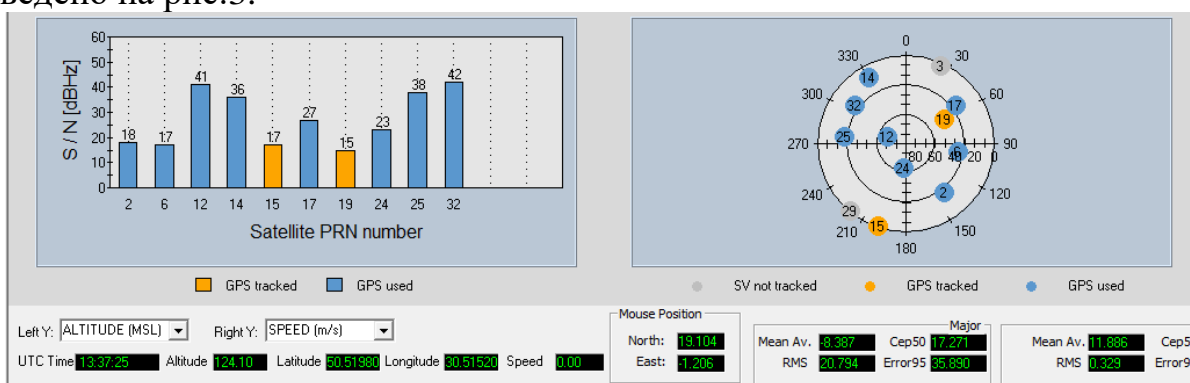


Рис.3 Приклад роботи приймача GPS (дані відображуються в програмі Fastrax Workbench 5)

У тезах доповіді розглянуто принцип побудови та роботи глобальних систем навігації. Створено прототип приймача сигналів ГНСС для учбового процесу ІТС. Його тестування здійснювалось на території кампусу КПІ ім. Ігоря Сікорського. Для цього використовувався ПК, підключений до НАС, зі встановленим на ньому програмним забезпеченням Fastrax. НАС в результаті своєї роботи передає на ПК навігаційні повідомлення в протоколі NMEA, які обробляються програмою Fastrax, що дозволяє візуально відобразити результати вимірювання місцезнаходження НАС, кількість видимих супутників з їх рівнями сигналів у вигляді числових значень, часових графіків, діаграм.

Література

1. Супутникова система навігації [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://ru.wikipedia.org/wiki/Супутникова_система_навігації.
2. John G. Grimes GLOBAL POSITIONING SYSTEM STANDARD POSITIONING SERVICE PERFORMANCE STANDARD / Washington, DC, 2008, p. 9.
3. Ю.М. Казаринов Радиотехнические системы: Учеб. Для вузов по спец. «Радиотехника» / Ю.П. Гришин, Ю.М. Казаринов. — М.:Выш.шк., 1990.— 496 с.
4. Документація на SIM28 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.python-exemplary.com/download/sim28.pdf>.