

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Постановка задачі. Мережа інтернету речей (IoT) складається з мобільних вузлів, які утворюють тимчасову мережу без фіксованої інфраструктури та топології. Ці вузли збирають та об'єднують дані від природних об'єктів для визначення їхнього місцезнаходження, моніторингу та управління технічними об'єктами. Для збору інформації в мережах IoT необхідно впроваджувати протоколи маршрутизації, які доцільно аналізувати через симуляцію [1]. Симулятори забезпечують легкість реалізації, низьку вартість та можливість проведення аналізу в реальному часі.

Мета дослідження. Метою дослідження є огляд наявних інструментів та платформ моделювання мережі IoT, а також аналіз їхніх переваг і недоліків. Це дослідження покликане допомогти обрати оптимальний симулятор для розробки алгоритмів, протоколів і методів для бездротових мереж.

Результати дослідження. Симулятор мережі NS-2 – це симулятор з відкритим вихідним кодом, який дозволяє проводити об'єктно-орієнтоване моделювання подій. Цей симулятор призначений для досліджень у сфері мережевих технологій, зокрема для вивчення протоколів моделювання, розробки дротових, бездротових та супутникових мереж, а також для дослідження роботи TCP, UDP, телетайпа, FTP і вебсайтів [2].

NS-3 (Network Simulator 3) є однією з найпоширеніших платформ для моделювання мереж, зокрема бездротових IoT мереж. Дозволяє користувачу визначати топологію системи, додавати в модель концентратори та встановлювати з'єднання між ними. Реалізована на C++ з можливістю імпорту модулів мови програмування Python. NS-3 може функціонувати не тільки як симулятор, але й як емулятор у режимі реального часу, пов'язаний з реальним середовищем. Також вона підтримує використання кількох існуючих стандартів маршрутизації, таких як 802.15.4, 6LoWPAN і RP.

OMNeT++ – симулятор дротових і бездротових мереж. Підтримує паралельне моделювання розподілу даних і надає інфраструктуру та інструменти для написання симуляцій. Використовується в різних сферах – для моделювання комунікаційних мереж, систем масового обслуговування, протоколів, а також для оцінки продуктивності програмних систем. Симулятор OMNeT++ працює з кількома користувацькими інтерфейсами. Графічна анімація інтерфейсів корисна для налагодження та демонстрації переміщення вузлів, а командний рядок оптимальний для пакетної обробки даних.

Matlab/Simulink – проста у використанні платформа, де проблеми та рішення описуються за допомогою знайомих математичних позначень. Написана мовою C та є кросплатформенною. У MatLab надаються різні функції командного рядка, а також інструменти для вимірювання, аналізу та візуалізації даних (цифрова фільтрація, обробка та модуляція сигналів тощо). На базі MatLab існує кілька додатків для науковців, інженерів та дослідників, призначених для технічних обчислень. Завдяки цьому симулятору можна розробляти алгоритми цифрової обробки сигналів, моделювати системи та тестувати програмні й апаратні реалізації, аналізувати і оптимізувати мережеві параметри, такі як енергоефективність, затримка передачі тощо [3].

Таблиця 1

Порівняльна характеристика симуляторів з відкритим вихідним кодом

Симулятор	Область застосування	Мова програмування	Доступність	Мобільність	Графічна підтримка	Масштабованість
NS-2	Бездротова мережа	C++/OTcl	Бездротовий зв'язок і ad hoc	Підтримується, але обмежено	Обмежена	Невелика
NS-3	Бездротова мережа	C++/Python	Бездротовий зв'язок і ad hoc	Підтримується, але обмежено	Обмежена	Велика
OMNeT++	Бездротова мережа	C++/NED	Бездротовий зв'язок і ad hoc	Підтримується	Хороша	Велика
MATLAB	Бездротова мережа	C++	Бездротовий зв'язок і ad hoc	Підтримується	Відмінна	Дуже велика

Висновки та перспективи. Вибір симулятора залежить від цілей дослідження та типу мережі IoT. Для загальних мережевих досліджень підходять NS-3 і OMNeT++*, а Matlab/Simulink пропонує великі можливості для математичного аналізу.

Список використаних джерел

1. Ali O., Islam N., Kwak D., Khan P., Ullah N. A Comprehensive Review of Internet of Things: Technology Stack, Middlewares, and Fog/Edge Computing Interface // Sensors. 2022. Vol. 22, no. 3. P. 995. DOI: <https://doi.org/10.3390/s22030995>.
2. Miorandi D., Sicari S., De Pellegrini F., Chlamtac I. Internet of things: Vision, applications and research challenges // Ad Hoc Networks. 2012. Vol. 10, no. 7. P. 1497–1516. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>.
3. Sharma S., Mittal N. An improved LEACH-MF protocol to prolong lifetime of wireless sensor networks //IEEE. 2018. Vol. 18. P. 174–179.