МОДЕЛІ ПЕРЕДАЧІ ТЕЛЕМЕТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ У ВБУДОВАНИХ СИСТЕМАХ

Косенко В.В., Піскарьов О.М.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Передача телеметричної інформації у вбудованих системах стала важливим питанням у розвитку сучасних комп'ютерних систем та розгалужених сенсорних мереж.

Вибір моделі передачі визначає ефективність функціонування системи, її здатність працювати в автономному режимі, відповідати напруженим вимогам до енергоспоживання, достовірності результатів та рівню безпеки даних. Актуальність цих питань зумовлена тим, що застосування в різних сферах – від медичних до промислових і транспортних – вимагає універсальних, надійних і, водночас, гнучких технологічних рішень [1].

Мета доповіді полягає в обґрунтуванні та аналізі сучасних моделей передачі телеметричної інформації у вбудованих системах, а також у розробці інноваційних гібридних підходів, що забезпечують підвищення енергоефективності, достовірності та гнучкості у функціонуванні сенсорних мереж і вимірювальних комплексів.

У класичних підходах до передачі телеметричної інформації акцент робиться на трьох основних принципах організації збору даних: періодичність, подієвість та використання запитів. Правильна комбінація цих підходів створює гнучку траєкторію оптимізації для реального часового контролю, оскільки реальна динаміка середовища може змінювати вимоги до оперативності і точності сигналів [1]. Періодична модель дозволяє фіксувати дані з визначеною частотою, гарантуючи регулярні вимірювання. Подієва схема працює як сповіщення: інформація передається лише за наявності відхилень чи визначених подій, що суттєво зменшує обсяг переданої інформації в стабільних умовах. Модель передачі на запит передбачає надсилання даних тільки тоді, коли цього вимагає центральний контролер системи, і дозволяє пристроям економно використовувати енергетичні ресурси.

Сучасні підходи пов'язують архітектурну еволюцію з появою адаптивних та інтелектуальних моделей. Завдяки інтелектуальним алгоритмам можлива побудова здібних до самоорганізації кластерів сенсорів, що здатні формувати окремі групи за функціональними або територіальними характеристиками [2]. Саме у гібридних моделях цей підхід дає змогу уникати зайвих передач, захищати критичні дані та мінімізувати затримки для найбільш важливих інформаційних потоків.

Результати досліджень показують, що новітні моделі враховують енергетичний стан пристроїв, використовуючи його для динамічного регулювання частоти передачі сигналів. Сенсор у такій системі завчасно «ухвалює рішення», яким чином передавати дані залежно від свого заряду й характеру подій у мережі.

Це дозволяє збільшувати життєвий цикл пристроїв і забезпечувати функціонування навіть у випадку обмеженого енергозабезпечення, одночасно підвищуючи якість моніторингу завдяки збереженню критичних сигналів у буфері для обробки в найбільш сприятливий момент.

Технологічно сучасні інформаційно-вимірювальні платформи покладаються на уніфіковані промислові протоколи, зокрема MODBUS, IEC 61850, а також легкі IoT-протоколи типу MQTT та CoAP з додатковим захистом.

Такий вибір враховує не лише потребу у сумісності пристроїв різних виробників, а й оптимізацію процесу зберігання й обробки даних, інтегральну достовірність та ефективність використання різних типів каналів зв'язку [3].

Останні тенденції підкреслюють важливість автоматизованого розподілу трафіку, підвищення безпеки сигналів та інтелектуального вибору напряму передавання залежно від мережевого профілю навантаження.

Виконані дослідження підтверджують, що найбільш ефективними є ті моделі, що демонструють адаптивну поведінку – вони автономно реагують на зміни зовнішнього середовища, змінюючи активність передачі, обираючи оптимальний протокол чи режим, регулюючи маршрутизацію сигналів задля якісного зв'язку навіть при дестабілізації окремих вузлів сенсорної мережі.

Такий підхід забезпечує стійкість до відмов, цілісність інформації, скорочення енергозатрат і підвищення рівня інформаційної безпеки [4].

Підсумовуючи, сучасні вбудовані системи телеметрії орієнтуються на універсальні гібридні та адаптивні моделі передачі, які поєднують переваги класичних підходів із можливостями новітніх технологій штучного інтелекту та передових протоколів обміну даними.

Досвід впровадження таких моделей свідчить про їх надійність, ефективність та гнучкість у реальних умовах експлуатації.

Список літератури

1. Бурдейна М. М. Аналіз моделей та оптимізації збору інформації в бездротових сенсорних мережах. Східно-Європейський журнал передових технологій. 2014. № 5/9(71). С. 12–21. DOI: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.28008

2. Лосєв С. О. Синтез пристроїв інформаційного контролю, які передають дані в діагностичну мережу пакетним способом. Problems and Perspectives in Management. 2018. Т. 16, № 4. С. 68–77. DOI: https://doi.org/10.21511/dm.16(4).2018.08

3. Ternovyi V. M., Dmytryshyn V. V., Dmytruk G. K. Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring. Path of Science. 2017. Vol. 3, No. 3(17). P. 1001–1007. DOI: https://doi.org/10.22178/pos.17-18

4. Піскарьов О. М., Абрамович Д. В., Плугін В. О. Застосування нейромереж та гібридних сховищ при створенні комп'ютерних систем. Інформаційні технології та суспільство. 2025. № 2(17). С. 141–149. DOI: https://doi.org/10.32689/maup.it.2025.2.21