

- [2]. Maxime Guériaux, Romain Billot, Nour-Eddin El Faouzi, Julien Monteil, Frédéric Armetta, Salima Hassas, How to assess the benefits of connected vehicles? A simulation framework for the design of cooperative traffic management strategies, Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 67, 2016, Pages 266–279, ISSN 0968-90X, <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.01.020>.
- [3]. Zanella, B.; Bazzi, A.; Masini, B.M.; Pasolini, G. Performance analysis of multiuser 2-hop systems with random placement of relay nodes. In Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference, Austin, TX, USA, 8–12 December 2014; pp. 4174–4179.
- [4]. Intersection Movement Assist Using Vehicle-to-Vehicle Communication [Електронний ресурс] // MathWorks@. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://ch.mathworks.com/help/driving/ug/intersection-movement-assist-using-v2v.html?searchHighlight=if&s_tid=doc_srchttitle.

АНАЛІЗ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Олександр КОНОНИХІН¹, Володимир БУРДА²

*¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків,
<https://orcid.org/0000-0002-6396-6836>, e-mail: makonon@i.ua*

*²Харківський національний автомобільно-дорожній університет, мехатроніки
та інформатизації виробництва, Харків, Україна*

У сучасному світі, де розвиток технологій стрімко набирає обертів, сенсорні мережі стають невід'ємною частиною різних сфер діяльності, включаючи дорожньо-будівельну техніку. Вони забезпечують збір, передачу та обробку великої кількості даних, що дозволяє покращити продуктивність, безпеку та ефективність дорожньо-будівельних робіт.

Один з найважливіших аспектів розробки сенсорних мереж – вибір правильних програмних засобів. Інформаційні технології в сфері будівництва мають значний вплив на розвиток і ефективність роботи дорожньо-будівельної техніки. Одним з перспективних напрямків є використання сенсорних мереж для збору та обробки даних з різних датчиків, що встановлені на техніці. Такий підхід дозволяє отримати більш повну та точну інформацію про роботу машин, покращує управління та

дозволяє знизити ризики несправностей та аварій.

Однак, вибір програмних засобів для побудови сенсорних мереж є складним завданням, яке вимагає уважного аналізу, експертного знання та врахування специфіки дорожньо-будівельної техніки. Основні критерії вибору програмних засобів для побудови сенсорних мереж розглянемо нижче.

При виборі програмних засобів для побудови сенсорних мереж слід враховувати наступні критерії.

Сумісність з сенсорними пристроями. Програмні засоби повинні підтримувати протоколи та формати даних, які використовуються в обраних сенсорних пристроях. Масштабованість. Програмні засоби повинні масштабуватися для роботи з великою кількістю сенсорів та великим обсягом даних.

Безпека. Обрані програмні засоби мають відповідати заходами безпеки, шифруванню даних та механізму аутентифікації.

Аналітика та візуалізація даних: Програмні засоби мають зручні засоби для аналізу та візуалізації даних з сенсорів, щоб ви змогли отримувати корисну інформацію.

Обрані програмні засоби повинні інтегруватися з існуючими системами або іншими програмними рішеннями, які ви використовуєте.

Вартість: Вартість програмних засобів та їхніх ліцензійних умов повинні відповідати бюджету та потребам.

Технічна підтримка: Виробник програмних засобів повинен надавати належну технічну підтримку, включаючи документацію, оновлення та можливість звернутися до фахівців з питань підтримки.

На даний час існує кілька програмних засобів, які дозволяють моделювати бездротові сенсорні мережі з урахуванням багатьох факторів. Найбільш відомими є Anylogic, TOSSIM, OPNET Modeler, Worldsens, NetSim, OMNeT++ [1-6].

AnyLogic надає широкий спектр інструментів і можливостей для розробки та аналізу моделей сенсорних мереж. Деякі переваги AnyLogic включають [1]:

- підтримку різних типів сенсорних мереж, таких як мережі бездротового зв'язку, Інтернет речей (IoT) і мережі передачі даних (MANET);
- можливість використання різних методів моделювання, включаючи системну динаміку, агентне моделювання та процесну модель;
- інтегровану візуалізацію та аналіз результатів моделювання, включаючи графіки, діаграми та статистичні звіти;
- легкість використання та налаштування моделей за допомогою візуального інтерфейсу;
- можливість інтеграції з іншими інструментами та мовами програмування, такими як

Java, MATLAB і R.

TOSSIM (TinyOS Sensor Network Simulator) є програмним забезпеченням, яке використовується для моделювання сенсорних мереж. Основні характеристики та аналіз TOSSIM наступні [2]:

- дозволяє створювати моделі сенсорних мереж, включаючи вузли, комунікацію та розподіл ресурсів;
- використовує мову програмування nesC для розробки програм для сенсорних вузлів. NesC є мовою з обмеженим розміром пам'яті та використовується у багатьох сенсорних платформах;
- надає можливість моделювання радіоканалу, включаючи пропагацію сигналу, шум та спотворення. Це дозволяє досліджувати передачу даних та взаємодію вузлів у реалістичних умовах;
- надає інструменти для дебагінгу та профілювання програм на сенсорних вузлах. Це допомагає виявляти та виправляти помилки в програмах.

TOSSIM пов'язаний з TinyOS - операційною системою для сенсорних мереж. Він дозволяє тестувати та валідувати програми, розроблені для сенсорних вузлів, у віртуальному середовищі перед розгортанням на фізичних вузлах.

Одним з обмежень TOSSIM є його точність моделювання. Він не враховує всі аспекти фізичного середовища, такі як перешкоди та інтерференція сигналу.

OPNET Modeler [3] надає можливість детального моделювання та симуляції різних аспектів сенсорних мереж, таких як комунікаційні протоколи, роутинг, витривалість та функціонування датчиків.

Завдяки вбудованим інструментам для аналізу, OPNET Modeler дозволяє оцінити та візуалізувати різні параметри проекту сенсорних мереж, включаючи пропускну здатність, затримку, витрати енергії та ефективність протоколів. Це допомагає виявити проблеми та оптимізувати роботу сенсорних мереж перед їх реалізацією в реальному середовищі.

Worldsens надає зручні інструменти для проектування, аналізу та оптимізації розташування сенсорних вузлів, передачі даних та роботи самої мережі. Програма підтримує різні моделі сенсорних мереж, такі як мережі на основі бездротового зв'язку, активні та пасивні сенсори, розташовані у різних розподілених середовищах [4].

Worldsens надає можливість використовувати різні алгоритми для розміщення сенсорних вузлів з урахуванням обмежень щодо енергоспоживання, покриття зоною дії, пропускну здатності та інших параметрів.

Програмне забезпечення Worldsens допомагає спростити процес проектування та налаштування сенсорних мереж, забезпечує більшу ефективність та оптимізацію

роботи мережі. Воно може бути корисним інструментом для дослідників, інженерів та розробників, які працюють з сенсорними мережами.

NetSim [5] дозволяє створювати реалістичні моделі сенсорних мереж з різними типами сенсорів, вузлів збору даних, базових станцій та інших компонентів.

За допомогою NetSim можна виконувати аналіз продуктивності сенсорних мереж, включаючи вимірювання пропускну здатності, затримки, енергоефективності та іншого.

NetSim надає можливість візуалізації симуляційних результатів через графіки, діаграми та графічні інтерфейси для легкого аналізу та розуміння результатів.

NetSim підтримує розширення та налаштування через власний API, що дозволяє дослідникам та розробникам розробляти власні модулі та функції.

OMNeT++ [6] має багатий набір бібліотек та модулів для моделювання різних комунікаційних протоколів, таких як ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi та інші.

OMNeT++ має інструменти для візуалізації та аналізу результатів симуляцій.

OMNeT++ є відкритим програмним забезпеченням, що дозволяє користувачам розширювати його функціональність за допомогою власних модулів та бібліотек.

Загалом, вибір програмних засобів для побудови сенсорних мереж залежить від конкретних потреб і вимог. Важливо провести детальний аналіз і порівняти різні програмні засоби на основі вищезазначених критеріїв, звертаючи увагу на їхню функціональність, надійність, легкість використання.

У високотехнологічному світі будівництва, використання сенсорних мереж та інформаційних технологій має великий потенціал для покращення ефективності та безпеки роботи дорожньо-будівельної техніки. Вибір правильних програмних засобів для побудови сенсорних мереж є ключовим кроком у реалізації цього потенціалу.

Список використаних джерел

- [1]. AnyLogic – Режим доступу - <https://www.anylogic.com/> (Дата звернення 10.05.2023)
- [2]. TOSSIM – Режим доступу – <http://tinyos.stanford.edu/tinyos-wiki/index.php/TOSSIM> (Дата звернення 10.05.2023)
- [3]. OPNET Modeler – Режим доступу – <https://www.riverbed.com/en-gb> (Дата звернення 10.05.2023)
- [4]. Worldsens – Режим доступу – <https://ieeexplore.ieee.org/document/4379677> (Дата звернення 10.05.2023)
- [5]. NetSim – Режим доступу – <https://www.boson.com/netsim-cisco-network-simulator> (Дата звернення 10.05.2023)
- [6]. OMNeT++ – Режим доступу – <https://omnetpp.org/> (Дата звернення 10.05.2023)