

ФОРМУВАННЯ СИГНАЛІВ ГНСС GPS З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЇ SDR ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ ПРИЙМАЧІВ СИГНАЛІВ СУПУТНИКОВОЇ РАДІОНАВІГАЦІЇ GPS

Авдєєнко Г. Л., Поворознік М.В.

Навчально-науковий інститут телекомунікаційних систем

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: djangos2006@gmail.com

GENERATION OF GNSS GPS SIGNALS USING SDR TECHNOLOGY FOR TESTING GPS SATELLITE NAVIGATION RECEIVERS

A variant of a hardware-software GNSS signal generator based on the HackRFOne SDR transceiver for testing GPS receivers in laboratory conditions is presented. The results of the presented research may be useful for developers of satellite radio navigation equipment.

На сьогоднішній день в світі спостерігається широке застосування навігаційної апаратури користувачів (НАК) глобальних навігаційних супутникових систем (ГНСС) GPS, GLONASS, GALILEO, Beidou різних виробників (U-Blox, SimCom, Locosys тощо) в різних сферах діяльності людини: транспорт, промисловість, сільське господарство, безпека та оборона тощо. Тому задача створення недорогих пристроїв генерування сигналів ГНСС для тестування в лабораторних, і, навіть, домашніх умовах розробленої НАК є актуальною та своєчасною. Сучасне професійне обладнання для тестування НАП володіє широким функціоналом і дозволяє одночасно формувати тестові сигнали кількох ГНСС, але коштує достатньо дорого [1]. Альтернативою професійному обладнанню для тестування НАП є формувачі сигналів ГНСС на базі технології програмно-визначувального радіо (SDR), трансивери якої на даний момент часу налічують достатньо широку номенклатуру моделей: BladeRF, HackRF One, USRP, LimeSDR, PlutoSDR та багато інших. Такі SDR-трансивери дозволяють формувати в діапазонах СВ, КВ, УКВ радіосигнали будь-якої бездротової технології шляхом програмування їх ПЛІС відповідним програмним кодом без необхідності змін в апаратній частині трансивера з вихідною потужністю (без застосування підсилювача потужності) не більше 15...20 дБм. Досвід застосування SDR-трансиверів показав, що найбільш простим та універсальним є формування тестових сигналів ГНСС GPS за допомогою програмного застосунку gps-sdr-sim, який легко встановлюється на персональний комп'ютер з операційною системою Ubuntu [2]. При цьому алгоритм формування тестового сигналу передбачає виконання наступної послідовності дій: 1) вибір на поверхні земної кулі за допомогою картографічного сервісу Google Maps (або будь-якого іншого) точки і зчитування її географічних координат (широта, довгота, висота); 2) завантаження після попередньої реєстрації актуальних ефемерид орбітального угруповання GPS з сайту NASA [3]; 3) формування за допомогою компілятора бінарного файлу з вказаними географічними координатами точки розташування відповідної часової тривалості; 4) встановлення бібліотеки драйверів для

керування SDR-трансивером; 5) завантаження сформованого бінарного файлу до ПЛІС SDR-трансивера (рис.1).

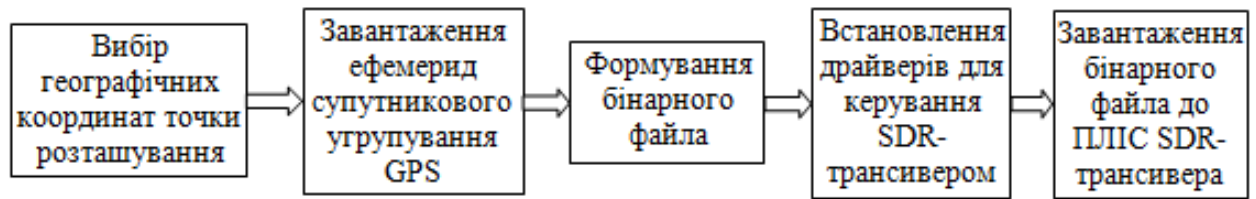


Рис.1. Алгоритм формування тестових сигналів ГНСС GPS за допомогою бібліотеки gps-sdr-sim.

Структурна схема макету на базі формувача сигналів ГНСС GPS що була використана при проведенні тестування GPS-приймачів показана на рис.2.

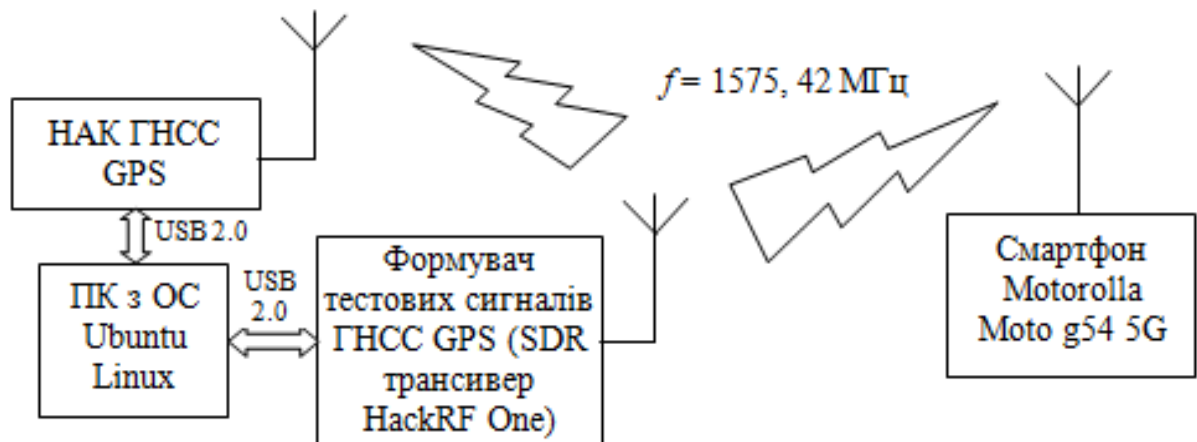
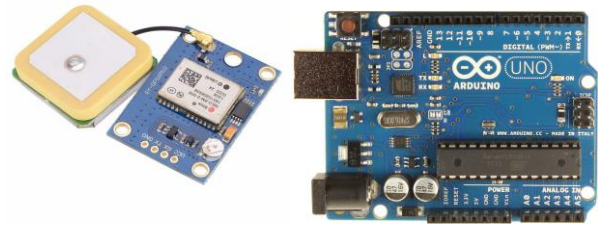


Рис.2. Структурна схема макету для тестування НАК ГНСС GPS.

При проведенні експериментального дослідження з формування сигналів ГНСС GPS з використанням онлайн-сервісу Google Maps було задано наступні географічні координати точки розташування в межах м. Стокгольм, Швеція: широта Lat = 59.3182415° півн.ш, довгота Lon = 18.0638374 сх.д; висота над рівнем моря H = 200 м. В якості SDR-трансивера було використано трансивер HackRF One (рис.3,а) [4], що підключався повз інтерфейс USB 2.0 до персонального комп'ютера зі встановленою ОС Ubuntu Linux, а в якості НАК, що тестувались – GPS-приймач на базі GPS-модуля U-blox NEO-6M (рис.3,б) [5], який через плату мікроконтролера Arduino Uno підключався по інтерфейсу USB 2.0 до ПК та смартфон Motorola Moto g54 5G з вбудованим приймачем сигналів ГНСС GPS/GLONASS/GALILEO/Beidou. Формувач сигналів ГНСС GPS та ресивери, що тестувалися, були рознесені в лабораторному приміщенні один від одного на відстань біля 5 м. Для зчитування навігаційних даних від GPS-приймача на базі GPS-модуля U-blox NEO-6M по протоколу NMEA були використані програмні пакети gpssd та xgps, а для візуального відображення на карті світу точки місцеположення був використаний програмний застосунок marble [6]. Для тестування приймача сигналів ГНСС GPS, що є в складі смартфона Motorola Moto g54 5G з ОС Android був використаний програмний застосунок GPS Test [7].



а)



б)

Рис.3. Основні елементи макету: а) SDR-трансивер HackRF One; б) GPS-модуль U-blox NEO-6M та мікроконтролер Arduino UNO.

На рис.4,а відображено результати визначення координат місцеположення в програмному пакеті xgps при тестуванні GPS-приймача на базі GPS-модуля U-blox NEO-6M, а на рис.4,б – результати визначення координат місцеположення в програмному пакеті GPS Test при тестуванні навігаційного приймача, вбудованого в смартфон Motorola. Порівняння отриманих результатів показало, що обидва навігаційні приймачі могли розпізнати сформовані тестові сигнали ГНСС GPS і надійно визначали задані координати місцеположення.

xgps localhc

File	View	Units	Step of Grid	Help					
Satellite List									
	svid	sig	PRN	Elev	Azim	SNR	qual	prRes	Used
GP	4		4	75.0	105.0	54.0			Y
GP	9		9	65.0	226.0	53.0			Y
GP	19		19	7.0	244.0	44.0			Y
GP	28		28	5.0	31.0	43.0			Y
GP	29		29	0.0	10.0	43.0			Y
GP	3		3	33.0	120.0	0.0			N
GP	6		6	0.0	0.0	51.0			N
GP	7		7	0.0	0.0	45.0			N
GP	11		11	0.0	0.0	48.0			N
GP	16		16	0.0	0.0	44.0			N
GP	20		20	0.0	0.0	44.0			N
GP	31		31	0.0	0.0	47.0			N

а)



б)

Рис.4. Результати тестування приймачів сигналів ГНСС GPS: а) U-blox; б) Motorola.

Література

1. Labsat. Compact yet powerful GNSS testing solutions URL: <https://www.labsat.co.uk/index.php/en/> (дата звернення: 12.03.2025).
2. GPS-SDR-SIM. URL: <https://github.com/osqzss/gps-sdr-sim> (дата звернення: 12.03.2025).
3. CDDIS NASA's Archive of Space Geodesy Data. URL: <https://cddis.nasa.gov/archive/gnss/data/daily/2025/brdc/> (дата звернення: 12.03.2025).
4. Great Scott Gadgets HackRF One. URL: <https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/> (дата звернення: 12.03.2025).
5. GPS-приймач GY-GPS6MV2 на базі чіпа Ublox NEO-6M URL: <https://www.mini-tech.com.ua/gps-priemnik-gy-gps6mv2> (дата звернення: 12.03.2025).
6. How to connect an usb GPS receiver with a Linux computer? URL: <https://gpswebshop.com/blogs/tech-support-by-os-linux/how-to-connect-an-usb-gps-receiver-with-a-linux-computer> (дата звернення: 12.03.2025).
7. GPS Test. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chartcross.gptest&hl=en> (дата звернення: 12.03.2025).