МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

ДП “КИЇВОБЛСТАНДАРТМЕТРОЛОГІЯ”

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВОДНОГО ГОСПОДАРСТВА ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

WROCLAW UNIVERCITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІІРТК-2023)

ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

23-24 травня 2023 р.
Київ, Україна

ЗБІРКА ТЕЗ

Київ
2023

УДК 004

МІЖНАРОДНИЙ ПРОГРАМНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

Квасніков В.П.	д.т.н., проф., Заслужений метролог України, зав. каф. Комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій НАУ, м. Київ.

Члени комітету:

Васильєв А.Й.	д.е.н., проф., Президент Інженерної академії України, Заслужений діяч науки і техніки України, академік Міжнародної Інженерної академії, м. Харків.
Власенко В.О.	д.т.н., проф., каф. технології університету Ополя, Республіка Польща.
Древецький В.В.	д.т.н., проф., зав. каф. автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій Національного університету водного господарства та природокористування, віце-президент Інженерної академії України, м. Рівне.
Черновол М.І.	член-кор. Національної аграрної академії України, д.т.н., проф., професор Центральноукраїнського НТУ, м. Кропивницький.
Острофскі К.	д.т.н., проф., декан Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.
Мічиньскі Я.	д.т.н., проф., зав. каф. Краківського сільськогосподарського університету, Республіка Польща.
Хойніцкі Ю.	Ph.D., проф., заст. декана Варшавського університету природничих наук, Республіка Польща.
Kovela S.	MSc, PhD, MBA, Associate Professor in Project Management, New College of the Humanities / Northeastern University College of Professional Studies, England,United Kingdom.
Khraisat Yahya S.H.	Ph.D., Al_Balda Applied University / Al-Huson University College, Irden, Jordan.
Frivaldsky M.	Ph.D., Prof. Ing. Head of Department Mechatronics and Electronics, University of Žilina, Slovakia.

Відповідальний редактор: Шелуха О.О., к.т.н., доц. каф. Комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій, НАУ, м. Київ.

Рекомендовано до друку вченою радою Аерокосмічного факультету НАУ
(протокол № 5 від 17 травня 2023 р.).

Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІІРТК-2023). Шістнадцята міжнародна науково-практична конференція 23-24 травня 2023 р., Київ, Україна. – К.: НАУ, 2023. – 402 с. (збірка тез).

Містить результати наукових, експериментальних та теоретичних досліджень вчених, аспірантів та студентів.

Матеріали можуть бути корисними науковим співробітникам, інженерно-технічним працівникам, аспірантам та студентам, що спеціалізуються в галузі автоматизованих систем управління робототехнічних комплексів, інформаційних технологій та метрології.

© Національний авіаційний університет, 2023

УДК 520.874.3

СТРУКТУРА І МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЛОКАЛЬНОЇ НАВІГАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

Рудик А.В., д.т.н., професор, Національний університет водного господарства та природокористування, a.v.rudyk@nuwm.edu.ua;
Вознюк А.С., здобувач вищої освіти першого (бакалаврського) рівня, Національний університет водного господарства та природокористування

Навігація в мобільній робототехніці має ряд особливостей, які не дозволяють ефективно використовувати навігаційне обладнання інших мобільних об'єктів. Тому для створення навігаційних систем мобільних роботів (МР) необхідно застосовувати декілька різних навігаційних засобів з їх комплексуванням та паралельною обробкою інформації при врахуванні особливостей динаміки і кінематики об'єкту [1].

Розрізняють два типи навігації автономних МР – глобальну і локальну. Основною задачею систем глобальної навігації є формування плану переміщення на заданій цифровій карті. Системи локальної навігації планують і контролюють виконання маневрів, які є складовими переміщення за сформованим заздалегідь маршрутом. Локальна навігація для автономних МР визначає їх відносні координати і параметри переміщення на короткому часовому інтервалі до 10 хв. Основними задачами локальної навігації є:

- визначення відносних декартових координат і параметрів руху МР;
- планування і контроль виконання МР маневрів, з яких складається переміщення за сформованим маршрутом;
- корегування системи глобальної навігації для визначення абсолютних координат МР.

Прикладом використання локальної навігаційної системи (ЛНС) є контроль переміщення по безпечній траєкторії в обмеженому просторі та навігація МР при відсутності даних від зовнішніх джерел навігації (відмові системи позиційного корегування на базі GPS). Тому при розробці ЛНС ставляться такі вимоги:

- можливість визначення кутів орієнтації (курсу, тангажу, крену) МР та його швидкості і прискорення для формування потрібної траєкторії;
- неперервна видача навігаційної інформації;
- точність обчислення координат МР на коротких часових інтервалах;
- автономність роботи системи, стійкість до дії завад та вібрацій;
- малі габаритні розміри та енергоспоживання.

З аналізу літературних джерел відомо, що ЛНС МР може бути реалізована з використанням активних (інерціальна навігація, системи технічного зору) та пасивних (супутникова, за радіомаяками і маркерами) схем навігації [2]. Однак більшість переваг має саме інерціальна навігація, основними перевагами якої є автономність, відсутність впливу погодних умов та радіоелектронного придавлення, а також забезпечення прихованості (не генерують електромагнітного випромінювання, що може видати присутність МР).

Тому з врахуванням наведених вище вимог запропонована структурна схема ЛНС, наведена на рис. 1. В даній структурі для отримання інформації про шість степенів свободи МР використовується інерціальний вимірювальний модуль (ІВМ) з триосьових акселерометра (A_x, A_y, A_z) та гіроскопа (G_x, G_y, G_z) або не менше шести акселерометрів, які забезпечують навігаційну систему інформацією про кутові та лінійні переміщення МР. Тому що тривалість автономного використання такої навігаційної системи складає короткий часовий інтервал до 600 с [3], то точнісні характеристики інерціальних сенсорів є менш важливими, ніж вимоги до апаратури автономних об'єктів – масогабаритні та цінові характеристики, надійність, стійкість до ударів, вібрацій та ін. Тому для реалізації таких ЛНС часто використовуються інерціальні МЕМС сенсори.

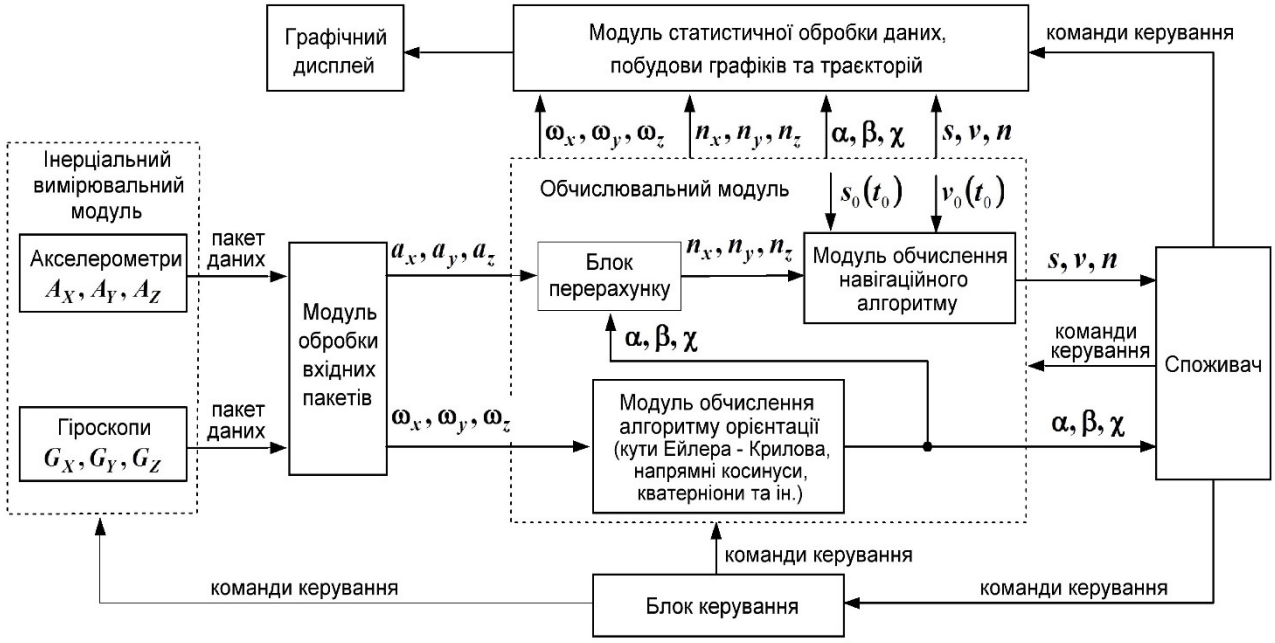

Рис. 1. Структурна схема локальної навігаційної системи

ІВМ видає на бортовий комп'ютер пакети даних, в яких міститься інформація про кутові швидкості та уявні прискорення системи за кожною з осей зв'язаної системи координат (ЗСК). Пакети даних подаються на модуль обробки вхідних пакетів (МОВП), де відбувається перевірка цілісності пакетів даних, ділення на складові та видача на обчислювальний модуль (ОМ) інформації про кутові швидкості $(\omega_x, \omega_y, \omega_z)$ та уявні прискорення (a_x, a_y, a_z) системи в ЗСК. В обчислювальному модулі, який складається з блоку перерахунку (БП) та модулів обчислення навігаційного алгоритму (МОНА) і алгоритму орієнтації (МОАО) відбуваються фільтрація та обчислення навігаційних параметрів МР – кутів курсу, тангажу і крену (α, β, χ) та пройденої дистанції, швидкості і прискорення (s, v, n).

Отримана навігаційна інформація в залежності від настроювань ОМ і команд керування від оператора може в різній формі видаватися на графічний дисплей за допомогою модуля статистичної обробки даних, побудови графіків і траєкторій. Інформація від сенсорів ІВМ в обробленій МОВП формі зберігається в пам'яті ОМ для наступного відтворення і аналізу даних. Блок керування ЛНС,

що керує роботою ІВМ і ОМ, сам може бути керованим з пульта оператора.

При переміщенні МР, більшість з яких є колісними, враховують ряд особливостей, що впливають на визначення навігаційних параметрів: відсутність бічного зносу; малі діапазони зміни кутів тангажу і крену протягом коротких часових інтервалів; незалежність кутової швидкості обертання навколо вертикальної осі МР від кутових швидкостей обертання навколо інших осей; а також невелика лінійна швидкість переміщення МР. З врахуванням перерахованих особливостей в автономній ЛНС застосовуємо таку математичну модель:

$$\dot{\alpha} = \omega_z; \quad \dot{\beta} = \omega_x \cos\chi + \omega_z \sin\chi; \quad \dot{\chi} = \omega_y;$$

$$n_x = a_x \cos\chi + a_z \sin\chi;$$

$$n_y = a_x \sin\beta \sin\chi + a_y \cos\beta - a_z \sin\beta \cos\chi;$$

$$n_z = -a_x \cos\beta \sin\chi + a_y \sin\beta + a_z \cos\beta \cos\chi - g;$$

$$v(t_1) = v_0(t_0) + \int_{t_0}^{t_1} n_y dt; \qquad s(t_1) = s_0(t_0) + \int_{t_0}^{t_1}\int_{t_0}^{t_1} n_y dt,$$

де n_x, n_y, n_z – проекції дійсного прискорення на осі рухомої траєкторної системи координат (РТСК); $v_0(t_0), s_0(t_0)$ – початкові значення швидкості та координати в момент часу t_0 (початкові умови).

Для врахування накопичення помилок інтегрування БІНС математичну модель системи доповнюємо рівняннями, що зв'язують вимірювані значення кутових швидкостей і складові уявного прискорення МР з їх дійсними значеннями:

$$\omega_j^{вим} = \omega_j + \varepsilon_j; \qquad a_j^{вим} = a_j + \psi_j,$$

де $\omega_j^{вим}, a_j^{вим}$ – значення кутових швидкостей та складових уявного прискорення МР за даними сенсорів; ω_j, a_j – дійсні значення кутових швидкостей і складових уявного прискорення МР; ε_j, ψ_j – невизначеності оцінки параметрів переміщення; $j = \{x, y, z\}$.

Список використаних джерел

1. Corke, P. An introduction to inertial and vision sensing // International Journal of Robotics Research. – June 2007. – Volume 26, Issue 6. – P. 519-535.

2. Farrell, J. A. Aided Navigation: GPS with High Rate Sensors. – New York : McGraw-Hill, 2008. – 530 p.

3. Квасніков В. П. Практична оцінка похибок одноканальної безплатформної інерціальної навігаційної системи на МЕМС-сенсорах на короткому часовому інтервалі / В. П. Квасніков, А. В. Рудик // Вісник Інженерної академії України. – 2017. – № 1. – С. 98-105.

УДК 004

Наукове видання

ІНТЕГРОВАНІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ РОБОТОТЕХНІЧНІ КОМПЛЕКСИ (ІІРТК-2023)

ШІСТНАДЦЯТА МІЖНАРОДНА
НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
23-24 травня 2023 р.
Київ, Україна
Збірка тез

Тези надруковані в авторській редакції на одній із двох робочих мов конференції

Оригінал-макет
підготовлено на кафедрі комп'ютеризованих електротехнічних систем та технологій
Аерокосмічного факультету
Національного авіаційного університету

Комп'ютерна верстка:
Шелуха О.О.

Підп. до друку 17.05.23. Формат 60x84/16.
Папір офс. Гарн. Times New Roman.
Ум. друк. арк. 24,5. Тираж 100 прим. Замовлення № 5

Віддруковано у СПД «Андрієвська Л.В.»
м. Київ, вул. Бориспільська, 9,
Свідоцтво серія ВОЗ № 919546 від 19.09.2004 р.