

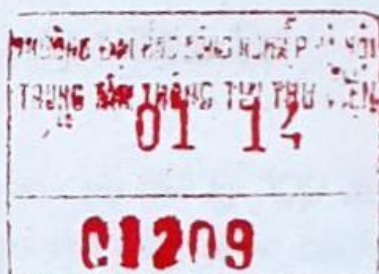
PHẠM VIỆT BÌNH (Chủ biên)
VŨ CHIẾN THẮNG, NGÔ THỊ VINH
PHẠM QUỐC THỊNH

MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY TRÊN NỀN KIẾN TRÚC IP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

PHẠM VIỆT BÌNH (Chủ biên)
VŨ CHIẾN THẮNG, NGÔ THỊ VINH,
PHẠM QUỐC THỊNH



MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY TRÊN NỀN KIẾN TRÚC IP



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI - 2012

LỜI NÓI ĐẦU

Cuộc cách mạng kỹ thuật số của thế kỷ XXI đã và đang diễn ra với tốc độ và quy mô lớn hơn nhiều so với các cuộc cách mạng kỹ thuật số trước đây. Trong suốt thế kỷ XX, thế giới đã được chứng kiến hai cuộc cách mạng kỹ thuật số chính đó là: Các máy tính đã được phát triển và được ứng dụng rộng rãi trong các văn phòng và hộ gia đình; mạng Internet ra đời và phát triển đã kết nối các máy tính lại với nhau và đã làm thay đổi cơ bản cách thức mà con người tương tác với thế giới số.

Hiện nay, chúng ta đang đứng trước một cuộc cách mạng kỹ thuật số của thế kỷ XXI đó là các đối tượng thông minh kết nối thế giới số với thế giới vật lý, từ đó hình thành nên một kiến trúc mạng Internet mới trong tương lai: Kiến trúc Internet of Things (IoT). Người ta đã dự đoán rằng số lượng các đối tượng thông minh sẽ tăng lên tới hàng tỷ thiết bị trong mười năm tới và sẽ có những thay đổi cơ bản trong cách thức để con người tương tác với cả thế giới số và thế giới vật lý.

Mạng cảm biến không dây là một dạng của mạng các đối tượng thông minh. Trong đó, mỗi nút cảm biến không dây bao gồm một bộ thu phát vô tuyến, một bộ vi xử lý và các cảm biến dùng để đo lường và cảm nhận về thế giới vật lý hoặc một thiết bị truyền động để làm thay đổi thế giới vật lý. Mạng cảm biến không dây có rất nhiều ứng dụng tiềm năng như giám sát môi trường, tự động hóa tòa nhà, ngôi nhà thông minh, tự động hóa trong sản xuất nông nghiệp và công nghiệp, giám sát tình trạng sức khỏe bệnh nhân, ứng dụng trong quân sự...

Trong suốt một thập kỷ qua, mọi nghiên cứu tập trung vào mạng cảm biến không dây đều cho rằng kiến trúc IP là không phù hợp đối với các ứng dụng của mạng cảm biến không dây. Nhiều nhà nghiên cứu đã lập luận rằng các giao thức IP là không phù hợp với các thiết bị có tài nguyên hạn chế về năng lượng, bộ nhớ và khả năng xử lý như các nút cảm biến không dây. Kết quả là đã có nhiều giao thức mới được nghiên cứu và ứng dụng

cho các mạng cảm biến không dây. Tuy nhiên, các mạng cảm biến này cần phải thông qua một Gateway để có thể giao tiếp được với mạng Internet và các mạng IP khác. Các Gateway lớp ứng dụng là rất phức tạp để thiết kế và quản lý. Đây là một trong những nhược điểm chính đối với các mạng cảm biến không dây được phát triển không dựa trên nền kiến trúc IP.

Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế IETF đã rất nỗ lực trong việc chuẩn hóa IPv6 cho các mạng cá nhân không dây công suất thấp (6LoWPAN) nói chung và các mạng cảm biến không dây nói riêng. Chuẩn mới này cho phép sử dụng IPv6 trong các mạng cảm biến không dây trên nền chuẩn truyền thông vật lý IEEE 802.15.4. Cùng với đó, một nhóm làm việc khác của IETF (RoLL) làm việc về vấn đề định tuyến qua các mạng này. Nhóm làm việc này đã thiết kế và xác định một giao thức định tuyến IP mới được gọi là giao thức định tuyến IPv6 cho các mạng tổn hao công suất thấp (RPL). Một trong những lợi ích chính của kiến trúc IP đó là các mạng cảm biến không dây có thể kết nối trực tiếp với Internet và sử dụng chuẩn kiến trúc dịch vụ Web cho các mạng này mà không cần đến các Gateway lớp ứng dụng.

Cuốn sách này giới thiệu về mạng cảm biến không dây dựa trên nền kiến trúc IP. Thông qua cuốn sách, bạn đọc có thể hiểu được cách thức để các mạng cảm biến không dây trên nền kiến trúc IPv6 có thể tương tác được với nhau và kết nối được với các mạng IP khác. Cuốn sách này được chia làm 7 chương như sau:

Chương 1: Giới thiệu về mạng cảm biến không dây.

Chương 2: Kiến trúc IP cho mạng cảm biến không dây.

Chương 3: Các giao thức lớp giao vận.

Chương 4: IPv6 cho mạng cảm biến không dây.

Chương 5: Lớp thích ứng 6LoWPAN.

Chương 6: Giao thức định tuyến RPL.

Chương 7: Giao thức lớp ứng dụng CoAP.

Các tác giả hy vọng rằng cuốn sách này sẽ có ích cho nhiều bạn đọc, nhất là sinh viên các ngành Điện tử truyền thông, Đo lường, Điều khiển và Tự động hóa.

Mặc dù đã được rà soát kỹ lưỡng nhưng không tránh khỏi các thiếu sót nhỏ. Các tác giả rất mong nhận được những hồi âm góp ý từ phía bạn đọc để cuốn sách được hoàn thiện hơn trong các lần xuất bản tiếp theo. Mọi thư từ góp ý xin gửi về Khoa Công nghệ Điện tử và Truyền thông - Trường Đại học Công nghệ thông tin và Truyền thông Thái Nguyên - xã Quyết Thắng - thành phố Thái Nguyên.

Chúng tôi xin chân thành cảm ơn!

Thái Nguyên, ngày 12 tháng 12 năm 2012

Các tác giả

MỤC LỤC

	<i>Trang</i>
Lời nói đầu	5
Chương 1: GIỚI THIỆU VỀ MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY	5
1.1. Khái niệm về mạng cảm biến không dây	15
1.2. Những thách thức đối với mạng cảm biến không dây	17
1.2.1. Những thách thức ở cấp độ nút	17
1.2.2. Những thách thức ở cấp độ mạng	19
1.2.3. Sự chuẩn hóa.....	21
1.2.4. Khả năng cộng tác	23
1.3. Kiến trúc ngăn xếp giao thức của mạng cảm biến không dây.....	24
1.3.1. Lớp vật lý.....	26
1.3.2. Lớp liên kết dữ liệu.....	26
1.3.3. Lớp mạng	27
1.3.4. Lớp giao vận	28
1.3.5. Lớp ứng dụng.....	29
1.4. Các cơ chế truyền thông trong mạng cảm biến không dây	32
1.4.1. Mô hình truyền thông trong mạng cảm biến không dây	32
1.4.1.1. Mô hình truyền thông Điểm-Điểm.....	32
1.4.1.2. Mô hình truyền thông Điểm-Đa điểm.....	33
1.4.1.3. Mô hình truyền thông Đa điểm-Điểm.....	34
1.4.2. Chuẩn truyền thông vật lý cho mạng cảm biến không dây	36
1.4.2.1. Định dạng địa chỉ theo chuẩn IEEE 802.15.4	38
1.4.2.2. Lớp vật lý theo chuẩn IEEE 802.15.4.....	40
1.4.2.3. Lớp điều khiển truy nhập kênh truyền theo chuẩn IEEE 802.15.4	42
1.4.2.4. Cấu trúc khung dữ liệu theo chuẩn IEEE 802.15.4	43
1.5. Cấu trúc phần cứng của nút cảm biến không dây	45

1.5.1. Thiết bị truyền thông.....	46
1.5.2. Bộ vi điều khiển.....	47
1.5.3. Cảm biến.....	49
1.5.4. Nguồn cung cấp.....	49
1.6. Phần mềm của nút cảm biến không dây.....	50
1.6.1. Giới thiệu về phần mềm của nút cảm biến không dây.....	50
1.6.2. Hệ điều hành cho mạng cảm biến không dây.....	51
1.6.3. Vấn đề quản lý bộ nhớ.....	52
1.7. Vấn đề quản lý năng lượng trong mạng cảm biến không dây.....	55
1.7.1. Cơ chế quản lý công suất vô tuyến.....	57
1.7.2. Chu kỳ công suất không đồng bộ.....	60
1.7.3. Chu kỳ công suất đồng bộ.....	62
Tổng kết chương 1.....	64
Chương 2: KIẾN TRÚC IP CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY.....	65
2.1. Giới thiệu về kiến trúc IP.....	65
2.2. Những ưu điểm của mạng cảm biến không dây trên nền kiến trúc IP.....	68
2.2.1. Khả năng cộng tác.....	69
2.2.2. Một kiến trúc phát triển và linh hoạt.....	71
2.2.3. Tính ổn định và sự phổ biến của kiến trúc.....	72
2.2.4. Khả năng mở rộng.....	73
2.2.5. Cấu hình và quản lý mạng.....	73
2.2.6. Kích thước nhỏ gọn.....	74
2.2.7. Sự dễ dàng trong việc kết nối với các mạng IP khác.....	75
2.3. Sự chuẩn hóa kiến trúc IP cho mạng cảm biến không dây bởi IETF.....	76
2.3.1. Giới thiệu về tổ chức IETF.....	76
2.3.2. Các nhóm làm việc của IETF liên quan đến kiến trúc IP cho mạng cảm biến không dây.....	77
2.3.2.1. Nhóm làm việc 6LoWPAN.....	78
2.3.2.2. Nhóm làm việc ROLL.....	79
2.4. Các mô hình kết nối IP cho mạng cảm biến không dây.....	81
2.4.1. Mô hình mạng cảm biến không dây tự trị.....	81

2.4.2. Mô hình mạng cảm biến không dây kết nối với Internet	81
Tổng kết chương 2	82
Chương 3: CÁC GIAO THỨC LỚP GIAO VẬN	84
3.1. Giao thức UDP	84
3.1.1. Chuyển phát dữ liệu với nỗ lực tốt nhất	85
3.1.2. Tiêu đề UDP	85
3.2. Giao thức TCP	86
3.2.1. Vận chuyển dòng dữ liệu đáng tin cậy	87
3.2.2. Tiêu đề TCP	89
3.2.3. Các tùy chọn TCP	92
3.2.4. Ước lượng khoảng thời gian gửi gói tin và nhận được gói tin xác nhận (Round-Trip-Time)	93
3.2.5. Điều khiển luồng	93
3.2.6. Điều khiển tắc nghẽn	94
3.3. Giao thức UDP cho mạng cảm biến không dây	94
3.4. Giao thức TCP cho mạng cảm biến không dây	95
Tổng kết chương 3	97
Chương 4: IPv6 CHO MẠNG CẢM BIẾN KHÔNG DÂY	98
4.1. Giới thiệu về IPv6	98
4.2. Các tiêu đề gói tin IPv6	99
4.2.1. Tiêu đề IPv6 cố định (IPv6 Fixed Header)	99
4.2.2. Tiêu đề mở rộng (Extended Header)	101
4.2.3. Tiêu đề tùy chọn từng bước nhảy (Hop-by-Hop Option Header)	102
4.2.4. Tiêu đề định tuyến (Routing Header)	103
4.2.5. Tiêu đề phân mảnh (Fragment Header)	104
4.2.6. Tiêu đề tùy chọn đích (Destination Option Header)	106
4.2.7. Tiêu đề nhận thực và tiêu đề đóng gói bảo mật	106
4.2.8. Tiêu đề kết thúc (No Next Header)	107
4.3. Kiến trúc địa chỉ IPv6	107
4.3.1. Khái niệm về Unicast, Anycast và Multicast	107
4.3.2. Biểu diễn các địa chỉ IPv6	107

4.3.3. Các địa chỉ IPv6 Unicast	109
4.3.3.1. Địa chỉ IPv6 Unicast toàn cầu (Global Unicast IPv6 Addresses).....	109
4.3.3.2. Địa chỉ IPv6 Unicast cục bộ (Local Unicast IPv6 Addresses).....	110
4.3.4. Các địa chỉ IPv6 Anycast.....	112
4.3.5. Các địa chỉ IPv6 Multicast	112
4.4. Giao thức ICMP cho IPv6	114
4.4.1. Bản tin thông báo lỗi ICMPv6.....	115
4.4.2. Bản tin thông tin ICMPv6.....	116
4.5. Giao thức khám phá láng giềng.....	117
4.5.1. Bản tin yêu cầu láng giềng (Neighbor Solicitation Message)	118
4.5.2. Bản tin thông báo láng giềng (Neighbor Advertisement Message).....	119
4.5.3. Bản tin thông báo bộ định tuyến (Router Advertisement Message).....	120
4.5.3.1. Các tiền tố tùy chọn được thông báo trong các bản tin RA.....	122
4.5.3.2. Tùy chọn máy chủ hệ thống tên miền đệ quy được thông báo trong các bản tin RA.....	123
4.5.4. Bản tin yêu cầu bộ định tuyến (Router Solicitation Message)	124
4.5.5. Bản tin chuyển hướng (Redirect Message).....	125
4.5.6. Cơ chế phát hiện không thể kết nối được láng giềng.....	125
4.6. Cân bằng tải.....	126
4.7. Tự động cấu hình IPv6	126
4.7.1. Xây dựng địa chỉ liên kết cục bộ	127
4.7.2. Quá trình tự động cấu hình phi trạng thái.....	128
4.7.2.1. Xây dựng các địa chỉ IPv6 Unicast.....	128
4.7.2.2. Quá trình phát hiện địa chỉ trùng lặp DAD (Duplicate Address Detection).....	129
4.7.2.3. Tạo các địa chỉ IPv6 Unicast toàn cầu và mạng cục bộ	130
4.8. Giao thức DHCPv6	131
4.8.1. Tự động cấu hình có trạng thái (Stateful DHCPv6).....	131
4.8.2. Tự động cấu hình phi trạng thái (Stateless DHCPv6)	132
Tổng kết chương 4	132
Chương 5: LỚP THÍCH ỨNG 6LoWPAN	134

5.1. Các thuật ngữ.....	134
5.2. Lớp thích ứng 6LoWPAN	136
5.2.1. Tiêu đề địa chỉ mạng lưới.....	139
5.2.2. Sự phân mảnh.....	142
5.2.3. Nén tiêu đề 6LoWPAN	143
5.2.3.1. Nén tiêu đề sử dụng LOWPAN_HC1	143
5.2.3.2. Nén tiêu đề sử dụng HC_UDP (HC2).....	145
5.2.3.3. Kỹ thuật nén cải tiến 6LoWPAN và nén dựa trên chia sẻ ngữ cảnh trạng thái	148
5.2.3.4. Nhận dạng ngữ cảnh.....	152
5.2.3.5. Nén tiêu đề IPv6 kế tiếp	153
5.2.3.6. Nén tiêu đề UDP sử dụng LOWPAN_NHC	154
5.2.3.7. Nén tiêu đề của địa chỉ Multicast.....	156
Tổng kết chương 5	158
Chương 6: GIAO THỨC ĐỊNH TUYẾN RPL	159
6.1. Giới thiệu	159
6.2. Khái niệm về các mạng tổn hao và công suất thấp	159
6.3. Các yêu cầu đối với giao thức định tuyến trong mạng cảm biến không dây	161
6.4. Các thước đo định tuyến trong mạng cảm biến không dây.....	164
6.4.1. Các thước đo định tuyến tổng hợp và các thước đo định tuyến được ghi lại	166
6.4.2. Các thước đo toàn cục và các thước đo cục bộ.....	166
6.4.3. Tiêu đề chung cho các thước đo và ràng buộc định tuyến.....	166
6.4.4. Đối tượng thuộc tính và trạng thái của nút.....	167
6.4.5. Đối tượng năng lượng của nút.....	167
6.4.6. Đối tượng số bước nhảy	168
6.4.7. Đối tượng thông lượng.....	168
6.4.8. Đối tượng độ trễ	168
6.4.9. Đối tượng độ tin cậy của liên kết.....	169
6.4.10. Thuộc tính mẫu liên kết.....	170

6.5. Hàm mục tiêu.....	170
6.6. Giao thức định tuyến RPL.....	172
6.6.1. Một số thuật ngữ.....	172
6.6.2. Giới thiệu về giao thức RPL.....	175
6.6.3. Sử dụng nhiều DODAG và khái niệm về RPL Instance.....	178
6.6.4. Các bản tin điều khiển RPL.....	179
6.6.4.1. Các trường bảo mật RPL.....	182
6.6.4.2. Các bản tin DIS.....	183
6.6.4.3. Các bản tin DIO.....	184
6.6.4.4. Các bản tin DAO.....	186
6.6.4.5. Các bản tin DAO-ACK.....	187
6.6.4.6. Các tùy chọn trong bản tin điều khiển RPL.....	189
6.6.5. Các bộ đếm tuần tự.....	202
6.6.6. Quá trình xây dựng RPL DODAG.....	202
6.6.7. Sự dịch chuyển của một nút trong một DODAG và giữa các DODAG.....	206
6.6.8. Điền các bảng định tuyến dọc theo DODAG sử dụng bản tin DAO.....	207
6.6.9. Cơ chế tránh và phát hiện vòng lặp trong RPL.....	210
6.6.9.1. Tránh vòng lặp.....	211
6.6.9.2. Cơ chế phát hiện vòng lặp RPL.....	213
6.6.10. Sửa chữa toàn cục và cục bộ.....	213
6.6.11. Định tuyến liền kề với RPL.....	218
6.6.12. Quản lý bộ định thời RPL.....	219
Tổng kết chương 6	221
Chương 7: GIAO THỨC LỚP ỨNG DỤNG CoAP	222
7.1. Giới thiệu.....	222
7.2. Giao thức CoAP.....	223
7.2.1. Các yêu cầu và đặc điểm đối với giao thức CoAP.....	223
7.2.2. Mô hình hoạt động của CoAP.....	224
7.2.3. Định dạng bản tin CoAP.....	226
7.2.4. Các bản tin giao dịch trong giao thức CoAP.....	228

7.2.4.1. Bản tin yêu cầu báo nhận (CON)	228
7.2.4.2. Bản tin không yêu cầu báo nhận (NON)	228
7.2.4.3. Bản tin báo nhận (ACK)	228
7.2.4.4. Bản tin thiết lập lại (RST)	229
7.2.5. Định nghĩa các phương thức trong giao thức CoAP	229
7.2.5.1. Phương thức GET	229
7.2.5.2. Phương thức POST	229
7.2.5.3. Phương thức PUT	229
7.2.5.4. Phương thức DELETE	230
7.2.6. Ánh xạ giữa CoAP và HTTP	230
7.2.6.1. Ánh xạ từ CoAP sang HTTP	230
7.2.6.2. Ánh xạ từ HTTP sang CoAP	231
7.3. Một số đánh giá hiệu năng của giao thức CoAP cho	
mạng cảm biến không dây	232
7.3.1. Số byte được chuyển giao trong mỗi giao dịch client-server	233
7.3.2. Năng lượng tiêu thụ	233
7.3.3. Thời gian đáp ứng	235
Tổng kết chương 7	236
Tài liệu tham khảo	238