

**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ
ВІЙСЬКОВА АКАДЕМІЯ (М. ОДЕСА)**

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА:
застосування, дослідження, освіта**

**Збірник тез доповідей
Всеукраїнської наукової конференції**

15 квітня 2021 року

м. Одеса

МОДЕЛЬ ОРГАНІЗАЦІЇ ФУНКЦІЙ КЕРУВАННЯ ТА ОБЧИСЛЕННЯ МОБІЛЬНОГО РОБОТА

д.т.н., проф. Рудик А.В., Салійчук І.Ф.

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

При створенні і практичній реалізації сучасних навігаційних та вимірювальних систем мобільних роботів (МР) необхідно враховувати, що основними типами застосовуваних бортових сенсорів є локаційні, оптичні [1, 2], інерціальні мікромеханічні [3, 4], одометричні [5] та радіонавігаційні [6, 7]. Також при створенні таких систем зазвичай застосовують декілька різних засобів вимірювання з їх комплексуванням і паралельною обробкою інформації при врахуванні особливостей динаміки і кінематики об'єкту [8].

Основою обчислювального ядра більшості сучасних навігаційних та вимірювальних систем МР є нескладні та порівняно дешеві 8-розрядні мікроконтролери сімейства AVR, які мають високу продуктивність, реалізують алгоритми на основі фільтрів Калмана та Маджвіка [9] і працюють з відносно високими частотами дискретизації. Тому для забезпечення максимальної частоти дискретизації сигналів та, як наслідок, максимальної швидкодії, необхідно проводити оптимізацію програмного коду [10].

При попередньому розробленні програмного забезпечення зчитування даних з сенсорів модуля проводилося при використанні сторонніх бібліотек, при цьому результат попереднього оцінювання отриманий з відносно великою затримкою, що приводить до незадовільної реакції системи при зміні її орієнтації. Для визначення дійсного значення частоти дискретизації до програмного коду було вводиться лічильник, який фіксує час старту кожної ітерації обчислення та видачі інформації. За результатами проведених досліджень з'ясовано, що частота дискретизації менше 20 Гц не задовольняє процес отримання даних про параметри руху і орієнтації МР [11].

Метою роботи є розроблення структури моделі організації функцій керування та обчислення мобільного робота з незалежними модулями без центрального процесора.

В роботі запропонована модель організації функцій обчислення та керування мобільного робота з незалежними модулями без центрального процесора (рис. 1), яка за структурою є поєднанням топологій мережі “подвійне кільце” та “активна зірка”, в якій два кільця утворюють основний і резервний контури для передачі даних (перше – без центрального мікроконтролера (МК), друге – через центральний МК). При виході з ладу елементів одного з кілець (контурів) воно об'єднується з іншим, а система продовжує штатне функціонування за попереднім алгоритмом.

Ефективність використання такої моделі організації можна пояснити тим, що ефективність виконання i операцій такою самою кількістю МК буде вищою, ніж ефективність виконання i операцій одним більш потужним мікропроцесором (тому що тільки логічно вірно прописаний програмний продукт максимально розкриває потенціал процесора, на якому він запускається).

В даній моделі всі МК зв'язані та обмінюються даними тільки з найближчими сусідами за структурою, тобто в даний момент часу кожний МК буде виконувати тільки власну мініпрограму за власним алгоритмом роботи. Якщо ж всі ці мініпрограми буде виконувати один більш потужний процесор, то в даний момент часу буде виконуватися тільки одна мініпрограма, а інші будуть очікувати своєї черги на виконання, що створює затримки виконання актуальних в даний момент часу мініпрограм.

В даній структурі значно зменшується збиткове опрацювання неактуальної на даний момент часу інформації. В зв'язку з цим можна прогнозувати, що на відкритих ділянках траси переміщення МР буде відбуватися з максимальною швидкістю. Однак при появі перешкод (зміні дорожньої ситуації) буде відбуватися швидкий обмін інформацією між

окремими мікроконтролерами для оптимізації параметрів руху та орієнтації з одночасною оптимізацією енерговитрат силової установки.

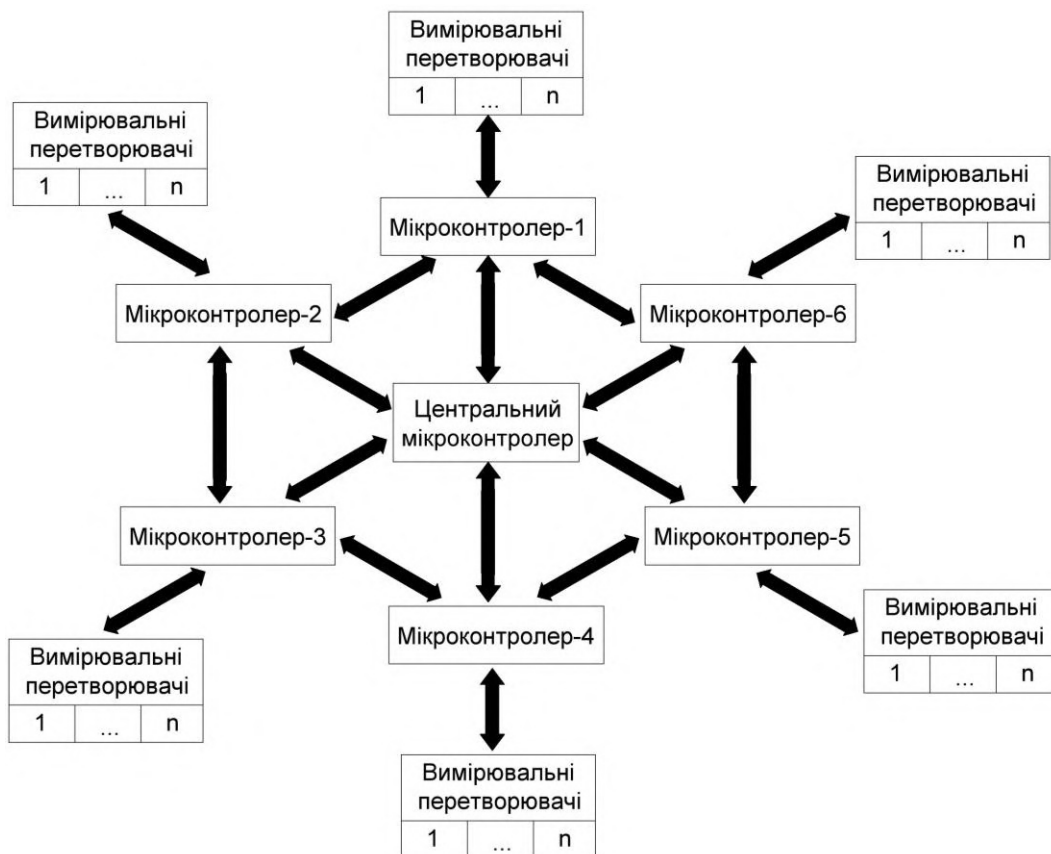


Рисунок 1 – Структура моделі організації функцій керування та обчислення мобільного робота з незалежними модулями без центрального процесора

Мобільний робот, який функціонує за даною моделлю, може адаптивно змінювати режим роботи в залежності від поточних умов. При цьому чим більш активно відбувається “спілкування” між МК, тим більш інтенсивно працюють виконавчі механізми мобільного робота (в першу чергу електродвигуни силової установки). Фактично всі модулі керування (мікроконтролери) розв’язують одну задачу (однак кожний на власному рівні) – якому з електродвигунів дозволити (і з якими параметрами), а якому заборонити роботу в даний момент часу.

Ще однією перевагою незалежних та децентралізованих модулів є те, що при виході з ладу одного з них його функціонал бере на себе один з трьох сусідніх за структурою модулів (до модуля пам’яті кожного МК записана не тільки власна програма функціонування, але й програми трьох сусідніх за структурою МК). За таймерними перериваннями сусідні МК передають один одному біти стану про те, що вони працюють в штатному режимі. Якщо через визначений часовий інтервал між сусідніми МК не відбувся обмін бітами стану, робиться висновок про те, що один з МК не працює, при цьому для підтримання працездатності всієї системи один з мінімально завантажених сусідів непрацюючого МК починає виконувати не тільки свою мініпрограму, але й мініпрограму сусіднього МК. Для цього внутрішня шина обміну даними сусіднього непрацюючого МК переходить у користування працюючого МК.

Запропонована модель організації функцій керування та обчислення може бути застосована в локальній навігаційній системі (ЛНС) МР. Для експериментального настроювання параметрів ЛНС та перевірки запропонованої моделі на точність обчислення навігаційних параметрів МР реалізовано фізичну модель системи, яка є комбінацією

інерціального вимірювального модуля (ІВМ, по три МЕМС акселерометри і гіроскопи) та приймача GPS з вбудованою антеною і призначена для визначення координат та кутів орієнтації об'єкту. Використання такої системи без приймача GPS аналогічно автономному режиму роботи.

Експериментальні дослідження фізичної моделі проведені в цегляному приміщенні з мінімальною кількістю металевих поверхонь та на відкритому просторі (рівномірне асфальтове покриття). Довжина траєкторії руху МР складала величину до 80 м при прямолінійному переміщенні та до 35 м при маневруванні.

При прямолінійному переміщенні МР (при сталому куті курсу) точнісні характеристики кращі, ніж при маневруванні. Однак з часом похибка визначення повздожної складової швидкості та координат поступово збільшуються і досягають характерних похибок GNSS [6].

Таким чином, запропонована структура моделі організації функцій керування і обчислення МР з незалежними модулями без центрального процесора дозволяє створювати надійні та дешеві пристрої, здатні конкурувати з більш дорогими аналогами завдяки простій інтеграції нових модулів до вже діючих систем, практично не змінюючи архітектуру вбудованих модулів. Тому що модулі незалежні, їх розробкою можуть займатися різні спеціалісти, що спрощує вдосконалення вузлів МР.

1. Рудик А.В., Квасніков В.П., Рудик В.А., Матей М.І. Аналіз локаційних методів визначення параметрів руху мобільних роботів / Вісник Інженерної академії України. – 2018. – № 2. – С. 173-181.
2. Рудик А.В., Квасніков В.П. Наукові основи та принципи побудови приладової системи вимірювання прискорення мобільного робота. Монографія. – Харків : Мачулін, 2018. – 272 с.
3. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы. – Кировоград: ПОЛИМЕД – Сервис, 2011. – 171 с.
4. Рудик А.В., Квасніков В.П., Рудик В.А., Матей М.І. Аналіз методів інерціальної навігації при визначенні параметрів руху мобільних роботів / Вісник Інженерної академії України. – 2018. – № 3. – С. 150-157.
5. Рудик А.В., Рудик В.А., Матей М.І. Аналіз одометричних методів визначення параметрів руху мобільних роботів / Вісник Інженерної академії України. – 2019. – № 2. – С. 107-115.
6. Конин В.В., Харченко В.П. Системы спутниковой радионавигации. – Киев, Национальный авиационный университет: Холтех, 2010. – 520 с.
7. Рудик А.В. Методи вимірювання координат та параметрів руху об'єктів з використанням супутникових радіонавігаційних систем / Вісник Інженерної академії України. – 2015. – №4. – С. 51-56.
8. Рудик А.В. Пристрої для вимірювання електричної ємності мікромеханічних давачів навігаційних систем мобільних роботів та її відхилення від номінального значення / Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки. – 2016. – № 3 (78). – С. 93-103.
9. Рудик А.В. Використання медіанної та діагностичної фільтрації в мобільних робототехнічних комплексах для попередньої обробки сигналів / Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання та якості. – 2016. – № 1 (8). – С. 73-78.
10. Рудик А.В. Методика вибору частоти дискретизації сигналів давачів навігаційної системи та виконавчих пристроїв мобільних робототехнічних комплексів / Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. – 2017. – № 1 (245). – С. 166-173.
11. Rudyk, A.; Rudyk, V.; Radul, N.; Matei, M. The influence of the program code structure on the discretization frequency of the onboard computer of a mobile robot. In Proceedings of the III International Scientific and Practical Conference on Modeling, Control and Information Technologies, Rivne, Ukraine, 14–16 November 2019; pp. 212–214.

***ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА:
застосування, дослідження, освіта***

**Збірник тез доповідей
Всеукраїнської наукової конференції**

15 квітня 2021 року

**Редакційна група за якість матеріалів відповідальності не несе.
Матеріали доповідей авторів надано у вигляді, відповідно
до заявок на участь у конференції.
Дякуємо авторам за дотримання рекомендованого шаблону та обсягу виступів.**

Відповідальний за випуск – Букарос А.Ю.