МОДЕЛЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ ДАНИХ У СИСТЕМАХ ПРОМИСЛОВОГО ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ЗАВАДОСТІЙКОГО КОДУВАННЯ

Сидоренко З.М., Сєвєрінов О.В.
Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків, Україна

Сучасні системи промислового Інтернету речей (Industrial Internet of Things, IIoT) характеризуються значною кількістю взаємопов'язаних пристроїв, сенсорів, контролерів та обчислювальних вузлів, які забезпечують збирання, передавання й обробку інформації в режимі реального часу. Функціонування таких систем супроводжується впливом різноманітних факторів, що можуть призводити до порушення цілісності даних. До них належать як випадкові чинники (електромагнітні завади, спотворення сигналів, помилки передавання та обробки інформації), так і навмисні дії, спрямовані на модифікацію, видалення, дублювання або підміну інформаційних повідомлень [1]

Особливу актуальність проблема забезпечення цілісності набуває для промислових систем автоматизації, у яких спотворення інформації може призводити до прийняття некоректних керувальних рішень, порушення технологічних процесів та виникнення аварійних ситуацій. Водночас використання традиційних криптографічних механізмів контролю цілісності не завжди забезпечує можливість відновлення пошкоджених даних, оскільки їх основним призначенням є виявлення факту модифікації інформації.

Одним із перспективних напрямів розв'язання зазначеної проблеми є використання завадостійкого кодування, яке дозволяє виявляти та виправляти помилки, що виникають під час передавання й обробки інформації. Зокрема, застосування модифікованих кодів Гоппи, у тому числі їх скорочених конструкцій, створює можливості для гнучкого налаштування параметрів кодових конструкцій відповідно до характеристик інформаційних потоків та обмежень ресурсів IIoT-пристроїв [2].

Метою дослідження є розроблення моделі забезпечення цілісності даних у системах промислового Інтернету речей на основі використання для захисту від помилок модифікованих завадостійких кодів, зокрема скорочених кодів Гоппи,.

Для забезпечення цілісності даних у системах IIoT пропонується модель, яка ґрунтується на поєднанні механізмів завадостійкого кодування, контролю параметрів інформаційних блоків та перевірки їх послідовності. Основною особливістю моделі є використання кодових конструкцій із параметрами, адаптованими до характеристик інформаційного потоку та умов функціонування промислової мережі. У межах запропонованої моделі процес забезпечення цілісності даних розглядається як сукупність взаємопов'язаних етапів: формування інформаційного блока, підготовка контрольних параметрів, завадостійке кодування, передавання кодового слова, декодування прийнятої інформації та перевірка її цілісності.

На першому етапі здійснюється формування інформаційного блока (D_i), який містить дані, отримані від сенсорів або інших пристроїв IIoT. Для забезпечення контролю інформаційних блоків можуть додатково використовуватися ідентифікатор (ID_i), часова мітка (T_i) та інші службові параметри.

На другому етапі здійснюється завадостійке кодування сформованого інформаційного блока. Для цього пропонується використовувати скорочені коди Гоппи, побудовані на основі незвідних багаточленів. Застосування процедури скорочення дозволяє формувати кодові конструкції із заданими параметрами.

На третьому етапі здійснюється передавання кодового слова через канал зв'язку IIoT. З урахуванням можливого впливу випадкових завад прийнята послідовність може відрізнятися від переданої.

На четвертому етапі виконується декодування прийнятої послідовності. За умови, що кількість помилок не перевищує коригувальної здатності коду, здійснюється відновлення початкового кодового слова та інформаційного блока.

На завершальному етапі здійснюється перевірка цілісності відновлених даних. Вона передбачає контроль відповідності ідентифікаторів, часових міток та послідовності інформаційних блоків очікуваним значенням.

Запропонована модель передбачає функціональне розмежування механізмів виправлення випадкових помилок і виявлення навмисних порушень цілісності. Застосування завадостійкого кодування забезпечує відновлення інформації в умовах спотворення даних, тоді як контроль службових параметрів та криптографічна автентифікація дозволяють виявляти підміну, повторне передавання та несанкціоновану модифікацію інформаційних блоків.

Особливістю моделі забезпечення цілісності даних у системах промислового Інтернету речей на основі використання завадостійкого кодування є застосування скорочених кодів Гоппи. Модель забезпечення цілісності даних доцільно реалізовувати на рівні промислових шлюзів IIoT, які виконують функції проміжної обробки інформаційних потоків між сенсорними мережами, системами керування технологічними процесами SCADA та IIoT-платформами.

Список літератури

1. Yevheniev, A. M., Sydorenko, Z. M., & Sievierinov, O. V. (2025). Забезпечення цілісності даних у системах промислового інтернету речей на основі використання завадостійких кодів. Radiotekhnika, (221), 46-50.

2. Сидоренко, З., & Сєвєрінов, О. (2026). Метод забезпечення цілісності даних із використанням модифікованого завадостійкого коду в системах промислового Інтернету речей. Автоматизовані системи управління та прилади автоматики, (189), 235–246. https://doi.org/10.30837/0135-1710.2026.189.235.