

УДК 528.7

МЕТОД МІНІМІЗАЦІЇ ПОХИБОК ПОЗИЦІОНУВАННЯ ШЛЯХОМ НАДЛИШКОВОСТІ ДЖЕРЕЛ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

А.М. Губський

Аспірант

Національний технічний університет України

"Київський політехнічний інститут"

пр. Перемоги, 37, м. Київ, 03056

Контактний тел.: 067-761-15-03

Запропоновано метод мінімізації випадкових похибок позиціонування шляхом уведення додаткових джерел. Запропоновано алгоритм обчислення координат споживача шляхом обчислення центра мас тіла невизначеності, яке утворюється в результаті накладання результатів вимірювань застосованих джерел

Ключові слова: ГНС, позиціонування, похибки, алгоритм, надлишковість

Предложен метод минимизации случайных погрешностей позиционирования путём внедрения избыточных источников. Предложен алгоритм вычисления координат потребителя путём вычисления центра масс тела неопределённости, образующегося при наложении результатов использованных источников

Ключевые слова: ГНС, позиционирование, погрешности, алгоритм, избыточность

The method of random errors minimization by positioning navigation system redundancy sources is proposed. The algorithm for estimation of consumer's coordinates through the uncertainty body mass center calculation, producing by adding of used sources is proposed

Keywords: GPS, positioning, errors, algorithm, redundancy

Постановка проблеми

Зараз системи глобального позиціонування, типу ГЛОНАСС, NAVSTAR, GPS, стрімко розповсюджуються в найрізноманітніших галузях діяльності людини: на транспорті, будівництві, пошуку корисних копалин, військовій справі, екології, тощо. Але водночас різко зростають вимоги до точності та достовірності позиціонування кожного споживача. Проте нинішній рівень точності позиціонування обмежений сукупністю чинників, які є джерелами різноманітних похибок. Очевидно, що підвищення точності системи глобального позиціонування обіцяє суттєво підвищити економічну ефективність та (або) безпеку діяльності людини в усіх галузях застосування. Дана стаття присвячена пошуку можливих шляхів зменшення похибок глобальної навігаційної системи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Глобальна навігаційна система (ГНС) являє собою систему різноманітних компонентів, наземних та космічних, які діють в принципово відмінних фізичних умовах, що, в свою чергу, викликає похибки різного характеру та походження. Особливістю навігаційної системи є те, що споживач інформації, тобто об'єкт позиціонування, сам є активним елементом системи - і, водночас, окремим джерелом похибок. Типовий склад глобальної навігаційної системи включає орбітальне угруповання навігаційних супутників (сузір'я), мережу наземних радіо-, радіолокаційних та оптико-локаційних (лазерних) станцій, а також

навігаційне обладнання споживача (інерціально-навігаційна система (ІНС), радіоприймач/передавач, тощо). Аналіз фахової літератури вказує, що найсуттєвіші джерела похибок навігаційної системи можуть бути зведені в такі групи [1-8]:

а) експлуатаційні похибки. Перерви в зв'язку з окремими навігаційними супутниками або наземними станціями (внаслідок маневрування споживача, рельєфу місцевості, виходу супутника за горизонт, радіоперешкод, магнітних бурь, режиму радіомовчання, тощо); викривлення шляху радіохвиль в атмосфері з-за хмарності, опадів, аерозолей, тощо; зміна положення супутника при його русі по орбіті в процесі вимірювань;

б) інструментальні похибки. Похибки ІНС споживача; відхилення окремих супутників сузір'я від заданої орбіти; розузгодження частоти та фази сигналу між окремими супутниками; несинхронність коливаний генераторів супутника та споживача, різниця їх фаз, відмінність частот від номіналу; вплив доплерівського зсуву частоти радіосигналу внаслідок руху супутника;

в) похибки методу обчислень. Переважно це похибки, викликані невірною компенсацією величин експлуатаційних та інструментальних похибок при обчисленні результату;

г) інші джерела похибок. Перш за все, це навмисне внесення похибок державами - власницями відповідних ГНС, з міркувань безпеки, військових, тощо.

Ясно, що для нейтралізації перелічених джерел похибок потрібен комплекс різноманітних заходів. Цілком очевидно, що більшість джерел експлуатаційних похибок важко усунути. Викликані ними похибки, переважно, носять випадковий характер і їх компенсація викликає серйозні труднощі (похибка, викликана

орбітальним рухом супутника, має систематичний характер і може бути компенсована при обчисленні кінцевого результату);

Нейтралізація джерел інструментальних похибок вимагає технічного вдосконалення ГНС в цілому та усіх її компонентів, а також значних фінансових витрат. У [10] стверджують, що, в окремих випадках, для збільшення точності вимірювального пристрою на один порядок викликає збільшення його вартості на один, або навіть кілька порядків. Для ГНС точних даних про кореляцію між точністю та вартістю системи не знайдено. Але очевидно, що технічне переоснащення ГНС більш точними вимірювальними пристроями фактично вимагає повної заміни всього сузір'я навігаційних супутників - і, можливо, навігаційних пристроїв споживачів - з відповідними фінансовими витратами. Отже, найбільш раціональним шляхом підвищення точності ГНС без надлишкових фінансових витрат видається вдосконалення методу позиціонування.

У [11] наводиться один з таких методів - а саме метод "псевдодальностей". Метод полягає у компенсації випадкової похибки з невідомою величиною і знаком, викликані розузгодженням між годинником споживача та годинниками супутникового сузір'я. Внаслідок такого розузгодження, виміряні відстані виявляються хибними (які названі "псевдодальностями"), що й викликає похибку у визначенні координат споживача. Суть методу ґрунтується на тому, що різниця між істинною та виміряною дальностями є пропорційною до розбіжності шкал часу супутника та приймача споживача. Якщо відлік по усіх каналах даного приймача, що приймає сигнали від усіх супутників, здійснюється одночасно, то різниця між псевдодальністю та істинною дальністю до будь-якого супутника буде однаковою. І ця різниця може бути виключена після уведення її в якості додаткового невідомого у рівняння визначення місцеположення. Отже якщо необхідно виміряти три координати споживача, вимагається чотири джерела - тобто чотири навігаційних супутники. Але очевидно, що в методі "псевдодальностей" інші джерела похибок - як експлуатаційні, так й інструментальні - виявляються незкомпенсованими, і для їх усунення вимагаються додаткові заходи.

Формування цілей статті (постановка завдання)

Метою даної статті є визначення шляхів удосконалення методу позиціонування, який дозволить компенсувати або усунути джерела похибок позиціонування, які не враховані існуючими методами

Виклад основного матеріалу

Для усунення похибок, які неможливо, компенсувати існуючими методами, пропонується розвиток відомого методу "псевдодальностей" шляхом уведення надлишковості вимірювань. Надлишковість вимірювань означає наявність додаткових джерел вимірювань понад кількість, необхідну для визначення заданої кількості координат.

Відомо, що кількість вимірювань в загальному випадку повинна дорівнювати кількості параметрів, які мають бути визначені. У вищезгаданому випадку кількість параметрів споживача, що вимірюється, дорівнює 4. Тобто це (x, y, z, D') , де (x, y, z) – координати споживача в земній системі координат; D' – похила дальність до об'єкта. В такому випадку забезпечується невиродженість матриці [11]

$$\partial \bar{h}^T(x^{(i)}) / \partial \bar{x}$$

Природно, якщо потрібно визначити меншу кількість координат, відповідно зменшується й потрібна кількість вимірювань. Наприклад, якщо споживач перебуває на поверхні Землі і потребує тільки визначення географічних координат (без висоти над рівнем моря), для невиродженості матриці $\partial \bar{h}^T(x^{(i)}) / \partial \bar{x}$ буде достатньо лише трьох джерел – і т.п.

Отже, якщо якийсь метод (наприклад, метод "псевдодальностей"), дає якусь випадкову похибку, що він неспроможний компенсувати, то уведення одного або більше додаткових джерел має частково, або повністю її компенсувати.

При комплексуванні даних вимірювань необхідно взяти до уваги випадковий характер похибок кожного з них. В загальному випадку величина кожної окремої похибки є апріорно невідомою. Отже очевидно, що внаслідок сукупної дії усіх чинників для будь-якої вимірювальної системи існує гранична мінімальна похибка Δ_{\min} , яка не може бути усунута будь-якою обробкою даних вимірювань. Δ_{\min} визначає теоретичну точність вимірювальної системи.

Можна припустити, що внаслідок випадкової природи джерел виникнення похибки кожного окремого джерела, абсолютна величина та знак похибки кожного джерела (щодо кожного вимірюваного параметра) також є випадковими. З цього випливає, що у випадку надлишковості джерел вимірювання похибка кожного окремого джерела частково, або повністю нівелюватиметься похибкою іншого джерела, що має протилежний знак (відносно параметру, що вимірюється). При цьому може бути досягнута підсумкова точність системи $\Delta < \Delta_{\min}$, де Δ – мінімальна похибка надлишкової вимірювальної системи.

Отже надлишкова вимірювальна система може бути використана для підвищення точності вимірювань без необхідності підвищення класу точності кожного окремого джерела. При цьому вирішальним є вибір такого алгоритму обчислення результату, який дозволить використати надлишковість джерел для мінімізації результуючої похибки.

Для мінімізації підсумкової похибки позиціонування пропонується такий алгоритм.

Припустимо, вектор параметрів споживача має розмірність N . Вимірювальна система містить N_S джерел (навігаційних супутників, наземних станцій, тощо), де $N_S > N$. В i -й момент часу кожним джерелом здійснюється вимірювання відповідного параметру – тобто усього N_S вимірювань. Наприклад, кожним j -им джерелом вимірюється навігаційний параметр D_j . Це визначає поверхню положення – сферу S_j з радіусом D_j і центром в уявному центрі джерела (центрі

мас навігаційного супутника, тощо) – яка описується рівнянням:

$$D_j = \sqrt{\left((x_j - x)^2 + (y_j - y)^2 + (z_j - z)^2\right)},$$

де x_j, y_j, z_j та x, y, z – відповідно, відомі координати j -го джерела та параметри споживача, що необхідно визначити. Відомо, що перетином трьох поверхонь положення є точка положення – тобто координати споживача. Отже вектор положення споживача \bar{x} визначається, як:

$$\bar{x} = (x, y, z) = S_1 \cap S_2 \cap S_3$$

N_S вимірювань, відповідно, дають N_S поверхонь положення. Далі, для усіх можливих комбінацій джерел, по N джерел в кожній комбінації, тобто для $M = \frac{N_S!}{N!(N_S - N)!}$ комбінацій, здійснюється обчислення точок положення, що в сумі дає вектор з M точок положення $\bar{X} = (\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_M)$. Вектор \bar{X} визначає умовне тіло невизначеності, тобто сукупність точок простору в заданій системі координат (у Земній системі координат для споживача), яке обмежується поверхнею невизначеності Ω , так що $\bar{X} \subset \Omega$, тобто поверхня невизначеності проходить через усі обчислені точки положення. З припущення про випадковий характер знаку похибок окремих джерел та про взаємну компенсацію знаків похибок в надлишковій вимірювальній системі, впливає, що з великою часткою імовірності істинна точка положення споживача \bar{x}_R перебуває всередині тіла невизначеності, тобто $\bar{x}_R \in \Omega$. У випадку рівноцінності джерел \bar{x}_R з максимальною імовірністю перебуває в центрі мас \bar{x}_Ω умовного тіла невизначеності. Центр мас Ω може бути обчислений будь-яким довільним чисельним методом. При цьому абсолютна похибка вимірювань складатиме $\Delta = \bar{x}_R - \bar{x}_\Omega$, де \bar{x}_R – істинна точка положення споживача. Слід зазначити, що цей метод визначає місцезнаходження точки, що з максимальною імовірністю відповідає істинному. Але це не гарантує, що у випадку несприятливого збігу випадковостей – наприклад, коли похибки певної кількості джерел мають один і той самий знак – і, природно, з меншою часткою імовірності, істинна

точка положення перебуватиме поза умовним тілом невизначеності, тобто $\bar{x}_R \notin \Omega$.

З викладеного вище можна оцінити технічну можливість реалізації запропонованого метода. Надлишковість може бути створена шляхом: додавання до суз'я одного або кількох додаткових супутників; розгортання або доповнення мережі наземних навігаційних станцій. Найбільш раціональним з точки зору економіки видається шлях раціонального використання існуючих угруповань космічних апаратів. А саме: різні існуючі ГНС (ГЛОНАСС, GPS, GALILEO, тощо) функціонують незалежно одна від одної. Тобто, одночасно в полі зору кожного споживача, окрім супутників його “власної” ГНС, наприклад, GPS, знаходяться один або декілька супутників інших ГНС, наприклад, ГЛОНАСС, які даним споживачем не використовуються. Якщо в кожному вимірюванні братимуть участь усі супутники, що перебувають в полі зору споживача, незалежно від їх приналежності до різних ГНС, це створить потрібну надлишковість. Природно, що для реалізації такого методу необхідне оснащення навігаційного приладу споживача пристроями для одночасної передачі та приймання радіосигналів на різних частотах, таких, що застосовуються на різних ГНС. Таке може бути, наприклад, впроваджене, на наступному поколінні GPS-навігаторів, або ж підключенням додаткового модуля до існуючих. Також необхідно вирішити технічні, організаційні, правові та фінансові питання одночасного використання супутників різної національної приналежності.

Висновки з даного дослідження та перспективи

Запропонований метод компенсації похибок позиціонування ГНС шляхом надлишковості вимірювань та запропонований алгоритм обчислення координат споживача шляхом обчислення центра мас тіла невизначеності має дозволити компенсувати, без суттєвих фінансових витрат та без надмірного ускладнення системи, випадкові експлуатаційні та інструментальні похибки, які не можуть бути усунені відомими методами. Напрямок подальших наукових досліджень вбачається у вдосконаленні запропонованого алгоритму обчислень, зокрема при комплексуванні джерел з різними класами точності.

Література

1. Бойков А. В. Возможности Спутниковой системы по высокоточному определению координат объектов / Бойков А. В., Булаева Е. А., Монахова М. А. // Геодезия и картография. – 2006. - №8. - С. 5-10.
2. Бойков А. В. О координатном обеспечении референчных станций Спутниковой системы межевания земель / Бойков А. В. // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. - 2007. - №1.
3. Большаков В. Д. Теория математической, обработки геодезических измерений / Большаков В.Д., Гайдаев П. А. - М.: Недра, 1977. - 368с.
4. Генике А. А. Глобальные спутниковые системы определения местоположения и их применение в геодезии / Генике А. А., Побединский Г. Г. - М.: Картгеоцентр, 2004. - 355 с.
5. Beran T. High-Accuracy Point Positioning with Low-Cost GPS Receivers: How Good Can It GET? / Beran T., Langley R., Bisnath S. B. and Serrano L. // ION GNSS 18th Technical Meeting. - 2005. - Pp. 1524-1534.
6. Gouldsworthy S.N. High-fidelity model development for navigation warfare simulation studies / Gouldsworthy S.N., Groves P.D. // Wells MM ION. - 2002. – Pp. 643-654.

7. Wooden W.H. Navstar Global Positioning System / Wooden, W.H. // :1985, Proceed 1st International Symposium on Precise Positioning with the Global Positioning System, Vol.1, edited by Clyde Goad, pp.403-412, U.S. Department of Commerce, Rockville, Maryland.
8. Yi Zheng. Interpolating Residual Zenith Tropospheric Delays for Improved Wide Area Differential GPS Positioning / Yi Zheng // ION GNSS 17 th Meeting. - 2004. - Pp. 915-924.
9. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС. / Яценков В. С. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005 – 272 с.
10. Фундаментальные проблемы теории точности: монография. / Науч ред. В. П. Булатов, И. Г. Фридендер. – СПб: Наука, 2001. – 504 с.
11. Серапинас Б. Б. Глобальные системы позиционирования / Серапинас Б. Б. – М.: ИКФ “Каталог”, 2002. – 106 с.

Стаття присвячується питанню розробки експертно-аналітичних модулів електронної медичної картки з метою створення комплексної обліково-діагностичної системи, котра дозволила б спростити процес диференціювання патологій та оптимізувати роботу медичного персоналу

Ключові слова: експертні системи, електроміографія, електронна медична картка

Статья посвящается вопросу разработки экспертно-аналитических модулей электронной медицинской карты с целью создания комплексной учетно-диагностической системы, которая позволила бы упростить процесс дифференцировки патологий и оптимизировать работу медицинского персонала

Ключевые слова: экспертные системы, электромиография, электронная медицинская карта

Article is devoted to the problem of design of expert-analytical modules for electronic medical card technology, for creating a comprehensive accounting and diagnostic system that would allow to simplify the process of differentiation abnormalities and optimize medical staff working

Keywords: expert systems, electromyography, electronic medical card

УДК 615.47:617-089

ВИКОРИСТАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ ЕЛЕКТРОННОЇ МЕДИЧНОЇ КАРТКИ В НЕВРОЛОГІЧНИХ ВІДДІЛЕННЯХ

Т.В. Жемчужкіна

Кандидат технічних наук, доцент*
Контактний тел.: 068-608-09-72
E-mail:zhemchuzhkina@rambler.ru

Т.В. Носова

Кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, доцент*
Контактний тел.: 093-030-10-76
E-mail:yasanosova@rambler.ru

В.А. Сухенький*

Контактний тел.:063-628-41-57
E-mail:sva89kolomiets@gmail.com

*Кафедра біомедичних електронних пристроїв і систем Харківський національний університет радіоелектроніки пр. Леніна, 14, Харків, 61166

Введення

Останнім часом невинно зростає значення інформаційного забезпечення різних медичних технологій. Саме використання сучасних інформаційних технологій стає критичним фактором розвитку різних сфер теоретичної та практичної діяльності людини, тому розробка та впровадження інформаційних технологій є одним з найбільш актуальних завдань [1,2].

На сьогоднішній день більшість лікувально-діагностичних закладів забезпечені не лише персо-

нальними комп'ютерами, а й локальними мережами (LAN).

Проте їх зазвичай використовують для обробки текстової документації, ведення статистики, бухгалтерського обліку. І лише невелика частина спеціалізованих машин працюють з різними діагностичними та лікувальними комплексами [3].

Медичні експертні системи дають змогу лікарю не лише перевірити власні діагностичні припущення, але й «звернутися до комп'ютера за консультацією» в складних для діагностики випадках [4].