

Корисна модель належить до галузі телевізійної техніки та техніки отримання, запису, приймання та передавання зображення, та може бути використана для відеозапису, передавання та відтворення зображень в мережах інтернету речей.

Передавання зображень в мережах з низьким енергоспоживанням та великим радіусом дії є актуальною задачею. Тому наразі проводяться інтенсивні дослідження і впровадження систем та методів обробки і передавання зображень як для безпроводних сенсорних мереж в цілому, так і для мереж за технологією Long Range зокрема.

Long Range (LoRa) - технологія безпроводного зв'язку для передавання даних на великі відстані з наднизьким енергоспоживанням для Інтернету речей. Популярність технології LoRa пояснюється загальною доступністю частот та високими експлуатаційними характеристиками: LoRa використовує смуги зв'язку промислової, наукової та медичної сфери без необхідності отримання ліцензії та забезпечує великі відстані зв'язку (більше десяти кілометрів), високу завадостійкість та тривалий час автономної роботи. Основою технології є модуляції з розширеним спектром LoRa, яка забезпечує високу завадостійкість та велику відстань роботи. Таким чином, використання LoRa надає ряд суттєвих переваг у порівнянні з іншими безпроводними технологіями.

Технологія LoRa для передавання даних на великі відстані з низьким енергоспоживанням вимагає використання певної спеціалізованої техніки, такої як приймачів і передавачів LoRa. Це обумовлено тим, що LoRa використовує унікальні методи модуляції з розширеним спектром, які забезпечують високу завадостійкість та можливість передавання сигналу на значні відстані без втрати якості. Стандартні безпроводні пристрої не підтримують ці особливості модуляції, тому для роботи в мережах LoRa необхідно застосовувати саме LoRa-сумісні приймачі та передавачі.

Відома система передавання і приймання зображення одночасно трьома парами передавачів-приймачів LoRa з різними параметрами коефіцієнта розширення спектра на одній частоті, щоб забезпечити передавання зображення задовільної роздільної здатності. Система складається з джерела зображення, трьох мікропроцесорних плат Raspberry Pi на передавальному боці, трьох передавачів LoRa, трьох приймачів LoRa, антен для передавачів та приймачів, а також трьох мікропроцесорних плат Raspberry Pi на приймальному боці. Зображення попередньо ділять на три частини, які передають одночасно різними передавачами. Оскільки сигнали LoRa з різними параметрами коефіцієнта розширення спектра є ортогональними, то пов'язані пари передавач-приймач не створюватимуть завад одна одній.

Недоліками системи є велика вартість системи через потроєну кількість необхідного обладнання та те, що існує необхідність використання більших значень параметрів коефіцієнта розширення спектра для одночасного передавання трьох сигналів на одній частоті, що збільшує затримки та уповільнює процес передавання [1].

Найбільш близьким аналогом є система передавання та приймання зображень, яка складається з джерела зображень, однієї мікропроцесорної плати Raspberry Pi на передавальному боці, передавача LoRa, приймача LoRa, антен для передавача та приймача, і ще однієї мікропроцесорної плати Raspberry Pi на приймальному боці. Зображення надходить від джерела до мікропроцесорної плати Raspberry Pi, де стискається, після чого передається через передавач LoRa та антену на приймальну антену і приймач LoRa, а потім відновлюється на мікропроцесорній платі Raspberry Pi на приймальному боці. У мікропроцесорних платах відбувається стиснення та відновлення зображень за стандартним алгоритмом JPEG, який полягає у перенесенні зображення у частотну область за допомогою дискретного косинусного перетворення з видаленням малозначущих високочастотних компонентів шляхом квантування і ефективним кодуванням залишкових даних та додатково з використанням алгоритмів Webp і Base64. Зберігання зображення після його відновлення у приймальному блоці виконують у форматі Webp. Суть алгоритму Webp полягає у використанні предикативного кодування, дискретного косинусного перетворення та ефективного ентропійного кодування, що зменшують розмір зображення, в той час як алгоритм Base64 перетворює отриманий бінарний потік у текстове представлення для його передавання через текстові протоколи.

Недоліками найбільш близького аналога є використання в системі мікропроцесорних плат для стиснення та відновлення зображень через те, що застосовані в них алгоритми вимагають використання великого об'єму обчислювальних ресурсів та є непридатними для використання в мережах з низьким енергоспоживанням та обмеженою обчислювальною спроможністю. Окрім цього, застосування вказаних мікропроцесорних плат потребує наявності постійного та стабільного електроживлення, що обмежує використання системи в автономних або енергонезалежних умовах, де забезпечити безперервне живлення складно або неможливо [2].

В основу корисної моделі поставлена задача створити систему, яка забезпечуватиме ефективне передавання та приймання зображень у мережі LoRa із мінімальним енергоспоживанням, зберігаючи якість та скорочуючи час передачі інформації.

Поставлена задача вирішується тим, що система передавання та приймання зображень в мережах LoRa, що містить джерело зображення, передавач LoRa та приймач LoRa, антени, згідно з корисною моделлю, містить мікроконтролер, виконаний з можливістю використання вейвлет-

перетворення для додаткової обробки зображення, на передавальному боці, та мікроконтролер, виконаний з можливістю використання оберненого вейвлет-перетворення для відновлення зображення та виконаний для видалення артефактів та зберігання відновленого зображення, на приймальному боці.

Використання мікроконтролерів для стиснення та відновлення зображень дозволяє знизити енергоспоживання системи, оскільки мікроконтролери споживають значно менше енергії порівняно з мікропроцесорними платами та можуть працювати в режимах енергозбереження, коли немає доступу до джерела змінного струму. Завдяки цьому вони не потребують постійного та стабільного електроживлення, що робить систему придатною для використання в автономних або енергонезалежних умовах. Додаткове застосування вейвлет-перетворення разом зі стандартним алгоритмом стиснення дозволяє досягти більш ефективного стиснення зображень із збереженням задовільної роздільної здатності, що сприяє прискоренню їх передавання через мережі LoRa.

Вейвлет-перетворення дозволяє розкласти зображення на набори низько- та височастотних компонентів, що дає змогу ефективно відкинути надлишкову інформацію та суттєво зменшити розмір даних для стиснення. Вейвлет-перетворення забезпечує кращу локалізацію деталей зображення як у просторі, так і у частотній області. Це особливо корисно для збереження важливих елементів зображення при високому ступені стиснення, а також для зменшення артефактів, що виникають під час обробки. Завдяки своїй гнучкості та ефективності, вейвлет-перетворення є вдалим рішенням для мереж з обмеженими ресурсами, таких як LoRa.

Артефакти, що виникають та накопичуються внаслідок обмежених обчислювальних можливостей мікроконтролерів, усувають шляхом фільтрації зображення (видалення артефактів з нього) після його відновлення на приймальному боці.

На кресленні наведена схема системи передавання та приймання зображень в мережах LoRa.

Система 1 містить джерело зображення у вигляді сенсора 2, що фіксує зображення, мікроконтролер 3 на передавальному боці, каскад передавання сигналу 4, каскад приймання 5, мікроконтролер 6 на приймальному боці та дисплей 7. Мікроконтролер 3 складається з блока вейвлет-перетворення 8 та блока стиснення зображення 9. Каскад передавання сигналу 4 складається з передавача LoRa 10 та передавальної антени 11. Каскад приймання 5 має у своєму складі приймальну антену 12 та приймач LoRa 13. Мікроконтролер 6 складається з блока оберненого вейвлет-перетворення 14, блока відновлення зображення 15, блока видалення артефактів 16 та блока збереження зображення 17.

Працює система наступним чином:

Сенсор 2 фіксує зображення, яке надходить на мікроконтролер 3, де здійснюють його обробку за допомогою блока вейвлет-перетворення 8 та стиснення за стандартним алгоритмом JPEG у відповідному блоці 9. Далі стиснене зображення передають на каскад передавання сигналу 4, де через передавач LoRa 10 і передавальну антену 11 по радіохвилях мережі LoRa воно надходить до каскаду приймання 5. Там, використовуючи приймальну антену 12 та приймач LoRa 13, стиснене зображення надходить на мікроконтролер 6, де зображення відновлюють у блоці оберненого вейвлет-перетворення 14 та у блоці відновлення зображення 15, відновлене зображення фільтрують у блоці видалення артефактів 16, після чого його зберігають у форматі JPEG у блоці збереження зображення 17 і відображають на дисплеї 7.

Використання заявленої системи передавання та приймання зображень в мережах LoRa дозволить знизити енергоспоживання при забезпеченні задовільної якості зображення та зменшенні часу передавання інформації в мережах LoRa.

Джерела інформації:

[1]. C.-C. Wei, S.-T. Chen, and P.-Y. Su, Image Transmission Using LoRa Technology with Various Spreading Factors. 2019. doi: 10.1109/WSCE49000.2019.9041044.

[2]. W. Ching-Chuan, S. Pei-Yi, and C. Shu-Ting, "Comparison of the LoRa Image Transmission Efficiency Based on Different Encoding Methods," Int. J. Inf. Electron. Eng., vol. 10, no. 1 SE-Articles, pp. 1-4, Nov. 2024, [Online]. Available: <https://ijee.org/index.php/ijee/article/view/516>

