

ПРОТОКОЛ ЗАПОБІГАННЯ КОЛІЗІЙ В МЕРЕЖІ ІoT З ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Нагорна М.М., Кравчук С.О.

Інститут телекомунікаційних систем КІП ім. І. Сікорського, Україна

E-mail: margarita.nagornaya999@gmail.com

COLLISION AVOIDANCE PROTOCOL IN THE IoT NETWORK USING DRONES

This article will discuss the IoT collision avoidance protocol using unmanned aerial vehicles. The principle of operation of the protocol is considered and compared with existing ones. The purpose of this protocol is to minimize the occurrence of collisions.

Ефективне впровадження технологій Інтернету речей (IoT) потребує задіяння нових технологій і підходів до створення телекомунікаційних мереж сенсорного спрямування. Одним із таких перспективних напрямків є задіяння безпілотних літальних апаратів та безпроводових технологій персонального і локального рівнів на базі радіочастотної ідентифікації (RFID). У порівнянні з іншими подібними автоматизованими технологіями ідентифікації, RFID має перевагу ідентифікації на великі відстані, малий обсяг, сильний захист від забруднень, велику ємність даних та високу надійність. Однак у щільному середовищі RFID, оскільки всі теги (радіочастотні мітки) мають один і той же безпроводовий канал, можливе накладання тегів – виникнення колізій. А використання кількох зчитувачів спричинить колізію між зчитувачами, що суттєво вплине на ефективність роботи IoT-систем.

Сценарій застосування безпілотного літального апарату (БПЛА), де можна призначати мітки, що можуть мати кілька частот, є шляхом для розв'язання цієї проблеми. Порівняно з традиційною системою RFID, система RFID на основі БПЛА має значно більше охоплення. Зчитувачі можуть ідентифікувати кілька тегів різної частоти в одному часовому інтервалі. На основі такої функції запропоновано алгоритм боротьби з колізією для IoT, названий протоколом протидії колізії для множини міток на основі безпілотних літаючих апаратів (ПКМ). Протокол ПКМ використовує зчитувач на основі БПЛА для ідентифікації мультичастотних міток з оптимальною ефективною системою, яка може ефективно вирішити проблему колізій міток для щільних середовищ IoT.

Базова система RFID, що складається з двох основних елементів: зчитувачів та міток використовує радіочастотні хвилі для зв'язку, теги завжди пасивні, і вони не можуть активно надсилати сигнали читачеві. Однак із збільшенням кількості міток та розширенням комунікаційних областей орієнтовані на майбутнє програми IoT повинні бути розумними, гнучкими та ефективними. Отже, поєднання БПЛА з RFID може легко реалізувати програми IoT за допомогою існування тривимірної моделі системи RFID, заснованої на БПЛА. Використання БЛА зменшить витрати та підвищить ефективність, порівняно з використанням фіксованого зчитувача, як у першому випадку.

Система RFID використовує безпроводовий зв'язок для взаємодії інформації. Тому відбуватиметься колізія сигналів. Колізії міток призведуть до зниження ефективності ідентифікації системи RFID. Тому ключовим для системи RFID є вирішення проблеми ідентифікації з багатьма тегами. Загалом, існує чотири рішення для вирішення проблеми зіткнення міток: (FDMA), (TDMA), (CMDA) та (SDMA). Серед них TDMA широко використовується протокол проти зіткнень. Однак, оскільки в один і той же часовий інтервал є декілька одночастотних відповідей тегів, TDMA не зможе правильно ідентифікувати тег. Передумова правильної ідентифікації тегів за допомогою TDMA полягає в тому, що в одному часовому інтервалі є лише одна відповідь тегу.

У щільних середовищах RFID, коли кількість міток збільшується, ймовірність виникнення колізій у каналі також збільшується. Якщо для зв'язку з пристроєм зчитування використовується одна мітка частоти, ефективність системи RFID значно знижується. Таким чином, у цій роботі ми розглядаємо систему RFID, яка включає зчитувач і багаточастотні мітки, і ми використовуємо багаточастотні мітки для зв'язку. У той же часовий інтервал зчитувач може ідентифікувати кілька міток різних частот. Колізії відбуватимуться лише тоді, коли мітки мають однакову робочу частоту і виходять на зв'язок в один і той же час.

Беручи до уваги ранні роботи щодо використовуваних підходів до запобігання виникнення колізій, слід зробити висновок, що, вони, як правило, базуються на традиційних протоколах уникнення колізій і не беруть до уваги характеристики щільних середовищ RFID, такі як висока щільність міток та сценарій тривимірного зв'язку та можуть не враховувати мобільність пристрою зчитування. В середовищі IoT часто використовується режим розпізнавання мобільних пристроїв. Отже, у цій роботі ми повністю розглядаємо метод зв'язку з багаточастотними мітками в IoT, який не вивчався раніше. І ми вводимо БПЛА в IoT, який може гнучко ідентифікувати теги в 3-D сценах. Це представляє інноваційне застосування IoT.

Інтерпретація протоколу протидії колізій множини міток на основі БПЛА, відбувається у поєднанні характеристики ефективності оптимальної системи та багаточастотного зв'язку. Протокол може надавати читачеві можливість читати більше тегів за той самий часовий інтервал. Протокол ПКМ в основному складається з двох етапів: отримання найкращої ефективності системи та досягнення багаточастотного зв'язку.

Ми визначаємо N тегів у системі для очікування ідентифікації та використовуємо TDMA для розподілу часових інтервалів. Довжина кадру часового інтервалу становить L . Відповідно до характеристик тегів у часовому інтервалі, ймовірність того, що n міток вибере той самий часовий інтервал, виглядає як

$$p(n) = C N n p n (1 - p) (N - n) \left(p = \frac{1}{L} \right) \quad (1)$$

На даний час максимальна довжина кадру може дорівнювати 256. Коли кількість тегів перевищує 256, ефективність системи неможливо збільшити за

рахунок збільшення довжини фрейму. Теги групуються для досягнення найкращої ефективності розпізнавання в межах групи. У ПКМ ми використовуємо багаточастотні мітки для ідентифікації. У той же часовий інтервал читач може ідентифікувати мітки різних частот. Крім того, для спрощення результатів обчислення, ПКМ буде ігнорувати випадок, коли одночасно реагує більше тегів t в одному часовому інтервалі. Згідно з вищенаведеним аналізом, ефективність системи ПКМ можна розрахувати як

$$E_{system\ UMTAP} = \frac{S_{Snew}}{L} \quad (2)$$

Протокол ПКМ розробляється, користуючись перевагами DFSA. ПКМ може адаптивно та динамічно регулювати довжину кадру. Він обчислює кількість тегів, які слід ідентифікувати, відповідно до кількості тегів, успішно визначених у першому кадрі. Відповідно до результату оцінки та успішно ідентифікованих тегів у вихідному кадрі, зчитувач регулює довжину наступних кадрів, щоб виконати оптимальну ідентифікацію.

Для скорочення часу ідентифікації, ми розробили багаточастотні мітки для участі в ідентифікації. Таким чином, на основі багаточастотних міток зчитувач може ідентифікувати більше тегів з меншою кількістю часових інтервалів. Покриття зчитувача буде ширшим, що зменшить виникнення колізій зчитувач-зчитувач.

Для оцінки запропонованого антиколізійного протоколу (ПКМ), а саме аналізу ефективності системи та часу ідентифікації, було використано симулятор Matlab. таким як Pure Aloha (PA), Slot Aloha (SA), Frame Slot Aloha (FSA) та Dynamic FSA (DFSA). Результати демонструють, що запропонована схема MFPR може забезпечити кращі показники ефективності системи та часу ідентифікації.

За впливом різних частот міток на роботу протоколу було зроблено висновок про те, що ефективність системи всіх алгоритмів зростає із збільшенням кількості частот тегів. Причина в тому, що чим більше частот тегів, тим більше шансів їх ідентифікувати. Однак, оскільки частота мітки обмежена вартістю зчитувача та складністю зчитування, частота не може бути занадто великою.

Слід зазначити, що зі збільшенням довжини кадру зчитувача ефективність системи ПКМ зростає. Коли довжина кадру зчитувача дорівнює кількості міток, система RFID є найбільш ефективною. На даний момент максимальна ефективність нашої системи алгоритмів може досягати 69,1%, що значно покращить ефективність порівняно з існуючими відповідними алгоритмами. Також за критерієм впливу різної кількості тегів на роботу протоколу було виявлено, що у ПКМ, оскільки для ідентифікації використовуються багаточастотні мітки, теги різних частот можуть бути

ідентифіковані в одному часовому інтервалі, що упереджує таку проблему коли кількість тегів перевищує оптимальну довжину кадру, часовий інтервал зіткнення збільшується, і зчитувач не може розпізнати неідентифіковані теги. Також алгоритм має функцію групування міток, яка зменшує кількість міток, визначених групуванням, і може регулювати довжину кадру всередині групи. Загальна кількість часових інтервалів, необхідних для ПКМ, є найменшою, оскільки вона використовує оптимізований розмір кроку відповідно до групування, а довжина кадру динамічно регулюється з урахуванням кількості тегів у групі, щоб забезпечити високу ефективність ідентифікації системи в групі. Крім того, для розпізнавання використовуються багатоатрибутні теги, які можуть ідентифікувати більше тегів і зменшити часові інтервали зіткнень.

Результати моделювання показують, що схема MFPR має кращу продуктивність, ніж інші протоколи, що є результатом вдосконалення прийняття рішень за протоколом проти зіткнень. Виконуючи оцінку міток та використовуючи багаточастотні мітки, MFPR може зменшити часові інтервали зіткнення. Таким чином, MFPR досягає поліпшення продуктивності з точки зору ефективності системи та часу ідентифікації.

Отже, у даній роботі розроблено новий алгоритм боротьби із колізіями для IoT, який отримав назву протоколу протидії колізії множини тегів на базі БПЛА (ПКМ). В ПКМ було представлено тривимірну модель системи RFID на основі БПЛА, для ширшого охоплення спектру комунікацій та зменшення потреби в налаштуванні зчитувачів. Тоді протокол ПКМ використовує теги різної частоти для підключення до зчитувача, щоб зменшити часовий інтервал зіткнення. Одночасно ПКМ може досягти оптимальної ефективності системи, оцінюючи кількість тегів та динамічно регулюючи довжину кадру. Результати моделювання показують, що в порівнянні з традиційним протоколом проти зіткнень IoT алгоритм ПКМ забезпечує значне покращення продуктивності системи та часу ідентифікації.

Література

1. X. Jia, M. Bolic, Y. Feng, and Y. Gu, "An efficient dynamic anti-collision protocol for mobile rfid tags identification," *IEEE Communications Letters*, vol. 23, no. 4, pp. 620–623, Apr. 2019.
2. J. Su, Z. Sheng, L. Xie, G. Li, and A. X. Liu, "Fast splitting-based tag identification algorithm for anti-collision in uhf rfid system," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 67, no. 3, pp. 2527–2538, Mar. 2019.
3. J. Zhang, X. Wang, Z. Yu, Y. Lyu, S. Mao, S. C. Periaswamy, J. Patton, and X. Wang, "Robust rfid based 6-dof localization for unmanned aerial vehicles," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 77 348–77 361, 2019.
4. H. Wang, S. Pang, H. Zhang, and Q. Huang, "Aloha based anti-collision algorithm for rfid tag identification under capture environment," pp. 117– 121, Aug. 2018.
5. L. Zhang, W. Xiang, X. Tang, Q. Li, and Q. Yan, "A time- and energy-aware collision tree protocol for efficient large-scale rfid tag identification," *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 14, no. 6, pp. 2406–2417, Jun. 2018.