

забезпечення можуть мати однакове кодування стану топології. Відомий метод [1-3] був перевірений та покращений додаванням опису лінійної алгебри. Треба проаналізувати детермінант системи, якщо він дорівнює нулю, система не має рішення та метод оперативного переходу використати не можна.

Підсумок запропонованого методу полягає в аналізі та класифікації алгоритму схеми графа вершин на першому кроці на такі типи: прямі, умовні та зворотні переходи. Рішення надлишкової системи лінійних рівнянь провадиться методом найменших квадратів. Якщо аналіз результату рішення показує, що стани є нецілими числами чи значення станів повторюються, необхідно перевизначити стовпець вільних елементів. Реалізація операційного переходу в арифметико-логічному пристрої полягає у зрушенні вліво для множення на 2 і додавання цілого числа, можна повторно використовувати блоки операційного автомату, за рахунок чого досягається менша апаратна вартість, ніж апаратна вартість канонічного автомату.

При оперативному перетворенні станів у мікропрограмному автоматі, незалежно від способу реалізації, порівняно з традиційним підходом з булевими рівняннями досягається економія апаратних ресурсів за рахунок меншої площі, яку займає схема. Призначення операційних переходів не випадково, а визначається топологією графової схеми алгоритму. Техніка проектування полягає у поділенні елементів графової схеми алгоритму на три типи, потім присвоюється вага 2 стану з умовними переходами, тобто множник у матриці системи в такій вершині дорівнює 2, після чого до двох гілок, що виходять з умовної вершини, додається однакове число з протилежними знаками, потім вибір номера стовпця вільних членів з урахуванням детермінанта i , нарешті, якщо стан виявився нецілим числом або кількість станів повторюється, необхідно перевизначити стовпець вільних членів. Такий підхід показує частковий збіг із відомими результатами [2]. Новою властивістю вдосконаленого методу є аналіз детермінанта матриці для визначення того, чи має система рішення, а також застосування методу та його обмеження. Нарешті, надмірність рівнянь проти числом змінних дозволяє використовувати метод найменших квадратів, чого раніше не робилося.

Список використаних джерел

1. M. Miroshnyk, O. Zaichenko, A. Miroshnyk, and N. Zaichenko, "Organization of a Microwave Machines with Operational Transition," 32th International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, IEEE MMA2022, 2022, pp. 1-4.,
2. M. Miroshnyk, O. Zaichenko, A. Miroshnyk, and N. Zaichenko, "Synthesis of Temporal Machines with Operational Transformation of State Codes," 31th

- International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, IEEE MMA2021, 2021, pp. 1-4.
3. M. Miroshnyk, O. Zaichenko, A. Miroshnyk, N. Zaichenko, "A Multiprobe microwave multimeter signals iterative processing," 30th International Scientific Symposium Metrology and Metrology Assurance, IEEE MMA 2020, 2020, pp.1-4.

*Кривуля Г. Ф., д.т.н, професор,
Токарев В. В., к.т.н., доцент,
Щербак В. К., аспірант
(Харківський національний університет
радіоелектроніки)*

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЖИВУЧОСТІ БЕЗПРОВІДНИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ З ВИКОРИСТАННЯМ ЯКІРНИХ ВУЗЛІВ

Застосування бездротових сенсорних мереж (БСМ) для моніторингу складних об'єктів пов'язане з розташуванням вимірювальних сенсорів. Контроль поточного стану складних об'єктів із застосуванням БСМ вимагає великої кількості сенсорів (сотні, тисячі) і є складним технічним завданням. Збір даних для заданого простору в реальному часі здійснюється сенсорною мережею, при цьому потрібна довгострокова робота мережі з необхідною живучістю вузлів. Оскільки кожен наданий вимір пов'язаний з положенням вузла датчика в просторі, процес локалізації (визначення координат) по відношенню до локальної (глобальної) системи координат для кожного вузла має бути виконаний з необхідною точністю. Інші проблеми, пов'язані з мережею бездротових датчиків (наприклад, географічна маршрутизація, оцінка зони покриття або процедури переходу в сплячий режим / пробудження вузлів), можуть збільшити потребу в локалізації вузлів, покладаючись на інформацію про їх місцезнаходження.

Однак, сенсорні вузли зазвичай випадково розгортаються автомобільним роботом або літаком, тому вони не мають попередньої інформації про своє місцезнаходження. Оснастити кожен сенсорний вузол пристроєм глобальної системи позиціонування (GPS) через високу вартість та енергоспоживання неможливо для великорозмірного розгортання. Тому визначення положення сенсорних вузлів, яке називається локалізацією, є однією з ключових технологій БСМ. Таким чином, мета локалізації - знайти фізичні координати для всіх вузлів датчиків [1, 2].

При випадковому розгортанні проблема локалізації вузлів без вихідних координат ускладнюється, але для вирішення завдання використовують спеціальні вузли, які можуть визначати розташування інших вузлів автоматично. Ці конкретні вузли називають маяковими чи якірними, вони оснащені системою GPS й які

використовуються практично всіма методами локалізації у глобальних координатах..

У даній роботі пропонується зробити сумісною та одночасною локалізацію невизначених вузлів з підготовкою діагностичного забезпечення. Для контролю стану та забезпечення необхідної живучості БСМ пропонується проведення діагностування мережі з використанням якорних вузлів, які необхідні для локалізації вузлів з невідомими координатами. Кількість таких тестових вузлів дорівнює числу Хеммінга в залежності від загального числа вузлів мережі, тобто сумарного числа датчиків для збору інформації (SN) і вузлів ретрансляції (RN) й вираховується як $k = 2^k - m - 1$, де k – кількість тестових вузлів, m – вихідне число вузлів БСМ.

Кожен вузол сенсора в процесі локалізації отримує свій номер аналогічно номеру поточного розряду двійкової послідовності. Якорні вузли мережі нумеруються як числа Хеммінга і займають позиції в числовій послідовності від 1 до k (число якорних вузлів), тобто 1.2.4.16,32,64...

Після проведення тестової діагностики мережі з використанням вибраних якорних вузлів на основі коду Хеммінга маємо можливість отримати адресу несправного сенсора.

Список використаних джерел

1. L. Cheng, C. Wu, Y. Zhang et al., "A survey of localization in wireless sensor network," *International Journal of Distributed Sensor Networks*, vol. 8, no. 12, Article ID962523, 2012.
2. Y. Qu, W. Han, L. Fu et al., "LAINet - A wireless sensor network for coniferous forest leaf area index measurement: Design, algorithm and validation," *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 108, pp. 200–208, 2014.
3. G. Krivoulya, V Shcherbak Intellectual Functional Diagnosis of Large Objects Using Sensor Network. IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS) Proceeding of international conf. Varna, Bulgaria, September 4 – 7, 2020, pp.507-511.

Прохорченко А. В., д.т.н., професор,
Харченко Д. Р., магістрант,
Веселовський А. В., магістрант
(УкрДУЗТ)

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОБЛІКУ ВИКОНАННЯ ГРАФІКА РУХУ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ

У сучасних умовах високий рівень виконання графіку руху пасажирських поїздів на залізничному транспорті є одним з засадничих чинників для конкуренції з іншими видами транспорту на ринку

пасажи́рських перевезень. Для забезпечення точності руху пасажирських поїздів важливе значення має якісна система аналізу та обліку виконання графіка руху пасажирських поїздів, зокрема в умовах експлуатації з'єднаних поїздів з ув'язаними пересадками пасажирів. В умовах обліку важливе значення має встановлення порогових значень часу затримки для пасажирських поїздів, при перевищенні яких поїзд вважається затриманим. Наразі на АТ «Укрзалізниця» не встановлено максимально допустимий граничний час затримки для пасажирських поїздів, тому для удосконалення системи обліку виконання графіку руху пасажирських поїздів важливо дослідити досвід країн Європейського Союзу саме у цьому напрямі.

Для вирішення поставленого завдання запропоновано провести аналіз діючих систем обліку виконання графіка руху поїздів в різних країнах Європи [0]. Зокрема, у Польщі та Німеччині пасажирський поїзд вважається затриманим, якщо його затримка складає більше ніж 5 хвилин 59 секунд. На залізницях Франції максимальний час затримки варіюється між 5 хвилинами 59 секундами для поїзда у приміському сполученні та від 5 до 15 хвилин для поїздів дальнього сполучення (максимальний час затримки залежить від класу поїзда). На мережі залізниць у Швейцарії встановлений максимальний час затримки у 3 хвилини. Для перевізників у Великобританії поріг пунктуальності у 5 хвилин 59 секунд встановлений для поїздів, що курсують у напрямку Лондона та Південного Сходу або регіональних рейсів та менш ніж 9 хвилин та 59 секунд для поїздів далекого сполучення.

Для деталізації досліджень був проведений порівняльний аналіз виконання графіку руху пасажирських поїздів у вищерозглянутих країнах. Виявлено, що незважаючи на те, що на залізницях Швейцарії встановлений більш високий поріг пунктуальності, ніж в інших розглянутих країнах, рівень виконаного графіку руху за 2021 рік у цій країні тримається на високому рівні: 91,2% у приміському русі та 92,1% у дальньому сполученні. У свою чергу країни з більш нижчими пороговими значеннями часу затримок для пасажирських поїздів мають нижчий рівень пунктуальності: у Польщі загальний рівень виконаного графіку руху пасажирських поїздів становив 90,12%, а у Німеччині цей показник сягнув 94,3% для приміського руху та 75,2% для дальнього сполучення. У Франції зафіксовано 92,9% пунктуальності пасажирських поїздів у приміському сполученні та 84,9% у дальньому. У Великобританії рівень PPM (англ., The Public Performance Measure), тобто відсоток від загальної кількості поїздів, що запізнилися / прибули раніше більше ніж на 10 хв. – для поїздів далекого прямування, більш ніж на 5 хв. – для приміського сполучення [2], за період з 1 січня по