

РОЗРОБЛЕННЯ МАКЕТУ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИЙМАЧІВ СИСТЕМ СУПУТНИКОВОЇ РАДІОНАВІГАЦІЇ

Ніконенко В.О., Авдєєнко Г.Л.

*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних
систем КПП ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: nikonenko.v01@gmail.com*

DEVELOPMENT OF A MODEL FOR RESEARCH RECEIVERS OF SATELLITE NAVIGATION SYSTEMS

A version of the layout project for the study of radio receivers of satellite navigation systems is presented, which is supposed to be developed on the basis of SDR technologies for the educational process of the Institute of Telecommunication Systems. The thesis is of interest to specialists in the field of satellite radio navigation.

Супутникові радіонавігаційні системи (СРНС) GPS, ГЛОНАСС та Galileo стали частиною нашого повсякденного життя. Вони дозволяють нам орієнтуватися на незнайомій місцевості, відстежувати транспортні засоби, транслювати місце знаходження інших людей та виконують інші дії. Приймачі навігаційних сигналів виконують вирішальну роль у цих системах, оскільки саме вони захоплюють та обробляють (декодуєть) сигнали від навігаційних супутників (НС), які містять ефемериди – інформацію про місце знаходження НС та час передачі сигналу. Приймач використовує цю інформацію для обчислення положення користувача на поверхні Землі. У загальному випадку для визначення координат $(x_c(t), y_c(t), z_c(t))$ місця розташування об'єкта в просторі приймачеві необхідно провести вимірювання псевдодальностей $\Delta D_1(t) \dots \Delta D_4(t)$ до чотирьох НС. При цьому отримуємо класичну систему з чотирьох рівнянь, рішення якої дозволить обчислити чотири невідомих $(x_c(t), y_c(t), z_c(t), \Delta t)$ [1]:

$$\Delta D_i(t) = D_i(t) + c\Delta t = \sqrt{(x_{НС,i}(t) - x_c(t))^2 + (y_{НС,i}(t) - y_c(t))^2 + (z_{НС,i}(t) - z_c(t))^2}, i = \overline{1,4} \quad (1)$$

де $x_{НС,i}(t)$, $y_{НС,i}(t)$, $z_{НС,i}(t)$ – поточні координати НС, що передаються навігаційному приймачу споживача в інформаційному службовому повідомленні від НС; Δt – часова розбіжність (розсинхронізація) шкал між НС та навігаційним приймачем; $D_i(t)$ – дійсне значення дальності до i -го НС від приймача, $i = \overline{1,4}$; c – швидкість поширення електромагнітних хвиль.

До найбільш серйозних проблем, з якими стикаються приймачі сигналів СРНС, є погіршення сигналу через різні фактори навколишнього середовища: атмосферні умови поширення радіохвиль, кількість НС, «видимих» антеною приймача, будь-які штучні перешкоди між НС та приймачем, такі як будівлі чи дерева.

Проводячи сучасні дослідження, науковці розробили низку методів для покращення продуктивності приймачів сигналів СРНС. Наприклад, метод адаптивної фільтрації можна використовувати для зменшення впливу багатопроменевих сигналів, які виникають під час відбиття сигналу від різних

поверхонь, до того як його захоплює приймач сигналу [2].

Також, для покращення продуктивності приймачів сигналів СРНС широко використовують метод цифрової обробки. Даний метод може бути використаний для покращення якості сигналу, зменшення шуму та підвищення потужності сигналу [3].

Кількість видимих супутників і геометрія їх розташування відносно приймача сигналу також мають значний вплив на точність визначення місцеположення об'єктів по сигналах СРНС. Для забезпечення більш надійної роботи приймачів в роботі [4] була запропонована методологія вибору «оптимальних» НС для GPS-позиціонування.

Іншими важливими аспектами приймачів сигналів СРНС є їх здатність працювати в різних середовищах і за різних умов. Найактуальнішими сучасними розробками є приймачі для сфер, які розвиваються, таких як авіація, морське, військове та космічне використання. Однією з таких робіт є розробка висотного приймача GPS для навігації космічного корабля [5]. Такий приймач може надійно працювати в складних умовах космосу.

Крім того, дослідження та розробки в приймачах сигналів СРНС, зосереджені на розширенні їх можливостей та підтримки нових програм, наприклад автономне водіння [6]. Такі технології можуть бути реалізовані в тому випадку, якщо буде забезпечена точна та надійна інформація про місце знаходження.

Отже, вищевказані приклади показують, що розвиток СРНС в частині розробки СРНС-приймачів та удосконалення обробки сигналів у них є актуальною та своєчасною задачею. У зв'язку з цим вважаємо, що необхідно посилити практичну компоненту у вивченні принципів формування навігаційних сигналів та їх оброблення в навігаційних приймачах. На даний момент часу авторами відповідно до структурної схеми, що зображена на рис.1, вже розроблено для навчального процесу декілька макетів СРНС-приймачів на базі навігаційних модулів від компаній SIMCom, LOCOSYS та інш., які підтвердили свою працездатність [7].

Недоліком розроблених макетів [7] є необхідність їх встановлення або поза навчальної лабораторії, або на підвіконні лабораторії, тобто там, де є надійний прийом навігаційних сигналів. З іншого боку в розроблених макетах немає можливості керувати параметрами прийнятих навігаційних сигналів, що не дозволяє дослідити вплив цих параметрів на режими роботи навігаційних приймачів. У зв'язку з цим автори пропонують доповнити вже наявні макети [7] на рис.1 джерелом формування навігаційних сигналів на базі SDR-трансивера (наприклад, BladeRFx40), що буде підключений до персонального комп'ютеру (ноутбука) і працюватиме під керівництвом операційної системи Ubuntu. Такий підхід, по-перше, дозволить розміщувати СРНС-приймач у будь-якому місці навчальної лабораторії, забезпечуючи зручність проведення занять, а по-друге забезпечуватиме гнучке керування кількістю навігаційних сигналів та їх параметрами, імітуючи різні варіанти поширення сигналів з подальшим дослідженням роботи СРНС-приймачів.

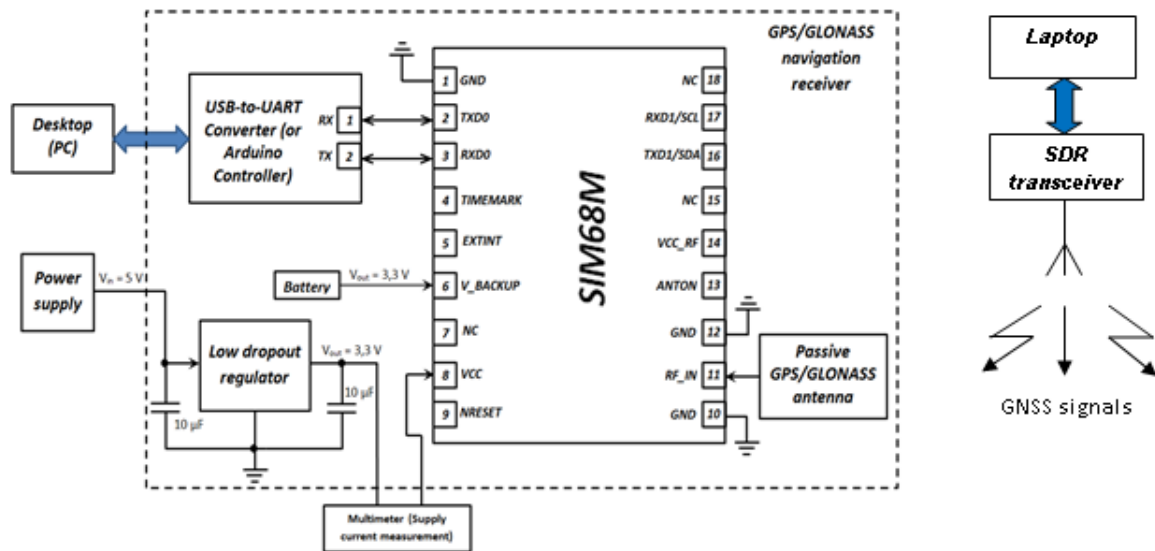


Рис. 1. Структурна схема CPNC приймача на базі навігаційного модуля SIMCom SIM68M.

Формування сигналів CPNC GPS та/або GLONASS відбуватиметься у програмному середовищі GNURadio для діапазону L1, які випромінюватимуться в межах навчальної лабораторії і прийматимуться наявними макетами CPNC-приймачів з подальшою обробкою та візуалізацією координат місцеположення об'єкта та інших параметрів за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Література

1. Супутникові радіонавігаційні системи : навчальний посібник / авт.кол. : І. В. Корнієнко, В.І. Богом'я, О.І. Терещук, С.П. Корнієнко. Чернівці: Черніг. нац. технол. ун-т, 2014. 280 с.
2. L. Cheng, K. Wang, M. Ren and G. Yan, "Adaptive Filter Approach for GPS Multipath Estimation Under Correntropy Criterion in Dynamic Multipath Environment," in IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 67, no. 22, pp. 5798-5810, 15 Nov.15, 2019, doi: 10.1109/TSP.2019.2946028.
3. C. Fernández-Prades, J. Arribas and P. Closas, "Robust GNSS Receivers by Array Signal Processing: Theory and Implementation," in Proceedings of the IEEE, vol. 104, no. 6, pp. 1207-1220, June 2016, doi: 10.1109/JPROC.2016.2532963.
4. F.M. Jumaah, A.A. Zadain, B.B. Zaidan, A.K. Hamzah, R. Bahbib, "Decision-making solution based multi-measurement design parameter for optimization of GPS receiver tracking channels in static and dynamic real-time positioning multipath environment", Measurement, Volume 118, 2018, Pages 83-95, ISSN 0263-2241
5. Winternitz, Luke B., Bamford, William A., Price, Samuel R., "New High-Altitude GPS Navigation Results from the Magnetospheric Multiscale Spacecraft and Simulations at Lunar Distances," Proceedings of the 30th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2017), Portland, Oregon, September 2017, pp. 1114-1126.
6. Xing Liu, Tarig Ballal and Tareq Y. Al-Naffouri Computer, Electrical and Mathematical Science and Engineering Division King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) Thuwal, Saudi Arabia, 2019.
7. Гончаренко О. М., Авдєєнко Г. Л. Приймач сигналів супутникової навігації GPS//XII Міжнародна науково-технічна конференція «Проблеми телекомунікацій» ПТ-2018: Збірник матеріалів конференції. К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 498 с., с.417-420.