

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Tuấn Vũ

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP BÃI ĐỖ XE THÔNG MINH
DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ IoT CHO THÀNH PHỐ BẮC NINH**

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

HÀ NỘI - 2020

HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG



Nguyễn Tuấn Vũ

**NGHIÊN CỨU GIẢI PHÁP BÃI ĐỖ XE THÔNG MINH
DỰA TRÊN CÔNG NGHỆ IoT CHO THÀNH PHỐ BẮC NINH**

Chuyên ngành: Kỹ thuật viễn thông

Mã số: 8.52.02.08

LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

(Theo định hướng ứng dụng)

NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: PGS.TS. ĐẶNG THẾ NGỌC

HÀ NỘI - 2020

LỜI CAM ĐOAN

Tôi xin cam đoan đây là công trình nghiên cứu của riêng tôi.

Các số liệu, kết quả trong luận văn là trung thực và chưa từng được ai công bố trong bất kỳ công trình nào khác.

Tác giả

Nguyễn Tuấn Vũ

LỜI CẢM ƠN

Để có thể hoàn thành đề tài luận văn thạc sĩ một cách hoàn chỉnh, bên cạnh sự nỗ lực cố gắng của bản thân còn có sự hướng dẫn nhiệt tình của các Thầy, Cô, sự giúp đỡ của bạn bè trong suốt thời gian học tập nghiên cứu và thực hiện luận văn thạc sĩ.

Đặc biệt, em xin gửi lời cảm ơn sâu sắc đến **PGS.TS. ĐẶNG THẾ NGỌC**, Thầy đã trực tiếp hướng dẫn, chỉ bảo tận tình, chu đáo và có những nhận xét, góp ý quý báu giúp em trong suốt quá trình thực hiện luận văn cho đến khi luận văn được hoàn thành.

Em xin gửi lời cảm ơn đến tất cả Thầy, Cô giáo Học viện Công nghệ Bưu chính Viễn thông đã tận tình chỉ bảo và tạo mọi điều kiện thuận lợi để em được nghiên cứu và học tập trong thời gian qua.

Hà Nội, tháng năm 2020

Học viên

Nguyễn Tuấn Vũ

MỤC LỤC

LỜI CAM ĐOAN	i
LỜI CẢM ƠN	ii
MỤC LỤC	iii
DANH MỤC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT	v
DANH MỤC BẢNG	vi
DANH MỤC HÌNH VẼ	vi
LỜI MỞ ĐẦU	1
CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ IoT	4
1.1. Khái niệm về IoT	4
1.1.1. Internet of Everything (IoE)	4
1.1.2. Internet of Things (IoT)	4
1.2. Các thành phần của IoT	6
1.3. Công nghệ mạng sử dụng trong IoT	7
1.3.1. Mã hóa nội dung	9
1.3.2. Vai trò của điện toán đám mây đối với sự phát triển IoT	10
1.3.3. Vai trò dữ liệu lớn (Big Data) đối với IoT	11
1.4. Các lĩnh vực ứng dụng IoT	15
1.4.1. Các ứng dụng IoT trong tiêu dùng	16
1.4.2. Các ứng dụng IoT vào hoạt động kinh doanh	18
1.4.3. Các ứng dụng IoT vào thành phố thông minh	20
1.4.4. Các ứng dụng IoT vào giám sát môi trường	21
1.4.5. Các ứng dụng IoT vào an ninh và giám sát	22
1.5. Kết luận chương 1	23
CHƯƠNG 2: ỨNG DỤNG CỦA IoT TRONG HỆ THỐNG ĐỖ XE THÔNG MINH	24
2.1. Đặt vấn đề	24
2.2. Hệ thống đỗ xe thông minh hiện hành	29
2.2.1. Giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng	29
2.2.2. Giao thức bãi đỗ xe dạng khối	31
2.3. Các tiêu chuẩn IoT hỗ trợ bãi đỗ xe thông minh	35
2.3.1. Tiêu chuẩn định dạng dữ liệu mở	36
2.3.2. Truyền tải hàng đợi từ xa cho mạng cảm biến	37

2.3.3. Giao thức ứng dụng ràng buộc.....	39
2.3.4. Giao thức LoRaWan	40
2.4. Lợi ích của việc sử dụng IoT trong việc quản lý đỗ xe	42
2.5. Kết luận chương 2.....	44
CHƯƠNG 3: ĐỀ XUẤT HỆ THỐNG THÔNG MINH DỰA TRÊN IoT CHO QUẢN LÝ BÃI ĐỖ XE TẠI THÀNH PHỐ BẮC NINH.....	45
3.1. Đặt vấn đề	45
3.2. Đặc điểm tình hình của bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh	47
3.3. Kiến trúc của hệ thống bãi đỗ xe thông minh	48
3.4. Đề xuất hệ thống thông minh cho quản lý bãi đỗ xe thông minh tại Bắc Ninh...	50
3.4.1. Trung tâm phát hiện chỗ đỗ xe	50
3.4.2. Trung tâm giám sát đỗ xe	56
3.4.3. Trung tâm quản lý thông tin	58
3.5. Kết luận chương 3.....	59
KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ	61
DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	63

DANH MỤC THUẬT NGỮ VIẾT TẮT

ALPR	Automatic license plate recognition	Nhận dạng biển số tự động
CoAP	Constrained Application Protocol	Giao thức ứng dụng ràng buộc
CPF	Car Parking Framework	Khung đỗ xe ô tô
GPS	Global Positioning System	Hệ thống định vị toàn cầu
GSM	global system for mobile communication	Hệ thống thông tin di động toàn cầu
IoE	Internet of Everything	Internet của mọi thứ
IoT	Internet of Things	Internet vạn vật
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
ISP	Internet Service Providers	Các nhà cung cấp dịch vụ Internet
LPWAN	Long Power Wide Area Networks	Mạng diện rộng năng lượng thấp
NAT	Network Address Translation	Biên dịch địa chỉ mạng
O-DF	Open Data Format	Định dạng dữ liệu mở
RFID	Radio Frequency Identification	Nhận dạng tần số vô tuyến điện
RSSI	Received signal strength indicator	Chỉ thị cường độ tín hiệu nhận được
XMPP	Extensible Messaging and Presence Protocol	Giao thức hiện diện và nhắn tin mở rộng
WSN	Wireless sensor networks	Mạng cảm biến không dây

DANH MỤC BẢNG

Bảng 3.1: Ưu điểm của ZigBee so với các công nghệ truyền thông không dây khác	55
---	----

DANH MỤC HÌNH VẼ

Hình 1.1: Internet of Things	5
Hình 1.2: Tổng quan về ứng dụng của IoT	16
Hình 2.1: Minh họa kiến trúc chung của một hệ thống đỗ xe thông minh	26
Hình 2.2: Bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường thẳng.....	26
Hình 2.3: Các loại bãi đậu xe ngoài trời dạng đường thẳng	27
Hình 2.4: Bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường khối	27
Hình 2.5: Minh họa của phân cấp phân tử O-DF.....	37
Hình 2.6: Kiến trúc MQTT - SN.....	39
Hình 2.7: Các thành phần và liên kết mạng LoRa	41
Hình 3.1: Kiến trúc đề xuất của hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên WSN	49
Hình 3.2: Sự hình thành cấu trúc liên kết chuỗi trong bãi đỗ xe tuyến tính	50
Hình 3.3: Hình thành cấu trúc liên kết cụm trong khu vực đỗ xe lớn	51
Hình 3.4: Ví dụ về phân bố các nút cảm biến trong khu vực đỗ xe tuyến tính	51
Hình 3.5: Ví dụ về sự phân bố của các nút cảm biến trong khu vực đỗ xe lớn	52

LỜI MỞ ĐẦU

Ngày nay khoa học công nghệ ngày càng phát triển, con người ngày càng chế tạo ra được nhiều các vật dụng thông minh hơn, hiện đại hơn. Từ đó có thể tối ưu các nhu cầu của con người một cách dễ dàng hơn. Mỗi giai đoạn phát triển của lịch sử thế giới đều gắn liền với những cuộc cách mạng về khoa học kỹ thuật. Và ngày nay, cuộc cách mạng Internet of Things đã tạo nên những thay đổi đáng kể cho cuộc sống con người ở hiện tại và trong tương lai. Internet of Things được ứng dụng vào rất nhiều mặt của cuộc sống như trong công nghiệp, nông nghiệp, giáo dục, y tế..... Đặc biệt là ứng dụng trong việc giám sát, quản lý giao thông, giải quyết các bài toán dựa trên cơ sở tương tác trao đổi thông tin giữa các thiết bị hay phần tử cảm biến quanh ta, trong đó có ứng dụng trong giám sát các bãi đỗ xe thông minh. Hiện nay ở các nước phát triển trên thế giới đã triển khai hệ thống quản lý giao thông thông minh và đạt được những kết quả đáng kể.

Với mục tiêu xây dựng thành phố thông minh, xây dựng phát triển hệ thống giao thông thông minh trở thành lĩnh vực then chốt cơ bản của một đô thị thông minh, hỗ trợ cho công tác quản lý nhà nước và mang lại những lợi ích cho xã hội như thúc đẩy phát triển sản xuất và lưu thông hàng hóa, nâng cao chất lượng dịch vụ ngành du lịch, giảm ô nhiễm môi trường. Sự gia tăng chóng mặt các phương tiện giao thông khiến Việt Nam đứng trước cơn khủng hoảng bãi đỗ xe. Các bãi đỗ xe trong thành phố mới chỉ đáp ứng được 30% nhu cầu của người dân, 70% còn lại là bãi đỗ xe trái phép. Đây cũng chính là nguyên nhân khiến lòng đường ngày càng thu hẹp, giao thông trở nên tắc nghẽn, như vậy sự ra đời các bãi đỗ xe thông minh được xem là giải pháp cấp thiết và hợp lý cho tình trạng này tại các thành phố lớn. Dịch vụ đỗ xe thông minh đô thị bao gồm các chức năng quản lý, cung cấp thông tin và thu phí tự động được coi là công cụ hoàn hảo để giải quyết những thách thức tắc nghẽn giao thông do tìm kiếm chỗ đậu xe trên đường, cải thiện lưu lượng giao thông trong thành phố.

Thành phố Bắc Ninh đang từng bước xây dựng thành phố thông minh, một trong những yếu tố để được công nhận là thành phố thông minh là giao thông thành

phố. Do đó, học viên đã lựa chọn đề tài “ **Nghiên cứu giải pháp bãi đỗ xe thông minh dựa trên công nghệ IoT cho thành phố Bắc Ninh**”.

❖ **Mục đích nghiên cứu:**

- Góp phần xây dựng hạ tầng giao thông thông minh tại thành phố Bắc Ninh nhằm cải thiện hiệu quả mạng lưới đường bộ.
- Xây dựng các bãi đỗ xe thông minh tại thành phố Bắc Ninh.

❖ **Đối tượng và phạm vi nghiên cứu:**

- Luận văn tập trung nghiên cứu các vấn đề về tổng quan IoT, hệ thống bãi đỗ xe thông minh và bãi đỗ xe trong thành phố Bắc Ninh.

❖ **Phương pháp nghiên cứu.**

Luận văn được thực hiện dựa trên các phương pháp nghiên cứu:

- Thu thập, phân tích các tài liệu và thông tin liên quan đến đề tài.
- Nghiên cứu lý thuyết về Internet of Things và hệ thống bãi đỗ xe thông minh
- Tìm hiểu thực trạng hệ thống giao thông thành phố Bắc Ninh, thực trạng bãi đỗ xe tại Bắc Ninh.
- Thu thập số liệu liên quan làm cơ sở đánh giá, phân tích từ đó đưa ra phương án triển khai tại các đường phố giao thông trong thành phố.
- Tính toán đưa ra mô hình tổng thể hệ thống, mô hình kết nối, giải pháp an toàn.

Trong luận văn này, để tiện theo dõi, nội dung các chương được khái quát lại như sau:

- Chương 1: Tổng quan về IoT, bao gồm khái niệm về IoT, các thành phần của IoT, các công nghệ mạng sử dụng, và các lĩnh vực ứng dụng trong IoT.
- Chương 2: Ứng dụng của IoT trong hệ thống đỗ xe thông minh, giới thiệu về hệ thống đỗ xe thông minh hiện hành, các tiêu chuẩn IoT hỗ trợ cho bãi đỗ xe thông minh và lợi ích của việc sử dụng IoT trong việc quản lý đỗ xe.

- Chương 3: Đề xuất hệ thống thông minh dựa trên IoT cho quản lý bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh, nêu đặc điểm tình hình bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh, nêu kiến trúc của hệ thống bãi đỗ xe thông minh và đề xuất hệ thống thông minh cho quản lý bãi đỗ xe thông minh tại Bắc Ninh.

Mặc dù đã hết sức cố gắng trong quá trình nghiên cứu, nhưng luận văn chắc chắn sẽ không thể tránh khỏi những thiếu sót. Vì vậy, em rất mong nhận được sự thông cảm và góp ý, nhận xét của các thầy cô giáo để luận văn được hoàn thiện hơn.

Em xin chân thành cảm ơn!

Hà Nội, ngày tháng năm 2020

Nguyễn Tuấn Vũ

CHƯƠNG 1: TỔNG QUAN VỀ IoT

1.1. Khái niệm về IoT

1.1.1. *Internet of Everything (IoE)*

Khái niệm về IoE xuất hiện như một sự phát triển tự nhiên IoT và kết hợp rộng với chiến thuật của Cisco System để thiết lập một miền thị trường mới [26]. IoE xoay quanh 4 yếu tố chính:

- Con người: Được coi là các nút cuối cùng kết nối qua internet. Sử dụng các thiết bị đầu cuối kết nối với internet để chia sẻ thông tin và các hoạt động của họ. Ví dụ: Chia sẻ thông tin trên các mạng xã hội, cảm biến về sức khỏe, hoạt động thể dục...
- Vật: Đây là các cảm biến vật lý, thiết bị đầu cuối và các vật khác tạo ra thông tin hoặc nhận dữ liệu thông tin từ các nguồn khác. Ví dụ như các nhiệt điện trở thông minh, cảm biến khoảng cách bộ và thiết bị điện tử thông minh.
- Dữ liệu: Dữ liệu thô từ các “vật” cung cấp, sẽ được xử lý và phân tích thành thông tin hữu ích, góp phần cho phép ra các quyết định thông minh và điều khiển thiết bị. Ví dụ: Khi có dữ liệu nhiệt độ từ việc ghi các thông số về nhiệt độ trong phòng thường xuyên, ta sẽ có dữ liệu trung bình số giờ có nhiệt độ cao để tối ưu việc yêu cầu làm mát phòng.
- Quy trình: là quá trình giúp tăng khả năng kết nối giữa dữ liệu, đồ vật và con người để tạo ra hiệu quả tối ưu nhất. Ví dụ: ta có thể sử dụng các thiết bị cân nặng thông minh và các trang mạng xã hội để quảng cáo các dịch vụ chăm sóc sức khỏe nhằm mời chào các khách hàng.
- IoE thiết lập hệ thống kết nối khép kín thiết bị đầu cuối này và thiết bị đầu cuối khác bao gồm các công nghệ, quy trình xử lý và mô hình hóa sử dụng trên tất cả các trường hợp sử dụng kết nối.

1.1.2. *Internet of Things (IoT)*

Thực chất, biểu hiện của Internet of Things (IoT) đã xuất hiện ngay từ thời sơ khai của Internet, khi các nhà phát minh mong muốn kết nối tất cả mọi thứ qua một

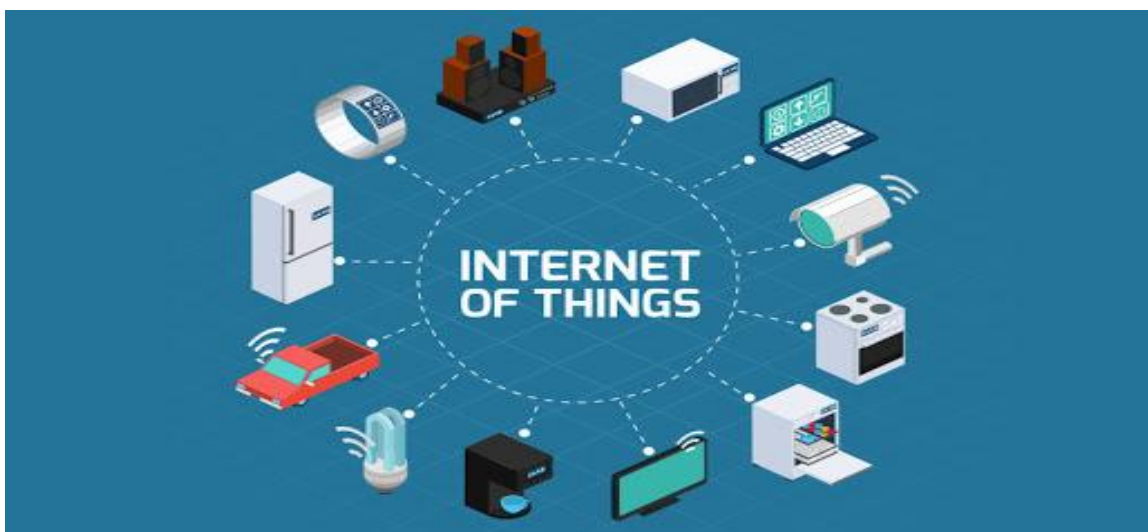
mạng lưới đồng nhất có thể điều khiển chúng phục vụ cho mục đích của con người (hình 1.1).

Theo định nghĩa của các nhóm dự án Châu Âu:

“Things” là các thành phần “tích cực” có mặt trong các lĩnh vực đời sống – xã hội, ở đó chúng có thể tương tác, liên lạc với nhau và môi trường bằng sự trao đổi dữ liệu và trao đổi thông tin cảm nhận được từ môi trường. Việc trao đổi, tương tác và liên lạc với nhau có thể không cần sự can thiệp của con người.

Theo định nghĩa từ Wikipedia: Internet of Things (IoT) là một kịch bản của thế giới, khi mà mỗi đồ vật, con người được cung cấp một định danh của riêng mình, và tất cả có khả năng truyền tải, trao đổi thông tin, dữ liệu qua một mạng duy nhất mà không cần đến sự tương tác trực tiếp giữa người với người hay người với máy tính. IoT đã phát triển từ sự hội tụ của công nghệ không dây, công nghệ vi, cơ điện tử và Internet.

Nói đơn giản có thể tạm hiểu, Internet of Things là khi tất cả mọi thứ đều được kết nối với nhau qua mạng Internet, người dùng có thể kiểm soát mọi đồ vật của mình qua mạng mà chỉ bằng một thiết bị thông minh, chẳng hạn như điện thoại thông minh, camera, máy tính hay là một chiếc đồng hồ thông minh.



Hình 1.1: Internet of Things

1.2. Các thành phần của IoT

Mô hình cơ bản của IoT có 3 thành phần chính gồm: phần cứng, phần mềm trung gian giữa máy khách và cơ sở dữ liệu, phần hiển thị.

- Phần cứng gồm có thiết bị cảm biến (sensor), thiết bị truy nhập, phần cứng về truyền thông: có nhiệm vụ đọc giá trị từ các cảm biến âm thanh, ánh sáng, nhiệt độ... và chuyển thành các tín hiệu điện để giúp cho các thiết bị hiểu và đưa ra những hành động hợp lý.
- Phần mềm trung gian thể hiện nhu cầu lưu trữ và các công cụ tính toán cho việc phân tích dữ liệu, các tín hiệu được đọc sẽ được truyền tải lên mạng lưới thông qua các phương thức giao tiếp khác nhau như wifi, Bluetooth, ZigBee, Loza...
- Phần hiển thị là các công cụ trực quan, dễ hiểu và giải thích rõ ràng mà có thể được truy nhập rộng rãi trên các nền tảng khác nhau và có thể được thiết kế cho các ứng dụng khác nhau.

Kiến trúc IoT phổ biến được tạo thành bởi 4 phần: Vạn vật (Things), Trạm kết nối (Gateway), hạ tầng mạng và đám mây (Network and Cloud) và các lớp tạo và cung cấp dịch vụ (Service – creation and Solution Layers).

Vạn vật (Things) như đã định nghĩa ở 1.1.2.

Trạm kết nối: một rào cản chính khi triển khai IoT đó là gần 85% các vận dụng đã không được thiết kế để có thể kết nối với Internet và không thể chia sẻ dữ liệu với đám mây, để khắc phục vấn đề này, các trạm kết nối đóng vai trò là một trung gian trực tiếp, cho phép các vận dụng đã có này kết nối với đám mây một cách bảo mật và dễ dàng quản lý.

Hạ tầng mạng và đám mây: về cơ sở hạ tầng kết nối, Internet là một hệ thống toàn cầu của nhiều mạng IP được kết nối với nhau và liên kết với hệ thống máy tính, cơ sở hạ tầng mạng này bao gồm thiết bị định tuyến, trạm kết nối, thiết bị tổng hợp, thiết bị lặp và các thiết bị khác có thể kiểm soát lưu lượng dữ liệu lưu thông và cũng được kết nối đến mạng lưới viễn thông và cấp được triển khai bởi các nhà cung cấp

dịch vụ, trung tâm dữ liệu/ hạ tầng đám mây: gồm một hệ thống lớn các máy chủ, hệ thống lưu trữ và mạng ảo hóa được kết nối.

Các lớp tạo và cung cấp dịch vụ: là các giao diện lập trình ứng dụng cung cấp khả năng truy xuất đến một tập các hàm hay dùng, tùy thuộc vào hệ điều hành khác nhau có những bộ giao diện này khác nhau.

1.3. Công nghệ mạng sử dụng trong IoT

Các thiết bị IoT khi kết nối mạng Internet vấn đề được đặt ra ở đây là sẽ lựa chọn công nghệ mạng nào. Sau đây đưa ra những ưu và nhược điểm của một số công nghệ mạng tiêu biểu, từ đó các nhà phát triển IoT có cơ sở để chọn công nghệ mạng cho các sản phẩm của công ty mình.

Internet Service Providers là các nhà cung cấp dịch vụ mạng là nhà cung cấp các giải pháp kết nối mạng toàn cầu cho các đơn vị tổ chức hay cá nhân người dùng. Nhà cung cấp dịch vụ mạng Internet kết nối các văn phòng và nhà riêng với mạng Internet và thực hiện lưu lượng mạng và chuyển tiếp kết nối tới các nhà mạng khác cho đến khi kết nối được tới đích mong muốn.

ISP cung ứng các điều kiện giúp khách hàng tiếp cận các dịch vụ trên Internet. Cung cấp các công cụ trực tuyến, phần mềm chuyên dụng, ứng dụng trên điện thoại... giúp người dùng có thể kiểm tra Internet tại nơi mình ở hoặc công tác. ISP sử dụng công nghệ theo dõi và thu nhập thông tin, Vì vậy, để ẩn đi được danh tính của mình và hạn chế lớn thông tin ISP có thể tìm được, bạn nên sử dụng các kết nối an toàn như là VPN hoặc mạng riêng ảo.

Các kết nối IoT không dây và có dây

Nhà riêng, văn phòng công ty hay một thiết bị IoT có kết nối mạng Internet có thể với Internet thông qua các kết nối có dây và không dây. Kết nối có dây, về cơ bản sẽ kết nối trực tiếp tới bộ định tuyến Internet, và thiết bị cố định. Một thiết bị kết nối không dây có thể có bộ điều chế/ giải điều chế di động, một bộ định tuyến không dây hay công nghệ kết nối khác, cho phép thiết bị có thể di động.

Wifi là công nghệ không dây được biết đến nhiều và phổ biến nhất hiện nay. Nó lý tưởng cho các ứng dụng nhà thông minh (smart home) và các ứng dụng tòa nhà thông minh, mặc dù nó đòi hỏi nhiều điện cho hầu hết các ứng dụng IoT năng lượng thấp. Tốc độ truyền dữ liệu cao, nhưng độ bảo mật an ninh thấp, chi phí và vùng phủ sóng ở mức trung bình.

Bluetooth là một mạng lưới mang tính cá nhân cho kết nối không dây tầm ngắn. Được hỗ trợ bởi hầu hết các nhà sản xuất điện thoại thông minh và máy tính. Các ứng dụng tiêu biểu là thiết bị theo dõi sức khỏe, giám sát y tế, nhà thông minh... Tốc độ truyền dữ liệu thấp, độ an ninh kém, vùng phủ sóng ngắn và chi phí rẻ.

Zigbee là một tiêu chuẩn mở được sử dụng để kết nối các thiết bị trong các mạng máy tính có công suất thấp. Được thiết kế để xây dựng tự động hóa và điều khiển, bộ điều chỉnh không dây và hệ thống chiếu sáng thường sử dụng Zigbee. Zigbee có thể sử dụng mã hóa AES 128 bit, cung cấp giải pháp an ninh mạnh mẽ, các ý tưởng tiêu biểu sử dụng Zigbee như tự động hóa và điều khiển tòa nhà, các thiết bị đầu cuối với mức an ninh cao và tiêu thụ điện năng thấp. Zigbee có tốc độ truyền dữ liệu thấp, chi phí rẻ, độ an ninh trung bình và vùng phủ sóng ngắn.

LORAWAN là một trong nhiều những ứng dụng công nghệ LPWAN, LoRaWAN là một giao thức điều khiển truy cập phương tiện truyền thông (MAC) được thiết kế cho các mạng công cộng quy mô lớn với một nhà khai thác duy nhất. LoRaWAN được dùng cho các thiết bị IoT dùng pin trong môi trường công nghiệp. Lý tưởng cho nhà máy kỹ thuật số, nó cung cấp kết nối M2M với chi phí thấp và bảo mật mạnh mẽ với mã hóa AES CCM 128 bit. LoRaWAN có tốc độ truyền dữ liệu thấp, bảo mật trung bình, chi phí mức trung bình hoặc cao, vùng phủ sóng xa.

NARROWBAND IoT hoặc NB – IoT cũng là một dạng công nghệ LPWAN nhằm giải quyết các cuộc gọi di động M2M cho các thiết bị có công suất thấp, tốc độ dữ liệu thấp. Phổ biến ở Trung Quốc, NB – IoT thường được sử dụng trong máy dò khói, khóa cửa, báo động và cảm biến nông nghiệp cũng như môi trường. NB - IoT

có tốc độ truyền dữ liệu thấp, tuy nhiên độ an ninh mạnh, chi phí trung bình, có vùng phủ sóng xa và mức tiêu thụ điện năng thấp.

Trong tương lai hứa hẹn sự đa dạng về các công nghệ kết nối không dây như 4G LTE (4th Generation Long Term Evolution), 5G (5th Generation). Các mạng diện rộng năng lượng thấp (LPWAN: Low Power Wide Area Networks), cũng đang được triển khai, cung cấp thông tin liên lạc tầm xa như mạng tế bào truyền thống.

Có nhiều tùy chọn giao thức không dây để chọn cho kết nối thiết bị IoT, thiết bị thông minh, nhà thông minh của mọi người, và đó là một quyết định quan trọng cho sự thành công của sản phẩm IoT mà bạn muốn dùng. Mỗi công nghệ có sự kết hợp của chi phí, hiệu năng và sự phức tạp của riêng bạn, vì vậy điều quan trọng là chọn công nghệ phù hợp với nhu cầu duy nhất của ứng dụng.

1.3.1. Mã hóa nội dung

Việc các thiết bị kết nối với mạng Internet có nguy cơ bị đánh cắp thông tin cao. Nó tùy thuộc vào nội dung của tin tức cần truyền đi mà thực hiện việc mã hóa nội dung. Khi một thiết bị truyền dữ liệu đến các máy chủ, nhận các yêu cầu và hướng dẫn từ máy chủ, định dạng là yêu cầu cho thông tin gửi đi cho cả hai chiều. Trong tất cả các ứng dụng, các thiết bị và máy chủ phải thống nhất về định dạng thông tin được gửi.

Các định dạng công nghiệp phổ thông cho IoT: có một số định dạng công nghiệp và giao thức sử dụng cho liên lạc dữ liệu IoT/M2M cho nhu cầu thông báo, ví dụ như JSON, CoAP, MQTT, XMPP. Các giao thức này được chia làm hai loại: con người có thể đọc được (JSON, XMPP) và con người không thể đọc được (CoAP, MQTT). Mỗi định dạng và giao thức có những ưu và nhược điểm khi áp dụng vào IoT. Lựa chọn định dạng phụ thuộc vào yêu cầu của ứng dụng, băng thông của mạng truyền thông, thiết bị từ xa...

Các định dạng độc quyền: ngoài các định dạng công nghiệp phổ thông và định dạng chuẩn ban đầu như ngôn ngữ đánh dấu mở rộng (Extended Markup Language XML), các thiết bị cho ứng dụng cụ thể và máy chủ có thể sử dụng một định dạng

độc quyền cho mã hóa dữ liệu. Điều này cho phép các thiết bị và các máy chủ mã hóa và dịch nội dung theo cách duy nhất với nhu cầu của ứng dụng đó và thường xuyên có thể giảm thiểu số lượng dữ liệu được gửi đi trong phiên kết nối. Các định dạng độc quyền sẽ khó khăn trong thực hiện bước đầu, do chúng phải hoàn thành tương đối đầy đủ cho các ứng dụng để phát triển. Hơn nữa nó cũng khó khăn trong việc duy trì và cập nhật sau đó nếu cần thiết phải thay đổi. Hầu hết các định dạng độc quyền có xu hướng không thể mở rộng.

1.3.2. Vai trò của điện toán đám mây đối với sự phát triển IoT

Trong vài năm gần đây, cụm từ gọi là “điện toán đám mây” hay đơn giản là “đám mây” đã được đưa ra để mô tả các hệ thống cho phép xử lý và lưu trữ thông tin, dữ liệu trong tập dữ liệu cực kỳ lớn với một khoản chi phí nhất định. Các nguồn điện toán khổng lồ (phần mềm, dịch vụ...) sẽ được đặt tại những nhà máy chủ ảo (đám mây) trên Internet thay vì đặt trong các máy tính văn phòng, gia đình...(dưới đất) để mọi người kết nối và sử dụng bất cứ khi nào, bất cứ ở đâu và từ bất kỳ thiết bị nào. Các nhà cung cấp đám mây cung cấp khả năng và sự linh hoạt để bắt đầu và dừng tính toán, lưu trữ và tài nguyên mạng dựa trên nhu cầu cụ thể về khách hàng và các ứng dụng sử dụng các dịch vụ đám mây này.

Giữa IoT và đám mây có mối quan hệ chặt chẽ. Theo [33] khi cả 2 công nghệ này kết hợp với nhau tạo ra sự đổi mới mạnh mẽ và sẽ tiếp tục thay đổi cách chúng tương tác với nhau và thay đổi cách lưu trữ, quản lý và sử dụng thông tin.

- Để khởi động IoT là không dễ dàng.
- Đầu tiên, lo lắng về vấn đề phần cứng hoặc thiết bị sẽ hoạt động như thế nào, nó gồm sự làm việc của các bộ cảm biến, kết nối phần cứng với Internet, vấn đề về tuổi thọ pin..
- Thứ hai, phát triển phần mềm để tạo điều kiện cho việc giao tiếp và thu thập dữ liệu. Cuối cùng, việc phát triển tất cả các cơ sở hạ tầng hỗ trợ ở tầng sau để tập hợp các phần trên với nhau. Điện toán đám mây có thể giúp IoT giải quyết vấn đề này. Đối với việc phát triển phần cứng và phần mềm IoT, khi có điện toán đám mây không cần phải lo lắng về việc thiết lập máy chủ, triển khai cơ sở dữ liệu, cấu hình

mạng, mà những công việc này các nhà cung cấp điện toán đám mây sẵn sàng cung cấp tính năng này bằng cách mở các máy chủ ảo, khởi tạo một đơn vị cơ sở dữ liệu và tạo ra các đường truyền dữ liệu.

Điện toán đám mây có thể cải thiện tính năng bảo mật cho giải pháp IoT. Đối với IoT vấn đề bảo mật cho các thiết bị IoT, máy tính, điện thoại thông minh và các thiết bị khác trong hệ thống luôn được quan tâm đó là bảo vệ các thiết bị đầu cuối và các thiết bị hỗ trợ cho các thiết bị đầu cuối.

Điện toán đám mây có thể liên kết các ứng dụng và quy trình, tất cả dữ liệu được lưu trữ trên đám mây giúp cho chúng có thể tích hợp và phân tích liền mạch giải quyết được vấn đề về sự thiếu tính tích hợp và khả năng tương tác trong IoT.

Điện toán đám mây có thể cung cấp khả năng mở rộng và linh hoạt để giải quyết vấn đề các thiết bị IoT cung cấp số lượng lớn dữ liệu và sử dụng các thiết bị có tính không đồng nhất cao. Với điện toán đám mây có thể thiết lập mức công suất của thiết bị linh hoạt, khi nhu cầu lưu trữ, xử lý lên cao thì tăng công suất, ngược lại giảm công suất. Với máy chủ truyền thống, cần mua đủ dung lượng cho trường hợp lưu trữ và xử lý dữ liệu lớn nhất, như vậy sẽ gây ra sự lãng phí khi nhu cầu lưu trữ ít.

Hiện nay, chưa có tiêu chuẩn chung cho IoT do đó mỗi công ty đưa ra sản phẩm IoT của riêng mình do đó khó có thể tích hợp, giao tiếp và chia sẻ dữ liệu với nhau. Điện toán đám mây tạo ra môi trường để các thiết bị với các ứng dụng, nền tảng khác nhau có thể tương tác với nhau.

Như vậy, điện toán đám mây có thể giúp cho IoT phát triển nhanh hơn nhằm giải quyết các vấn đề lưu trữ và xử lý lượng dữ liệu lớn do các thiết bị IoT tạo ra, bảo vệ hệ sinh thái IoT và tích hợp hệ thống IoT với các hệ thống hiện tại và các thiết bị IoT trong hệ thống.

1.3.3. Vai trò dữ liệu lớn (Big Data) đối với IoT

Các thiết bị IoT tạo ra một khối lượng lớn dữ liệu. Có đến 90% dữ liệu của thế giới đã được tạo ra trong hai năm qua nhờ vào sự gia tăng chóng mặt của IoT và các thiết bị di động.

Đặc tính của dữ liệu do các thiết bị IoT tạo ra khác với dữ liệu truyền thống được thu thập qua các hệ thống, do nhiều bộ cảm biến và vật thể khác nhau tham gia và quá trình thu thập dữ liệu. Các đặc tính đó là: sự không đồng nhất, nhiều, sự đa dạng và tốc độ tăng nhanh. Đặc biệt là các dữ liệu IoT thường theo dòng (Stream) liên tục.

➤ Các vấn đề gặp phải khi áp dụng IoT.

Dù cho IoT là xu thế trong tương lai, nhưng với bất kỳ một công nghệ nào, cũng có những ưu điểm và hạn chế hay những vấn đề còn tồn tại. Với IoT vấn đề chính là cung cấp địa chỉ IP cho một số lượng lớn các thiết bị IoT, khả năng quản lý và kết nối, bảo mật thông tin, tiêu chuẩn chung cho các thiết bị IoT, khả năng mở rộng mà vẫn năng lượng tiêu thụ.

➤ Việc cung cấp địa chỉ IP cho quá nhiều thiết bị.

Khi triển khai IoT, sự bùng nổ về số lượng các Website, các thiết bị di động và các kết nối IP thường trực, cơ quan quản lý Internet nhận ra rằng không gian địa chỉ Ipv4 sẽ là không đủ trong thời gian dài. Giải pháp lâu dài cho sức chứa hàng tỷ thiết bị liên tục được bổ sung vào Internet, đặc biệt là với các ứng dụng M2M/IoT, đó là nâng cấp không gian địa chỉ IP với nhiều dãy số lớn hơn. Hiện nay phần lớn các hệ thống sử dụng địa chỉ Ipv4 như: 101.10.101.10.. Về mặt lý thuyết có $255 \times 255 \times 255 \times 255$ hay xấp xỉ 4,2 tỷ các số sẵn có. Trên thực tế, có ít địa chỉ Ipv4 hơn bởi vì hình thành nhóm các lớp địa chỉ IP. Nhiều dãy địa chỉ có công dụng đặc biệt, giống như 192.nnn.nnn.nnn cho các mạng nội bộ.

Vấn đề không có đủ số địa chỉ Ipv4 sẽ được giải quyết khi thế giới Internet chuyển sang Ipv6. Trong Ipv6, tổng không gian địa chỉ đã được mở rộng tới 128 bit (từ 32 bit sử dụng trong Ipv4). Điều này cho phép 2^{128} địa chỉ Ipv6 (xấp xỉ $(3.4 \times 10)^{38}$).

➤ Khả năng và quản lý kết nối.

Việc kết nối tất cả các thiết bị trong hệ thống sẽ là một thách thức lớn nhất trong tương lai IoT, nó sẽ phá vỡ cấu trúc về các mô hình truyền thông hiện tại và các

công nghệ cơ bản. Hiện nay chúng ta dựa vào mô hình máy chủ/ máy khách tập trung để xác thực, cho phép và kết nối với các nút khác trong mạng.

Mô hình này là đủ cho hệ sinh thái IoT hiện tại khi mà có hàng chục, hàng trăm, hàng nghìn thiết bị trong đó. Nhưng chỉ khi các mạng lưới phát triển lên tới các tỷ và hàng trăm tỷ thiết bị tham gia, các hệ thống tập trung sẽ trở thành một nút cổ chai. Quản lý sự phát triển IoT di động là một nỗ lực phức tạp. Xem xét những cân nhắc địa lý của mạng IoT mà nối qua nhiều nước, mỗi nước có bộ tài chính, luật pháp, tuân thủ, và thách thức công nghệ. Hạn chế về tầm nhìn và giám sát là một trong những trường hợp này, đặc biệt khi sự vượt trội của nhiều quốc gia về hoạt động gắn với chuỗi cung ứng, hàng tồn kho, hậu cần và các bộ phận nằm ở những vị trí khác nhau, tất cả đều sử dụng kết nối các hệ thống và thiết bị để hoạt động.

Phát triển kết nối IoT là một thách thức lớn. Kể cả khi cường độ tín hiệu cao, mạng IoT có thể bị ảnh hưởng với phần cứng, phần mềm, cấu hình, hoặc các vấn đề ứng dụng. Giải quyết vấn đề nhanh chóng và hiệu quả phụ thuộc vào việc giám sát thời gian thực và khả năng theo dõi vấn đề. Thất bại trong việc giải quyết vấn đề kết nối không chỉ làm tăng chi phí hoạt động mà rủi ro mất toàn hệ thống và thời gian chết có thể dẫn đến giảm tính không tuân theo yêu cầu và đình lúu pháp lý, cũng như không hài lòng của khách hàng và uy tín thương hiệu bị phá vỡ.

➤ Bảo mật

Khi triển khai thiết bị IoT có nghĩa là các thiết bị kết nối Internet, tạo ra môi trường lớn để các hacker lấy cắp thông tin. Do đó vấn đề bảo mật đối với IoT đã trở thành mối quan tâm an ninh nghiêm trọng đã thu hút sự chú ý của các công ty và cơ quan chính phủ trên toàn thế giới. Bảo mật dữ liệu phải gắn với giá cả vừa phải, khả năng mở rộng, và thân thiện với người dùng. Không phải người dùng, thiết bị nào cũng cần tính năng công cụ bảo mật mạnh.

Sự thay đổi quan trọng hơn trong bảo mật sẽ xuất phát từ thực tế IoT và sẽ trở nên ăn sâu hơn vào cuộc sống của chúng ta. Vấn đề bảo mật không chỉ dừng lại là

bảo vệ thông tin hay tài sản mà cuộc sống và sức khỏe của chúng ta có thể trở thành mục tiêu tấn công của các hacker IoT.

➤ Tiêu chuẩn chung

Geoff Huston là Giám đốc khoa học của Trung tâm thông tin mạng Châu Á Thái Bình Dương (APNIC) chỉ ra rằng việc thiếu các tiêu chuẩn có thể đưa ra các việc làm không đúng cho các thiết bị IoT.

Việc thiếu các tiêu chuẩn, đặc biệt là sử dụng nhiều giao thức kết nối như hiện nay, là một cản trở cho IoT phát triển. Nhiều giao thức kết nối đặc biệt đang nổi lên với mức tiêu thụ cho năng lượng thấp như LTE Cat.0, 802.11ah, Sigfox hay OnRamp. Công nghệ bộ xử lý hiện cũng chưa thực sự phát triển với thị trường IoT khi mà chuẩn giao thức không thực sự rõ ràng.

Các hãng công nghệ như Pannasonic, Sharp, Silicon Image, Qualcomm, Tp-Link, LG, HTC, và hơn 100 thành viên khác đã thành lập nên liên minh AllSeen, dẫn đầu là hiệp hội Linux. Mục tiêu của liên minh này là xóa bỏ những rào cản cũng như thúc đẩy sự sáng tạo trong việc phát triển IoT. Nhóm này đã xây dựng nên nền tảng nguồn mở AllJoyn cho phép các sản phẩm IoT có thể giao tiếp với nhau thông qua nhiều dạng kết nối từ Ethernet, Wi-fi, và cả đường dây điện. AllJoyn có thể tương thích với mọi hệ điều hành hiện nay và nó cũng không bắt buộc các thiết bị phải kết nối vào Internet bởi chúng có thể liên lạc ở cấp độ ngang hàng.

Nếu như không có các tiêu chuẩn để hướng dẫn các nhà sản xuất, nhà phát triển đôi khi thiết kế các sản phẩm hoạt động theo cách phá rối trên Internet mà không quan tâm nhiều đến tác động của chúng. Nếu thiết kế và cấu hình kém, các thiết bị như vậy gây ra những hậu quả tiêu cực cho tài nguyên mạng mà chúng kết nối và mở rộng hơn là đến Internet.

➤ Năng lượng tiêu thụ

Thực tế cho thấy, năng lượng tiêu thụ có thể là thách thức lớn nhất mà các nhà thiết kế các thiết bị di động phải đối mặt với IoT. Khi kích thước pin nhỏ lại để cho

phép các yếu tố hình thức nhỏ gọn, tuổi thọ pin trở lên quan trọng để đáp ứng các yêu cầu về chi phí, chất lượng và độ tin cậy.

Vì ngày càng có nhiều thiết bị dân mǎc có sẵn IoT bằng cách kết hợp anten, bộ cảm biến, và mạch tích hợp, năng lượng của thiết bị đó sẽ tăng lên từ năng lượng cho các thiết bị truyền thông tới năng lượng cần thiết để duy trì hoạt động của thiết bị kết nối thông minh, tất cả với sự hạn chế năng lượng cung cấp.

Việc chuyển đổi một thiết bị thông minh truyền thông sang thiết bị thông minh có kết nối yêu cầu thiết kế anten có hoạt động hiệu quả để đạt được kết nối mong muốn, mà không khác so với thiết kế, điều này có thể làm cho tiêu tốn pin hơn. Ngoài ra, nhu cầu tiêu thụ điện năng cho các mạch tích hợp cũng làm tăng thêm thách thức cho các thiết bị di động đảm bảo IoT.

➤ Khả năng mở rộng

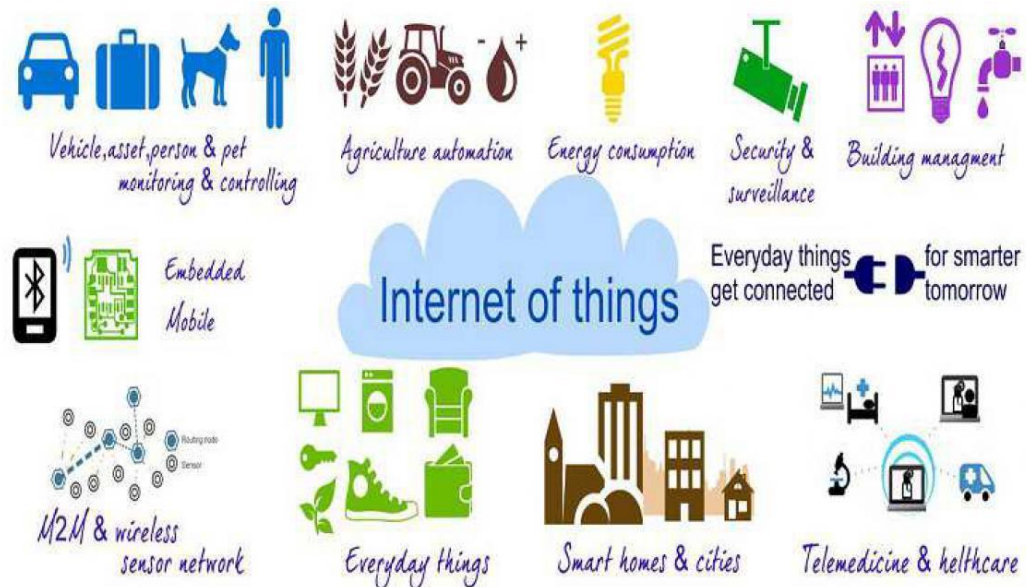
Trong phạm vi IoT/M2M, khả năng mở rộng là khả năng phát triển các ứng dụng, giải pháp và nền tảng để giữ vững tốc độ tăng trưởng dự kiến về số lượng các thiết bị, lưu lượng dữ liệu từ các thiết bị này, các ứng dụng, các máy chủ xử lý và lưu trữ dữ liệu nhận được, hệ thống cảnh báo dữ liệu trực tuyến thời gian thực (hoặc gần thời gian thực), mô hình và phân tích dự đoán....

Giải pháp cho việc quản lý ứng dụng phải được mở rộng và phải được thiết kế cho sự phát triển. Ví dụ, hầu hết các nền tảng IoT/M2M cho phép khách hàng cung cấp một cách nhanh chóng các thiết bị di động cho dịch vụ với khối lượng lớn. Các yêu cầu không gửi thủ công, mà là các hệ thống tự động tạo ra yêu cầu và hệ thống tự động xử lý yêu cầu.

1.4. Các lĩnh vực ứng dụng IoT

Với những hiệu quả thông minh rất thiết thực mà IoT mang đến cho con người, IoT đã và đang được tích hợp trên khắp mọi thứ, mọi nơi xung quanh thế giới mà con người đang sống. Từ chiếc vòng đeo tay, những đồ gia dụng trong nhà, những mảnh

vườn đang ươm hạt giống, cho đến những sinh vật sống như động vật hay con người... đều có sử dụng giải pháp IoT



Hình 1.2: Tổng quan về ứng dụng của IoT

Một số ngành trên thế giới đã áp dụng IoT đó là: Tiêu dùng, hoạt động kinh doanh, xây dựng thành phố thông minh trong đó có giao thông thông minh, giám sát môi trường, mục đích an ninh và giám sát. Tổng quan về ứng dụng của IoT được minh họa trong hình 1.2.

1.4.1. Các ứng dụng IoT trong tiêu dùng

Thiết bị IoT tiêu dùng phổ biến hiện nay cơ bản được thấy trong 3 loại chính: nhà được kết nối bao gồm có bộ ổn nhiệt tự động thông minh, các đèn thông minh, các thiết bị kết nối và khóa cửa thông minh, các thiết bị đeo tay chiếm lĩnh thị trường tiêu dùng với chiếc đồng hồ thông minh, máy theo dõi hoạt động/ thể dục và kính thông minh, chiếc xe được kết nối tham gia vào danh sách tiêu dùng với các bộ điều khiển xe ở xa, định vị GPS và chuẩn đoán xe cộ.

❖ Một vài ví dụ ứng dụng IoT trong tiêu dùng [26]

Bộ ổn nhiệt tự động Nest mọi người cho rằng đây có lẽ là sản phẩm nổi tiếng nhất trong lĩnh vực tiêu dùng. Nest cung cấp bộ ổn nhiệt kết nối wifi mà có khả năng

học theo hoạt động của con người và thiết lập nhiệt độ phòng ở dựa trên sở thích của con người. Ý tưởng mà Nest hướng tới là luôn giữ cho ngôi nhà thoải mái đồng thời tăng hiệu suất năng lượng. Nest có thể tự thích hợp tự động với đèn, hệ thống bảo mật, cùng những công cụ khác, để tạo lên ngôi nhà thông minh tương tự như từ lâu trở thành hiện thực.

Hay như chiếc xe kết nối là một trong những lĩnh vực đã chứng kiến sự gia tăng lớn về những tính năng đặc biệt. Thiết bị này đang được nghiên cứu phát triển để nắm bắt được các dữ liệu về cảm biến máy tính của xe, sử dụng công chuẩn đoán trên xe cho các ô tô được chế tạo từ năm 1966. Ví dụ như việc thông báo vận tốc, thông báo tự động về sự cố nguy hiểm và cảnh báo an toàn cho người điều. Hơn nữa, những tính năng trợ giúp nhà sản xuất ô tô hoặc những ứng dụng cảnh báo người lái về thời gian tốt nhất để khởi hành cho một cuộc gặp, trong lịch hay gửi tin nhắn thông báo đến bạn bè, đồng nghiệp hay doanh nghiệp để nhắc cho họ thời gian đến. Người dùng dễ dàng tìm vị trí đỗ xe, hay có thể mở khóa xe của họ, kiểm tra dung lượng pin trên xe ô tô điện, hoặc kích hoạt các hệ thống kiểm soát khí hậu từ xa. Tiến tới phát triển lên xe ô tô tự lái dựa trên công nghệ IoT.

Bộ theo dõi sức khỏe kết nối Internet FitBit và đồng hồ đeo tay thông minh Apple Watch có thể làm mọi thứ từ việc như máy đếm ước lượng quãng đường đi bộ, đo số bước đi trong ngày, báo thức đến huấn luyện cá nhân. Những thiết bị này là một phần của phong trào “định lượng hóa” được bắt đầu vào những năm 2000 để hiểu cá nhân rộng hơn thông qua dữ liệu và công nghệ. Những người tham gia phong trào này cảm thấy rằng các thiết bị đeo tay này giúp cho họ đạt được mục tiêu sức khỏe, và chúng còn được các doanh nghiệp sử dụng như một phần của các chương trình chăm sóc sức khỏe của nhân viên để khuyến khích nhân viên tập thể dục nâng cao sức khỏe phục vụ công việc tốt và có khả năng làm giảm phí bảo hiểm sức khỏe.

1.4.2. Các ứng dụng IoT vào hoạt động kinh doanh

Hiện nay, phần lớn các ứng dụng IoT vào các doanh nghiệp là phòng ngừa hỏng hóc. Các ứng dụng phát hiện khi chiếc máy có sự thay đổi về nhiệt độ, tốc độ và của máy một vài các đại lượng khác để báo hiệu chúng có thể yêu cầu bảo dưỡng.

Việc sử dụng ứng dụng IoT cho bảo dưỡng phòng ngừa sự cố mới chỉ bắt đầu [15]. Như vậy không khai thác hết các khả năng của các thiết bị kết nối mạng để giao tiếp với nhau, do đó nó cho phép họ làm việc cùng nhau. Ví dụ, một người kỹ sư với một chiếc điện thoại thông minh hoặc một doanh nghiệp có thể sử dụng một trạm điều khiển trung tâm để tiếp cận máy từ xa, qua đó thay đổi trên thiết bị hoặc đưa ra hướng dẫn mới. Càng ngày càng có nhiều doanh nghiệp nhận ra rằng sự liên lạc này sẽ tạo ra được hiệu quả cao hơn từ đó giảm chi phí sản phẩm vượt xa hệ thống IoT chỉ có chức năng bảo trì đơn giản.

Nền công nghiệp xe là một trong những nền công nghiệp sớm nhất ứng dụng IoT bởi vì tính tiện lợi và lợi nhuận của nó mang lại. Các xe ô tô còn, xe tải hay tàu điện có khả năng kích hoạt bằng IoT có thể được theo dõi và quản lý hiệu quả hơn cho phép nhìn thấy được thông qua hệ sinh thái vận tải. Truyền thông giữa các xe cho phép trao đổi thông tin giữa các xe thương mại với trung tâm điều khiển. Giờ đây, tình trạng vật lý của chiếc xe có thể được kiểm tra với một phần thời gian và trong thời gian thực. Hơn nữa, theo dõi qua GPS có thể hướng dẫn các phương tiện tìm đường đi đến đích một cách hiệu quả nhất và cho phép các trung tâm điều khiển tối ưu hóa các thông điệp với các xe hiệu quả hơn. PeopleNets và Isotrak là một trong những người đi đầu trong không gian quản lý xe.

❖ Một vài ví dụ tiêu biểu về ứng dụng IoT trong doanh nghiệp [26]

SweetSense là một tổ chức hợp tác với các chính phủ và phi chính phủ để đưa cảm biến IoT vào các máy bơm nước ở vùng nông thôn châu Phi. Điều này nó cho phép các tổ chức phi chính phủ thiết lập các máy bơm để có thể theo dõi chức năng của các máy bơm và bảo dưỡng chúng một cách hiệu quả hơn và tiết kiệm chi phí. Một nghiên cứu Rwanda, chỉ có 56% máy bơm là có thể hoạt động liên tục. Sau khi

áp dụng công nghệ SweetSense để theo dõi những chức năng của máy bơm thông qua các hệ thống và phân tích IoT di động, các máy bơm có thể phát hiện lỗi và được sửa chữa nhanh chóng hơn, và cơ bản có 91% máy bơm là có thể làm việc thường xuyên. Các dự án giống như SweetSense, các thiết bị kết nối có thể cung cấp nước sạch trong nhiều ngày cho nhiều người hơn trước, nó cải thiện sức khỏe và phúc lợi của người dân.

Minnetronix là một công ty công nghệ về y tế có chuyên môn sâu trong điện tử và các thiết bị cơ điện. Công ty này đã tạo ra một nền tảng thiết bị y tế cho kết nối các thiết bị y tế từ xa. Nền tảng này có thể được tích hợp với bất kỳ thiết bị y tế nào và nó cho phép công ty cập nhật thiết bị, quản lý thiết bị và định vị các thiết bị của họ, cho biết vị trí thiết bị đó đang ở đâu trong công ty hay bệnh viện. Với hệ thống này, doanh nghiệp có thể truy cập thông tin có giá trị theo thời gian thực từ thiết bị của họ qua trang web hoặc bảng điều khiển trên thiết bị di động bằng kết nối không dây.

Detectromic là thiết bị quan trắc online giúp giảm lũ lụt và ngăn ngừa ô nhiễm nguồn nước thông qua giám sát mạng lưới thông minh của mình phục vụ ngành công nghiệp nước Anh và châu Âu. Những thiết bị giám sát từ xa của công ty cung cấp dữ liệu sâu sắc và cho phép phân tích, báo cáo giúp ngăn ngừa ô nhiễm mà gây ra bởi sự hỏng mạng lưới và dự đoán lũ lụt làm giảm nguy cơ thất bại thảm khốc. Tất cả các hoạt động này phụ thuộc và một mạng di động đáng tin cậy với các SIM có khả năng làm việc nhiều năm và có thể làm việc ở vùng xa xôi.

Acceptacard là một nhà cung cấp các giải pháp xử lý thẻ dành riêng cho các doanh nghiệp ở Anh. Những thiết bị đầu cuối di động POS của hãng là bước đột phá từ những cái mà trước đây cung cấp cho ngành ngân hàng không có hợp đồng trong nhiều năm với những thiết bị đầu cuối đắt tiền. Giải pháp thanh toán tiền di động là một giải pháp độc lập ở giai đoạn cuối cùng với dịch vụ kết nối tin cậy bất kể ở vị trí nào và được thiết kế cho các doanh nghiệp muốn có giải pháp thanh toán trên cơ sở tự phục vụ với quyền truy cập trực tuyến.

Badger Meter là một nhà sản xuất hàng đầu thế giới về thiết bị đo lưu lượng và cung cấp giải pháp kiểm soát, nó đảm bảo các đồng hồ đo nước thông minh cho các công ty cung cấp nước công cộng và các khách hàng cá nhân để quản lý tốt hơn việc sử dụng nước của họ. Giải pháp quản lý của công ty cho phép các đồng hồ đo được đọc từ xa, cung cấp việc đọc chính xác hơn với thông tin chủ động để giúp các tổ chức xác định việc rò rỉ có thể xảy ra và có thể hiểu những gì đang xảy ra với hệ thống nước của họ. Ngoài ra, những khách hàng sử dụng nước sẽ điều khiển việc sử dụng nước hơn qua điện thoại thông minh và máy tính bảng, mang lại cho người dùng cơ hội biết được việc sử dụng nước của họ như thế nào.

1.4.3. Các ứng dụng IoT vào thành phố thông minh

“Thành phố thông minh” [7] là thuật ngữ được sử dụng để chỉ ra hệ sinh thái được giám sát hoặc kiểm soát bởi một vài thuật toán dựa trên máy tính và được tích hợp với Internet và người dùng nổi lên nhờ sự phát triển cơ sở hạ tầng mạng viễn thông tiên tiến và các dịch vụ mới trên các sự kiện của toàn thành phố.

Những dịch vụ tiên tiến thực tế tối ưu việc sử dụng cơ sở hạ tầng vật lý của thành phố và chất lượng cuộc sống cho cư dân thành phố. Công nghệ IoT được tìm thấy trong một vài ứng dụng của một thành phố thông minh. Ví dụ IoT có thể là giám sát lưu thông xe ô tô trong thành phố hay trên đường cao tốc, trong việc cung cấp các hệ thống điều khiển giao thông tiên tiến và các dịch vụ phát triển đáp ứng việc phân luồng để tránh tắc nghẽn giao thông. Hệ thống thiết bị đỗ xe thông minh dựa trên công nghệ cảm biến và nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến RFID, có thể cho phép quản lý chỗ đỗ xe sẵn sàng và cung cấp cho người lái xe vị trí đỗ tự động, cho nên cải thiện tính lưu động trong khu vực thành phố.

Những cảm biến có thể theo dõi luồng lưu thông các phương tiện vận tải trên đường cao tốc và đưa ra thông tin chung như số lượng các xe ô tô và tốc độ trung bình. Các bộ cảm biến có thể phát hiện mức độ ô nhiễm không khí, chỉ ra thông tin như mức độ khí CO₂ ... và được cung cấp thông tin đó tới trung tâm sức khỏe. Ngoài ra, các cảm biến có thể được dùng trong việc đưa ra pháp luật bằng việc phát hiện các

vi phạm và truyền dữ liệu liên quan tới cơ quan thực thi luật pháp để yêu cầu nhận dạng đối tượng vi phạm hoặc để lưu trữ thông tin cung cấp trong các trường hợp xảy ra tai nạn, phân tích cảnh tai nạn tiếp theo.

1.4.4. Các ứng dụng IoT vào giám sát môi trường

Vai trò chính của việc ứng dụng IoT vào giám sát môi trường [7] là khả năng cảm biến, theo hình thức tự quản lý và phân tán, các quá trình và hiện tượng tự nhiên (như nhiệt độ, gió, lượng mưa...), cũng như để tích hợp một cách liền mạch như dữ liệu đa dạng thành các ứng dụng mang tính toàn cầu.

Xử lý thông tin thời gian thực, kết hợp với khả năng của một số lượng lớn các thiết bị để trao đổi thông tin giữa chúng, cung cấp nền tảng vững chắc để phát hiện và giám sát hiện tượng của trái đất có thể gây nguy hiểm cho con người và động vật. Sự phát triển cực kỳ lớn về các thiết bị kích thước siêu nhỏ có thể đảm bảo sự truy cập vào khu vực quan trọng, ở đó con người không thể tồn tại như khu vực núi lửa, các khu vực ở xa, đáy đại dương), từ các thông tin cảm biến về vị trí đó có thể được truyền tới nơi ra quyết định để phát hiện các trạng thái bất thường.

Công nghệ IoT có thể đảm bảo sự phát triển thế hệ mới về các hệ thống hỗ trợ đưa ra quyết định và điều khiển, cung cấp tăng cường tính chi tiết và khả năng thời gian thực qua các giải pháp hiện tại. Mặt khác, với khả năng cảm biến của các thiết bị IoT hỗ trợ an toàn môi trường tiêu biểu là việc phát hiện lửa. Khi các bộ cảm biến nhiệt độ phát hiện sự hiện diện của lửa, cảnh báo được gửi trực tiếp tới trung tâm chữa cháy trong thời gian ngắn nhất. Rõ ràng đáp ứng nhanh có thể cứu mạng con người, tránh được sự nguy hiểm tới tài sản hay thực vật và nhìn chung giảm mức độ thảm họa.

Nhiều kịch bản khác có liên quan đến sự bảo vệ con người có thể thu được từ các công nghệ IoT (khu vực đường hầm, động đất,...) ở đó khả năng thu thập dữ liệu về môi trường trong thời gian thực với phạm vi lớn đảm bảo việc đạt được chiến lược kết hợp có hiệu quả giữa các đội cứu nạn.

1.4.5. Các ứng dụng IoT vào an ninh và giám sát

Giám sát an ninh có thể trở thành cần thiết cho các tòa nhà thương mại [7], trung tâm mua sắm, các sảnh làm việc, bãi đỗ xe và nhiều nơi công cộng khác, kịch bản an ninh quốc gia phải đối mặt với vấn đề an ninh tương tự trên, mặc dù phạm vi khác nhau.

Công nghệ IoT có thể được sử dụng để tăng cường đáng kể chất lượng của các giải pháp hiện tại, đưa ra chi phí rẻ hơn và ít xâm phạm nhờ việc thay thế với sự triển khai các camera phạm vi rộng đồng thời giữ gìn sự riêng tư cho người dùng. Các bộ cảm biến xung quanh có thể sử dụng để giám sát các sự hiện diện của các chất hóa học gây nguy hiểm cho con người. Các bộ cảm biến giám sát hành vi con người có thể sử dụng để đánh giá sự hiện diện hoạt động của con người một cách đáng ngờ. Nhận dạng cá nhân có liên quan đến công nghệ nhận dạng đối tượng bằng sóng vô tuyến cũng có thể lựa chọn.

Tuy nhiên ở nhiều quốc gia các hiệp hội người dùng đang phản đối kịch liệt về sự vi phạm quyền riêng tư có thể xảy ra do áp dụng rộng rãi công nghệ này. Khi sử dụng kết hợp dựa trên vai trò hệ thống kiểm soát truy cập, công nghệ IoT có thể cung cấp mức độ về tính linh hoạt, có khả năng đối phó với các chính sách truy cập (như các khu vực khác nhau của tòa nhà) có thể thay đổi theo thời gian nhờ sự thay đổi logic và hoặc thay đổi vai trò của người dùng hoặc kết hợp với thông tin ngữ cảnh (như một vài khu vực không thể truy cập trong một vài ngày nhất định do thực hiện nâng cấp mạng). Như vậy người dùng chấp nhận tốt hơn thông qua việc giảm sử dụng máy ảnh, giảm chi phí hoạt động và tăng tính linh hoạt trong môi trường thay đổi.

Rõ ràng, phạm vi ứng dụng của IoT là rất rộng. Tuy nhiên, các ứng dụng kể trên có thể thích hợp trong việc nâng cao khả năng cạnh tranh trong những giải pháp sắp tới. Vì vậy, cần thúc đẩy mạnh mẽ và sự năng động của thị trường để có thể áp dụng IoT thành công vào đời sống.

1.5. Kết luận chương 1

Chương 1 giới thiệu Tổng quan về Internet of Things. Trong đó luận văn làm rõ khái niệm Internet of Things (IoT), chứng minh tính tất yếu của IoT trong tương lai, các vấn đề gặp phải khi ứng dụng IoT và các lĩnh vực ứng dụng IoT. Từ đó cho thấy tính thực tiễn và cơ sở khoa học của đề tài ứng dụng IoT vào quản lý giao thông.

Internet of Thing được hiểu là mọi thứ bao gồm cả con người được cung cấp một định danh riêng và kết nối với nhau, thực hiện truyền tải, trao đổi thông tin qua mạng duy nhất. Đặc biệt là quá trình diễn ra một cách tự động, không cần đến sự can thiệp trực tiếp của con người. Trong tương lai, mọi thứ trở nên thông minh hơn do đó IoT trở thành xu hướng trong tương lai. Tuy nhiên, khi ứng dụng IoT không tránh khỏi những lo ngại về vấn đề địa chỉ Ip, bảo mật, năng lượng tiêu thụ, khả năng mở rộng mạng, bộ tiêu chuẩn chung và khả năng quản lý kết nối. Mặc dù hiện tại IoT chưa thật sự trở nên phổ biến do chưa khắc phục được các khó khăn kể trên nhưng IoT cũng có ứng dụng vào các lĩnh vực nhất định như y tế, giao thông, tiêu dùng, hoạt động kinh doanh, thành phố thông minh, giám sát môi trường.

Trên đây là những nội dung cơ bản về IoT là cơ sở để đề tài nghiên cứu giải pháp bãi đỗ xe thông minh dựa trên công nghệ IoT cho thành phố Bắc Ninh.

CHƯƠNG 2: ỨNG DỤNG CỦA IoT TRONG HỆ THỐNG ĐỖ XE THÔNG MINH

2.1. Đặt vấn đề

Với sự thay đổi của nền kinh tế toàn cầu và cuộc sống hiện đại, ngành Công nghệ Thông tin và Truyền thông (CNTT-TT) đã trải qua một sự tăng tốc quan trọng trong quá trình của mình, để thích ứng với sự thay đổi đó. Ngày nay, mọi người dành phần lớn thời gian bên ngoài môi trường gia đình, họ đi làm hàng ngày và họ thường xuyên đi đến các trung tâm mua sắm và các điểm tham quan, mà không quên đi dời đến trung tâm thành phố. Điều này chắc chắn gây ra sự mất cân bằng trong việc di chuyển hàng ngày dẫn đến sự phát triển của các dịch vụ đỗ xe, để tránh việc lái xe không cần thiết quanh trung tâm thành phố chỉ đơn giản là tìm kiếm một chỗ đậu xe. Điều này, một mặt gây ra lượng khí thải carbon dioxide bổ sung và làm hỏng môi trường của hệ sinh thái thành phố. Mặt khác, nó làm tăng sự thất vọng của tài xế và tắc nghẽn giao thông trong thành phố, điều này chắc chắn sẽ gây ra tai nạn giao thông. Tất cả những điều này làm suy giảm trải nghiệm của hệ sinh thái thành phố hiện đại và đã trở thành một thách thức lớn trong việc phát triển hệ thống đỗ xe thông minh trong tương lai.

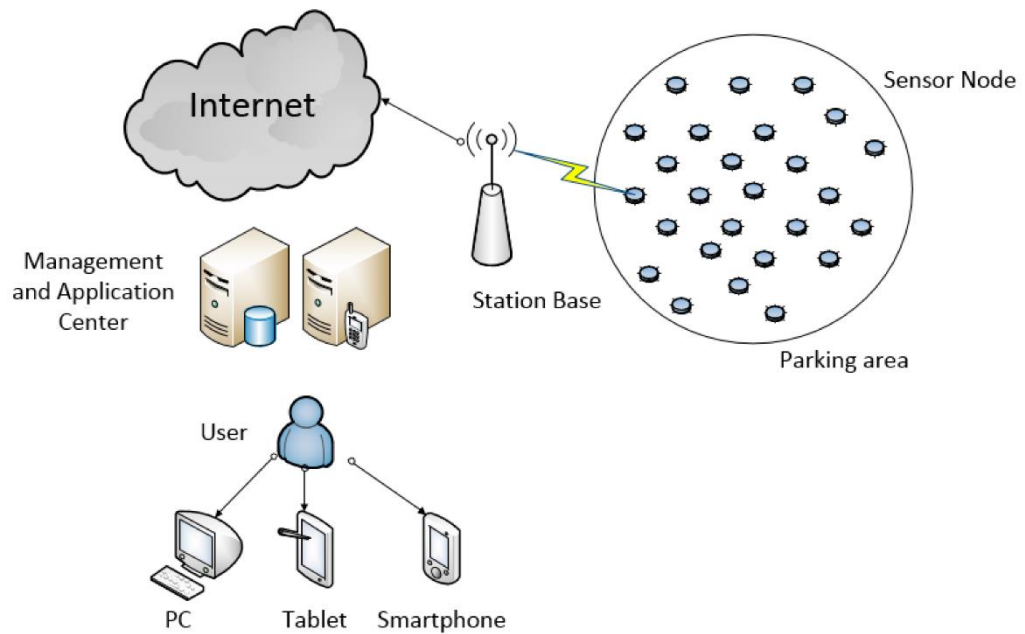
Ở nước ngoài vấn đề ùn tắc không có chỗ đỗ xe đã có từ lâu ở các trung tâm thành phố lớn. Rõ ràng nhất là cường độ của giao thông, đã trở thành gần như vấn đề không thể vượt qua và gây ra thiệt hại lớn, chẳng hạn như sự gia tăng số lượng tai nạn gây tổn hại cơ thể nghiêm trọng cho người tham gia giao thông, ô nhiễm do lượng CO₂ do các phương tiện thải ra và sự căng thẳng liên tục của những người lái xe phải lái xe thường xuyên những con đường hẹp và rất đông đúc và những người lái xe phải tìm kiếm trong một thời gian dài để tìm một không gian để đỗ xe. Như vậy, để giải quyết vấn đề đỗ xe, một số công nghệ hiện đại đã được tạo ra để trang bị cho bãi đậu xe thông minh thiết bị giúp người đi đường xác định bãi đỗ xe gần nhất có không gian trống. Những công nghệ này thường sử dụng mạng cảm biến không dây và công nghệ Internet of Things (IoT). Thiết kế và phát triển hệ thống đỗ xe thông

minh sử dụng các công nghệ mới nhất dựa trên các mạng cảm biến không dây (WSN). Hệ thống sử dụng một tổ chức tự thích ứng và lai thuật toán cho các mạng cảm biến không dây thích nghi với tất cả các loại bãi đỗ xe hiện có trong thành phố và cung cấp khả năng quản lý tốt hơn mức tiêu thụ năng lượng. Hệ thống này cũng cung cấp các dịch vụ sáng tạo tạo điều kiện thuận lợi cho các trình điều khiển khi tìm kiếm có sẵn chỗ đậu xe trong thành phố gần điểm đến của họ, một cách nhanh chóng và hiệu quả [1],[10],[15].

Mục tiêu thiết kế về hệ thống đỗ xe thông minh bao gồm: (1) đơn giản hóa hoạt động của hệ thống đỗ xe, (2) cải thiện sự hài lòng của người lái xe, (3) tăng doanh thu bãi đậu xe và (4) giảm bớt tắc nghẽn giao thông. Thông qua phân tích, trước tiên luận văn cho thấy chính sách đỗ xe dựa trên đặt chỗ được đề xuất có khả năng đạt được các mục tiêu trên. Sau đó, luận văn mô hình hóa hành vi của cả nhà cung cấp dịch vụ và tài xế trong hệ thống đỗ xe thông minh để đạt được các mục tiêu trong thiết kế hệ thống đỗ xe thông minh [2].

Hệ thống đỗ xe thông minh là hệ thống quản lý sự khó khăn khi đỗ xe trong thành phố ở khu vực công cộng hoặc tư nhân, sử dụng một số công nghệ gần đây, bao gồm WSN (mạng cảm biến không dây) và RFID (nhận dạng tần số radio). Các hệ thống này có được thông tin về các chỗ đỗ xe có sẵn trong khu vực đỗ xe bằng cách sử dụng thu thập dữ liệu thời gian thực bởi các nút cảm biến nằm rải rác trong khu vực đỗ xe, cho phép người dùng sử dụng các dịch vụ bổ sung được triển khai bởi các hệ thống này, như dịch vụ thanh toán tự động tương thích với điện thoại di động, để mọi người có thể đặt trước chỗ đậu xe của họ.

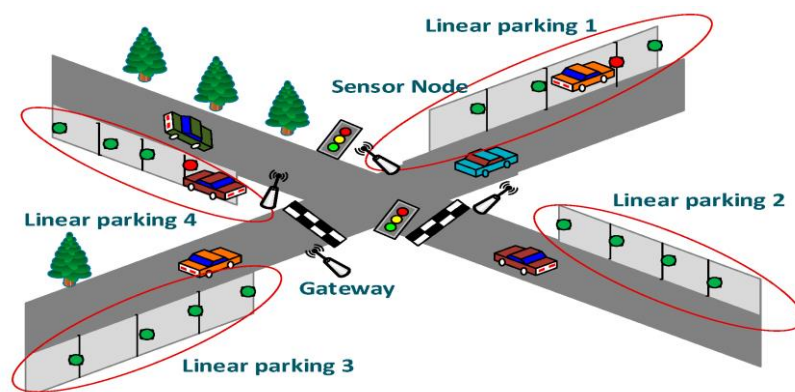
Kiến trúc chung của một hệ thống đỗ xe thông minh được minh họa trong (hình 2.1).



Hình 2.1: Minh họa kiến trúc chung của một hệ thống đỗ xe thông minh

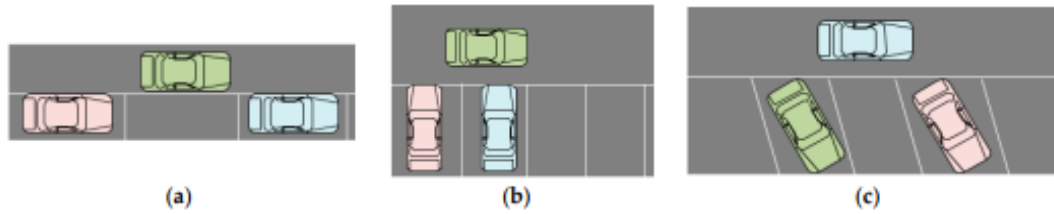
Hệ thống mà luận văn đề xuất cung cấp giải pháp dựa trên thuật toán tự tổ chức có thể thích ứng và lai cho các mạng WSN, cho phép tìm chỗ đỗ xe trong hai loại đỗ xe ngoài trời trong thành phố.

Khu vực đầu tiên là khu vực đỗ xe ngoài trời dạng đường thẳng (Hình 2.2) là khu vực đỗ xe nằm chủ yếu trên các đường phố chính, ngõ nhỏ và trung tâm thành phố, nơi tất cả các chỗ đỗ xe của khu vực đỗ xe tạo thành một đường duy nhất.



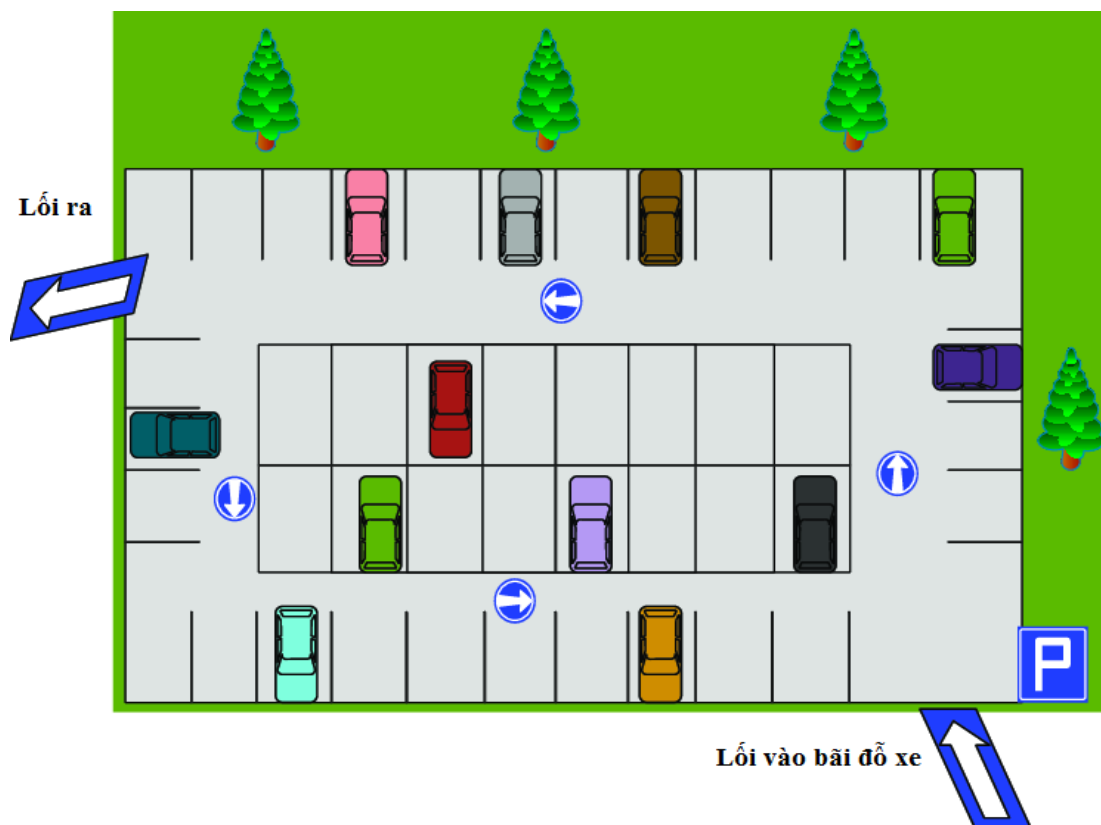
Hình 2.2: Bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường thẳng

Hiện tại có ba loại khu vực đỗ xe ngoài trời dạng đường thẳng (Hình 2.3).



Hình 2.3: Các loại bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường thẳng

Bãi đỗ xe kiểu gạch chéo là dễ đỗ nhất trong khi ngang là khó nhất, tiếp theo là dọc. Loại thứ hai là bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường khối, có diện tích đỗ xe lớn hơn bãi đỗ xe dạng đường thẳng và nằm ở các khu vực ngoại vi của thành phố và trong các khu vực lớn hơn như công viên công nghệ, trung tâm mua sắm, bệnh viện, trường học, ... (Hình 2.4).



Hình 2.4: Bãi đỗ xe ngoài trời dạng đường khối

Nhiều hệ thống quản lý bãi đỗ xe thông minh sử dụng thuật toán tự tổ chức cho các mạng cảm biến không dây hiệu quả và hiệu quả cho một loại đỗ xe (đỗ xe dạng đường thẳng hoặc đỗ xe dạng đường khối), nhưng chúng không có cùng hiệu năng đối với loại đỗ xe khác.

Ví dụ, đối với bãi đỗ xe dạng đường thẳng, hầu hết các thuật toán tự tổ chức được sử dụng đều dựa trên sự hình thành chuỗi, biết rằng có ít cảm biến trong khu vực đỗ xe, cho phép giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng giữa các nút khác nhau và cải thiện hiệu quả năng lượng trong mạng. Tuy nhiên, loại thuật toán này không hiệu quả và hiệu năng đối với việc đỗ xe dạng đường khối khi biết rằng có nhiều cảm biến trong bãi đỗ xe gây ra sự chậm trễ trong việc cung cấp dữ liệu đến trạm kết nối và điều đó sẽ tạo ra sự mất cân bằng tải giữa các nút khác nhau của chuỗi.

Vì lý do này, thuật toán tự tổ chức cho các mạng cảm biến không dây được hệ thống của luận văn áp dụng có thể thích ứng cho cả hai loại đỗ xe (dạng đường thẳng và dạng đường khối) bằng cách hình thành chuỗi hoặc cụm theo loại và xem xét các giới hạn của các mạng này theo tiêu thụ năng lượng trong quá trình giao tiếp không dây để tăng tuổi thọ của các cảm biến và tuổi thọ của mạng WSN, bằng cách tạo ra một hệ thống mạnh mẽ và bền vững.

Hệ thống của luận văn cũng cung cấp các tính năng rất hữu ích khác, chẳng hạn như quản lý chỗ đỗ xe bằng cách xác định và kiểm tra phương tiện đỗ ở những vị trí thích hợp, cải thiện an ninh chống trộm, xác định chỗ đỗ xe có sẵn gần đích của tài xế và kiểm soát việc thanh toán theo thời gian đỗ xe.

Hệ thống được đề xuất sử dụng công nghệ RFID (đầu đọc và thẻ RFID) để thực hiện các tác vụ này. Hệ thống này triển khai một ứng dụng web và một ứng dụng di động để tạo điều kiện cho các tài xế nhanh chóng tìm chỗ đỗ xe tại điểm đến của họ, và mặt khác, để nhận ra việc thanh toán thời gian đỗ xe và thực hiện đặt chỗ trực tuyến trong trường hợp đỗ xe riêng để thuận tiện cho người dùng.

2.2. Hệ thống đỗ xe thông minh hiện hành

Để quản lý và điều hành các bãi đỗ xe khác nhau trong thành phố, có hai loại giao thức tự tổ chức cho WSN: dạng đường thẳng và dạng khối.

2.2.1. *Giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng*

Các giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng là các giao thức tự tổ chức được sử dụng bởi các nút cảm biến không dây được phân tán trong một khu vực quan tâm (trong trường hợp này là khu vực đỗ xe) để hình thành và xây dựng cấu trúc liên kết chuỗi để thu thập tất cả dữ liệu được phát hiện và chuyển chúng đến trạm gốc. Các hệ thống quản lý bãi đỗ xe sử dụng các giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng này bao gồm:

Trong [22], hệ thống được đề xuất là một hệ thống sử dụng hai module: một module giám sát và một module dự phòng và bảo mật.

Module giám sát sử dụng mạng lưới các cảm biến không dây để phát hiện chỗ trống trong khu vực đỗ xe, các nút cảm biến này được cài đặt ở mỗi vị trí tạo thành một chuỗi để thu thập thông tin liên quan đến trạng thái của không gian đỗ xe. Thông tin này được gửi đến trung tâm quản lý bãi đỗ xe để sử dụng hiệu quả gửi tới người lái xe (hiển thị khoảng trống, v.v.).

Module dự phòng và bảo mật sử dụng hệ thống toàn cầu cho hệ thống thông tin di động (GSM) mà các tài xế phải gửi SMS để dành chỗ trong bãi đậu xe. Đổi lại, các tài xế nhận được một mã khóa với số chỗ trống trong khu vực đỗ, để họ có thể vào và ra với tất cả các quy tắc và với tất cả an ninh.

Trong [35], bài viết này dựa trên việc sử dụng các mạng cảm biến không dây có nút là cảm biến hồng ngoại giúp phát hiện sự có mặt của ô tô ở chỗ đậu xe. Hệ thống bao gồm hai module: một module giám sát và module chủ.

Module giám sát bao gồm bộ truyền và nhận ZigBee, màn hình tinh thể lỏng (LCD) và bộ vi điều khiển giao diện ngoại vi (PIC) điều khiển dữ liệu được cảm biến hồng ngoại phát hiện. Khi cảm biến phát hiện sự có mặt của ô tô, nó sẽ thông báo cho

vi điều khiển, để hiển thị trạng thái của chỗ đỗ xe này trên màn hình LCD và sau đó, nó sẽ gửi dữ liệu này qua giao diện truyền ZigBee đến module chủ bằng cách sử dụng cấu trúc liên kết chuỗi. Công nghệ ZigBee được sử dụng trong truyền dữ liệu cho thấy hiệu năng cao về mức tiêu thụ năng lượng trong quá trình truyền thông không dây và không tốn kém để thực hiện.

Trong [20], hệ thống này dựa trên việc sử dụng các cảm biến hồng ngoại để phát hiện sự có mặt của ô tô trong không gian đỗ xe. Hệ thống này bao gồm ba module: module đầu tiên là module giám sát chịu trách nhiệm phát hiện chỗ đỗ xe bằng các cảm biến hồng ngoại và các cảm biến này chứa bộ điều khiển PIC để xử lý dữ liệu và hệ thống ZigBee để truyền dữ liệu bằng cấu trúc liên kết chuỗi.

Module thứ hai là module dự phòng được tạo bởi module GSM để truyền và nhận dữ liệu qua SMS, cho phép đặt chỗ đỗ xe. Module thứ ba là module bảo mật sử dụng mật khẩu đã được hệ thống cung cấp, chỉ cho phép vào và ra cho những người được cho phép và những người có đặt chỗ trước. Hệ thống đặt chỗ dựa trên công nghệ GSM có thể bảo hòa với mức độ cao của không gian đỗ xe của người dùng, điều này có thể ảnh hưởng tiêu cực đến chức năng thích hợp của hệ thống đỗ xe.

Hệ thống được đề xuất CPF (Khung đỗ xe ô tô) [13] quản lý một hệ thống đỗ xe thông minh kết hợp các cảm biến (phát hiện chỗ đỗ xe), thẻ RFID và đầu đọc (cho phép truy cập bãi đậu xe, vị trí xe ô tô và phòng chống trộm cắp). Hệ thống này sử dụng mô hình truyền thông dựa trên mô hình máy chủ/ máy phụ giữa các nút cảm biến ở chế độ nối tiếp với giao tiếp cáp nối tiếp.

Tất cả các nút gửi dữ liệu của họ đến máy chủ thông qua cáp và sau đó nó sẽ gửi dữ liệu được phát hiện đến nút gốc qua giao tiếp không dây. Việc cài đặt cáp nối tiếp để liên lạc giữa các nút rất tốn kém để thực hiện và nó giới hạn hệ thống cho việc mở rộng bãi đậu xe trong tương lai, điều này sẽ gây ra các sự phức tạp trong quá trình phát triển hệ thống.

Trong [14], hệ thống được đề xuất giới thiệu một hệ thống đỗ xe thông minh mới (SPS) dựa trên việc sử dụng các công nghệ mới nhất, như WSN, ZigBee, RFID

và NFC. WSN xây dựng cấu trúc liên kết dưới dạng chuỗi để thu thập thông tin về các không gian trống trong khu vực đỗ xe. Mạng cảm biến này bao gồm ba loại cảm biến giao tiếp với công nghệ ZigBee.

Cảm biến R phát hiện sự có mặt của một chiếc ô tô trong một chỗ đậu xe có sẵn, sau đó nó sẽ gửi những dữ liệu này qua nhiều cảm biến R khác cho đến khi tới cảm biến C (trạm thông minh).

Cảm biến C thu thập tất cả thông tin và gửi đến máy chủ trung tâm. Các cảm biến RR phát hiện các thẻ RFID được cài đặt trên xe ô tô được phép đỗ trong các bãi đỗ xe đặc biệt. Khi nhãn đã được phát hiện, thông tin này được gửi qua nhiều chặng bởi các nút R, cho đến khi đến nút C, nó sẽ chuyển nó đến máy chủ trung tâm. SPS sử dụng hai ứng dụng để quản lý tốt hơn hệ thống đỗ xe, một cho người lái xe, giúp họ tìm chỗ đỗ xe nhanh chóng và dễ dàng bằng hệ thống điều hướng Google Maps với hệ thống thanh toán trực tuyến (NFC).

Một ứng dụng khác, dành cho các nhà quản lý, cho phép họ nhận thông báo từ máy chủ trung tâm thông qua GCM (Google Cloud Messaging) trên những chiếc xe đã đỗ trái phép trong không gian đặc biệt.

Các giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng này không phù hợp cho các khu vực đỗ xe lớn vì các giao thức này sẽ tạo thành các chuỗi dài hơn sẽ tạo ra sự chậm trễ một mặt trong việc cung cấp dữ liệu cho trạm cơ sở và mặt khác, tiêu thụ năng lượng rất lớn trong quá trình truyền tải dữ liệu.

Vì lý do này, các giao thức bãi đỗ xe dạng khối đã được phát triển để giải quyết những vấn đề này trong việc quản lý hiệu quả chỗ đỗ xe trong loại khu vực đỗ xe này.

2.2.2. Giao thức bãi đỗ xe dạng khối

Các giao thức bãi đỗ xe dạng khối là các giao thức tự tổ chức dựa trên việc triển khai các WSN trong bãi đỗ xe cho phép tạo ra các cụm hoặc cấu trúc cây. Các hệ thống sau sử dụng các giao thức này trong quản lý bãi đỗ xe:

Trong [6], một hệ thống đỗ xe thông minh mới (PGIS) được đề xuất, dựa trên việc sử dụng các mạng cảm biến không dây để điều khiển và quản lý bãi đỗ xe bằng cách thực hiện một hệ thống hướng dẫn sử dụng màn hình LED. Hệ thống này dựa trên WSN bao gồm ba loại nút cảm biến: nút giám sát (để phát hiện sự có mặt của phương tiện trong không gian đỗ xe), nút định tuyến (để định tuyến và định tuyến thông tin được phát hiện đến nút gốc) và nút gốc (tập hợp tất cả thông tin từ mạng để chuyển nó đến trung tâm thông tin và quản lý). Các nút này được cài đặt trong bãi đậu xe và chúng tạo thành một cấu trúc liên kết cây. PGIS sử dụng hệ thống hướng dẫn sử dụng màn hình LED được lắp đặt ở lối vào và trong các góc của bãi đỗ xe để người lái xe có thể tự định hướng và tìm chỗ đỗ được chỉ định một cách hiệu quả. Trung tâm quản lý và thông tin PGIS hỗ trợ quản lý và bảo trì toàn bộ hệ thống, xử lý dữ liệu được thu thập bởi các nút giám sát, tính toán không gian đỗ xe tối ưu cho xe mới, quản lý chi phí đỗ xe của mỗi chiếc xe đang đỗ và kiểm soát tất cả các màn hình đỗ xe.

Trong [34], tác giả đề xuất một hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên việc triển khai mạng lưới cảm biến không dây để quản lý chỗ đỗ xe trống cho những người lái xe đang tìm chỗ trống. Hệ thống này sử dụng các cảm biến ít tốn kém hơn (cảm biến ánh sáng) để thu thập thông tin về trạng thái của chỗ đỗ xe để gửi chúng đến một máy chủ trung tâm thông qua một máy chủ tổng hợp. Máy chủ trung tâm được cài đặt và kết nối qua mạng Wi-Fi và nó nhận được tất cả thông tin của tất cả các máy chủ web tích hợp của từng bãi đậu xe có sẵn trong thành phố. Hệ thống này sử dụng một ứng dụng di động để người lái xe có thể lấy thông tin về chỗ đậu xe trống. Các cảm biến ánh sáng được sử dụng bị ảnh hưởng trong hầu hết các trường hợp bởi ánh sáng xung quanh và nhạy cảm với ô nhiễm, có thể ảnh hưởng đến chất lượng và độ tin cậy của việc phát hiện xe trong không gian đỗ xe.

Trong [19], tác giả đề xuất một hệ thống đỗ xe thông minh mới dựa trên việc triển khai các công nghệ khác nhau, chẳng hạn như WSN, RFID và ZigBee. Mạng lưới các cảm biến không dây được sử dụng để phát hiện sự có mặt của các phương

tiện trong không gian đỗ xe với các cảm biến siêu âm được lắp đặt trong các không gian này và thông báo cho trạm cơ sở về trạng thái của các vị trí này (trống hoặc đầy).

Các cảm biến này bao gồm hai loại nút: các nút giám sát được cài đặt tại các vị trí đỗ xe và các nút định tuyến chịu trách nhiệm chuyển thông tin được thu thập bởi các nút giám sát đến trạm gốc bằng cách tạo cấu trúc liên kết cây. Giao tiếp giữa các cảm biến khác nhau và trạm gốc dựa trên công nghệ ZigBee cho phép liên lạc khoảng cách ngắn và giảm mức tiêu thụ năng lượng. Hệ thống đỗ xe này cung cấp một công nghệ RFID mới có vai trò rất quan trọng trong việc xác định các phương tiện vừa đỗ trong một không gian trống và có vai trò quan trọng trong việc định giá bằng cách kiểm soát thời gian giữa lúc vào và ra.

Trong [8], tác giả đã phát triển hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên việc sử dụng các cảm biến không dây lai (cảm biến hồng ngoại + RFID), tạo thành cấu trúc cụm cây. Mỗi hệ thống được trang bị ba đèn LED (đỏ, xanh lá cây, xanh dương) để kiểm soát và quản lý sự khả dụng của chỗ đậu xe. Hệ thống được đề xuất này bao gồm bốn module thiết yếu là modul đặt chỗ trực tuyến, module đầu vào, module đầu ra và module quản lý bãi đỗ xe.

Trong [21], tác giả đã tạo ra một hệ thống đỗ xe thông minh mới (SIMERT) dựa trên việc lắp đặt hai cảm biến không dây trong mỗi không gian đỗ xe để phát hiện sự có mặt của phương tiện và kiểm soát việc đỗ xe tốt trong các bãi đỗ xe. Hệ thống này sử dụng công nghệ WSN bao gồm ba loại cảm biến (nút cảm biến giám sát, nút định tuyến và nút gốc) tạo thành cấu trúc liên kết cụm. Không gian đỗ xe được chia thành các khu vực (cụm) nơi mỗi đại lý chịu trách nhiệm cho từng khu vực. Hệ thống này triển khai hai ứng dụng Android, một cho người lái xe xem các chỗ đỗ xe có sẵn và một cho các đại lý, có hệ thống gửi thông báo về bất kỳ sự kiện nào xảy ra trong khu vực đỗ xe của mỗi đại lý.

Trong [18], tác giả đã triển khai các cảm biến mạng không dây để giám sát và quản lý chỗ đỗ xe trong bãi đỗ xe. Để phát hiện sự có mặt của các phương tiện, tác giả đã sử dụng các cảm biến tiệm cận bao gồm Arduino Uno gửi dữ liệu tới Raspberry

Pi được cấu hình dưới dạng máy khách và sau đó, sẽ gửi dữ liệu nhận được đến máy chủ cuối thông qua Wi-Fi bằng cách tạo cấu trúc liên kết cây. Hệ thống này sử dụng một ứng dụng di động dựa trên dữ liệu được lưu trữ trong máy chủ này để thông báo và định vị các khu vực đỗ xe có sẵn gần điểm đến của người lái xe. Tác giả đã cải thiện hệ thống bằng cách thêm hệ thống thanh toán bằng thẻ RFID sẽ được kiểm tra tại lối vào của bãi đỗ xe để nhận ra sự tương ứng giữa ID RFID và không gian dành riêng, và trong đầu ra, để thực hiện thanh toán một cách hiệu quả và nhanh chóng, và mặt khác, để điều khiển di chuyển của ô tô trong khu vực đỗ xe này.

Hệ thống quản lý đỗ xe thông minh được đề xuất trong [5] dựa trên việc triển khai ba loại công nghệ được sử dụng trong miền IoT, nhận dạng tần số vô tuyến (RFID), nhận dạng biển số tự động (ALPR) và mạng cảm biến không dây (WSN). Mạng cảm biến không dây thực hiện một thuật toán đường khởi cho phép tạo ra một cấu trúc liên kết cụm giữa các nút khác nhau, các nút cảm biến này được chia thành ba loại. Các nút SN nằm trong mỗi không gian trong khu vực đỗ xe để phát hiện số lượng vị trí của không gian này. Các nút GN được đặt ở vị trí chiến lược trong khu vực đỗ xe để thu thập các vị trí đã được đỗ được truyền bởi một số nút SN xác định để chuyển chúng sang nút CN. Nút CN có trách nhiệm quản lý tất cả thông tin của toàn bộ khu vực đỗ xe và liên lạc với máy chủ cơ sở dữ liệu. Hệ thống này sử dụng các dịch vụ bổ sung như ứng dụng di động để nhận các bản cập nhật theo thời gian thực và NFC (công nghệ kết nối không dây phạm vi gần) để đặt chỗ đỗ xe và thanh toán trực tuyến.

Trong [9], tác giả đã phát triển một hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên việc sử dụng mạng cảm biến không dây và IoT để quản lý vấn đề đỗ xe trong bãi đỗ xe ngoài trời trong thành phố. Các nút này được cài đặt trong mỗi không gian đỗ xe và chúng bao gồm một cảm biến siêu âm để phát hiện sự có mặt của một chiếc xe trong không gian đỗ xe và module giao tiếp Wi-Fi để gửi trạng thái chiếm đóng tới máy chủ đám mây quản lý tất cả các bãi đỗ xe trong thành phố.

Mạng WSN được triển khai trong hệ thống này không tạo thành bất kỳ cấu trúc liên kết mạng nào giữa các nút cảm biến khác nhau để chuyển dữ liệu được phát hiện sang máy chủ đám mây. Dữ liệu được lưu trữ trong máy chủ đám mây được khai thác bằng ứng dụng Android (ParkX) để người dùng có thể tham khảo và điều hướng đến các chỗ đỗ xe có sẵn gần điểm đến của họ. Giao tiếp không dây Wi-Fi tiêu thụ rất nhiều năng lượng trong quá trình truyền dữ liệu, điều này sẽ ảnh hưởng tiêu cực đến tuổi thọ pin của các nút và đến tuổi thọ của mạng. Tuy nhiên, công nghệ này cho thấy hiệu năng tuyệt vời về khả năng xuyên chướng ngại vật so với ZigBee.

Tác giả của [28] đề xuất một hệ thống quản lý bãi đậu xe thông minh để quản lý vấn đề đỗ xe trong bãi đậu xe lớn ở các khu vực như sân bay hoặc khuôn viên sử dụng RFID. Các đầu đọc RFID được cài đặt trong mỗi chỗ đỗ xe và tại lối vào và lối ra để bảo vệ khu vực đỗ xe và quản lý trạng thái sẵn có của chỗ đỗ xe. Đầu đọc RFID kích hoạt thẻ RFID thụ động trên thẻ của người lái xe vào hoặc ra hoặc đỗ xe trong khu vực và đọc thông tin của thẻ chứa số nhận dạng duy nhất để chuyển chúng vào cơ sở dữ liệu của hệ thống thông qua giao tiếp nhiều bước sử dụng công nghệ Wi-Fi, để cập nhật trạng thái chiếm đóng của các bãi đỗ xe trong thời gian thực.

Các giao thức bãi đỗ xe dạng khối này đã cải thiện sự chậm trễ trong việc cung cấp dữ liệu đến trạm gốc và đã giảm mức tiêu thụ năng lượng khổng lồ khi truyền dữ liệu so với các giao thức dạng đường thẳng. Tuy nhiên, các giao thức này chỉ áp dụng cho các bãi đỗ xe có cấu trúc nhóm hoặc khối, điều này cho phép tạo ra các cụm không hữu ích cho các bãi đỗ xe dạng đường thẳng mà chúng sẽ tạo ra, một mặt, làm mất cân bằng tải giữa các nút cảm biến và mặt khác, giảm thiểu tuổi thọ của toàn bộ mạng.

2.3. Các tiêu chuẩn IoT hỗ trợ bãi đỗ xe thông minh

Nhu cầu về một tiêu chuẩn IoT là không thể nghi ngờ nếu đạt được khả năng tương tác của các hệ thống IoT. Câu hỏi đặt ra là liệu một tiêu chuẩn duy nhất có thể bao gồm số lượng lớn công nghệ cần thiết để khiến IoT hoạt động hay không, bao

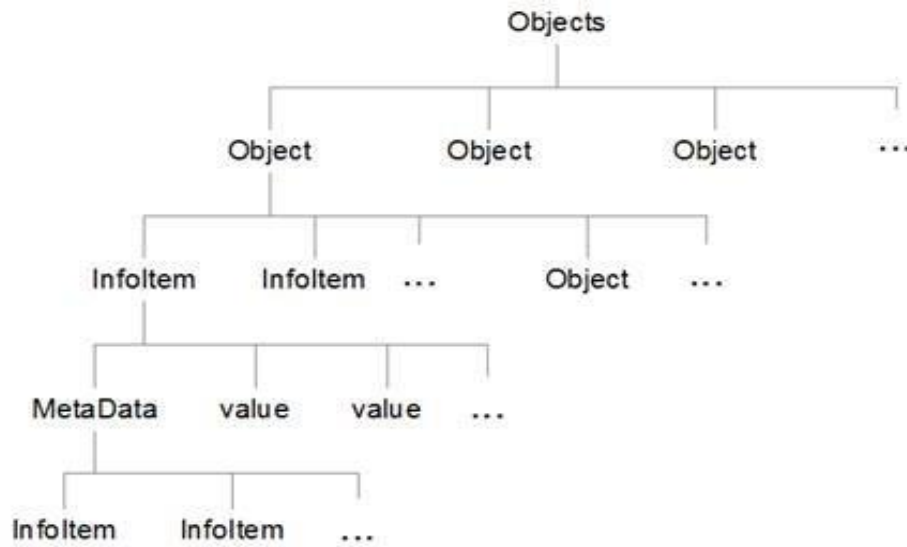
gồm các lớp: lớp ứng dụng, lớp mạng/vận chuyển và lớp vật lý/liên kết. Trong các phần sau, một vài tiêu chuẩn bao gồm một hoặc nhiều lớp được trình bày ngắn gọn.

2.3.1. Tiêu chuẩn định dạng dữ liệu mở

Định dạng dữ liệu mở (O-DF) là một tiêu chuẩn IoT của “open group” với mục tiêu chính là giải quyết các yêu cầu của lớp ứng dụng của IoT và thúc đẩy khả năng tương tác giữa các hệ thống. O-DF cho phép các nguồn dữ liệu xuất bản sự hiện diện của dữ liệu đó và cung cấp quyền truy cập dễ dàng vào dữ liệu với khả năng lọc đặc tính/quy tắc dựa trên dữ liệu đó [27].

Có thể đạt được việc xuất bản dữ liệu có sẵn bằng O-DF bằng cách sử dụng các đường dẫn hay địa chỉ (URL) quen thuộc. Cấu trúc tương tự của O-DF hỗ trợ trao đổi dữ liệu giữa các hệ thống. O-DF cho phép các hệ thống thông tin quản lý dữ liệu liên quan đến IoT do tiêu chuẩn biểu diễn dữ liệu tổng quát của nó. Nó sử dụng định danh đối tượng để có thể theo dõi dữ liệu liên quan đến một mục IoT cụ thể từ các hệ thống thông tin khác nhau. Mã định danh đối tượng là một trong những cấu trúc dữ liệu quan trọng nhất trong tất cả các tiêu chuẩn IoT chung, vì đó có thể là cách duy nhất để xác định các bên yêu cầu dữ liệu, bối cảnh yêu cầu và khả năng hiển thị và truy cập dữ liệu có thể phụ thuộc vào nhau.

Đặc điểm kỹ thuật của O-DF được thực hiện bằng lược đồ XML. O-DF có thể so sánh với lập trình hướng đối tượng liên quan đến kiểu được sử dụng để tạo cấu trúc thông tin. Cấu trúc O-DF là một cấu trúc phân cấp với phần tử đối tượng là phần tử trên cùng của nó, như được minh họa trong hình 2.5. Không có giới hạn về số lượng phần tử con đối tượng để tạo thành phần tử đối tượng.



Hình 2.5: Minh họa của phân cấp phần tử O-DF

InfoItem là các thành phần phụ cho các thuộc tính của các thành phần phụ Object, nhưng các thuộc tính cũng bao gồm các thành phần phụ Object và cây Object có thể tăng bất kỳ số cấp nào. Nội dung O-DF mô tả IoT “Thing” có thể được gửi bởi bất kỳ giao thức nhắn tin nào, chẳng hạn như dịch vụ RESTful, dịch vụ tin nhắn Java (JMS) e.t.c.

2.3.2. Truyền tải hàng đợi từ xa cho mạng cảm biến

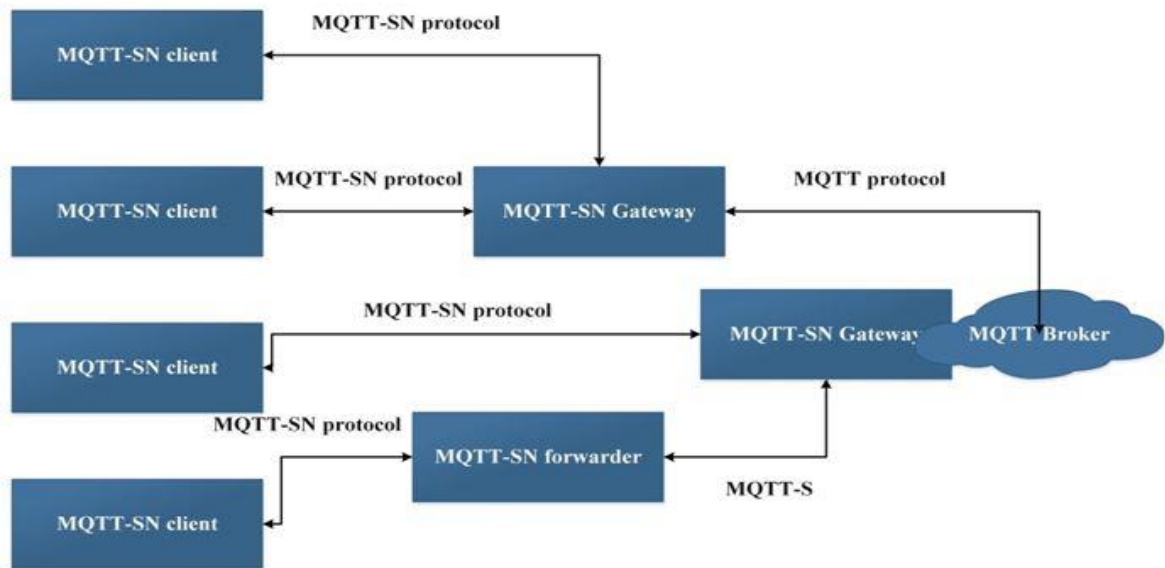
Truyền tải hàng đợi từ xa tin nhắn (MQTT) là một giao thức nhắn tin gọn nhẹ theo mô hình publish/subscribe (xuất bản – đăng ký), ban đầu được phát triển bởi IBM nhưng bây giờ nó là tiêu chuẩn mở [16]. Sự phát triển của nó nhằm mục đích sử dụng trong các môi trường có độ tin cậy cao, băng thông thấp và có khả năng hoạt động trong điều kiện đường truyền không ổn định, tuy nhiên một giao tiếp tập trung vào dữ liệu là cần thiết để được hỗ trợ. Hệ thống xuất bản tin nhắn/đăng ký tin nhắn là một trong những ví dụ truyền thông tập trung vào dữ liệu, trong đó thông tin được gửi đến người nhận dựa trên nội dung và sở thích thay vì địa chỉ mạng [11].

Giao thức MQTT không sử dụng cho các ứng dụng có thiết bị bị hạn chế tài nguyên - các thiết bị rất đơn giản với dung lượng lưu trữ hạn chế, chi phí thấp và khả năng tính toán thấp vì sự hỗ trợ cho mạng TCP/IP rất xa và phức tạp. Điều này dẫn

đến sự phát triển của MQTT-SN - giao thức publish/subscribe cho các mạng cảm biến không dây được tối ưu hóa cho các thiết bị hoạt động bằng pin, chi phí thấp với nguồn lực hạn chế. Sự độc lập của MQTT-SN khỏi các dịch vụ mạng cơ bản cho phép sử dụng mọi giao tiếp hai chiều giữa các nút và cổng được sử dụng [25].

Các cổng có thể được phân thành hai loại; một cổng trong suốt hoặc một cổng tổng hợp. Việc phân loại này dựa trên bản chất của kết nối giữa máy khách và máy chủ. Với cổng trong suốt, có một kết nối đầu cuối độc quyền giữa mỗi máy khách và máy chủ được duy trì mọi lúc và một tin nhắn gần như trong suốt được trao đổi giữa hai máy. Ưu điểm với thiết lập này là, tất cả các chức năng và tính năng từ máy chủ MQTT đều hiển thị cho khách hàng. Tuy nhiên, nhược điểm là trên thực tế, một số máy chủ có thể không hỗ trợ số lượng kết nối đồng thời không giới hạn. Tùy chọn khác là cổng tổng hợp trong đó không phải tất cả các máy khách được kết nối với cổng được kết nối thông qua máy chủ MQTT, nhưng chỉ một số được chọn bởi cổng tổng hợp.

Cấu trúc thiết lập của giao thức MQTT-SN chủ yếu bao gồm ba thành phần; khách hàng MQTT-SN, cổng và giao nhận. Hình 2.6 cho thấy kiến trúc MQTT-SN và sự kết nối của các thành phần. Do các máy khách MQTT-SN không có ngăn xếp TCP/IP, chúng kết nối với máy chủ MQTT-SN thông qua cổng MQTT-SN bằng giao thức MQTT-SN. Có hai cấu hình có thể có của gateway, nó là một phần không thể thiếu của máy chủ hoặc một cổng độc lập. Trong trường hợp sau, vai trò của gateway là dịch giữa các giao thức MQTT-SN và MQTT. Vì MQTT được sử dụng giữa cổng và máy chủ nhưng máy khách và cổng sử dụng giao thức MQTT-SN để liên lạc với nhau, nên việc dịch thuật là cần thiết.



Hình 2.6: Kiến trúc MQTT - SN

Bộ chuyển tiếp là một kênh khác mà qua đó máy khách có thể tương tác với máy chủ, bộ chuyển tiếp chỉ cần đặt các gói từ máy khách vào chi tiết khung MQTT và chuyển tiếp nó tới máy chủ. Điều ngược lại xảy ra đối với giao tiếp từ máy chủ MQTT đến máy khách MQTT-SN.

2.3.3. Giao thức ứng dụng ràng buộc

CoAP là một giao thức truyền tải tài liệu theo mô hình client/server (máy khách/ máy chủ) dựa trên internet tương tự như giao thức HTTP nhưng được thiết kế cho các thiết bị ràng buộc. Giao thức này hỗ trợ một giao thức one-to-one để chuyển đổi trạng thái thông tin giữa client và server. Giao thức ứng dụng ràng buộc (CoAP) là giao thức chuyển web được thiết kế đặc biệt cho các nút và mạng có khả năng hạn chế [23].

Các nút bị ràng buộc có thể đơn giản như một hệ thống dựa trên vi điều khiển 8 bit với số lượng RAM và ROM hạn chế. Các mạng thường có tỷ lệ lỗi gói cao và băng thông thấp, một ví dụ là IPv6 trên mạng khu vực cá nhân không dây năng lượng thấp (6LoWPAN).

CoAP được tạo ra từ những nỗ lực của nhóm làm việc ràng buộc RESTful Envirments (CoRE) và nó đã được tiêu chuẩn hóa trong IETF với tên RFC 7252. CoAP theo mô hình máy khách/máy chủ trong đó máy khách gửi yêu cầu và máy chủ trả lời. Một trong những phần thú vị của khách hàng CoAP là họ có thể chuyển đổi giữa các vai trò. CoAP có thể được xem như là một HTTP được tối ưu hóa cung cấp một phần của các phương thức REST cho các ứng dụng M2M/IoT bị ràng buộc. Do đó, các động từ HTTP; GET, PUT, POST và DELETE được hỗ trợ và các thiết bị có thể sử dụng chúng để yêu cầu dữ liệu từ máy chủ. CoAP mang đến một số tính năng tốt cho cộng đồng M2M/IoT bao gồm nhưng không giới hạn ở khám phá tích hợp, hỗ trợ phát đa hướng và trao đổi tin nhắn không đồng bộ.

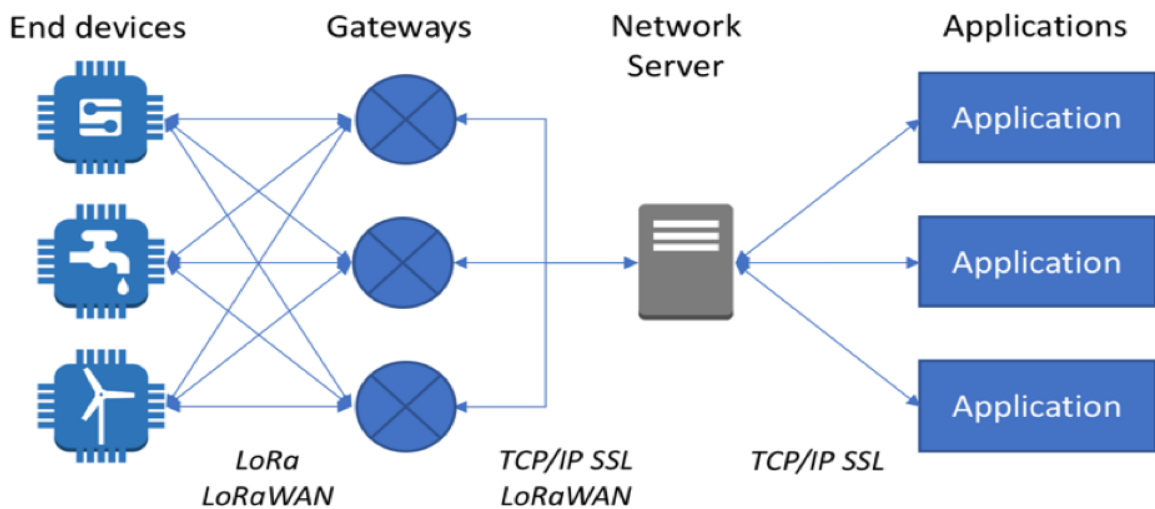
Tính năng khám phá tích hợp cho phép khách hàng tìm hiểu các tài nguyên nằm trên máy chủ. Các thiết bị mạng con được hưởng lợi từ tính năng tương tự như chúng có thể tự khám phá. Ngoài ra còn có khả năng đăng tài nguyên được mô tả đầy đủ lên các thực thể thư mục tài nguyên (RD) từ đó người khác có thể biết ai lưu trữ tài nguyên nào. Hỗ trợ phát đa hướng cho phép liên lạc nhóm, trong đó nhiều thiết bị tương tự được truy vấn đồng thời. [30] Vì CoAP chạy trên UDP để thực hiện trao đổi tin nhắn giữa các điểm cuối, nên nó sử dụng bốn loại thông báo để đạt được giao tiếp đáng tin cậy và bắt chước các giao thức TCP. Những loại tin nhắn là: Có thể xác nhận, không xác nhận, xác nhận và đặt lại.

Loại tin nhắn có thể xác nhận nhấn mạnh với người nhận rằng cần phải có xác nhận đã nhận được tin nhắn. Người gửi lặp lại việc gửi cùng một tin nhắn với cùng một ID tin nhắn cho đến khi nhận được xác nhận từ người nhận hoặc thông báo đặt lại để biết không thể xử lý tin nhắn. Thông điệp không thể xác nhận được sử dụng trong các tình huống giao tiếp đáng tin cậy không quan trọng và việc xác nhận là không cần thiết.

2.3.4. Giao thức LoRaWan

Ngăn xếp giao thức LoRaWAN là nguồn mở và nó được phát triển bởi liên minh LoRa, dẫn đầu bởi IBM, Actility, Semtech và Microchip. Nó phù hợp với mô

hình kết nối được gọi là mạng diện rộng công suất thấp (LPWAN) đang được quảng bá để thúc đẩy triển khai IoT. Nó được phát triển để hỗ trợ kiến trúc mạng LoRa. Kiến trúc LoRaWAN bao gồm các thiết bị đầu cuối, cổng và máy chủ mạng, như trong hình 2.7. Máy chủ mạng sau đó liên kết với các máy chủ ứng dụng khác nhau.



Hình 2.7: Các thành phần và liên kết mạng LoRa

Các thiết bị cuối có thể được triển khai trong ba lớp nhằm hỗ trợ các yêu cầu khác nhau cho các ứng dụng nhất định. Có các lớp A, B và C [12]. Tất cả các lớp này hỗ trợ giao tiếp hai chiều giữa các thiết bị đầu cuối và các cổng, nhưng việc thực hiện không giống nhau. Ví dụ, trong lớp A, có hai trường hợp nghe/nhận sau mỗi lần truyền và việc lên lịch hoàn toàn tùy theo nhu cầu của thiết bị cuối [29]. Cửa sổ nghe thứ hai được lên lịch trên một băng con khác phải được thỏa thuận với NetSer. Lớp này cung cấp các tùy chọn tiết kiệm năng lượng cho các thiết bị phải liên hệ với máy chủ để nhận được thứ gì đó.

Điều này có nghĩa là cách duy nhất mà máy chủ có thể liên lạc với thiết bị cuối là sau khi thiết bị cuối đã liên lạc với nó. Đối với các thiết bị cuối lớp B, trên tất cả các tính năng bắt buộc được cung cấp bởi lớp A, chúng bổ sung vào khả năng lên lịch các cửa sổ nhận thêm. Việc lập lịch trình các cửa sổ nhận bởi một điểm cuối tạo ra nhu cầu đồng bộ hóa đồng hồ thiết bị với máy chủ và điều này đạt được bằng cách gửi các cổng báo hiệu đồng bộ hóa. Theo sự sắp xếp này, máy chủ có thể biết khi nào nó có thể liên lạc với thiết bị đầu cuối thay vì chờ thiết bị liên lạc với máy chủ, thông

qua cổng. Cổng này trong suốt với thiết bị cuối, nghĩa là nó không có kiến thức về nội dung của gói, nó chỉ đơn giản là thêm thông tin bổ sung về kênh liên lạc như chỉ báo cường độ tín hiệu vô tuyến (RSSI). Một cổng được xây dựng với bộ tập trung hỗ trợ xử lý song song lên đến 9 kênh LoRa và các kênh được phân biệt bằng cách sử dụng một băng con và hệ số lan truyền [4].

Các thiết bị cuối Class C vẫn ở trong mô hình nhận ngoại trừ tại thời điểm chúng đang truyền một thứ gì đó. Lớp này phù hợp với các thiết bị phải nhận khối lượng dữ liệu lớn nhưng cần truyền ít hơn.

2.4. Lợi ích của việc sử dụng IoT trong việc quản lý bãi đỗ xe

Trước khi thực hiện một hệ thống như vậy, lợi ích của nó so với chi phí cần phải được xem xét. Các lợi thế của việc có một hệ thống quản lý bãi đỗ xe trái ngược với việc đỗ xe tại bãi đỗ xe không giám sát được liệt kê dưới đây:

- Cho phép nhiều xe hơn được đỗ dễ dàng trong một khu vực nhỏ.
- Giảm tắc nghẽn giao thông và tai nạn trong bãi đỗ xe và do đó giảm sử dụng ô tô không cần thiết.
- Cải thiện tùy chọn người dùng và chất lượng dịch vụ
- Cải thiện thiết kế linh hoạt cho các khu vực yêu cầu bãi đậu xe,
- Khả năng đáp ứng việc sử dụng bãi đậu xe mới và đáp ứng nhu cầu mới.
- Giảm tác động môi trường bất lợi

Có một số lợi thế khác về an toàn, bảo mật giúp dễ dàng hơn cho tài xế. Ngoài ra, sử dụng không gian tiết kiệm và hiệu quả và bãi đậu xe thân thiện với môi trường hệ thống.

❖ An toàn, bảo mật và dễ dàng cho người lái xe

Bằng cách sử dụng hệ thống quản lý bãi đỗ xe, ô tô sẽ tốn ít thời gian hơn để di chuyển xung quanh các bộ phận của một bãi đỗ xe không có chỗ trống và sẽ có thể lái xe trực tiếp đến đúng chỗ đỗ xe. Di chuyển xung quanh bãi đỗ xe có thể nguy hiểm do tầm nhìn của tài xế bị cản trở bởi những chiếc xe khác làm cho khó nhìn thấy

những chiếc xe khác ra khỏi bãi đậu xe hoặc người đi bộ di chuyển giữa các xe. Do đó, đến một bãi đỗ xe nhanh hơn sẽ loại bỏ sự thất vọng giữa các tài xế và tăng sự an toàn trong bãi đỗ xe. Hệ thống này sẽ làm cho bãi đỗ xe thuận tiện hơn cho người lái xe và cũng tăng sự an toàn cho xe của họ theo dõi.

❖ Sử dụng không gian tiết kiệm và hiệu quả

Bằng cách sử dụng hệ thống quản lý bãi đỗ xe, ô tô có thể được phân bổ vào bãi đỗ xe có thể trong tự di chuyển ô tô, sử dụng bằng chuyển, đến một nơi quy định trong bãi đỗ xe. Bằng cách này ít nhất 30% ô tô có thể phù hợp với khu vực này so với một bãi đậu xe thông thường. Điều này cũng loại bỏ sự cần thiết của rất nhiều diện tích mặt đất vì mọi người sẽ không cần phải leo cầu thang hoặc di chuyển xung quanh xe ô tô. Điều này cho phép bãi đỗ xe phù hợp với nhiều xe hơn trong cùng khu vực. Điều này sẽ đặc biệt hữu ích ở các thành phố lớn nơi diện tích đất đắt đỏ. Mặc dù hệ thống sẽ tốn tiền để duy trì, các chi phí như làm sạch, thông gió, chiếu sáng và phòng cháy chữa cháy sẽ bị loại bỏ vì khu vực đỗ xe được phân loại là không gian trống không có người ở.

❖ Trong khi thực hiện hệ thống đỗ xe thông minh, chủ xe, người điều hành bãi đỗ xe và cũng được hưởng lợi từ môi trường. Khi nhìn vào người điều khiển bãi đỗ xe, mẫu đỗ xe trong tương lai có thể dễ dàng dự đoán từ thông tin được thu thập từ hệ thống đỗ xe thông minh.

Giá đỗ xe cũng có thể dựa trên thông tin có được để cải thiện lợi nhuận của tổ chức. Khi nhìn vào môi trường, mức độ ô nhiễm có thể giảm bằng cách giảm ô nhiễm không khí trong không khí. Lượng thời gian dành cho việc tìm chỗ đỗ xe được giảm xuống dẫn đến tiết kiệm thời gian và tiêu thụ nhiên liệu. Các chủ sở hữu xe hơi cũng được hưởng lợi từ hệ thống vì hệ thống tự động chỉ ra chỗ đỗ xe có sẵn, điều này trực tiếp làm giảm lượng xe đi lại và thời gian để tìm kiếm một vị trí có sẵn. Với thông tin được cung cấp bởi hệ thống, người lái xe ô tô có thể dễ dàng tránh chỗ đỗ xe đầy và xác định vị trí đỗ xe trống .

Số lượng ô tô đỗ trái phép cũng giảm. Ngoài ra, tắc nghẽn giao thông được giảm. Những ưu điểm khác đi kèm với hệ thống đỗ xe thông minh là cung cấp sự an toàn, bảo mật. Những ưu điểm này giúp người dùng dễ dàng sử dụng. Một số lợi thế hơn có thể là kinh tế và hiệu quả trong không gian và môi trường thân thiện trong bãi đậu xe .

2.5. Kết luận chương 2

Chương 2 luận văn trình bày về ứng dụng của IoT trong hệ thống đỗ xe thông minh. Trong đó luận văn chỉ ra việc quản lý các bãi đỗ xe khác nhau trong thành phố có hai loại giao thức tự tổ chức cho WSN: giao thức bãi đỗ xe dạng đường thẳng xây dựng cấu trúc liên kết chuỗi và giao thức bãi đỗ xe dạng khối xây dựng cấu trúc liên kết cụm hoặc cây. Với từng giao thức, trong chương 2 đưa ra các hệ thống sử dụng các giao thức đó trong quản lý bãi đỗ xe. Chương 2 luận văn tìm hiểu về các giao thức truyền tải hàng đợi từ xa, giao thức ứng dụng ràng buộc và giao thức LoRaWan hỗ trợ cho bãi đỗ xe thông minh.

Trong chương 2, luận văn cũng nêu những lợi ích của việc sử dụng IoT trong việc quản lý bãi đỗ xe. Sử dụng IoT cho phép các xe đỗ trong bãi đỗ xe dễ dàng hơn, giảm tắc nghẽn giao thông, an toàn và bảo mật, sử dụng không gian tiết kiệm và hiệu quả, cải thiện tùy chọn người dùng và chất lượng dịch vụ.

Trên đây là những nội dung cơ bản về ứng dụng của IoT trong hệ thống đỗ xe thông minh là cơ sở để đề tài nghiên cứu giải pháp bãi đỗ xe thông minh dựa trên công nghệ IoT cho thành phố Bắc Ninh.

CHƯƠNG 3: ĐỀ XUẤT HỆ THỐNG THÔNG MINH DỰA TRÊN IoT CHO QUẢN LÝ BÃI ĐỖ XE TẠI THÀNH PHỐ BẮC NINH

3.1. Đặt vấn đề

Tốc độ tăng trưởng kinh tế (GDP) trên địa bàn thành phố Bắc Ninh đạt 11,9%; Cơ cấu kinh tế chuyển dịch theo hướng tích cực, tăng tỷ trọng thương mại - dịch vụ, công nghiệp - xây dựng đạt trên 97%. Thành phố Bắc Ninh đẩy mạnh thu hút đầu tư, xây dựng và phát triển các khu công nghiệp (KCN) lớn như: KCN Quế Võ (650 ha), KCN Hạp Lĩnh - Nam Sơn (300 ha) và 05 cụm công nghiệp làng nghề, thu hút gần 2.000 doanh nghiệp và hàng trăm cơ sở, hợp tác xã sản xuất công nghiệp - tiểu thủ công nghiệp đang hoạt động hiệu quả. Công tác quy hoạch và đầu tư xây dựng hạ tầng đô thị - nông thôn được triển khai tích cực, bộ mặt đô thị ngày càng được đổi mới, nhiều tuyến đường giao thông kết nối nội ngoại thành, các tuyến đường trung tâm được xây dựng mới và nâng cấp; nhiều dự án khu đô thị với quy mô lớn được đầu tư và đưa vào sử dụng như: Vũ Ninh - Kinh Bắc, Hòa Long - Kinh Bắc, Hồ Ngọc Lâm III; Khu đô thị mới đường Lê Thái Tổ (khu HUD); Khu đô thị mới Bắc đường Kinh Dương Vương (phường Vũ Ninh); Khu đô thị mới Nam Võ Cường (phường Võ Cường)...

Trong quá trình đô thị hóa đang diễn ra mạnh mẽ ở Việt Nam cũng như các nước đang phát triển khác, vấn đề giao thông bền vững luôn được đặc biệt quan tâm. Một thành phố cửa ngõ có môi trường giao thông tốt thì sẽ tạo được tiền đề, động lực thúc đẩy quá trình phát triển. Ngược lại sẽ trở thành nguy cơ và lực cản lớn đối với việc phát triển của chính thành phố và cả quốc gia đó. Ý thức được tầm quan trọng đó, các thành phố trên thế giới đều quan tâm xem xét và đẩy mạnh phát triển hạ tầng kỹ thuật, đặc biệt là đầu tư xây dựng hệ thống giao thông hiện đại, đáp ứng được tốt nhất nhu cầu của người dân.

Bắc Ninh không chỉ được biết đến là một vùng đất cổ về truyền thống lịch sử mà còn nằm trong Top đầu cả nước về phát triển kinh tế văn hóa xã hội với quy mô và tốc độ phát triển đô thị hết sức mạnh mẽ vậy nên trong sẽ cần có những bãi đỗ xe thông minh để đáp ứng được nhu cầu giao thông của người dân. Thành phố Bắc Ninh thuộc tỉnh Bắc Ninh, phát triển sau các thành phố tiềm năng lớn như Hà nội, thành phố Hồ Chí Minh, thành phố Hải Phòng nên có thời gian để nhìn nhận lại vấn đề quy hoạch đô thị nói chung và giao thông đô thị nói riêng.

Với mục tiêu xây dựng thành phố thông minh, xây dựng phát triển Hệ thống giao thông thông minh trở thành lĩnh vực then chốt cơ bản của một đô thị thông minh, hỗ trợ cho công tác quản lý nhà nước và mang lại những lợi ích cho xã hội như thúc đẩy phát triển sản xuất và lưu thông hàng hóa, nâng cao chất lượng dịch vụ ngành du lịch, giảm ô nhiễm môi trường.

Công nghệ IoT trong giao thông thông minh không chỉ được ứng dụng rộng rãi cho quản lý giao thông, các giải pháp đỗ xe thông minh, ... mà còn được ứng dụng cho quản lý đội tàu, giải pháp viễn thông, giải trí hành khách và các giải pháp an ninh. Hơn nữa, công nghệ IoT cho phép thúc đẩy các hệ thống quản lý giao thông thực thi, quản lý các giải pháp liên quan đến mạng lưới, cung cấp các dịch vụ và thu phí điện tử trong lĩnh vực giao thông vận tải như [1].

Sự ra đời các bãi đỗ xe thông minh được xem là giải pháp cấp thiết và hợp lý cho tình trạng giao thông tại các thành phố lớn hiện nay sự gia tăng chóng mặt các phương tiện giao thông đang khiến Việt Nam đứng trước cơn khủng hoảng bãi đỗ xe. Các bãi đỗ xe trong thành phố mới chỉ đáp ứng được 30% nhu cầu của người dân 70% còn lại là bãi đỗ xe trái phép. Đây cũng chính là nguyên nhân khiến các lòng đường ngày càng thu hẹp, giao thông trở nên tắc nghẽn, như vậy sự ra đời các bãi đỗ xe thông minh được xem là giải pháp cấp thiết và hợp lý cho tình trạng này tại các thành phố lớn.

Dịch vụ đỗ xe thông minh đô thị bao gồm các chức năng quản lý, cung cấp thông tin và thu phí tự động được coi là công cụ hoàn hảo để giải quyết những thách

thức tắc nghẽn giao thông do tìm kiếm chỗ đậu xe trên đường, cải thiện lưu lượng giao thông trong thành phố. Hiện nay thành phố chưa xảy ra hiện tượng tắc nghẽn xe trầm trọng như ở Hà Nội, thành phố Hồ Chí Minh và một số thành phố khác trên thế giới nhưng hiện tượng thiếu và không hợp lý của hệ thống bến bãi đỗ xe đã xuất hiện. Nếu từ bây giờ thành phố Bắc Ninh không có giải pháp quy hoạch hệ thống bến bãi đỗ xe cho hiện tại và tương lai thì sẽ rơi vào tình trạng ùn tắc khi khu vực phát triển ngày càng tăng.

3.2. Đặc điểm tình hình của bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh

Thời gian qua, thành phố Bắc Ninh đã quan tâm đầu tư phát triển hạ tầng giao thông, đồng thời triển khai nhiều biện pháp cụ thể nhằm giảm ùn tắc giao thông như: phân luồng, xén vĩa hè, phân làn giao thông, cấm taxi trên một số trục giao thông chính, xây dựng các cầu vượt kết cấu nhẹ tại một số nút giao thông, mở rộng quy mô và phân luồng lại một số bến xe khách... Tuy nhiên, tình trạng ùn tắc, mất an toàn giao thông, thiếu chỗ đỗ xe vẫn là vấn đề bức xúc của thành phố. Để giải quyết nhu cầu điếm, thành phố sẽ có những biện pháp để cải thiện tình hình giao thông như xây dựng bãi đỗ xe thông minh.

Đến nay, trên địa bàn thành phố Bắc Ninh quy hoạch được 91 vị trí bãi đỗ xe tỉnh với tổng diện tích 43,74 ha; trong đó, có 46 điểm được UBND tỉnh cho phép khảo sát địa điểm với tổng diện tích 28,53ha, còn lại nằm trong các đồ án quy hoạch được phê duyệt. Đối với các đồ án quy hoạch chi tiết duyệt trong năm 2019 đều bố trí 2-5% diện tích đất dành cho bãi đỗ xe.

Hiện thành phố xây dựng được một số điểm, bãi đỗ xe tại 12 xã, phường với tổng diện tích 1,65 ha, năng lực đỗ 660 xe; phối hợp Sở Giao thông vận tải sơn, kẻ vị trí đỗ xe trên một phần lòng đường, vĩa hè trên các tuyến đường với tổng chiều dài hơn 46 km, năng lực đỗ khoảng 8.000 xe. Từ nay đến cuối năm, Thành phố giao cho UBND các xã, phường đơn vị làm chủ đầu tư thực hiện đầu tư xây dựng 9 công trình điểm, bãi đỗ xe với năng lực đạt thêm 810 xe; phối hợp các nhà đầu tư triển khai 4

bãi đỗ xe tĩnh kết hợp cây xanh và kinh doanh thương mại dịch vụ tại các phường Đại Phúc, Vũ Ninh, Võ Cường, Kinh Bắc với tổng diện tích khoảng 8,85ha...

3.3. Kiến trúc của hệ thống bãi đỗ xe thông minh

Hệ thống bãi đỗ xe chứa ba phần chính: trung tâm phát hiện chỗ đỗ xe, trung tâm giám sát bãi đỗ xe và trung tâm quản lý thông tin.

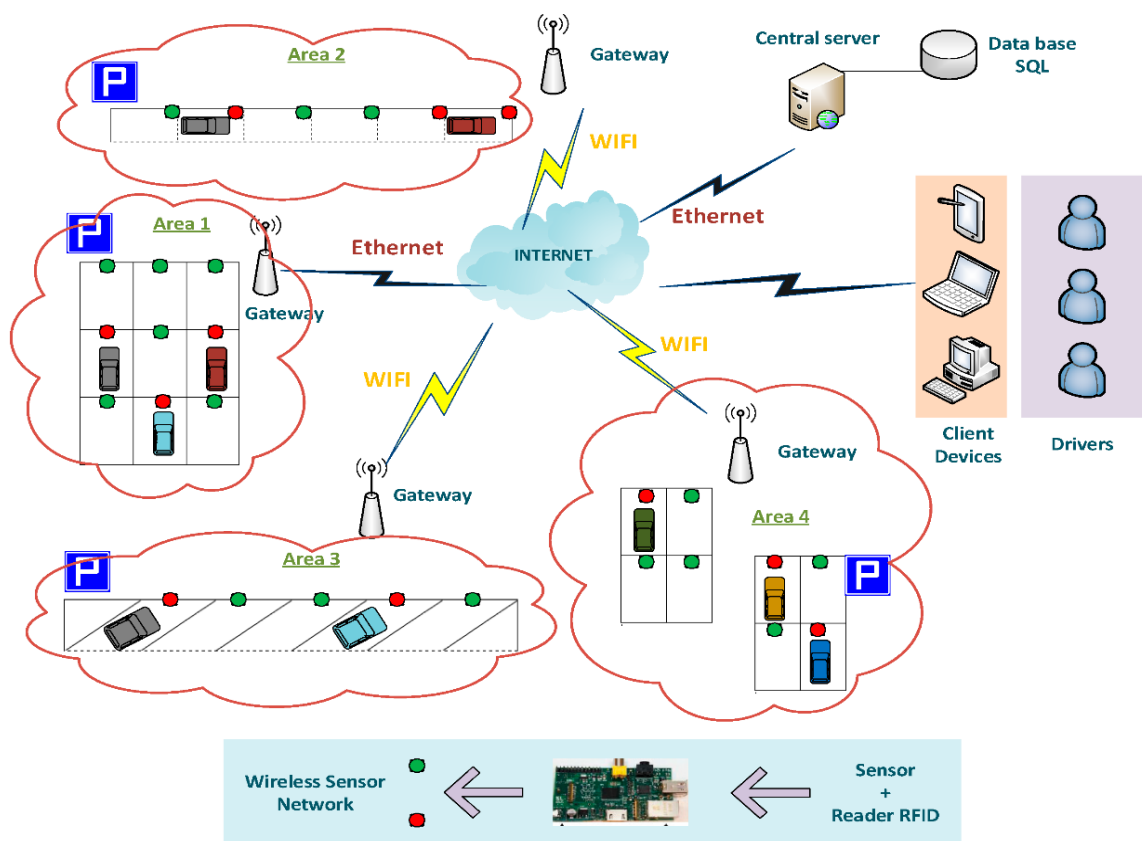
Trung tâm phát hiện chỗ đỗ xe bao gồm chủ yếu là các nút cảm biến lai (cảm biến + đầu đọc RFID) được lắp đặt ở từng chỗ đỗ xe ở từng khu vực, các nút cảm biến này tạo thành một mạng cảm biến không dây (WSN) cho phép thu thập trạng thái của tất cả các chỗ đỗ xe (có sẵn hoặc bị chiếm đóng) để gửi chúng đến trạm kết nối của khu vực này, thông tin này sẽ được gửi sau đó đến máy chủ trung tâm để lưu trữ chúng trong cơ sở dữ liệu.

Trung tâm giám sát bãi đỗ xe có trách nhiệm xác định và kiểm tra những chiếc xe vừa đỗ trong một không gian dành riêng hoặc có sẵn. Trung tâm này sử dụng công nghệ RFID để điều khiển và giám sát những chiếc ô tô đang đỗ và mặt khác để xác định và quản lý việc thanh toán thời gian đỗ xe.

Trung tâm quản lý thông tin là một cơ sở dữ liệu nơi tất cả các thông tin được phát hiện và thu thập từ tất cả các bãi đỗ xe trong thành phố được ghi lại và khai thác trong thời gian thực bằng các ứng dụng web hoặc di động. Bằng cách này, lái xe sẽ có tất cả thông tin về các chỗ trống trong tất cả các bãi đỗ xe của thành phố, để tham khảo các không gian này theo điểm đến của họ và để trả phí đỗ xe. Hình 3.1 cho thấy kiến trúc của hệ thống đỗ xe thông minh được đề xuất:

- Client devices: là các thiết bị cá nhân của khách hàng như pc, lap top, máy tính bảng, điện thoại thông minh.
- Sensor node là các nút cảm biến lai, làm nhiệm vụ cảm biến, kết hợp và gửi dữ liệu. Chúng giao tiếp với nhau theo cấu trúc liên kết chuỗi hoặc cấu trúc liên kết cụm tạo thành các khu vực đỗ xe.

- Gateway: Là trạm kết nối có nhiệm vụ tiếp nhận tọa độ được gửi từ các nút cảm biến mạng, từ đó tính toán phân loại cấu trúc liên kết được hình thành: liên kết chuỗi hoặc liên kết cụm, sau đó dữ liệu được gửi đến máy chủ trung tâm.
- Internet: các công nghệ truyền thông có dây và không dây ví dụ như: Wifi, 4G, Bluetooth, ZigBee...
- Central server: Máy chủ trung tâm tiếp nhận thông tin từ trạm kết nối, có trách nhiệm giám xác định và kiểm tra những xe vừa đỗ trong một không gian dành riêng hoặc có sẵn.
- Data base SQL: Là cơ sở dữ liệu phổ biến để thêm, sửa, xóa và lấy dữ liệu ra từ một hệ quản trị cơ sở dữ liệu quan hệ.



Hình 3.1: Kiến trúc đề xuất của hệ thống đỗ xe thông minh dựa trên WSN

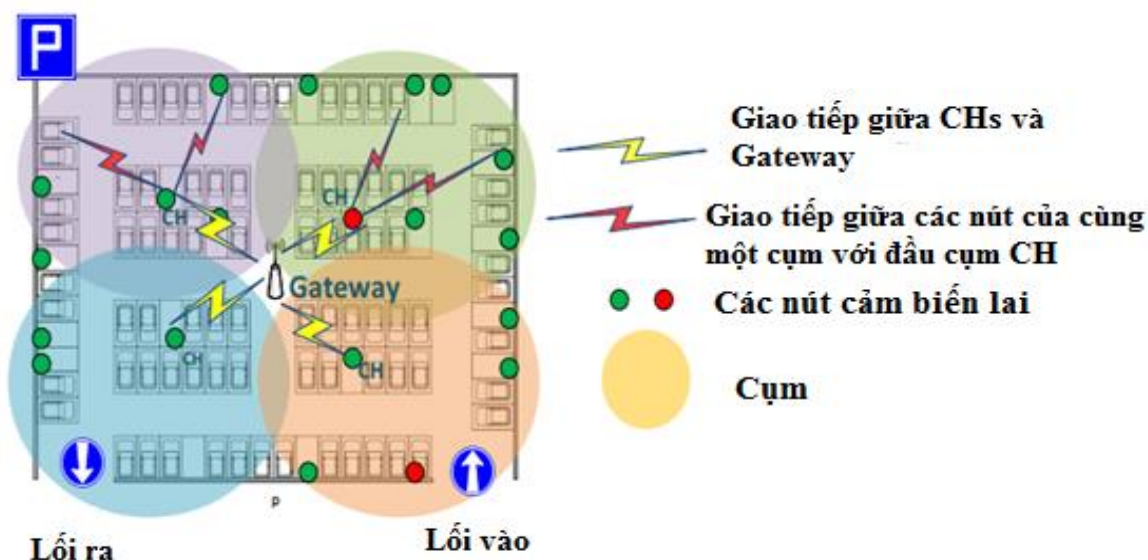
3.4. Đề xuất hệ thống thông minh cho quản lý bãi đỗ xe thông minh tại Bắc Ninh

3.4.1. Trung tâm phát hiện chỗ đỗ xe

Trung tâm phát hiện chỗ đỗ xe sử dụng hai công nghệ gần đây là mạng cảm biến không dây (WSN) và công nghệ RFID. Sự hình thành của mạng cảm biến thay đổi theo loại hình đỗ xe trong khu vực. Đối với các bãi đỗ xe dạng đường thẳng, một cấu trúc liên kết chuỗi sẽ được hình thành trong mạng, một cấu trúc liên kết mạng ở dạng cụm sẽ được tạo ra trong các bãi đỗ xe dạng đường khối. Sự hình thành khác nhau cấu trúc liên kết dựa trên việc thực hiện thuật toán tự tổ chức có thể thích ứng với loại và cấu trúc của bãi đỗ xe cho phép tạo thành một chuỗi (Hình 3.2) hoặc cụm (Hình 3.3), đến sự phân bố của các nút và cách chúng nằm rải rác trong khu vực đỗ xe.

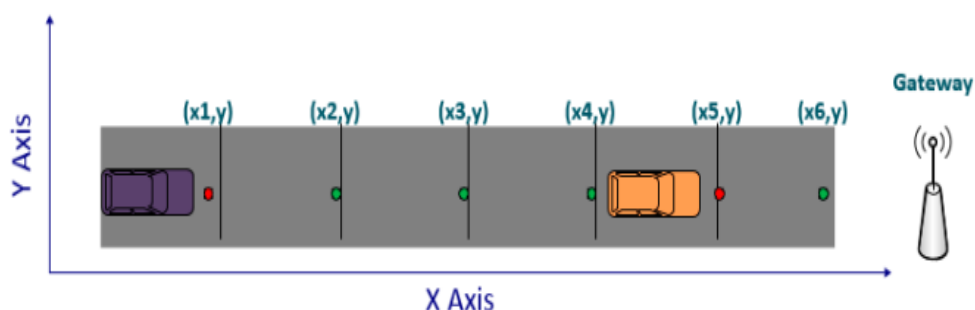


Hình 3.2: Sự hình thành cấu trúc liên kết chuỗi trong bãi đỗ xe tuyến tính



Hình 3.3: Hình thành cấu trúc liên kết cụm trong khu vực đỗ xe lớn

Để hình thành cấu trúc liên kết mạng bởi các nút cảm biến trong bãi đỗ xe ngoài trời, tất cả các nút gửi tọa độ đến trạm kết nối thực thi thuật toán 1 để có thể tính toán và phát hiện loại cấu trúc liên kết được hình thành. Trong trường hợp đỗ xe dạng đường thẳng, trạm kết nối phát hiện ra rằng tất cả các nút có cùng tọa độ X hoặc cùng tọa độ Y là một hàm phân phối các nút trong khu vực đỗ xe. Trong trường hợp này, trạm kết nối yêu cầu các nút tạo cấu trúc liên kết chuỗi trong mạng để giảm thiểu mức tiêu thụ điện giữa các nút bằng cách sử dụng giao tiếp nhiều bước tới trạm kết nối (Hình 3.4).



Hình 3.4: Ví dụ về phân bố các nút cảm biến trong khu vực đỗ xe tuyến tính

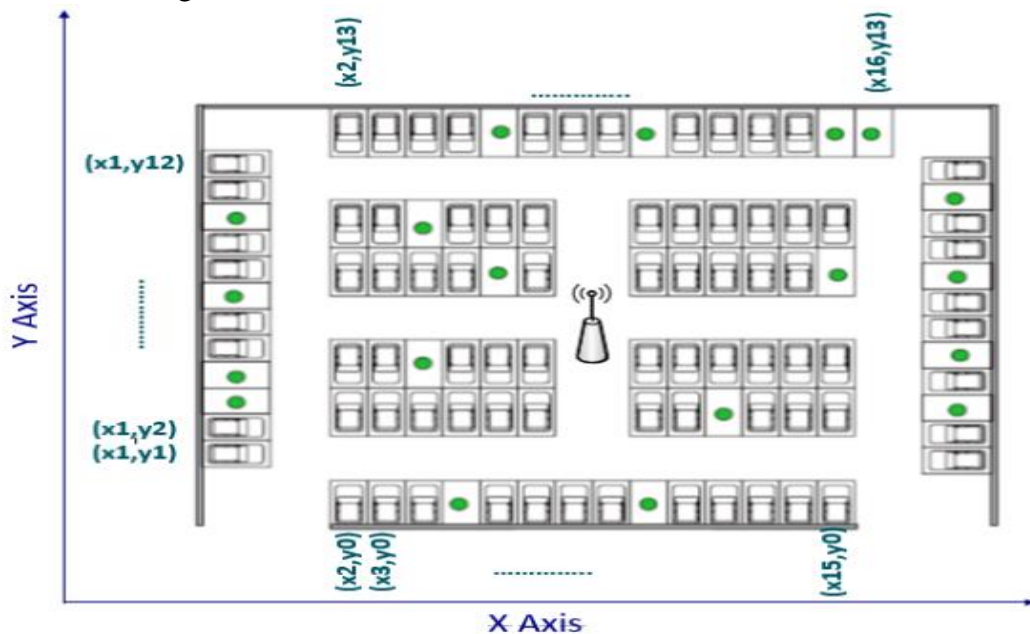
Thuật toán 1: Thuật toán phát hiện cấu trúc liên kết

```

1: For i = 1 to N do           // N: Số lượng nút trong mạng WSN
2:     Send tọa độ ( $X_i, Y_i$ ) from Node (i) to the gateway
3: End for
4: C1 ← 1
5: C2 ← 1
6: For i = 2 to N do
7:     If ( $X_i == X_{i-1}$ ) then
8:         C1 ++
9:     Else if ( $Y_i == Y_{i-1}$ ) then
10:        C2 ++
11:    End if
12: End for
13: If (C1 == N || C2 == N) then    // Cấu trúc liên kết chuỗi
14:    Return 1
15: Else // Cấu trúc liên kết cụm
16:    Return 0
17: End if

```

Trong trường hợp ngược lại (bãi đỗ xe dạng đường khối), trạm kết nối phát hiện ra rằng tất cả các nút không có độ tương đồng trong một trong các tham số tọa độ (X hoặc Y), do đó nó sẽ ra lệnh cho các nút tạo thành một cấu trúc liên kết cụm để tăng tuổi thọ của mạng biết rằng, trong trường hợp này có một số lượng lớn các nút nằm rải rác trong khu vực đỗ xe (Hình 3.6).



Hình 3.5: Ví dụ về sự phân bố của các nút cảm biến trong khu vực đỗ xe lớn

Sau khi thực hiện thuật toán tự tổ chức có thể thích ứng (thuật toán 2), một chuỗi các nút cảm biến sẽ được hình thành trong các bãi đỗ xe dạng đường thẳng của thành phố, nơi tất cả các nút phân tán trong mỗi khu vực đỗ xe sẽ gửi dữ liệu được phát hiện của họ qua nhiều bước tới nút trưởng, nơi sẽ thu thập và chuyển tất cả dữ liệu từ bãi đậu xe đến trạm kết nối của mỗi khu vực đỗ xe. Trong trường hợp bãi đỗ xe dạng đường khối, một cấu trúc liên kết cụm sẽ được tạo ở mỗi khu vực đỗ xe trong thành phố nơi tất cả các nút cảm biến sẽ tạo thành cụm và trong mỗi cụm, một CH sẽ được chọn để nhận dữ liệu được phát hiện từ tất cả các nút trong cụm của nó và chuyển chúng qua một kết nối duy nhất đến trạm kết nối. Sự hình thành chuỗi hoặc sự hình thành các cụm sẽ dựa trên năng lượng còn lại của các nút và năng lượng chung của mạng để tối đa hóa tuổi thọ của các nút và tăng tuổi thọ của WSN mạng.

Thuật toán 2: Thuật toán tự tổ chức thích ứng.

1: Sử dụng Thuật toán 1 để phát hiện loại cấu trúc liên kết được hình thành (Chuỗi hoặc Cụm) 2: $T \leftarrow$ Thuật toán 1 3: If ($T == 1$) then 4: Hình thành cấu trúc liên kết chuỗi bởi các nút cảm biến 5: Lựa chọn nút lãnh đạo 6: Mỗi nút gửi dữ liệu đến một trong các nút gần nhất thông qua một bước nhảy cho đến khi đến nút lãnh đạo, nó sẽ gửi tất cả dữ liệu đến Gateway 7: Else 8: Hình thành cấu trúc liên kết cụm bởi các nút cảm biến 9: Lựa chọn các CH 10: Mỗi CH nhận dữ liệu từ tất cả các nút trong cụm của nó 11: Tất cả các CH gửi dữ liệu từ cụm của họ đến Gateway 12: End if

Các nút cảm biến được cài đặt trong mỗi không gian đỗ xe và trong từng khu vực đỗ xe, điều này giúp phát hiện sự có mặt hoặc sự vắng mặt của các phương tiện sau. Mỗi khu vực đỗ xe (bãi đỗ xe) được xác định bởi một IDzi và mỗi chỗ đậu xe

trong khu vực đỗ xe được xác định bởi IDpj, vì vậy mỗi nút cảm biến được xác định bởi hai cặp số nhận dạng {IDzi, IDpj}. Khi một chiếc xe vừa đỗ, nút cảm biến sẽ phát hiện sự có mặt của xe và gửi trạng thái chiếm chỗ của không gian này với cả hai số nhận dạng đến trạm kết nối. Sau đó, thông tin này sẽ được gửi và lưu trong máy chủ trung tâm. Để minh họa rõ hơn quá trình quản lý chỗ đỗ xe ở các khu vực đỗ xe khác nhau, thuật toán 3 cho thấy các hoạt động được thực hiện bởi các nút cảm biến trong từng khu vực đỗ xe.

Thuật toán 3: Thuật toán giám sát không gian đỗ xe ở các khu vực đỗ xe khác nhau bằng các nút cảm biến.

```

1:  For i = 1 to N do // N: Số khu vực đỗ xe trong thành phố
2:  For j = 1 to M do // M: Số lượng chỗ đậu xe trong mỗi bãi đỗ xe. M thay đổi
    theo khu vực đỗ xe
3:      If (Nút cảm biến trong {IDzi, IDpj} phát hiện sự có mặt của một chiếc
        xe) then
4:          gửi trạng thái chiếm chỗ của bãi đỗ xe đến trạm kết nối để cập nhật
            nó trong máy chủ trung tâm
5:      Else
6:          gửi trạng thái có sẵn của chỗ đỗ xe đến trạm kết nối để cập nhật nó
            trong máy chủ trung tâm
7:      End if
8:  End for
9: End for

```

Giao tiếp không dây giữa các nút cảm biến khác nhau và trạm kết nối đóng vai trò quan trọng trong việc triển khai mạng WSN ở các bãi đỗ xe ngoài trời, nơi phần lớn năng lượng tiêu thụ của các nút phụ thuộc nhiều vào năng lượng tiêu thụ trong quá trình giao tiếp không dây:

$$E_{sensor} = E_{sens} + E_{proc} + E_{Comm}$$

$$E_{sensor} \approx E_{Comm}$$

Trong đó E_{sensor} là năng lượng tiêu thụ trong quá trình phát hiện, E_{proc} là

năng lượng tiêu thụ trong quá trình xử lý và E_{Comm} là năng lượng tiêu thụ trong quá trình giao tiếp. Để phát hiện chỗ trống trong bãi đỗ xe ngoài trời một cách hiệu quả và đáng tin cậy, hệ thống phải triển khai một trong những công nghệ truyền thông không dây được sử dụng nhiều nhất (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, v.v.), để giảm thiểu mức tiêu thụ năng lượng của các nút và để tăng tuổi thọ của mạng WSN. Các mạng dựa trên công nghệ ZigBee thường tiêu thụ ít năng lượng hơn so với mạng Wi-Fi và Bluetooth. Bảng 3.1 cho thấy những lợi thế của ZigBee so với các công nghệ truyền thông không dây khác.

Bảng 3.1: Ưu điểm của ZigBee so với các công nghệ truyền thông không dây khác

Thông số không dây	Bluetooth	IEEE 802.11 b	IEEE 802.11 ah	ZigBee
Dải tần số	2.4 GHz	2.4 GHz	Sub- 1 GHz	2.4 GHz
Phạm vi	9 m	75 to 90 m	1000 m (without repeaters)	100 m (Without repeaters)
Dòng tiêu thụ	60 mA (Tx mode)	400mA (Tx mode) 20 mA (Standby mode)	90 -140 mA (Tx – mode) 5 μ (Standby mode)	25 - 35 mA (Tx mode) 3 μ A (Standby mode)

Mặt khác, việc triển khai mạng cảm biến WSN trong các bãi đỗ xe ngoài trời bắt buộc các nút cảm biến phải được lắp đặt trên mặt đất, nơi việc truyền tín hiệu bị tắc nghẽn bởi ô tô và bị ảnh hưởng bởi tiếng ồn của chúng. Đối với loại ứng dụng này, nhiều công trình trước đây đã chỉ ra rằng các tiêu chuẩn không dây thông thường, như Bluetooth hoặc Wi Fi, không phù hợp với loại mạng này về chất lượng và hiệu suất so với tiêu chuẩn ZigBee dựa trên một số thông số như BER (bit tỷ lệ lỗi) và SNR (tỷ lệ tín hiệu trên tạp âm) [32-34].

Vì vậy, luận văn sẽ sử dụng công nghệ truyền thông không dây ZigBee, được áp dụng bởi giao thức tự tổ chức được đề xuất, để kéo dài tuổi thọ pin của các nút cảm biến và để tăng tuổi thọ, hiệu quả và hiệu năng của mạng WSN trong bãi đỗ xe ngoài trời.

3.4.2. Trung tâm giám sát đỗ xe

Trung tâm giám sát đỗ xe sử dụng mạng cảm biến không dây (WSN) và công nghệ RFID tích hợp trong các nút cảm biến này được cài đặt trong mỗi không gian đỗ xe. Công nghệ RFID là công nghệ dựa trên nhận dạng tần số vô tuyến giúp kiểm tra và xác định các đối tượng bằng sóng radio. Do đó, các phương tiện sẽ được xác định và phí đỗ xe sẽ được thu qua hệ thống này, để quản lý và giám sát khu vực đỗ xe một cách hiệu quả và thuận tiện.

Khi một chiếc ô tô vừa đậu vào chỗ i trong khu vực đỗ xe j , cảm biến thích hợp sẽ phát hiện sự có mặt của chiếc xe và nó sẽ gửi hai số nhận dạng $\{ID_{zi}, ID_{pj}\}$ với trạng thái chiếm chỗ của không gian đó đến cổng, để chuyển chúng đến máy chủ trung tâm để lưu trữ chúng trong cơ sở dữ liệu. Đầu đọc RFID, được tích hợp trong mỗi nút cảm biến, đọc dữ liệu của người lái xe bằng cách sử dụng thẻ RFID được cài đặt trên xe (họ tên, số xe, số điện thoại, v.v.) và chuyển chúng bằng cách hợp nhất chúng với trạng thái của không gian máy chủ trung tâm. Máy chủ này sẽ được sử dụng để tính toán thời gian đỗ xe và kiểm soát các sự cố được phát hiện trong quá trình đỗ xe. Trong trường hợp xe ô tô không có thẻ RFID, một tin nhắn được gửi đến nhân viên bãi đậu xe với hai số nhận dạng đỗ xe $\{ID_{zi}, ID_{pj}\}$, để đăng ký số đăng ký xe vào hệ thống để đảm bảo thanh toán phí đỗ xe. Thuật toán 4 minh họa quá trình quản lý không gian đỗ xe ở từng khu vực bởi máy chủ trung tâm, khi một phương tiện đến khu vực đỗ xe.

Thuật toán 4. Thuật toán quản lý không gian đỗ xe ở từng khu vực, khi một phương tiện đến khu vực đỗ xe.

- | | |
|----|---|
| 1: | Do |
| 2: | While (Tiếp nhận trạng thái chiếm chỗ của bãi đỗ xe $\{ID_{zi}, ID_{pj}\}$) |
| 3: | Cập nhật thông tin nhận được trong cơ sở dữ liệu |
| 4: | Tăng số lượng không gian bị chiếm dụng |
| 5: | Giảm số lượng không gian có sẵn |
| 6: | If (Thẻ RFID được phát hiện) then |
| 7: | Cập nhật không gian bị chiếm dụng với dữ liệu RFID nhận được trong cơ sở dữ liệu |
| 8: | Else |

- 9: Gửi tin nhắn cho các đại lý bãi đậu xe với {IDzi, IDpj} về chỗ đỗ xe vừa bị chiếm
- 10: Đại lý của khu vực IDzj giới thiệu số đăng ký của chiếc xe đậu ở IDpj tại kho dữ liệu
- 11: **End if**
- 12: Bắt đầu đếm thời gian đỗ xe: Tparkij // j = khu vực đỗ xe i = chỗ đậu xe trong khu vực j
- 13: **Goto 1**

Khi xe rời khỏi chỗ đỗ, cảm biến liên quan sẽ phát hiện chỗ trống bằng cách gửi hai mã định danh {IDzi, IDpj} đến máy chủ trung tâm thông qua cổng để cập nhật trạng thái của không gian trong cơ sở dữ liệu. Sau khi giải phóng không gian trong cơ sở dữ liệu, hệ thống sẽ kiểm tra xem tài xế có thanh toán cho thời gian đỗ xe hay không, nếu không, thông báo vi phạm và phạt sẽ được gửi đến các cơ quan chức năng sau một giờ để trả phí đỗ xe bởi người lái xe.

Việc thanh toán thời gian đỗ xe được thực hiện trực tuyến bằng ứng dụng di động hoặc thủ công trong máy rút tiền tự động ở từng khu vực. Trong cả hai trường hợp, chỉ nhập số đăng ký của xe đang đỗ để hệ thống có thể phát hiện nó trong cơ sở dữ liệu và thực hiện thanh toán. Thuật toán bên dưới (Thuật toán 5) cho thấy các hoạt động được thực hiện để quản lý chỗ đỗ xe ở mỗi khu vực khi xe rời khỏi khu vực đỗ xe.

Thuật toán 5: Thuật toán quản lý không gian đỗ xe ở từng khu vực, khi một phương tiện rời khỏi khu vực đỗ xe.

- 1: **Do**
- 2: **While** (Tiếp nhận trạng thái sẵn có của chỗ đỗ xe {IDzi, IDpj})
- 3: Cập nhật thông tin nhận được trong cơ sở dữ liệu
- 4: Giảm số lượng không gian bị chiếm dụng
- 5: Tăng số lượng không gian có sẵn
- 6: Lưu thời gian khi xe rời khỏi chỗ đỗ xe: Tout
- 7: Dừng đỗ xe Tparkij
- 8: **While** (Việc thanh toán bãi đậu xe không được thực hiện) do
- 9: **If** (Thời gian hiện tại < Tout + 1H) **then**
- 10: Wait 15 min
- 11: **Else**
- 12: Gửi thông báo tới người quản lý với số đăng ký của chiếc xe và số tiền trả

13:	Goto 16
14:	End if
15:	End
16:	Cập nhật cơ sở dữ liệu với trạng thái có sẵn của không gian {IDzi, IDpi}

3.4.3. Trung tâm quản lý thông tin

Trung tâm quản lý thông tin dựa vào dữ liệu được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu để phát triển các dịch vụ bổ sung cho người dùng và tài xế bằng cách tạo điều kiện cho nhiệm vụ tìm kiếm một không gian có sẵn ở nơi họ đến, chẳng hạn như tư vấn về chỗ đỗ xe có sẵn, điều hướng đến không gian, và cũng thanh toán trực tuyến phí đậu xe. Một ứng dụng di động được phát triển cho phép người lái xe tận dụng các dịch vụ này một cách thực tế và đơn giản.

Tư vấn các khu vực đỗ xe: Các tài xế sử dụng ứng dụng di động cho phép họ tham khảo và tìm chỗ đỗ xe mở gần điểm đến của họ, trước khi di chuyển để tránh đi lại không cần thiết và cũng không tạo ra tắc nghẽn giao thông. Ứng dụng này sử dụng thông tin được lưu trữ trong cơ sở dữ liệu để cung cấp cho các tài xế, khu vực đỗ xe mở gần điểm đến nhất của họ với số lượng chỗ trống và bận rộn trong thời gian thực, bằng cách chỉ ra giá đỗ xe.

Điều hướng đến các khu vực đỗ xe: Dịch vụ này dựa trên việc sử dụng Google MAP để định hướng và hướng dẫn lái xe đến các khu vực đỗ xe mong muốn. Người lái xe mở ứng dụng di động để tìm chỗ đậu xe mở gần điểm đến của mình. Sau đó, tùy thuộc vào kết quả được hiển thị bởi ứng dụng, người lái xe chọn một khu vực đỗ xe và ứng dụng sẽ mở Google MAP để hướng dẫn người lái xe đến khu vực đã chọn. Khi đến khu vực này, ứng dụng sẽ hiển thị các không gian còn trống và các ô đã có xe đỗ trong khu vực đỗ xe này.

Thanh toán phí đỗ xe: Trước khi rời khỏi chỗ đỗ xe, tài xế phải trả phí đỗ xe, khoản thanh toán này được thực hiện bằng tay bằng cách di chuyển đến máy rút tiền tự động của bãi đỗ xe bằng cách nhập số đăng ký xe. Trực tuyến, tài xế sử dụng cùng một ứng dụng di động với cùng các thao tác của máy rút tiền tự động để nhận ra khoản thanh toán phí đỗ xe trong khu vực đỗ xe này

Thuật toán 6 và 7 cho thấy hoạt động của trung tâm quản lý thông tin của hệ

thông đỗ xe thông minh của luận văn

Thuật toán 6. Điều hướng đến khu vực đỗ xe.

- | | |
|-----|--|
| 1: | Mở ứng dụng di động |
| 2: | Giới thiệu điểm đến |
| 3: | Do |
| 4: | Hiển thị các khu vực đậu xe gần nhất với giá của nó |
| 5: | Người dùng chọn khu vực đỗ xe mong muốn |
| 6: | While (không có không gian trống trong khu vực được chọn) |
| 7: | Do |
| 8: | Điều hướng đến khu vực |
| 9: | While (Người lái xe không đến khu vực) |
| 10: | Hiển thị không gian có sẵn và chiếm dụng |

Thuật toán 7. Thanh toán phí đỗ xe thông qua một ứng dụng di động.

- | | |
|-----|--|
| 1: | Mở ứng dụng di động |
| 2: | Thực hiện thanh toán |
| 3: | Chèn số đăng ký xe của bạn |
| 4: | If (Số đăng ký của xe có trong cơ sở dữ liệu) then |
| 5: | Hiển thị phí đỗ xe với thông tin về chỗ đậu xe trong khu vực |
| 6: | Trả tiền |
| 7: | Else |
| 8: | Số đăng ký của xe không tồn tại |
| 9: | Bạn bị phạt phải trả tiền |
| 10: | Liên hệ với người quản lý |
| 11: | End if |

3.5. Kết luận chương 3

Từ nghiên cứu về Tổng quan Internet of Things ở Chương 1 và nghiên cứu các ứng dụng của IoT trong hệ thống đỗ xe thông minh ở Chương 2, Chương 3 của luận văn phân tích đặc điểm tình hình của bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh, dựa trên kiến trúc của hệ thống bãi đỗ xe thông minh từ đó đưa ra đề xuất hệ thống thông minh dựa trên IoT cho quản lý bãi đỗ xe thông minh tại thành phố Bắc Ninh. Hệ thống gồm 3 thành phần chính là trung tâm phát hiện bãi đỗ xe, trung tâm giám sát đỗ xe và trung tâm quản lý thông tin. Hệ thống này quản lý các bãi đỗ xe trong thành phố ở khu vực công cộng hoặc tư nhân, hệ thống này có được thông tin về các chỗ đỗ xe có sẵn trong khu vực đỗ xe bằng cách sử dụng thu thập dữ liệu thời gian thực bởi các nút cảm biến

nằm rải rác trong khu vực đỗ xe, cho phép người dùng sử dụng các dịch vụ bổ sung được triển khai bởi hệ thống này như dịch vụ thanh toán tự động tương thích với điện thoại di động.

KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

- Kết luận

Như luận văn đã phân tích, IoT sẽ trở thành xu thế trong tương lai, không chỉ ứng dụng chúng vào giao thông vận tải mà còn nhiều lĩnh vực khác. Để làm được điều này, các Bộ, ban, ngành liên quan cần nghiên cứu kỹ các lợi ích mà IoT đem lại cho ngành mình và từ đó đề xuất áp dụng và triển khai IoT vào quản lý hệ thống

Luận văn nghiên cứu so sánh kỹ lưỡng về các kiến trúc khác nhau và các giao thức tự tổ chức khác nhau được sử dụng trong việc quản lý các loại bãi đỗ xe hiện có khác nhau trong thành phố. Luận văn cũng đã đề xuất một kiến trúc mới về một hệ thống đỗ xe thông minh mới dựa trên việc triển khai và triển khai các công nghệ khác nhau, như WSN, IoT, RFID. Kiến trúc mới này thực hiện, một mặt, một giao thức tự tổ chức lại và có thể thích ứng mới để triển khai các nút cảm biến trong các môi trường khác nhau nhằm tối đa hóa hiệu suất của WSN và tăng tuổi thọ của nó, mặt khác, sử dụng các công nghệ, như WSN và RFID để giảm thiểu chi phí triển khai hệ thống và cải thiện chất lượng.

Với những kết quả bước đầu nghiên cứu về IoT và những giải pháp đưa ra nhằm ứng dụng IoT vào quản lý bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh, mong muốn góp phần nhỏ vào việc xây dựng hệ thống quản lý bãi đỗ xe tại thành phố Bắc Ninh nhằm đơn giản hóa hoạt động của hệ thống đỗ xe, cải thiện sự hài lòng của người lái xe, tăng doanh thu bãi đỗ xe và giảm bớt tắc nghẽn giao thông.

- Kiến Nghị

Trong công việc trong tương lai, luận văn sẽ chi tiết và phát triển giao thức tự tổ chức có thể thích ứng mới này cho các mạng cảm biến không dây bằng cách thực hiện các mô phỏng để chứng minh sức mạnh của nó bằng cách so sánh nó với các giao thức tự tổ chức hiện có khác.

Để có thể triển khai IoT vào quản lý giao thông của Bắc Ninh cần sự kết hợp của nhiều cơ quan, ban ngành và sự quyết tâm thực hiện quản lý bãi đỗ xe thông minh

tại Thành phố Bắc Ninh. Trước mắt trong giai đoạn nghiên cứu ứng dụng IoT vào quản lý bãi đỗ xe thông minh, cần thu hút đội ngũ công nghệ thông tin chuyên nghiệp, tăng cường giáo dục ý thức người dân khi tham gia giao thông để giảm thiểu tắc nghẽn giao thông trong Thành phố Bắc Ninh.

DANH MỤC TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Việt Hưng (2018), “ *Ứng dụng IOT trong một số dịch vụ giao thông thông minh*”, 28-12-2018, <http://aita.gov.vn/ung-dung-iot-trong-mot-so-dich-vu-giao-thong-thong-minh->.
- [2] Abderrahim Maizate and Larbi Hassouni (2018), “ Designing and Managing a Smart Parking System Using Wireless Sensor Networks”, *Journal of Sensor and Actuator Networks*, University Hassan II.
- [3] Bormann, C., Castellani, A.P. and Shelby, Z., 2012. Coap: An application protocol for billions of tiny internet nodes. *IEEE internet computing*, 16(2), p62.
- [4] Centenaro, M., Vangelista, L., Zanella, A. and Zorzi, M., 2015. Long – range communications in Unlicensed bands: The rising Stars in the IoT and smart city scenarios. arXiv preprint arxiv:1510.00620.
- [5] Chandra, H.; Hadisaputra, K.R.; Santoso, H.; Anggadjaja, E. (2017), “ Smart Parking Management System”: An integration of RFID, ALPR, and WSN. In *Proceedings of the IEEE 3rd International Conference on Engineering Technologies and Social Sciences (ICETSS)*, Bangkok, Thailand.
- [6] Chen, M.; Chang, T. A (2011), “ parking guidance and information system based on wireless sensor network”. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Information and Automation*, Shenzhen, China, 6–8 June 2011.
- [7] Daniele Miorandi, Sabrina Sicari, Francesco De Pellegrini, Imrich Chlamtac (2012), *Internet of Things: Vision, applications and research challenges*.
- [8] Gandhi, B.M.K.; Rao, M.K. (2016), “ A prototype for IoT based car parking management system for smart cities”. *Indian J. Sci. Technol.* 2016, 9. [CrossRef].
- [9] Gupta, A.; Kulkarni, S.; Jathar, V.; Sharma, V.; Jain, N. (2017), “ Smart Car Parking Management System Using IoT”. *Am. J. Sci. Eng. Technol. vol 2*, 112–119.
- [10] Hongwei Wang (7-2011), “ A Reservation-Based Smart Parking System” *M.S. University of Nebraska*.
- [11] Hunkeler, U., Truong, H.L and Stanford – Clark, A., 2008, January. MQTT – S, A publish/subscribe protocol for Wireless Sensor Networks. In *Communication systems software and middleware and workshops*, 2008. Comsware 2008. 3rd international conference on (pp. 791-798). IEEE.

- [12] Ian Poole, 2014. LoRa Physical Layer & RF Interface. Radio – Electronics.com. Accessed 10 March 2016. Available:
<https://www.radio-electronics.co/info/wireless/lora/rf-interface-physical-layer.php>
- [13] Karbab, E.M.; Djenouri, D.; Boulkaboul (2015) “ S. Car park management with networked wireless sensors and active RFID”. In Proceedings of the IEEE International Conference on Electro/Information Technology (EIT), Dekalb, IL, USA.
- [14] Mainetti, L.; Palano, L.; Patrono, L.; Stefanizzi, M.L.; Vergallo, R. (2014), “Integration of RFID and WSN technologies in a smart parking system”. In Proceedings of the 22nd International Conference on Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), Split, Croatia.
- [15] M.Y.I.Idris, Y.Y.Leng, E.M Tamil, N.M.Noor and Z.Razak (2009), “ Car Park System : A review of smart parking system and its technology” *Information Technology Journal*, volume 8, Issue 2, page 101-113.
- [16] Lee, S., Kim, H., Hong, D.K. and Ju, H., 2013, January. Correlation analysis of MQTT loss and delay according to QoS level. In Information Networking (ICOIN), 2013 International Conference on (pp. 714- 717). IEEE.
- [17] Olasupo, T.O.; Otero, C.E.; Otero, L.D.; Olasupo, K.O.; Kostanic, I. (2017), “Path Loss Models for Low-Power, Low-Data Rate Sensor Nodes for Smart Car Parking Systems” . IEEE Trans. Intell. Transp. Syst. [CrossRef].
- [18] Orrie, O.; Silva, B.; Hancke, G.P. (2015), “ A wireless smart parking system”. In Proceedings of the IECON 2015—41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Yokohama, Japan.
- [19] Patil, M.; Bhonge, V.N. (2013), “ Wireless sensor network and RFID for smart parking system”. *Int. J. Emerg. Technol. Adv. Eng. vol 3*, 188–192.
- [20] Poojaa, A.; Glory, M.; Nathiya, P.; Ramya, R.; Sivasrinee, E.T. (2015), “ WSN based secure vehicle parking management and reservation system”. In Proceedings of the National Conference on Research Advances in Communication, Computation, Electrical Scienceand Structures (NCRACCESS-2015), Deviyakurichi, India.
- [21] Quiñones, M.; Gonazález, V.; Quiñones, L. (2015), “Design of a smart parking system using wireless sensor network”. In Proceedings of the 10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI), Aveiro, Portugal, 17–20.

- [22] Rahayu, Y.; Mustapa, F.N. (2013), “ A secure parking reservation system using GSM technology”. *Int. J. Comput*, vol 2, 518. [CrossRef].
- [23] Shelby, Z., Hartke, K. and Bormann, C., 2014. The constrained application protocol (CoAP).
- [24] Shuaib, K.; Alnuaimi, M.; Boulmalf, M.; Jawhar, I.; Sallabi, F.; Lakas, A. (2007) “Performance Evaluation of IEEE 802.15.4: Experimental and Simulation Results”. *J. Commun*, vol 2, 29–37. [CrossRef].
- [25] Stanford – Clark, A.S and Truong, H.L. (2013), “ MQTT for sensor networks (MQTT-S) protocol specification”. *International Business Machines Corporation* version, 1.2.
- [26] Syed Zaeem Hosain (2016), *The Internet of Things for Business*, Aeris.
- [27] The OpenGroup, 2014. Open Data Format Standard (O-DF), Available at: <https://www2.opengroup.org/ogsys/catalog/C14B>.
- [28] Tsiropoulou, E.E.; Baras, J.S.; Papavassiliou, S.; Sinha, S. (2017), “RFID-based smart parking management system”. *Cyber-Phys. Syst.* 1–20. [CrossRef].
- [29] Vangelista, L., Zanella, A. and Zorzi, M., 2015. Long – range IoT technologies: The dawn of *LoRaTM*. Infuture access enablers for Ubiquitous and Intelligent Infrastructures (pp. 51-58). Springer International Publishing.
- [30] Villaverde, B.C, Pesch, D., De paz Alberola, R., Fedor, S and Boubekeur, M., 2012, July. Constrained application protocol for low power embedded networks: A survey. In *innovative mobile and internet services in Ubiquitous computing (IMIS)*, 2012 Sixth international conference on (pp.702-707). IEEE.
- [31] Wael Alsafery, Badraddin Alturki, Kamal Jambi & Stephan Reiff – Marganiec (April 2018), “ Smart Car Parking System Solution for the Internet of things in Smart cities” - Wael Alsafery Department of Informatics University of Leicester Leicester United Kingdom.
- [32] Wagh, S.S.; More, A.; Kharote, P.R. (2015), “ Performance Evaluation of IEEE 802.15.4 Protocol under Coexistence of WiFi 802.11b”. *Procedia Comput. Sci.* 57, 745–751. [CrossRef].
- [33] *Why Cloud Computing is the Foundation of the Internet of Things*, <https://www.thorntech.com/2017/02/cloud-computing-foundation-internet-things/>.

- [34] Yang, J.; Portilla, J.; Riesgo, (2012), “ T. Smart parking service based on Wireless Sensor Networks”. In Proceedings of the IECON 2012—38th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Montreal, QC, Canada.
- [35] Yee, H.C.; Rahayu, Y. (2014), “ Monitoring parking space availability via ZigBee technology”. *Int. J. Future Comput*, vol 3, no 6, 377. J. Sens. Actuator Netw. 20 of 20.