

Giải pháp ứng dụng mạng LoRaWAN trong hệ thống bãi đỗ xe thông minh

■ **ThS. LÊ MINH TUẤN** - Trường Đại học Giao thông vận tải

TÓM TẮT: Bài báo trình bày về công nghệ mạng không dây tầm xa LoRaWAN và ứng dụng của mạng này trong hệ thống bãi đỗ xe thông minh. Với việc ứng dụng công nghệ mạng cảm biến không dây tầm xa dựa trên LoRaWAN kết hợp với IoT, hệ thống bãi đỗ xe thông minh sẽ được triển khai một cách hiệu quả hơn, đồng thời cung cấp nhiều tiện ích cho cả người quản lý và người sử dụng.

TỪ KHÓA: Hệ thống giao thông thông minh, mạng cảm biến không dây

ABSTRACT: The paper presents LoRaWAN, a standard of Low Power Wide Area Network and its application in the smart parking system. With the designing based on LoRaWAN wireless sensing network and combination IoT technology, the smart parking system will be deployed more effectively and providing many benefits for both managers and the user.

KEYWORDS: Vehicle Parking, smart cities, wireless sensor networks

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Số lượng các phương tiện tham gia giao thông ngày càng tăng, đặc biệt là các phương tiện cá nhân như ô tô, xe máy gây ra nhiều tác động tiêu cực đến xã hội như vấn đề tắc nghẽn giao thông, ô nhiễm và tiếng ồn. Để tìm một vị trí đỗ xe ngày càng trở nên khó khăn đối với người điều khiển phương tiện, do thiếu các điểm đỗ xe và đồng thời thiếu các thông tin về điểm đỗ xe. Vấn đề này không chỉ gây ra sự phiền toái cho người điều khiển phương tiện mà còn gây ra những hiện trạng không tốt cho giao thông như việc dùng, đỗ xe không đúng quy định, tắc nghẽn giao thông...

Ở một khía cạnh khác, đối với người quản lý điểm dùng đỗ xe, cần có những công cụ, giải pháp hỗ trợ trong quá trình khai thác, vận hành để giúp giảm thiểu chi phí, đồng thời tăng lợi nhuận.

Với cơ quan quản lý nhà nước, hiện nay mới chỉ dừng lại việc giao cho các công ty quản lý thu phí các điểm dừng, đỗ xe trên các tuyến phố. Trong quá trình thực hiện luôn xảy ra tình trạng giả niêm yết một đồng, giả thu một nửa và chưa có cách thức thu thập số liệu về nhu cầu chỗ đỗ theo từng thời điểm, khu vực... Để phục vụ bài toán quy hoạch điểm đỗ xe trong thành phố.

Việc xây dựng, quản lý các bãi đỗ xe thông minh sẽ giúp giải quyết, đáp ứng phần nào những vấn đề nêu trên.

Một hệ thống bãi đỗ xe thông minh có thể được triển khai theo nhiều cách khác nhau dựa trên nhiều công nghệ, như sử dụng các loại cảm biến, hay sử dụng kỹ thuật xử lý, phân tích hình ảnh qua camera để xác định trạng thái của điểm đỗ... Mỗi phương pháp đều có những ưu và nhược điểm riêng. Để xây dựng một hệ thống bãi đỗ xe thông minh với độ chính xác và hiệu quả cao ta cần lựa chọn công nghệ phù hợp vừa đáp ứng các yêu cầu thiết kế, vừa giảm thiểu chi phí đầu tư.

2. NỘI DUNG

2.1. Công nghệ kết nối không dây LoRa

2.1.1. Tổng quan về công nghệ LoRa

LoRa, viết tắt của Long Range được phát triển bởi hãng Semtech là công nghệ kết nối không dây được nghiên cứu với mục tiêu là cự ly kết nối xa, mức công suất tiêu thụ thấp dựa trên kỹ thuật điều chế trải phổ chuỗi. Với lượng tiêu thụ năng lượng điện rất thấp, công nghệ LoRa là lựa chọn phù hợp cho các hệ thống mạng cảm biến không dây, hoạt động dựa trên nguồn cấp là pin.

Với cự ly kết nối, công nghệ LoRa cho phép thiết lập kết nối ở khoảng cách rất xa có thể lên tới vài chục kilomet, lan hơn rất nhiều so với các công nghệ kết nối không dây phổ biến như Wifi, Bluetooth, Zigbee... Ngoài ra, trong một số ứng dụng, cự ly kết nối có thể được mở rộng thông qua các thiết bị LoRa có chức năng chuyển tiếp.

Với những ưu điểm vượt trội, trên thế giới đã ứng dụng không ngừng dây LoRa để thay thế cho chuẩn không dây cũ trong các hệ thống như nhà thông minh, nông nghiệp thông minh, đỗ xe thông minh, giám sát quan trắc môi trường...

Kết nối không dây LoRa hoạt động trên dải tần ISM,

dải tần dùng trong các lĩnh vực công nghiệp - khoa học - y tế, không cần cấp phép, từ 430 MHz đến 915 MHz cho từng khu vực khác nhau trên thế giới. Ở Việt Nam hiện nay, các thiết bị LoRa hoạt động ở hai băng tần là 433 MHz và 868 MHz với công suất phát được quy định theo Thông tư 46/2016/TT-BTTTT.

2.1.2. Các thông số hoạt động của LoRa

LoRa được nghiên cứu và phát triển dựa trên kỹ thuật điều chế trải phổ chirp, trong đó dữ liệu được mã hóa thông qua cơ chế ánh xạ với một xung tín hiệu cao tần - được gọi là tín hiệu chirp, có tần số cao hơn tần số của dữ liệu gốc và thay đổi theo thời gian. Việc mã hóa theo nguyên tắc: bit 1 tương ứng với up-chirp (có tần số tăng dần theo thời gian) và bit 0 tương ứng với down-chirp (có tần số giảm dần theo thời gian).

Đối với các thiết bị LoRa có 3 thông số có thể điều chỉnh được, bao gồm: băng thông (BW), hệ số trải phổ (SF) và tốc độ mã hóa (CR). Ba thông số này sẽ ảnh hưởng và quyết định tới khoảng cách truyền (range) và thời gian truyền (Time on Air).

- BW xác định biên độ tần số mà tín hiệu chirp có thể thay đổi. Nếu BW càng cao thì thời gian mã hóa tín hiệu chirp càng ngắn, từ đó thời gian truyền dữ liệu cũng giảm xuống nhưng đổi lại khoảng cách truyền cũng ngắn lại. Các thiết bị LoRa sử dụng ba mức băng thông phổ biến là 125 kHz, 250 kHz và 500 kHz.

- SF xác định số lượng tín hiệu chirp khi mã hóa tín hiệu, mang các giá trị từ 6 đến 12. Giá trị SF càng lớn thì thời gian truyền dữ liệu sẽ lâu hơn nhưng đổi lại tỉ lệ lỗi bit (BER) sẽ giảm và khoảng cách truyền cũng sẽ xa hơn.

- CR là số lượng bit được tự động thêm vào phần tải trong (phần dữ liệu người dùng) trong gói tin LoRa để mã nhận có thể sử dụng nhằm phục hồi lại một số bit dữ liệu bị lỗi trong phần dữ liệu tải trọng. CR thấp thì thông lượng sẽ tăng nhưng độ nhạy sẽ kém đi do khả năng tự phục hồi dữ liệu sẽ thấp hơn. Ngược lại, với CR cao thì khả năng nhận dữ liệu đúng càng tăng, nhưng bù lại sẽ phải gửi nhiều dữ liệu hơn và làm tăng thời gian truyền.

Tùy theo yêu cầu về khoảng cách, tốc độ gửi dữ liệu... ta có thể chọn giá trị hợp lý cho các tham số trên để tối ưu quá trình truyền nhận qua kết nối không dây LoRa.

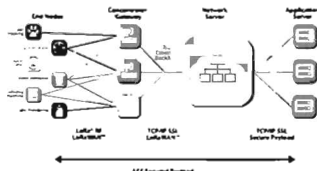
2.2. Mạng LoRaWAN

LoRaWAN là một hệ thống mạng, với một bộ giao thức chuẩn hóa, được xây dựng dựa trên công nghệ LoRa (ở lớp vật lý) do Hiệp hội LoRa Alliance đưa ra. LoRa Alliance là một tổ chức phi lợi nhuận, được thành lập để nghiên cứu và định nghĩa các chuẩn giao tiếp cho mạng LP WAN - mạng diện rộng tiêu thụ ít năng lượng.

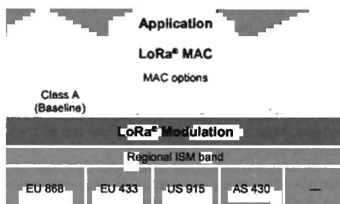
2.2.1. Mô hình mạng LoRaWAN

Mạng LoRaWAN được thiết lập theo dạng hình sao kết hợp, mô tả trong Hình 2.1. Trong một cụm kết nối hình sao luôn có một thiết bị trung tâm, gọi là Gateway - thiết bị công, là thành phần cầu nối, chuyển tiếp dữ liệu từ thiết bị đầu cuối đến máy chủ trung tâm. Các thiết bị đầu cuối mạng - End nodes, là các thiết bị cảm biến, hoặc các thiết bị chấp hành có thể kết nối với thiết bị trung tâm. Có 3 loại thiết bị đầu cuối, tương ứng với các chế

độ làm việc được chỉ định trong bộ giao thức cho mạng LoRaWAN, được viết tắt là: Class A, Class B và Class C.



a) Cấu trúc của mạng LoRaWAN



b) Mô hình phân lớp mạng LoRaWAN

Hình 2.1: Cấu trúc tổng quát và mô hình phân lớp của mạng LoRaWAN

Kết nối giữa các thiết bị đầu cuối (node) với Gateway là kết nối đơn chặng (single hop) dựa trên công nghệ không dây LoRa. Các "node" không cần phải kết nối với một Gateway cụ thể. Thay vào đó, dữ liệu được truyền bởi một "node" thông thường sẽ được nhận bởi nhiều Gateway để tăng sự linh hoạt trong kết nối. Mỗi gateway sẽ chuyển tiếp gói tin đã nhận từ các nút mạng đầu cuối đến máy chủ trong mạng Internet, thông qua các kết nối như Ethernet, Wifi, mạng di động 3G/4G hay thông qua đường truyền vệ tinh.

Các máy chủ trong mạng Internet, được hiểu như là các đám mây, bao gồm máy chủ dịch vụ - máy chủ trung tâm và các máy chủ ứng dụng. Máy chủ trung tâm là thành phần chính quản lý các kết nối cũng như các thiết bị trong mạng LoRaWAN đồng thời lưu trữ dữ liệu của mạng. Trong khi đó, các máy chủ ứng dụng cung cấp các tiện ích cho người dùng đầu cuối, dựa trên dữ liệu của mạng LoRaWAN.

2.2.2. Các chế độ hoạt động cho các thiết bị trong mạng LoRaWAN

Trong cấu trúc phân lớp mạng mô tả trong Hình 2.1b, LoRaWAN chỉ định ba chế độ hoạt động cho các thiết bị tại lớp điều khiển truy nhập (MAC), tương ứng với ba nhóm (class): Class A, Class B, Class C.

Các nhóm A, B, C đều chỉ định cơ chế giao tiếp hai chiều giữa thiết bị đầu cuối và thiết bị công. Mỗi chế độ được định nghĩa để giải quyết, đáp ứng các yêu cầu khác nhau của từng ứng dụng cụ thể.

- Nhóm A: Đây là nhóm mặc định cho các thiết bị

đầu cuối trong mạng LoRaWAN, với mức tiêu thụ công suất thấp nhất. Việc truyền phát thông tin tại đường lên (uplink - hướng kết nối từ thiết bị đầu cuối lên máy chủ mạng) được lên lịch, tại các khe thời gian, nhằm tiêu thụ năng lượng thấp nhất có thể.

- Nhóm B: Cũng giống như nhóm A, việc truyền/nhận được lập lịch tiến hành trong các khe thời gian. Tuy vậy, ở nhóm B, số lượng khe thời gian cho xử lý thu nhận được bổ sung so với nhóm A, đồng thời việc truyền thông được đồng bộ thông qua thông tin báo hiệu từ Gateway. Cơ chế này đảm bảo việc đáp ứng nhận của các thiết bị đầu cuối, qua đó giảm độ trễ truyền thông.

- Nhóm C: Khi ở chế độ này, các thiết bị liên tục chờ nhận thông tin, chỉ trừ thời điểm phát đi thông tin. Điều này cho phép giảm độ trễ truyền thông thấp nhất nhưng tiêu thụ năng lượng nhiều hơn so với các chế độ A, B.

2.2.3. Vấn đề bảo mật thông tin trong mạng LoRaWAN

Bảo mật thông tin là mối quan tâm chính cho bất cứ một ứng dụng IoT nào và đặc biệt quan trọng với hệ thống mạng LPWAN, trong đó có LoRaWAN. Mạng LoRaWAN thực hiện hai lớp bảo mật, một lớp bảo mật mạng và một lớp bảo mật ứng dụng.

Dữ liệu cảm biến từ các thiết bị đầu cuối được bảo mật dựa trên mật mã hóa, sau đó dữ liệu mật mã hóa này sẽ được mật mã hóa tiếp tại máy chủ mạng. Quá trình bảo mật dựa trên mật mã hóa dữ liệu sử dụng hai giá trị khóa gồm: Khóa phiên bảo mật mạng (Network Session Keys - NwkSkey) và khóa phiên bảo mật ứng dụng (Application Session Key - AppSkey). Trong đó, khoa NwkSkey được dùng để mật mã hóa các bản tin trước khi gửi tới máy chủ mạng, còn khóa AppSkey được sử dụng để mật mã hóa dữ liệu tại máy chủ mạng trước khi gửi tới các máy chủ ứng dụng. Kỹ thuật mật mã hóa dữ liệu được áp dụng trong LoRaWAN là AES-128. Các giá trị khóa trên được thiết lập khi thiết bị đầu cuối kết nối với mạng LoRaWAN.

Một điểm cần chú ý là thiết bị công không thực hiện giải mật mã hóa hay mã hóa bảo mật đối với dữ liệu nhận được từ các nút mạng đầu cuối, mà chỉ có chức năng chuyển tiếp dữ liệu tới máy chủ mạng.

2.3. Hệ thống bãi đỗ xe thông minh dựa trên mạng LoRaWAN

2.3.1. Bãi đỗ xe thông minh dành cho thành phố thông minh

Hệ thống đỗ xe bao gồm mạng cảm biến không dây, hệ thống quản lý đỗ xe, hệ thống hướng dẫn đỗ xe và ứng dụng trên điện thoại thông minh. Các cảm biến được lắp đặt trong các chỗ đỗ xe để thu thập dữ liệu thời gian thực của tình trạng đỗ xe. Các dữ liệu thu thập được sẽ được chuyển đến hệ thống quản lý bãi đỗ xe và được đánh giá. Sau đó, thông tin đỗ xe sẽ được phát tới hệ thống hướng dẫn đỗ xe và ứng dụng trên điện thoại thông minh dành cho người lái xe.

2.3.2. Mô hình hệ thống bãi đỗ xe thông minh dựa trên mạng LoRaWAN

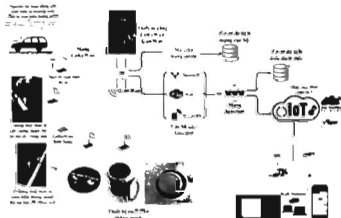
* Các thành phần của hệ thống:

Theo sơ đồ kết nối mô tả trong Hình 2.2, trong

những ô đỗ xe riêng biệt sẽ được lắp đặt một thiết bị cảm biến thông minh có chức năng là xác định trạng thái đứng, đỗ xe tại từng ô và gửi các thông tin này đến hệ thống quản lý trung tâm.

Thiết bị cảm biến thông minh tích hợp các loại cảm biến để xác định việc đứng, đỗ phương tiện, như cảm biến tiệm cận bằng sóng hồng ngoại, sóng siêu âm hay sử dụng công nghệ nhận dạng thông qua sóng vô tuyến - RFID hoặc cảm biến từ trường.

Do thiết bị hoạt động nhờ nguồn cấp từ pin hay acquy, nên việc sử dụng mạch thu phát không dây chuẩn LoRa sẽ giúp thiết bị tiết kiệm được điện năng và cho phép hoạt động trong một thời gian dài.



Hình 2.2: Mô hình bãi đỗ xe thông minh dựa trên mạng LoRaWAN và IoT

Sau khi được cài đặt, thiết lập các thông số làm việc, thiết bị cảm biến thông minh sẽ được đặt trong hộp bảo vệ và được chôn chìm hoặc chôn nổi một phần trên nền của ô đỗ xe.

Thiết bị cảm biến thông minh là thành phần thiết bị đầu cuối trong mạng LoRaWAN, có khả năng kết nối không dây với thiết bị cổng - Gateway. Thiết bị Gateway có trách nhiệm thu thập thông tin về tình trạng của mỗi ô đỗ và trạng thái của nó để truyền các dữ liệu này theo thời gian thực (hoặc theo định kỳ) về trung tâm quản lý. Để quản lý điểm đỗ xe về mặt địa lý, trên thiết bị Gateway được gắn mạch thu GPS. Mạch thu GPS có thể được tích hợp trên từng thiết bị cảm biến thông minh để hệ thống có thể cung cấp thông tin chính xác về vị trí ô đỗ cho lái xe.

Các thiết bị cảm biến thông minh sẽ sử dụng bộ giao thức truyền thông cho mạng LoRaWAN, với các kênh tần số, tốc độ truyền khác nhau để kết nối đến Gateway tại bãi đỗ.

Thiết bị Gateway được kết nối với trung tâm thông qua 3 giao thức phổ biến là Ethernet (thường được khuyến nghị để bảo đảm độ ổn định của hệ thống), Wifi hoặc 3G/GPRS để truyền thông tin tới máy chủ trong mạng cục bộ hoặc máy chủ IoT trong mạng Internet.

Trong trường hợp hệ thống kết nối với các máy chủ IoT, dựa trên cơ sở dữ liệu được lưu trữ trên đám mây cho phép các máy chủ ứng dụng IoT cung cấp các dịch vụ, tiện ích cho người quản lý và người dùng.

Đối với người dùng là các lái xe sẽ sử dụng một phần mềm riêng, thường chạy trên điện thoại thông minh có kết nối với mạng Internet, tích hợp công cụ bản đồ, cho phép xác định vị trí đỗ xe trong khu vực của bãi đỗ và đăng ký dùng, đỗ khi có nhu cầu.

3. KẾT LUẬN

Hệ thống bãi đỗ xe thông minh là một ứng dụng cơ bản trong thành phố thông minh. Với các ưu điểm như số lượng các thành phần thiết bị ít, cho phép triển khai trên một khu vực rộng và có độ tin cậy, tính bảo mật cao, giải pháp tích hợp mạng LoRaWan, kết nối với IoT trong hệ thống bãi đỗ xe thông minh là một giải pháp phù hợp và đang được nghiên cứu, phát triển hiện nay. Việc áp dụng hệ thống mạng này sẽ giúp cho việc quản lý, sử dụng bãi đỗ xe hiệu quả hơn, đáp ứng được các yêu cầu của nhà quản lý lẫn người sử dụng.

Tài liệu tham khảo

- [1]. Muhammad Alam, *Real-Time Smart Parking Systems Integration in Distributed ITS for Smart Cities*, Journal of Advanced Transportation, vol.2018, Article ID 1485652.
- [2]. Libelium Comunicaciones Distribuidas (2019), *Smart Parking Technical Guide*.
- [3]. Yurdaer Dalkic, Hadi Deknache (2019), *A Self-policing Smart Parking Solution*, Computer Science Master Thesis, MALMO University.

Ngày nhận bài: 16/4/2020

Ngày chấp nhận đăng: 04/5/2020

**Người phản biện: TS. Trịnh Quang Khải
TS. Trần Hoài Trung**