УДК 004.056 (043.2)

Є. В. Ланських, *к.т.н.,*
О. О. Харін, *магістр*
Черкаський державний технологічний університет
б-р Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006, Україна

ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ A-GPS У ВИРІШЕННІ НАВІГАЦІЙНОЇ ЗАДАЧІ

Стаття присвячена питанню підвищення ефективності вирішення навігаційної задачі за рахунок використання технології A-GPS. У статті розглянуто особливості використання навігаційної системи GPS та її недоліки. Досліджено можливості застосування технології A-GPS для підвищення швидкості визначення широти, довготи та висоти точки на поверхні Землі. Виконано опис методу доступу та обробки навігаційної інформації з віддаленого сервера. Проведено аналіз швидкості отримання першого місцезнаходження (TTFF) з використанням інформації з віддаленого сервера за допомогою програми Navis Assist Tester. На основі отриманих результатів тестування сформовано висновки щодо ефективності застосування технології A-GPS та описаного методу обробки інформації при вирішенні навігаційної задачі.

Ключові слова: *навігаційна задача, A-GPS, TTFF.*

Вступ. На даному етапі розвитку світової економіки автомобільний транспорт для більшості країн є основним видом внутрішнього транспорту і ключовим елементом транспортної системи. Автомобільному транспорту немає адекватної заміни при перевезенні на середні й малі відстані або, наприклад, пасажирських перевезень у межах населеного пункту. В зв'язку з цим широкого використання набули GPS-навігатори.

На цей час в експлуатації перебувають дві ГНСС: американська NAVSTAR (GPS) і російська система ГЛОНАСС. Роботи зі створення системи NAVSTAR (NAVigation Satellites providing Time And Range – навігаційні супутники, що забезпечують вимірювання часу і відстані) розпочалися в США в 1973 р. за замовленням Міністерства оборони США. Запуск 11 супутників першої групи (Block I) був здійснений у 1978 – 1985 рр. У 1994 р. супутникове угруповання було укомплектовано, і в липні 1995 р. було оголошено про повну готовність системи з 24 супутників. Хоча 24 супутники забезпечують стовідсоткову працездатність системи, така кількість не завжди може забезпечити впевнений прийом сигналу і достовірний розрахунок положення об'єкта. Нині для збільшення точності позиціонування і резерву на випадок збоїв загальна кількість супутників на орбіті підтримується в більшій кількості (максимум – 32 апарати, частина яких періодично відключається для планової діагностики).

Терміни GPS (Global Positioning System – Глобальна система позиціонування) і ГНСС (Глобальна Навігаційна Супутникова Система) – це синоніми, які описують певний клас систем. Терміни NAVSTAR і ГЛОНАСС – реалізації таких систем, тобто конкретні проекти. Однак той факт, що інших, реально функціонуючих ГНСС (GPS), крім NAVSTAR, не було, привів до того, що під GPS стали розуміти саме систему NAVSTAR [7].

Постановка проблеми. GPS-навігатор, на підставі отриманої інформації від супутників, визначає власні координати. Але при цьому існують такі проблеми:

1. Час першого визначення координат залежить від актуальності збереженого у приймачеві альманаху, який передається сигналом GPS, і від орбітальних даних (ефемерид). Чим довше пристрій не був активним, тим більше потрібно отримати приймачем інформації, перш ніж визначення позиції буде можливим (пристрій був неактивним від двох до шести годин – потрібно близько 40-45 секунд [4]; після кількох днів без активності або коли пристрій рухається, не отримуючи інформацію, 300 км – від 5 до 10 хвилин, залежно від якості отримуваного сигналу).
2. В умовах міста видимість GPS-супутників часто дуже обмежена, а в закритих приміщеннях і тунелях навіть неможлива [5].
3. Висока потужність споживання GPS-приймача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В умовах щільної забудови міста замість супутникових систем часто використовують альтернативні системи навігації, такі як навігація по сигналах Wi-Fi або мобільних станціях [6]. Використання альтернативних систем навігації разом з традиційним GPS дозволяє покращити точність навігації в містах, але не вирішує інших проблем.

На сьогоднішній день для зменшення часу першого визначення координат використовують навігаційні модулі, що підтримують технологію A-GPS.

A-GPS (англ. *Assisted GPS*) – технологія, яка прискорює «холодний старт» GPS-приймача. Прискорення відбувається завдяки інформації, отриманій через альтернативні канали зв'язку.

Ідею запропонували інженери Джим Сеннот і Ральф Тейлор, які в 1981 р. подали заявку на патент. Зокрема, вони запропонували «сигнал, що допомагає захопленню цілі на автоматичний супровід, генерований наземною станцією, трансльований на термінали користувача» [1]. Одним із розробників технології була компанія SnapTrack. Система дебютувала 1 жовтня 2001 р. у США по мережі служби порятунку «911».

Мета статті – провести дослідження ефективності застосування A-GPS при вирішенні задач навігації; описати метод отримання, обробки та передачі допоміжної інформації в навігаційний модуль, що дозволить зменшити час першого визначення місцезнаходження та похибку визначення координат.

Основний матеріал. Технологія A-GPS визначає лише внутрішню структуру навігаційного модуля, в той час як алгоритми обробки та передачі інформації до модуля визначаються виробниками.

Оскільки технологія передбачає використання альтернативного каналу зв’язку замість отримання інформації напряму від супутників, було розроблено метод отримання навігаційної інформації від віддаленого сервера через мережу Інтернет. На сервері завжди знаходиться актуальна інформація про супутники, окремо для кожної супутникової навігаційної системи. Навігаційна інформація включає [8], [10]:

1) опорний час та координати;
2) неоперативну інформацію (альманах) про параметри орбіти всіх супутників угрупування;
3) оперативну інформацію (ефемериди) про параметри орбіти кожного супутника окремо;
4) параметри іоносфери;
5) параметри перерахунку шкали часу.

Алгоритм отримання власних координат з використанням технології A-GPS та запропонованого методу включає такі етапи:

1. Для отримання доступу до інформації необхідно встановити зв’язок з сервером за протоколом TCP/IP для забезпечення передачі інформації без втрат.

2. Сформувати HTTP-запит, в якому передається в зашифрованому вигляді логін, пароль та вказується тип необхідної інформації.

3. Оскільки дані сервера постійно оновлюються, після обробки запиту інформація надається у вигляді неперервного потоку. Дані передаються за протоколом NTRIP. Протокол BINR визначає формат та номери пакетів, що містять навігаційну інформацію.

4. Виконується аналіз отриманої від сервера інформації і після отримання всіх пакетів виконується відключення від сервера.

5. Виконується сортування пакетів і передача їх до навігаційного модуля.

6. На основі отриманих ефемерид та альманаху визначаються координати супутників.

7. По відомих координатах видимих супутників визначаються власні координати приймача.

Визначення координат супутника відбувається на основі Кеплерових параметрів, що містяться в ефемеридах [9]:

1) велика піввісь (A);
2) ексцентриситет (e);
3) нахил (i);
4) аргумент перицентру (ω);
5) довгота висхідного вузла (Ω);
6) середня аномалія (M_0).

На основі цих параметрів координати визначаються за таким алгоритмом [2], [3]:

1. Визначається розрахунковий середній рух:

$$n_0 = \sqrt{\frac{\mu}{A^3}},$$

де $\mu = 3.986005 \times 10^{14}\ м^3 / с^2$.

2. Обчислюється часовий інтервал між часом *t*, на який необхідно зробити розрахунок місцеположення супутника, і часом початкової епохи, на яку задана середня аномалія:

$$t_k = t - t_0.$$

3. Обчислюється середня аномалія:

$$M_k = M_0 + n_0 t_k,$$

де M_0 – середня аномалія на эпоху t_0.

4. Обчислюється ексцентрична аномалія:

$$M_k = E_k - e\sin E_k.$$

5. Визначається істинна аномалія:

$$\left.\begin{aligned} \nu_k &= arctg\left(\frac{\sin\nu_k}{\cos\nu_k}\right) = arctg\left\{\frac{\left(\sqrt{1-e^2}\cdot\sin E_k\right)/(1-e\cdot\cos E_k)}{(\cos E_k - e)/(1-e\cdot\cos E_k)}\right\} \\ \sin\nu_k &= \left(\sqrt{1-e^2}\cdot\sin E_k\right)/(1-e\cdot\cos E_k) \\ \cos\nu_k &= (\cos E_k - e)/(1-e\cdot\cos E_k) \end{aligned}\right\}$$

6. Визначається аргумент широти:

$$u_k = \nu_k + \omega.$$

7. Обчислюється радіус орбіти супутника:

$$r_k = A(1 - e\cos E_k).$$

8. Визначаються координати супутника в орбітальній площині:

$$\left.\begin{aligned} x_k^{'} &= r_k \cdot \cos u_k \\ y_k^{'} &= r_k \cdot \sin u_k \end{aligned}\right\}.$$

9. Обчислюється скоректована довгота висхідного вузла:

$$\Omega_k = \Omega_0 + (\dot{\Omega} - \dot{\Omega}_e)\cdot t_k - \dot{\Omega}_e \cdot t_o$$

де Ω_0 – довгота висхідного вузла,

$\dot{\Omega}$ – кутова швидкість зсуву площини орбіти супутника,

$\dot{\Omega}_e = 7.2921151467\times 10^{-5}\ рад/с$, кутова швидкість обертання Землі.

10. Визначаються координати супутника у фіксованій геоцентричній системі координат:

$$\left.\begin{aligned} x_k &= x_k^{'}\cdot\cos\Omega_k - y_k^{'}\cdot\cos i_k\cdot\sin\Omega_k \\ y_k &= x_k^{'}\cdot\sin\Omega_k + y_k^{'}\cdot\cos i_k\cdot\cos\Omega_k \\ z_k &= y_k^{'}\cdot\sin i_k \end{aligned}\right\}$$

Обчисливши координати чотирьох супутників, навігаційний модуль може вирішити навігаційну задачу. Для цього необхідно розв'язати таку систему лінійних рівнянь:

$$\begin{cases} PR_1 = \sqrt{(X_p - X_1)^2 + (Y_p - Y_1)^2 + (Z_p - Z_1)^2} - c\Delta\tau \\ PR_2 = \sqrt{(X_p - X_2)^2 + (Y_p - Y_2)^2 + (Z_p - Z_2)^2} - c\Delta\tau \\ PR_3 = \sqrt{(X_p - X_3)^2 + (Y_p - Y_3)^2 + (Z_p - Z_3)^2} - c\Delta\tau \\ PR_4 = \sqrt{(X_p - X_4)^2 + (Y_p - Y_4)^2 + (Z_p - Z_4)^2} - c\Delta\tau \end{cases}$$

де $PR = c\Delta t$ – псевдодальність,

Δt – час між опорним імпульсом шкали часу приймача і часом отримання сигналу в цій шкалі,

$\Delta\tau$ – розбіжність шкал часу приймача та супутника,

(X_1, Y_1, Z_1) – координати супутника 1,

(X_2, Y_2, Z_2) – координати супутника 2,

(X_3, Y_3, Z_3) – координати супутника 3,

(X_4, Y_4, Z_4) – координати супутника 4,

(X_p, Y_p, Z_p) – координати приймача.

Для дослідження і верифікації ефективності застосування технології A-GPS було створено програму, яка дозволяє виконати запит навігаційної інформації з віддаленого сервера, завантажити її в GPS-навігатор та визначити час отримання першого місцезнаходження. Також програма може бути використана для аналізу наявної інформації на сервері (рис. 1).

В результаті проведеного досліду було встановлено, що час вирішення навігаційної задачі, з використанням A-GPS, становить 5-10 с, а весь час з моменту встановлення з'єднання з сервером до вирішення навігаційної задачі – 30-40 с, що на порядок менше, ніж при використанні традиційного GPS.

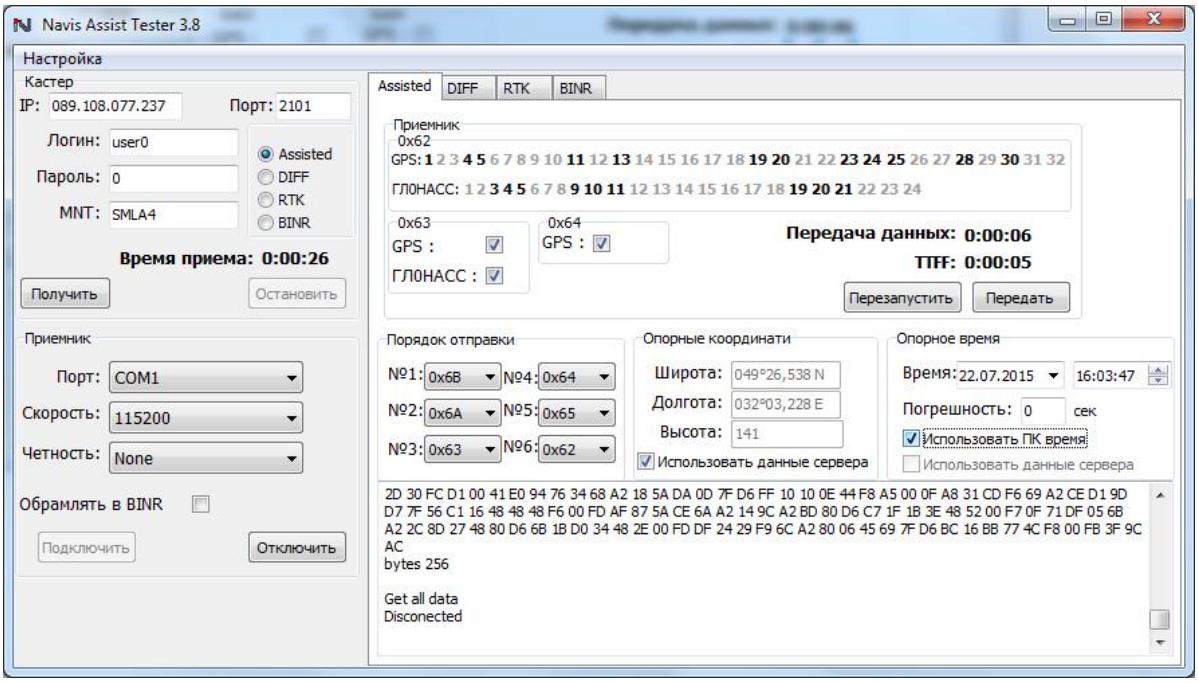

Рис. 1. Вікно тестової програми після завершення тестування

Висновки. Технологія A-GPS дозволяє вирішити головні проблеми традиційного GPS, а саме:

- обмежена видимість супутників в умовах міста;

- висока потужність споживання GPS-приймачів;

- значний час отримання першого місцезнаходження при повній відсутності актуальної інформації в пам'яті приймача.

A-GPS разом із запропонованим методом доступу до навігаційної інформації на віддаленому сервері дозволяє на порядок зменшити витрати часу на вирішення навігаційної задачі (з 5-10 хв., при повній відсутності інформації, до 30-40 с.), що доведено результатами тестування.

Програмний тестовий модуль дає можливість виконувати оцінювання часу отримання інформації від сервера, час запису інформації в приймач, а також аналізувати отримані пакети та модернізувати їх.

Список літератури

1. Навигация без границ [Электронный ресурс] // Connect! Мир связи. – 2005. – № 2. Режим доступа : http://www.connect.ru/article.asp?id=5426
2. Kaplan E. Understanding GPS: principles and applications / Elliott Kaplan, Christopher Hegarty. – 2nd ed. // Artech House. – 2005. – 723 p.
3. Гофманн-Велленгоф Б. Глобальна система визначення місцеположення (GPS). Теорія і практика / Б. Гофманн-Велленгоф, Г. Ліхтенеггер, Д. Коллінз; пер. з англ. третього вид. під ред. Я. С. Яцківа. – К. : Наук. думка, 1995. – 380 с.
4. Ready to navigate! A methodology for the estimation of the time-to-first-fix / M. Anghileri, M. Paonni, S. Wallner, J.-A. Avila-Rodriquez and B. Eissfeller // Inside GNSS. – April 2010. – № 22. – Available from: http://www.insidegnss.com/node/1919
5. Определение координат подвижного объекта с использованием кодовых ГНСС-измерений и 3D карты местности / [А. И. Дохов, А. М. Лукьянов, М. Н. Галевич и др.] // Прикладная радиоэлектроника. – 2012. – Т. 11, № 3. – С. 321–327.
6. Люкшонков Р. Г. Системы индивидуальной навигации. Состояние и перспективы развития / Р. Г. Люкшонков, А. А. Медведков, А. В. Моторин // Гироскопия и навигация. – 2012. – № 2. – С. 143–144.
7. Кузавков В. В. Застосування супутникових систем навігації / В. В. Кузавков // Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ «КПІ». – 2012. – № 2. – С. 44–49.

8. Соловьев Ю. А. Системы спутниковой навигации / Ю. А. Соловьев. – М. : Эко-Трендз, 2010. – 268 с.
9. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС / В. С. Яценков. – М. : Горячая линия – Телеком, 2009.
10. Глобальная спутниковая радионавигационная система ГЛОНАСС / [под ред. В. Н. Харисова, А. И. Перова, В. А. Болдина]. – М. : ИПРЖР, 1988.

References

1. Navigation without borders (2005) *Connect! Mir svyazi*, (2). Available from: http://www.connect.ru/article.asp?id=5426
2. Kaplan, Elliott and Hegarty, Christopher (2005) Understanding GPS: principles and applications. 2nd ed. Artech House, 723 p.
3. Gofmann-Vellengof, B., Lihtenegger, G. and Kollinz, D. (1995) Global positioning system (GPS). Theory and practice. Trans. from English. 3d ed. In: Ya. S. Yatskiv (Ed.). Kyiv: Nauk. dumka, 380 p. [in Ukrainian].
4. Anghileri, M., Paonni, M., Wallner, S., Avila-Rodriquez J.-A., and Eissfeller, B. (2010) Ready to navigate! A methodology for the estimation of the time-to-first-fix. *Inside GNSS*, April, (22). Available from: http://www.insidegnss.com/node/1919
5. Dohov, A. I., Lukyanov, A. M., Galevich, M. N., Grinchenko, E. V. and Lukyanova, O. A. (2012) Determination of the coordinates of moving object using code GNSS measurements and 3D terrain maps. *Prikladnaya elektronika*, 11 (3), pp. 321–327 [in Russian].
6. Lukshonkov, R. G., Medvedkov, A. A. and Motorin, A. V. (2012) Systems for individual navigation. Current status and prospects. *Giroscopiya i navigatsiya*, (2), pp. 143–144 [in Russian].
7. Kuzavkov, V. V. (2012) The use of satellite navigation systems. *Zbirnyk naukovyh prats VITI NTUU "KPI"*, (2), pp. 44-49 [in Ukrainian].
8. Solovyev, Yu. A. (2010) Satellite navigation systems. Moscow: Eco-Trendz, 268 p. [in Russian].
9. Yatsenkov, V. S. (2009) Fundamentals of satellite navigation. Systems GPS NAVSTAR and GLONASS. Moscow: Goryachaya liniya – Telekom [in Russian].
10. The global satellite navigation system GLONASS (1988). In: V. N. Harisov, A. I. Perov, V. A. Boldin (Eds). Moscow: IPRZhR [in Russian].

Ye. V. Lanskykh, *Ph.D.,*
O. O. Kharin, *holder of a master's degreer*
Cherkasy State Technological University
Schevchenko blvd, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine

THE USE OF A-GPS TECHNOLOGY IN SOLVING NAVIGATION TASK

The article is devoted to the issue of increasing efficiency of solving navigation tasks by using A-GPS technology. GPS navigator, on the basis of information received from the satellites, determines their coordinates. But the first definition of coordinates (TTFF) is one of the main problems. The longer the device is inactive, the more information the receiver needs to get before it will be possible to determine the position (when the device is inactive from 2 to 6 hours, it takes about 40-45 seconds, after several days of inactivity or when the device moves without getting information 300 km – from 5 to 10 minutes, depending on the quality of the received signal) . Today to reduce TTFF it is necessary to use navigation modules that support A-GPS technology.

A-GPS (Assisted GPS) is the technology that speeds up the "cold start". The acceleration is due to the information received through alternative channels.

The algorithm of getting your coordinates by using A-GPS technology and the proposed method comprises the following steps:

1. Access the information necessary to connect to the server by TCP / IP protocol for data transmission without loss.

2. Generate HTTP-request, which is transmitted in encrypted form login, password and indicates the type of information required.

3. Because the data server continuously updates after processing query information is provided in a continuous stream.

4. Analyze the information received from the server. After receiving all packets perform cutoff from the server.

5. Sort packages and transfer them to navigation module.

6. Based on the Ephemeris and Almanac, calculate satellite's coordinates.

7. By known coordinates of visible satellites calculate receiver's coordinates.

To evaluate the efficacy of A-GPS technology a program is created that allows to request navigational information from a remote server, to download it to your GPS device and fix TTFF. The program also can be used to analyze the information available on the server.

As a result of the experiment, it is found that solving navigation tasks by using A-GPS takes 5-10 seconds, and all the time since the connection to the server to solve navigation tasks takes 30-40 seconds, which is much less than using traditional GPS.

Keywords: *navigation task, A-GPS, TTFF.*

Стаття надійшла до редакції 10.12.2015.

Рецензенти: В. М. Рудницький, д.т.н., професор,
С. В. Голуб, д.т.н., професор