

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**HOÀNG QUỐC VƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT TRIỂN KHAI IPv6 CHO  
MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**

*(Theo định hướng ứng dụng)*

Hà Nội - 2020

**HỌC VIỆN CÔNG NGHỆ BƯU CHÍNH VIỄN THÔNG**



**HOÀNG QUỐC VƯƠNG**

**NGHIÊN CỨU VÀ ĐỀ XUẤT TRIỂN KHAI IPv6 CHO  
MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP**

**CHUYÊN NGÀNH: HỆ THỐNG THÔNG TIN**  
**MÃ SỐ : 8.48.01.04**

**LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT**  
*(Theo định hướng ứng dụng)*

**NGƯỜI HƯỚNG DẪN KHOA HỌC: TS. PHAN THỊ HÀ**

**Hà Nội - 2020**

## **LỜI CAM ĐOAN**

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

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

**Tác giả luận văn**

**Hoàng Quốc Vương**

## LỜI CẢM ƠN

Lời đầu tiên em muốn gửi lời cảm ơn chân thành tới cô Phan Thị Hà, người đã tận tâm chỉ dẫn, định hướng trong suốt quá trình học tập và làm luận văn tốt nghiệp này. Trong suốt thời gian thực hiện luận văn cô đã tạo điều kiện cho em về thời gian và những sự giúp đỡ quý báu về kiến thức và tài liệu tham khảo để em có thể hoàn thành luận văn tốt nghiệp một cách tốt nhất. Và sau đó em muốn gửi lời biết ơn chân thành nhất tới toàn thể các thầy cô trong trường. Các thầy cô là những người có kiến thức sâu rộng, nhiệt tình với sinh viên, và trên hết đó là các thầy cô luôn luôn là tấm gương sáng về nghị lực, lòng say mê khoa học, và sự chính trực cho chúng em.

Những lời biết ơn thân thương nhất con xin kính gửi đến bố mẹ. Bố mẹ đã cho con cả quá khứ, hiện tại và tương lai. Cảm ơn những người bạn tốt trong tập thể lớp cao học khóa M18CQIS01-B, những người bạn đã cùng chia sẻ những niềm vui, nỗi buồn, luôn bên cạnh động viên tôi trong quá trình học tập và thực hiện luận văn. Kỉ niệm về các bạn là những kỉ niệm đẹp nhất của tôi khi còn ngồi trên ghế giảng đường.

Cuối cùng em xin kính chúc các thầy cô và toàn thể các bạn sinh viên trường Học viện Công nghệ Bưu Chính Viễn Thông một sức khỏe dồi dào, đạt được những thành công trên con đường học tập và nghiên cứu khoa học. Chúc trường ta sẽ sớm trở thành ngọn cờ đầu của giáo dục nước nhà và Quốc tế.

Xin chân trọng cảm ơn!

Tác giả

**Hoàng Quốc Vương**

## MỤC LỤC

<b>LỜI CAM ĐOAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LỜI CẢM ƠN .....</b>	<b>ii</b>
<b>DANH MỤC CÁC HÌNH .....</b>	<b>v</b>
<b>DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT.....</b>	<b>vii</b>
<b>MỞ ĐẦU .....</b>	<b>1</b>
<b>CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VÀ NHU CẦU TRIỂN KHAI IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP .....</b>	<b>2</b>
1.1 Tổng quan.....	2
1.1.1 Tổng quan về địa chỉ IPv6 .....	2
1.1.2 Tổng quan về Internet của vạn vật (IoT/IoE) .....	6
1.1.3 Tổng quan về mạng không dây công suất thấp.....	8
1.2 Nhu cầu triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp.....	10
1.2.1 Hiện trạng triển khai IPv6 trong nước và trên thế giới.....	10
1.2.2 Hiện trạng triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp .....	13
1.2.3 Nhu cầu triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp .....	15
<b>CHƯƠNG II: KỸ THUẬT TRIỂN KHAI IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP .....</b>	<b>18</b>
2.1 Kỹ thuật nén mào đầu IPv6.....	18
2.1.1 Định dạng mã hóa LOWPAN_IPHC.....	19
2.1.2 Mã hóa mào đầu IPv6 .....	24
2.2 Kỹ thuật nén mào đầu mở rộng IPv6 .....	26
2.2.1 Định dạng LOWPAN_NHC .....	26
2.2.2 Nén mào đầu mở rộng IPv6 .....	27
2.2.3 Nén mào đầu UDP .....	29
2.3 Kiến trúc mạng 6LoWPAN.....	32
2.4 Ánh xạ 6LoWPAN vào mô hình OSI .....	33
2.5 Định tuyến trong mạng 6LoWPAN .....	34

<b>CHƯƠNG III: TRIỂN KHAI THỬ NGHIỆM KỸ THUẬT IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP VÀ ĐỀ XUẤT ỨNG DỤNG .....</b>	<b>35</b>
3.1 Triển khai thử nghiệm 6LoWPAN.....	35
3.1.1 Mục tiêu thử nghiệm.....	35
3.1.2 Mô hình thử nghiệm .....	35
3.1.3 Danh sách thiết bị thử nghiệm .....	37
3.1.4 Triển khai thử nghiệm.....	38
3.1.5 Kết quả thử nghiệm.....	43
3.1.6 Kết luận, đánh giá .....	45
3.2 Đề xuất áp dụng tại Bộ tư lệnh thủ đô .....	46
3.2.1 Mô hình đề xuất .....	47
3.2.2 Lợi ích của mô hình đề xuất.....	49
<b>KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ .....</b>	<b>52</b>
<b>TÀI LIỆU THAM KHẢO .....</b>	<b>53</b>

## DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 1.1: Cấu trúc gói tin IPv6 .....	3
Hình 1.2: Mào đầu gói tin IPv6.....	4
Hình 1.3: Khái niệm Internet vạn vật (IoT) .....	6
Hình 1.4: Số lượng thiết bị kết nối dự kiến đến 2020.....	7
Hình 1.5: Tuyến IPv6 trên bản đồ định tuyến toàn cầu từ năm 2003 tới năm 2019 ..	11
Hình 1.6: Thống kê tỉ lệ sử dụng IPv6 tại Việt Nam .....	12
Hình 2.1: Mào đầu LOWPAN_IPHC .....	19
Hình 2.2: Mã hóa cơ bản LOWPAN_IPHC.....	20
Hình 2.3: Mã hóa LOWPAN_IPHC .....	24
Hình 2.4: TF = 00: Traffic Class và Flow Label được chứa trong in-line.....	24
Hình 2.5: TF = 01: Flow Label được chứa trong in-line .....	24
Hình 2.6: TF = 10: Traffic Class được chứa trong in-line.....	25
Hình 2.7: Cấu trúc Header LOWPAN_IPHC/LOWPAN_NHC điển hình .....	26
Hình 2.8: Mã hóa LOWPAN_NHC .....	26
Hình 2.9: Mã hóa mào đầu mở rộng IPv6 .....	27
Hình 2.10: Mã hóa mào đầu UDP .....	31
Hình 2.11: Kiến trúc mạng 6LoWPAN .....	32
Hình 2.12: Ánh xạ 6LoWPAN vào mô hình OSI .....	33
Hình 3.1: Mô hình thử nghiệm triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp	35
Hình 3.2: Thiết lập thiết bị Gateway .....	39
Hình 3.3: Thiết lập thiết bị Sensor Node .....	40
Hình 3.4: Giao diện quản trị thiết bị Gateway .....	41
Hình 3.5: Kiểm tra danh sách thiết bị Sensor Node đã tích hợp trong Gateway .....	41
Hình 3.6: Cấu hình cho phép Gateway nhận IPv6 DHCP .....	42
Hình 3.7: Cấu hình địa chỉ IPv6 tĩnh cho Gateway .....	43
Hình 3.8: Kết quả thử nghiệm 6LoWPAN .....	44
Hình 3.9: Giải pháp giám sát môi trường, hạ tầng hiện đang sử dụng .....	47
Hình 3.10: Mô hình đề xuất giám sát môi trường, hạ tầng tại các PMC áp dụng 6LoWPAN .....	49

## **DANH MỤC CÁC BẢNG**

Bảng 1.1: Các dạng mào đầu mở rộng .....	5
Bảng 3.1: Danh sách thiết bị thử nghiệm .....	37



## DANH MỤC CÁC KÝ HIỆU, CÁC CHỮ VIẾT TẮT

TỪ VIẾT TẮT	TIẾNG ANH	TIẾNG VIỆT
6LoWPAN	IPv6 Low-power Wireless Personal Area Network	Kĩ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp
ACL	Access Control List	Danh sách giới hạn truy cập
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	Dịch vụ cấp động địa chỉ IP
DNS	Domain Name System	Hệ thống phân giải tên miền
HTTP	Hypertext transfer protocol	Giao thức truyền dẫn siêu văn bản
IETF	Internet Engineering Task Force	Tổ chức tiêu chuẩn hóa quốc tế
IID		
IoE	Internet of Every Thing	Kết nối Internet của vạn vạn vật
IoT	Internet of Thing	Kết nối Internet của vạn vật
IP	Internet Protocol	Giao thức Internet
ISP	Internet Service Provider	Nhà cung cấp dịch vụ truy cập Internet
KTV		Kĩ thuật viên khai thác
LR-WPAN	Low-rate Wireless Personal Area Network	Mạng không dây công suất thấp

MAC	Media Access Control	Giao thức điều khiển truy cập đường truyền
PDU	Power Distribution Unit	Thanh phân phối nguồn
PMC		Phòng máy chủ
QCVN		Qui chuẩn Việt Nam
RPL	Routing protocol for low power and lossy networks	Giao thức định tuyến sử dụng trong môi trường 6LoWPAN
TCP	Transmission Control Protocol	Giao thức truyền tải tin cậy tầng vận chuyển
TCVN		Tiêu chuẩn Việt Nam
UDP	User Datagram Protocol	Giao thức truyền tải không tin cậy tầng vận chuyển

## MỞ ĐẦU

Trong những năm gần đây, Internet của vạn vật (Internet of thing – IoT) là một trong những xu hướng công nghệ nổi bật trên thế giới cũng như tại Việt Nam. IoT cũng được xác định là một trong những động lực chính của cuộc cách mạng công nghiệp 4.0. Tuy nhiên, việc triển khai, ứng dụng IoT vào thực tế còn gặp nhiều khó khăn như các giao thức kết nối phức tạp, khó khăn trong việc định dạng các vật thể kết nối...

Hiện nay tài nguyên IPv4 đã bước vào giai đoạn cạn kiệt, thế giới đang từng bước chuyển đổi sang thể hệ địa chỉ mới IPv6. Tại Việt Nam, mục tiêu là bảo đảm trước năm 2020, toàn bộ mạng lưới và dịch vụ Internet Việt Nam sẽ được chuyển đổi để hoạt động một cách an toàn tin cậy với địa chỉ IPv6 (Theo kế hoạch hành động quốc gia về IPv6). Không gian địa chỉ gần như vô hạn của IPv6 mang lại cơ hội triển khai Internet của vạn vật (Internet of Thing – IoT), trong đó tất cả mọi thứ được tích hợp và kết nối với nhau thông qua địa chỉ IPv6. Để hiện thực hóa điều này, giao thức IPv6 phải đáp ứng được các yêu cầu về tính di động, hạn chế về công suất thu/phát, hạn chế về băng thông của các nút đầu cuối.

Để có thể hiểu sâu về các kỹ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp, học viên đã xây dựng tài liệu báo cáo gồm các mục như sau:

- Chương I: Mạng không dây công suất thấp, hiện trạng và nhu cầu triển khai IPv6
- Chương II: Kỹ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp
- Chương III: Triển khai thử nghiệm kỹ thuật IPv6 cho mạng không dây công suất thấp

# CHƯƠNG I: TỔNG QUAN VÀ NHU CẦU TRIỂN KHAI IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP

## 1.1 Tổng quan

### 1.1.1 Tổng quan về địa chỉ IPv6

Trước nguy cơ thiếu hụt không gian địa chỉ, cùng những hạn chế của IPv4 thúc đẩy sự đầu tư nghiên cứu một giao thức Internet mới, khắc phục những hạn chế của giao thức IPv4 và đem lại những đặc tính mới cần thiết cho dịch vụ và cho hoạt động mạng thế hệ tiếp theo. Giao thức Internet mà IETF đã đưa ra, quyết định thúc đẩy thay thế cho IPv4 là IPv6 (Internet Protocol Version 6), giao thức Internet phiên bản 6, còn được gọi là giao thức IP thế hệ mới (IP Next Generation – IPng). Địa chỉ Internet phiên bản 6 có chiều dài gấp 4 lần chiều dài địa chỉ IPv4, gồm 128 bit.

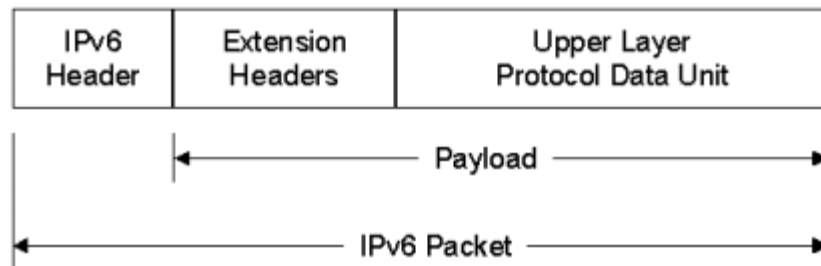
Ý tưởng về việc phát triển giao thức Internet mới được giới thiệu tại cuộc họp IETF 25 tháng 7 năm 1994, trong RFC1752, giới thiệu thủ tục IP phiên bản mới. Quá trình phát triển, xem xét, sửa đổi, hoàn thiện hóa các thủ tục Internet phiên bản 6 được thực hiện bởi nhóm làm việc về IPv6 của IETF. Sau nhiều năm nghiên cứu, những hoạt động cơ bản của thế hệ địa chỉ này đã được định nghĩa và công bố năm 1998 trong một chuỗi tài liệu tiêu chuẩn từ RFC2460 tới RFC2467. IPv6 được thiết kế với những tham vọng và mục tiêu như sau:

- Không gian địa chỉ lớn hơn và dễ dàng quản lý không gian địa chỉ.
- Hỗ trợ kết nối đầu cuối-đầu cuối và loại bỏ hoàn toàn công nghệ NAT
- Quản trị TCP/IP dễ dàng hơn: DHCP được sử dụng trong IPv4 nhằm giảm cấu hình thủ công TCP/IP cho host. IPv6 được thiết kế với khả năng tự động cấu hình mà không cần sử dụng máy chủ DHCP, hỗ trợ hơn nữa trong việc giảm cấu hình thủ công.
- Cấu trúc định tuyến tốt hơn: Định tuyến IPv6 được thiết kế hoàn toàn phân cấp.
- Hỗ trợ tốt hơn Multicast: Multicast là một tùy chọn của địa chỉ IPv4, tuy nhiên khả năng hỗ trợ và tính phổ dụng chưa cao.

- Hỗ trợ bảo mật tốt hơn: IPv4 được thiết kế tại thời điểm chỉ có các mạng nhỏ, biết rõ nhau kết nối với nhau. Do vậy bảo mật chưa phải là một vấn đề được quan tâm. Song hiện nay, bảo mật mạng Internet trở thành một vấn đề rất lớn, là mối quan tâm hàng đầu.
- Hỗ trợ tốt hơn cho di động: Thời điểm IPv4 được thiết kế, chưa tồn tại khái niệm về thiết bị IP di động. Trong thế hệ mạng mới, dạng thiết bị này ngày càng phát triển, đòi hỏi cấu trúc giao thức Internet có sự hỗ trợ tốt hơn.

Để thực hiện được những mục tiêu trên, gói tin IPv6 đã được thiết kế lại bao gồm 2 loại mào đầu như hình bên dưới:

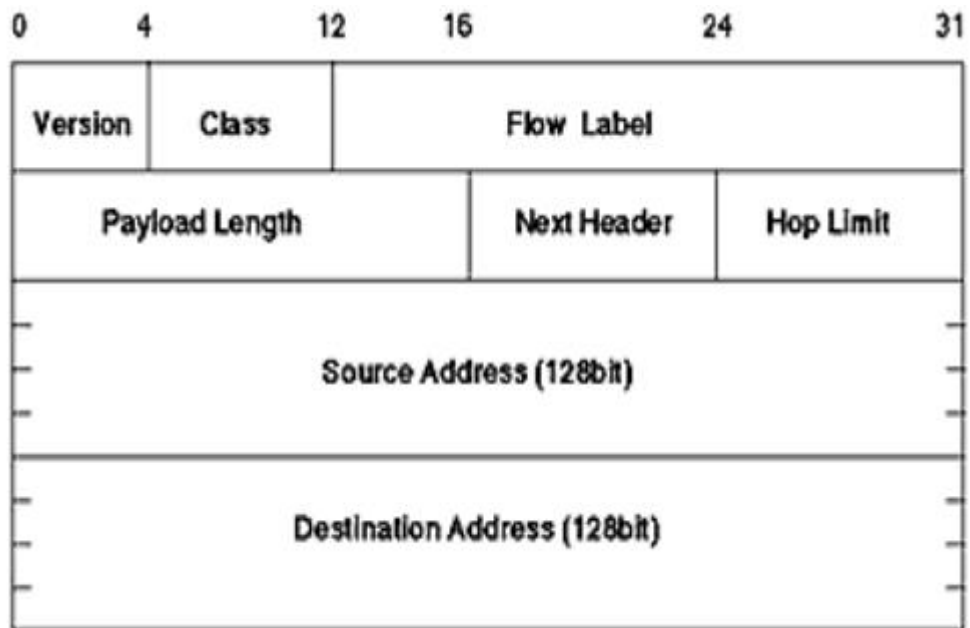
- Mào đầu cơ bản: độ dài cố định 40 byte, chứa các thông tin cơ bản để xử lý gói tin IPv6.
- Mào đầu mở rộng: Chứa những thông tin tính năng mở rộng (xác thực, mã hóa..) hoặc các dịch vụ thêm vào.



**Hình 1.1: Cấu trúc gói tin IPv6**

**a. Mào đầu cơ bản:**

Mào đầu cơ bản bao gồm các trường được mô tả như hình vẽ bên dưới:



**Hình 1.2: Mào đầu gói tin IPv6**

- Version – 4 bit: Cùng tên với trường trong địa chỉ IPv4. Chỉ khác giá trị thể hiện địa chỉ phiên bản 6.
- Traffic Class – 8 bit:: Thực hiện chức năng tương tự trường “Service Type” của địa chỉ IPv4. Trường này được sử dụng để biểu diễn mức độ ưu tiên của gói tin, ví dụ gói tin nên được truyền với tốc độ nhanh hay thông thường, hướng dẫn thiết bị thông tin xử lý gói một cách tương ứng.
- Payload Length – 16 bit: Trường này thay thế cho trường Total length của địa chỉ IPv4. Tuy nhiên, nó chỉ xác định chiều dài phần dữ liệu (payload). Phần dữ liệu trong gói tin IPv6 được tính bao gồm cả header mở rộng. Bằng 16 bit, trường Payload Length có thể chỉ định chiều dài phần dữ liệu của gói tin IPv6 lên tới 65,535 byte.
- Hop Limit - 8 bit: Thay thế trường Time to live của địa chỉ IPv4.
- Next Header – 8 bit: Thay thế trường Protocol. Trường này chỉ định đến header mở rộng đầu tiên của gói tin IPv6 (nếu có) đặt sau header cơ bản, hoặc chỉ định tới thủ tục lớp trên như TCP, UDP, ICMPv6 khi trong gói tin IPv6 không có phần header mở rộng. Nếu sử dụng để chỉ định thủ tục lớp trên, trường này sẽ có giá trị tương tự như trường Protocol của địa chỉ IPv4.

- Source Address: Địa chỉ nguồn, chiều dài là 128 bit.
- Destination Address: Địa chỉ đích, chiều dài là 128 bit.

**b. Mào đầu mở rộng:**

- Chứa những thông tin tính năng mở rộng (xác thực, mã hóa..) hoặc các dịch vụ thêm vào.
- Có thể có nhiều mào đầu mở rộng trong 1 gói tin IPv6.
- Các mào đầu mở rộng được đặt nối tiếp nhau theo qui định, mỗi loại header mở rộng có cấu trúc trường riêng.
- Thường các mào đầu mở rộng được xử lý tại thiết bị định tuyến đích, tuy nhiên cũng có các mào đầu mở rộng được xử lý tại mọi hop gói tin đi qua (mào đầu mở rộng dạng Hop-by-Hop).
- Trong mọi mào đầu mở rộng đều có trường Next Header như trong mào đầu cơ bản, trường Next Header này sẽ chỉ ra mào đầu mở rộng kế tiếp nó.
- Các loại mào đầu mở rộng được mô tả trong bảng sau:

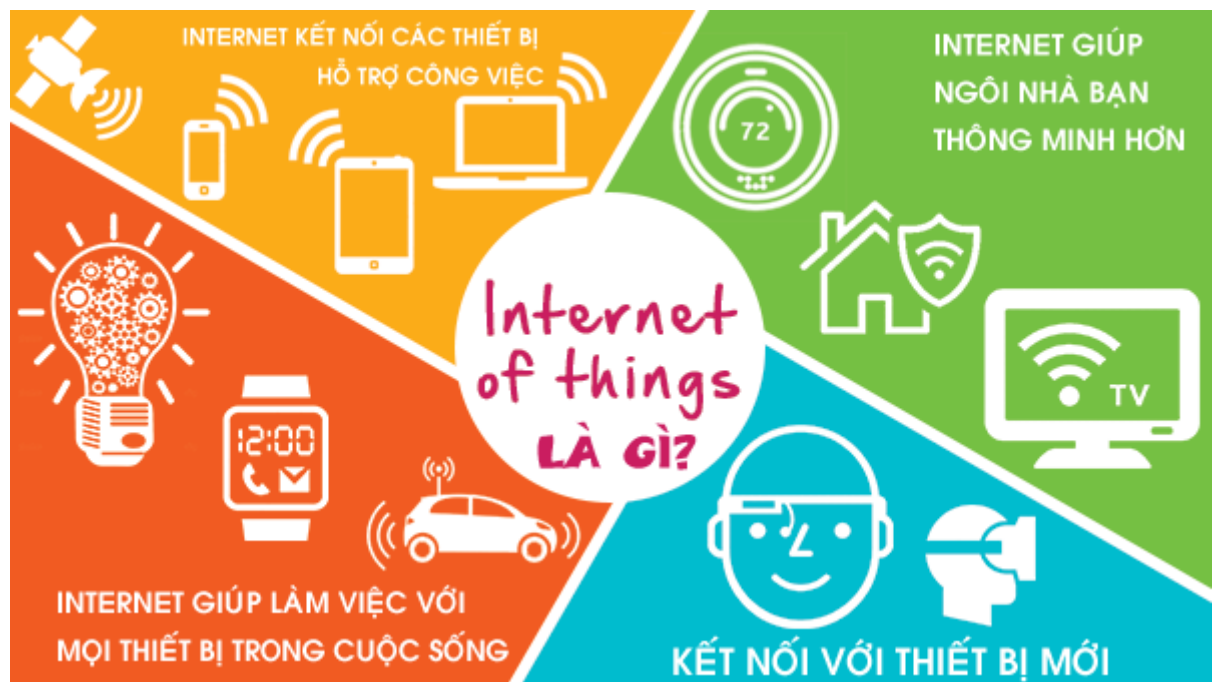
**Bảng 1.1: Các dạng mào đầu mở rộng**

STT	Loại header mở rộng	Mô tả chức năng
1	Hop by Hop	Chứa những thông tin, tham số được xử lý tại từng hop gói tin đi qua
2	Destination	Mang thông tin địa chỉ đích tiếp theo.
3	Routing	Để gói tin đi theo 1 tuyến đường xác định trước, không tùy thuộc vào lựa chọn đường đi của các routing protocol. Trường này chứa danh sách các địa chỉ đích mà gói tin sẽ phải đi qua.
4	Fragment	Để các router trên đường đi ko phải thực hiện việc phân mảnh, việc phân mảnh thực hiện ngay tại nguồn gửi ==> giảm tải cho các router.
5	Authentication&ESP	

Trong phần này, em đã trình bày cấu trúc cơ bản của gói tin IPv6. Tuy nhiên, để có thể triển khai trong môi trường đặc thù như mạng không dây công suất thấp, cấu trúc gói tin IPv6 cần phải được mã hóa lại để phù hợp hơn. Trong các phần tiếp theo, em sẽ tập trung nghiên cứu nội dung này.

### 1.1.2 Tổng quan về Internet của vạn vật (IoT/IoE)

Internet của vạn vật, viết tắt là IoT (tiếng Anh: Internet of Things) 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 là một tập hợp các thiết bị có khả năng kết nối với nhau, với Internet và với thế giới bên ngoài để thực hiện một công việc nào đó.

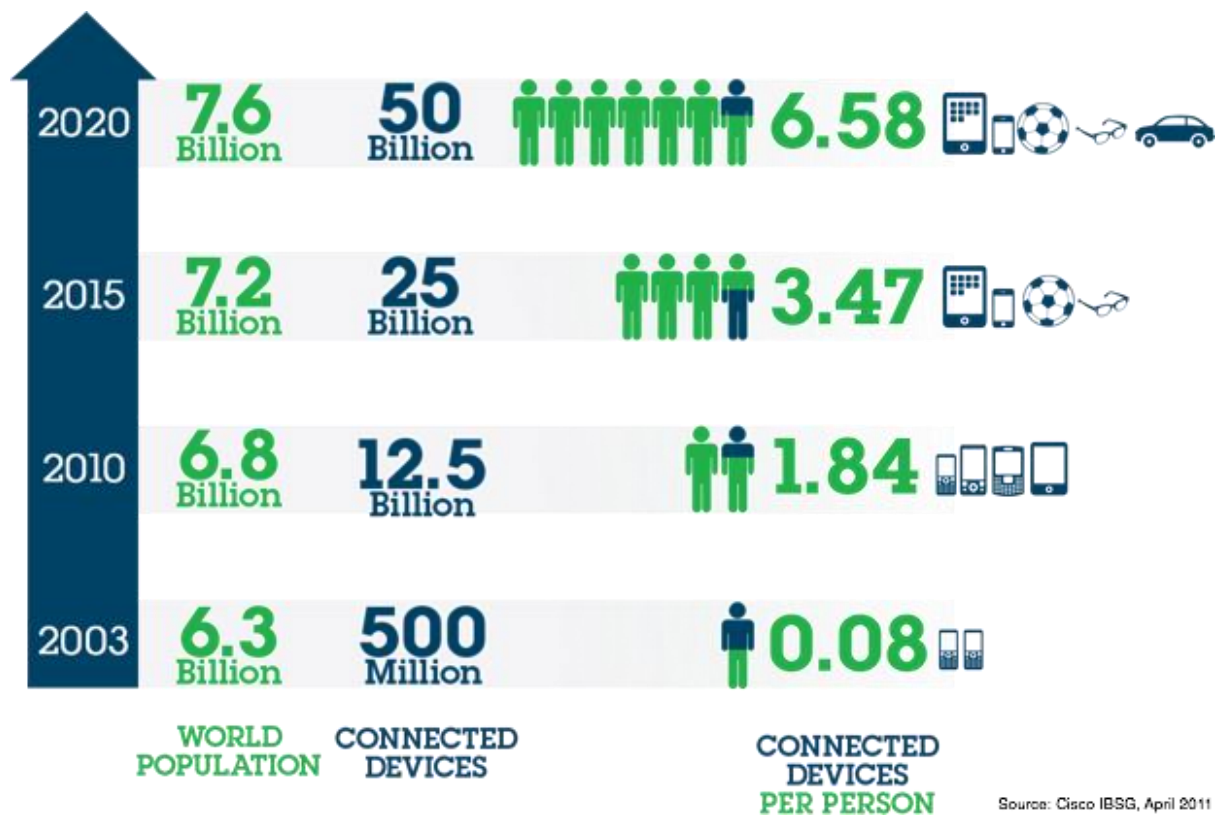


**Hình 1.3: Khái niệm Internet vạn vật (IoT)**

Hay hiểu một cách đơn giản IoT là tất cả các thiết bị có thể kết nối với nhau . Việc kết nối thì có thể thực hiện qua Wi-Fi, mạng viễn thông băng rộng (3G, 4G),



Bluetooth, ZigBee, hồng ngoại... Các thiết bị có thể là điện thoại thông minh, máy pha cafe, máy giặt, tai nghe, bóng đèn, và nhiều thiết bị khác. Cisco, nhà cung cấp giải pháp và thiết bị mạng hàng đầu hiện nay dự báo: Đến năm 2020, sẽ có khoảng 50 tỷ đồ vật kết nối vào Internet, thậm chí con số này còn gia tăng nhiều hơn nữa. IoT sẽ là mạng khổng lồ kết nối tất cả mọi thứ, bao gồm cả con người và sẽ tồn tại các mối quan hệ giữa người và người, người và thiết bị, thiết bị và thiết bị. Một mạng lưới IoT có thể chứa đến 50 đến 100 nghìn tỉ đối tượng được kết nối và mạng lưới này có thể theo dõi sự di chuyển của từng đối tượng. Một con người sống trong thành thị có thể bị bao bọc xung quanh bởi 1000 đến 5000 đối tượng có khả năng theo dõi.



**Hình 1.4: Số lượng thiết bị kết nối dự kiến đến 2020**

IoT có ứng dụng vô cùng rộng rãi và đa dạng, có thể liệt kê tập trung ở một số lĩnh vực sau:

- Quản lý hạ tầng

- Quản lí đô thị
- Quản lí môi trường
- Mua sắm thông minh
- Quản lí các thiết bị cá nhân
- Tự động hóa ngôi nhà
- Y tế thông minh.
- Thành phố thông minh.

Trong các ứng dụng nêu trên của IoT thì môi trường mạng không dây công suất thấp tầm gần (LoWPAN) đóng một vai trò quan trọng. Đây là môi trường chủ đạo trong IoT để các vật thể có thể kết nối với nhau trong phạm vi tầm gần. Trong phần tiếp theo, em sẽ nghiên cứu các khái niệm, đặc điểm của môi trường này.

### ***1.1.3 Tổng quan về mạng không dây công suất thấp***

#### **1.1.3.1 Khái niệm**

Một mạng không dây công suất thấp tầm gần (Low Power Wireless Personal Area Network – LoWPAN) là một mạng thông tin liên lạc chi phí thấp cho phép các ứng dụng, dịch vụ hoạt động thông qua kết nối không dây với công suất và băng thông hạn chế. Một mạng LoWPAN thường bao gồm các thiết bị phù hợp với tiêu chuẩn IEEE 802.15.4. Các thiết bị tuân theo chuẩn IEEE 802.15.4 có các đặc điểm như sau: sử dụng sóng ngắn, tốc độ thấp, công suất thấp và giá thành thấp, hạn chế về năng lực tính toán, bộ nhớ....

IEEE 802.15.4 là một chuẩn để xác định lớp vật lý và lớp điều khiển truy cập trong mạng không dây tốc độ thấp (low-rate wireless personal area networks = LR-WPANs). Nó được tạo ra bởi nhóm IEEE 802.15, vào năm 2003. Nó là cơ sở cho việc triển khai các kỹ thuật như ZigBee, WirelessHART, MiWi,... Ngoài ra, nó cũng được sử dụng để triển khai 6LoWPAN, cũng như là tiền đề cho việc xây dựng các RFC liên quan tới mạng “wireless embedded Internet”.

### 1.1.3.2 Đặc điểm

- Các thiết bị trong mạng không dây công suất thấp có thể hoạt động trong 3 dải tần số 868/915/2450 MHz, cụ thể:
  - 868.0–868.6 MHz: Dành cho khu vực Châu Âu.
  - 902–928 MHz: Dành cho khu vực Bắc Mỹ.
  - 2400–2483.5 MHz: Dành trong phạm vi trên toàn thế giới.
- Sử dụng các gói tin có kích thước nhỏ để truyền tải thông tin. Giả sử rằng các gói tin lớp vật lý tối đa là 127 byte, dẫn đến kích thước khung hình tối đa ở lớp điều khiển truy cập là 102 byte.
- Hỗ trợ cả 2 loại địa chỉ lớp điều khiển truy cập: dạng địa chỉ 16 -bit ngắn hoặc IEEE 64 -bit mở rộng.
- Băng thông thấp: tốc độ dữ liệu của 250 kbps , 40 kbps và 20 kbps cho mỗi lớp vật lý hiện đang được định nghĩa ( 2.4 GHz , 915 MHz ,và 868 MHz , tương ứng).
- Sử dụng 2 loại topology gồm: topo dạng sao (star) và topo dạng lưới (mesh).
- Công suất thấp. Thông thường, một số hoặc tất cả các thiết bị đang hoạt động bằng pin.
- Chi phí thấp. Các thiết bị này thường được kết hợp với bộ cảm biến, chuyển mạch ... Điều này dẫn đến một số đặc điểm khác chẳng hạn như khả năng xử lý thấp, bộ nhớ thấp...
- Số lượng lớn các thiết bị dự kiến sẽ được triển khai trong đời của công nghệ. Con số này dự kiến sẽ tương đương số lượng máy tính cá nhân được triển khai.

Vị trí của các thiết bị thường không được xác định trước, khi họ có xu hướng được triển khai trong một thời mô hình ad-hoc. Hơn nữa, đôi khi vị trí của các thiết bị này có thể không dễ dàng truy cập. Ngoài ra, các thiết bị này có thể di chuyển đến mới địa điểm.

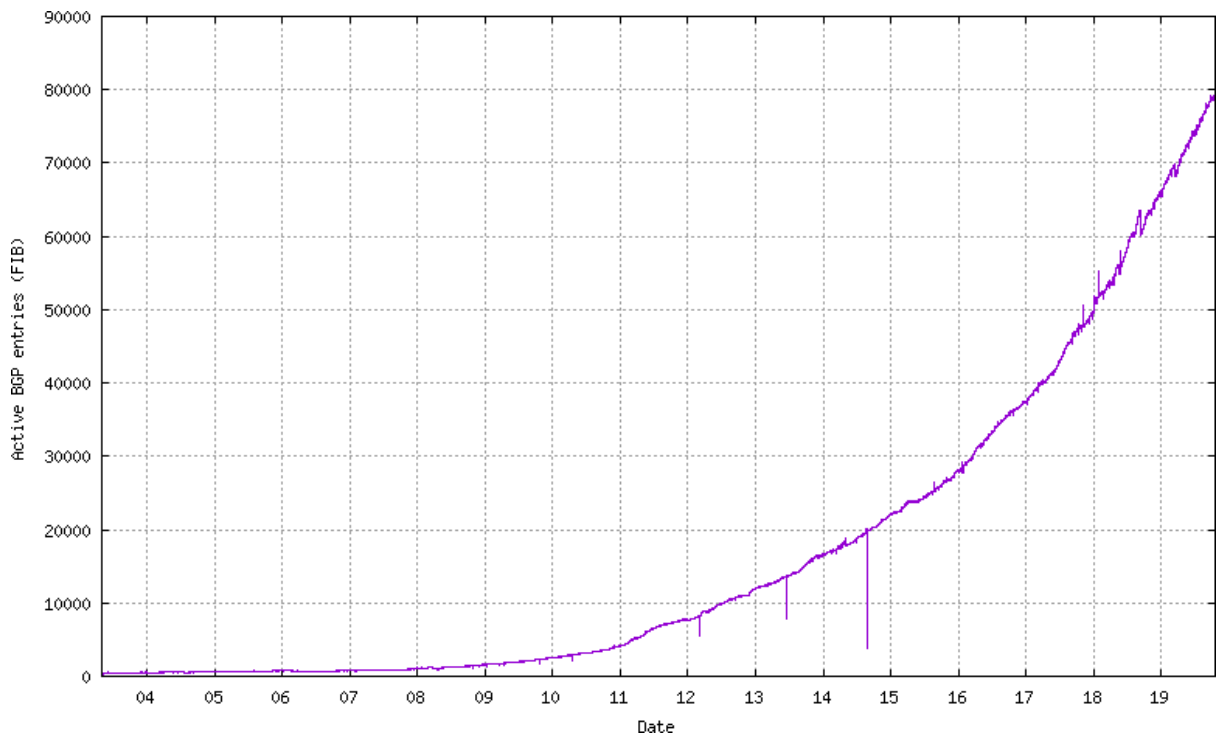
- Vấn đề thách thức an toàn an ninh. Thiết bị trong LoWPAN có xu hướng là không đáng tin cậy do nhiều lý do: không chắc chắn kết nối radio, pin, vấn đề tìm kiếm thiết bị, giả mạo vật lý...
- Trong nhiều môi trường, các thiết bị kết nối với một LoWPAN có thể “ngủ đông” trong thời gian dài của thời gian để bảo tồn năng lượng, và là không thể giao tiếp trong những thời kỳ “ngủ đông”.

## **1.2 Nhu cầu triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp**

### ***1.2.1 Hiện trạng triển khai IPv6 trong nước và trên thế giới***

Trong những năm gần đây, IPv6 tiếp tục được triển khai mạnh mẽ trong hoạt động Internet toàn cầu. Tốc độ triển khai IPv6 không đột biến nhưng theo chiều hướng gia tăng. Trong vòng ba năm vừa qua, việc chuyển mình lớn nhất của IPv6 trong ứng dụng và dịch vụ là vượt ra khỏi phạm vi thử nghiệm và các dự án nghiên cứu, IPv6 bước vào lĩnh vực dịch vụ thực trên mạng Internet. Dịch vụ IPv6 đang được nhiều ISP cung cấp thực tế trên hoạt động Internet, đặc biệt là các doanh nghiệp cung cấp dịch vụ nội dung, các nhà cung cấp dịch vụ di động lớn.

Hệ thống mạng IPv6 đã và đang được triển khai mạnh mẽ tại các quốc gia, trong mô hình kết nối định tuyến IPv6 trên mạng thời điểm những năm trước đây còn dễ dàng nhìn thấy các kết nối, nhưng đến năm 2019 sơ đồ đã trở nên phức tạp và kết nối dày đặc hơn rất nhiều, thể hiện kết quả của việc triển khai IPv6 trên thế giới, bên cạnh đó các thông tin định tuyến trên mạng đối với IPv6 cũng tăng theo chiều thẳng đứng.



**Hình 1.5: Tuyến IPv6 trên bảng định tuyến toàn cầu từ năm 2003 tới năm 2019**  
(nguồn [www.cidr-report.org](http://www.cidr-report.org))

Trong những năm gần đây, một trong những lĩnh vực mà IPv6 phát triển mạnh mẽ nhất là Internet của vạn vật (IoT). Các giải pháp IoT đã được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau của đời sống : nông nghiệp, giao thông, thành phố thông minh, y tế, giáo dục, ngôi nhà thông minh... Tại nhiều quốc gia phát triển như Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, các ISP đã cung cấp nhiều dịch vụ IoT trên nền hạ tầng viễn thông di động 4G sử dụng địa chỉ IPv6 như: các dịch vụ chăm sóc sức khỏe, các dịch vụ theo dõi người già, trẻ em, các dịch vụ quản lý từ xa... Các chính phủ, tổ chức nghiên cứu đã xây dựng, phát triển và chuẩn hóa nhiều nền tảng IoT, hầu hết các nền tảng này đều hỗ trợ IPv6. Chính phủ Singapore, chính phủ Hàn Quốc đã có kế hoạch xây dựng các thành phố thông minh (smart city).

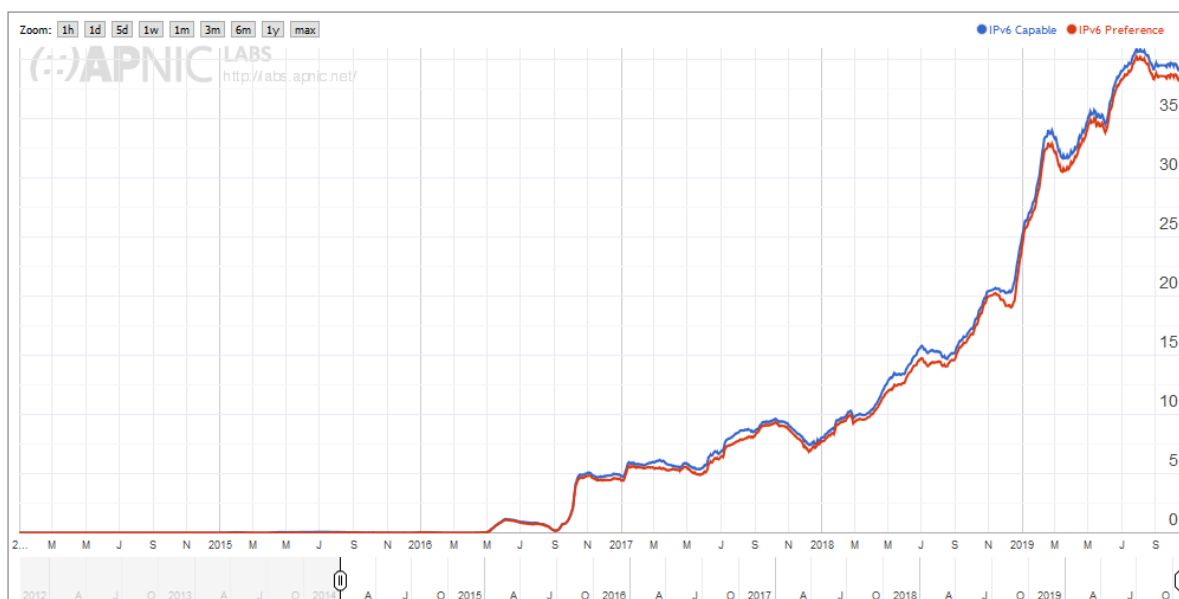
Tại Việt Nam; chính phủ, Bộ Thông Tin và Truyền Thông đã có nhiều chính sách nhằm thúc đẩy, phát triển việc sử dụng IPv6 trong cộng đồng. Ngày 29/03/2011, Bộ trưởng Bộ Thông tin và Truyền thông đã ban hành Kế hoạch hành động quốc gia về IPv6 nêu rõ lộ trình chuyển đổi từ IPv4 sang IPv6 cho Internet Việt Nam được chia thành ba giai đoạn sau đây:

- Giai đoạn 1 (Từ 2011- đến 2012): Giai đoạn chuẩn bị.
- Giai đoạn 2 (Từ 2013- đến 2015): Giai đoạn khởi động.
- Giai đoạn 3 (Từ 2016- đến 2019): Giai đoạn chuyển đổi.

Theo đúng lộ trình, hiện chúng ta đang ở cuối giai đoạn 3 (giai đoạn chuyển đổi). Nhiệm vụ và mục tiêu của giai đoạn này là chuyển đổi hoàn thiện dịch vụ mạng lưới Internet Việt Nam sẵn sàng với IPv6.

Hiện nay, IPv6 đang được thúc đẩy triển khai mạnh mẽ tại Việt Nam và hiện diện trên tất cả các mặt: chính sách, mạng lưới, dịch vụ, thiết bị, phần mềm, tài nguyên...Tỉ lệ người sử dụng IPv6 tại Việt Nam trong năm 2019 đã có sự tăng trưởng đáng kể so với các giai đoạn trước, đạt xấp xỉ 40%:

### Use of IPv6 for Vietnam (VN)



**Hình 1.6: Thống kê tỉ lệ sử dụng IPv6 tại Việt Nam**

Về mạng lưới, ngày 6/5/2013 mạng IPv6 quốc gia hoàn chỉnh đã được khai trương. Hiện nay, hầu hết các nhà cung cấp dịch vụ Internet lớn (Viettel, VNPT-Net, FPT...) đã hỗ trợ kết nối IPv6 trên các dịch vụ mình cung cấp, bao gồm cả Internet băng rộng và Internet di động (3G/4G).

Các văn bản quy phạm pháp luật, văn bản hướng dẫn về yêu cầu đảm bảo thiết bị phải tương thích với IPv6 đã được hoàn thiện, ưu tiên hỗ trợ triển khai IPv6 cho các dự án công nghệ thông tin sử dụng ngân sách nhà nước.

### ***1.2.2 Hiện trạng triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp***

#### **1.2.2.1 Trên thế giới**

Trước tình hình cạn kiệt của địa chỉ IPv4, phiên bản địa chỉ thế hệ mới IPv6 đã ra đời, với mục đích thay thế và khắc phục các hạn chế của phiên bản IPv4. Việc mở rộng không gian địa chỉ từ 32 bit (IPv4) lên 128 bit (IPv6) đã mang lại cơ hội kết nối Internet cho vạn vật (IoT), vạn vạn vật (IoE). Trên thực tế có rất nhiều đồ vật (things) có kích thước nhỏ, muốn kết nối với nhau, kết nối Internet sẽ gặp phải vấn đề hạn chế về công suất và băng thông. Do đó, một trong những vấn đề được quan tâm hàng đầu trong IoT là kết nối các đồ vật qua mạng không dây công suất thấp. Việc triển khai các ứng dụng IoT trong mạng không dây công suất thấp ngày càng phổ biến trong những năm gần đây, đặc biệt tại các quốc gia phát triển như Mỹ, Nhật, Hàn Quốc.... Các giải pháp IoT trong mạng không dây công suất thấp đã được ứng dụng vào nhiều lĩnh vực khác nhau của đời sống : nông nghiệp, giao thông, giám sát môi trường, ngôi nhà thông minh...Nhiều hãng sản xuất đã đưa ra các sản phẩm thương mại về IoT như Texas Instrument, WigWag, TCPi, Libelium....

Các giao thức hiện đang được sử dụng phổ biến trong mạng không dây công suất thấp là ZigBee và Z-Wave. Tuy nhiên, việc nghiên cứu, triển khai IPv6 trong mạng không dây công suất thấp (6LoWPAN) cũng đang rất được chú ý trên thế giới do các ưu điểm mà giao thức IP mang lại như khả năng mở rộng, khả năng kết nối/liên kết nối, an toàn an ninh...

Nhiều nền tảng IoT đã được xây dựng và phát triển, trong đó phổ biến nhất là các nền tảng one M2M (nền tảng thương mại), B2B/B2C (nền tảng mở). Các nền tảng này đều hỗ trợ hầu hết các giao thức phổ biến trong mạng không dây công suất

thấp như ZigBee, Z-Wave...và cung cấp các API mở cho các nhà phát triển, các nhà cung cấp dịch vụ, ứng dụng.

Tổ chức IETF đã đưa ra nhiều tiêu chuẩn liên quan đến mạng không dây công suất thấp như các RFC 4919, RFC 4944, RFC 6282, RFC 6775 :

- RFC 4919: “IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs): Overview, Assumptions, Problem Statement, and Goals”, công bố 8/2007, được cập nhật vào 10/2015.
- RFC 4944: Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks, công bố vào 9/2007 nhưng được update bởi RFC6282, RFC6775.
- RFC 6282: Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks, công bố vào 9/2011, được cập nhật vào 9/2016.
- RFC 6568: Design and Application Spaces for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs), công bố vào tháng 4/2012, được cập nhật vào 10/2015.
- RFC 6606: Problem Statement and Requirements for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Network (6LoWPAN) Routing, công bố vào 5/2012, được cập nhật vào 10/2015.
- RFC 6756: Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs), công bố vào tháng 11/2012, được cập nhật vào 10/2015.

### **1.2.2.2 Trong nước**

Trong ngày IPv6 Việt Nam 2015, một số doanh nghiệp sản xuất phần cứng như VNPT-Technology, BKAV... cũng đã giới thiệu các sản phẩm thiết bị ứng dụng IoT trong môi trường không dây công suất thấp. BKAV đã giới thiệu giải pháp ngôi nhà thông minh (BKAV smarthome), sử dụng giao thức Zigbee kết nối, điều khiển các thành phần, thiết bị...trong một ngôi nhà qua mạng không dây. VNPT-Technology đã đưa ra giải pháp ứng dụng IoT vào hệ thống quản lý giao thông thông minh (ITS). Đồng thời, VNPT-Technology đã tự xây dựng, phát triển nền tảng IOT Smart Connected Platform (SCP). SCP là một nền tảng mở và duy



nhất kết nối vạn vật cung cấp dịch vụ End - to - End. Với SCP và bộ giao diện lập trình ứng dụng (API) mở được VNPT Technology cung cấp, các nhà phát triển ứng dụng có thể chủ động phát triển ứng dụng trong mọi lĩnh vực chạy trên các thiết bị đã chứng thực. Nhiều đơn vị, tổ chức đã nghiên cứu ứng dụng IoT trong môi trường không dây công suất thấp vào các lĩnh vực như nông nghiệp, giám sát môi trường....

Trong giai đoạn 2016-2017, bộ Thông Tin Truyền Thông đã có dự án làm việc đoàn chuyên gia cao cấp của Hàn Quốc nhằm đánh giá toàn diện hiện trạng IoT tại Việt Nam. Từ đó dựa trên kinh nghiệm triển khai IoT của mình, phía Hàn Quốc đã tư vấn cho Việt Nam trong việc hoạch định chiến lược, chính sách nhằm thúc đẩy mạnh mẽ sự ứng dụng IoT, xây dựng thành phố thông minh.

Một số tổ chức, hội nhóm nghiên cứu về IoT đã được thành lập trên các trang mạng xã hội như VietNam IoT Alliance, Internet of Things Việt Nam, Maker Hanoi...thu hút hàng ngàn thành viên tham gia, có nhiều hoạt động sôi nổi như chia sẻ kiến thức, đào tạo, hợp tác nghiên cứu...về IoT nói chung cũng như các ứng dụng IoT trong mạng không dây công suất thấp nói riêng.

Tại Việt Nam, mặc dù nhiều TCVN/QCVN về IPv6 đã được xây dựng và ban hành, tuy nhiên hiện chưa có TCVN/QCVN nào về triển khai IPv6 trong mạng không dây công suất thấp.

### ***1.2.3 Nhu cầu triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp***

Các công nghệ phổ biến hiện đang sử dụng trong mạng không dây công suất thấp là Z-Wave, ZigBee...Ngoài ra, một kỹ thuật mới xuất hiện trong những năm gần đây và gây được nhiều sự chú ý là ứng dụng IPv6 trong mạng không dây công suất thấp (6LoWPAN).

Z-Wave là giao thức không dây hoạt động ở dải tần số 908.42MHz. Đây là công nghệ phát triển khá mạnh những năm gần đây. Liên minh Z-Wave đã cho ra đời hơn 1000 loại thiết bị khác nhau có thể giao tiếp với nhau và ngày càng cho

phép người dùng có nhiều lựa chọn hơn. ZigBee phát triển dựa trên tiêu chuẩn mạng không dây 802.15.4, cũng như Z-Wave, ZigBee phát triển mạnh mẽ trong những năm gần đây, đây là công nghệ mở, hiện có rất nhiều hãng sản xuất thiết bị sử dụng công nghệ ZigBee. Về cơ bản, cả hai giao thức Z-Wave và ZigBee đều tiêu tốn rất ít năng lượng, sử dụng kết nối mạng dạng lưới, có khả năng mở rộng, cung cấp kết nối tương đối nhanh giữa các đồ vật, thiết bị. Tuy nhiên, hạn chế lớn nhất của các giao thức trên là cần một quá trình chuyển đổi phức tạp để kết nối với Internet. Ngoài ra, việc các giao thức chưa được chuẩn hóa dẫn đến vấn đề tương thích giữa các thiết bị đồ vật, ví dụ kết nối giữa các thiết bị hỗ trợ ZigBee và không hỗ trợ ZigBee, kết nối giữa các thiết bị hỗ trợ ZigBee của các nhà sản xuất khác nhau...

6LoWPAN là kỹ thuật ứng dụng giao thức IPv6 trong mạng không dây công suất thấp. Kỹ thuật 6LoWPAN đã được chuẩn hóa trong tiêu chuẩn RFC 4944 và cập nhật, bổ sung trong các tiêu chuẩn RFC 6282 và RFC 6775. Các tiêu chuẩn này đã đưa ra cơ chế đóng gói và nén mào đầu gói tin, cho phép gói tin IPv6 có thể truyền và nhận trong môi trường mạng không dây công suất thấp. Việc chuẩn hóa và kết nối trên nền IP giúp các thiết bị 6LoWPAN dễ dàng kết nối đến Internet và kết nối với nhau hơn. Đồng thời, việc kế thừa các ưu điểm của giao thức IPv6 cũng giúp các thiết bị 6LoWPAN dễ dàng định tuyến, cũng như triển khai các cơ chế đảm bảo an toàn an ninh.

Như vậy, so với các công nghệ hiện đang phổ biến, kỹ thuật 6LoWPAN có những ưu điểm như sau:

- Triển khai, cấu hình thiết bị nhanh chóng.
- Dễ dàng troubleshooting bằng các công cụ quen thuộc có sẵn: Ping, Trace, SNMP....
- Dễ dàng chuyển đổi, kết nối với Internet cũng như các môi trường IP khác: Ethernet, Wifi, 4G...
- Độ khả mở cao do không gian địa chỉ IPv6 gần như vô hạn.

- Dễ dàng triển khai các cơ chế đảm bảo an toàn an ninh.
- Dễ dàng giám sát, quản lý từ xa qua mạng Internet.
- Dễ dàng triển khai định tuyến giữa các nút mạng trong môi trường LoWPAN.

Cùng với sự tăng trưởng mạnh mẽ của tỉ lệ sử dụng địa chỉ IPv6 trong thực tế, việc triển khai địa chỉ IPv6 là xu hướng tất yếu trong lĩnh vực IoT nói chung và môi trường mạng không dây công suất thấp. Hiện nay trên thế giới một số hãng công nghệ cũng đã bắt đầu đưa ra thị trường các sản phẩm thương mại ứng dụng kĩ thuật 6LoWPAN như: WigWag, TCP Connect, Libelium...Tại Việt Nam, một số nhà sản xuất như BKAV, VNPT-Technology cũng đã đưa ra các sản phẩm, giải pháp trong lĩnh vực mạng không dây công suất thấp nhưng các hiện đang sử dụng nhiều giao thức khác nhau chưa được chuẩn hóa. Chính phủ cũng đã có nhiều chính sách, hoạt động nhằm thúc đẩy việc sử dụng địa chỉ IPv6 tại Việt Nam. Do vậy, nhu cầu nghiên cứu, triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp là hết sức cần thiết.

## **CHƯƠNG II: KỸ THUẬT TRIỂN KHAI IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP**

Trong chương I, em đã nghiên cứu, trình bày các vấn đề tổng quan: Địa chỉ IPv6, Internet vạn vật, môi trường mạng không dây công suất thấp tầm gần (LoWPAN) và phân tích nhu cầu cần thiết nghiên cứu, triển khai IPv6 trong mạng LoWPAN.

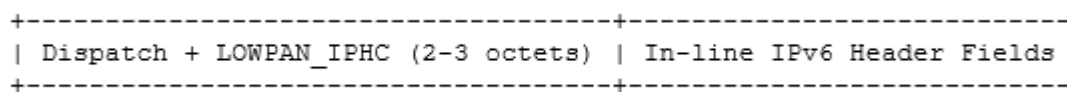
Về cơ bản, các thiết bị sử dụng địa chỉ IPv6 để kết nối trong mạng không dây công suất thấp cũng tuân theo các hoạt động cơ bản trong môi trường IEEE 802.15.4 như đã trình bày ở chương 1: cấu trúc khung dữ liệu, cách thức để các nút mạng kết nối với nhau, cách thức truy xuất đường truyền (CSMA/CA), cách thức truyền dữ liệu... Tuy nhiên, do đặc điểm các thiết bị có công suất thấp, khả năng xử lý hạn chế nên kỹ thuật quan trọng nhất để triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp là kỹ thuật nén các mào đầu gói tin. Kỹ thuật này nhằm lược bỏ các thông tin không cần thiết, từ đó giảm kích thước gói tin và giảm bớt quá trình xử lý tại các thiết bị mạng. Trong phạm vi chương này, em sẽ tập trung nghiên cứu, tìm hiểu về kỹ thuật nén các mào đầu gói tin đã được chuẩn hóa.

### **2.1 Kỹ thuật nén mào đầu IPv6**

Trong mục này, em trình bày về định dạng mã hóa LOWPAN\_IPH - loại mã hóa dùng để thực hiện nén mào đầu gói tin IPv6 khi trao đổi trong mạng 6LoWPAN. Định dạng này coi như các thiết lập sau được thực hiện trong môi trường 6LoWPAN:

- Trường version = 6
- Trường Traffic Class & trường Flow Label = 0
- Trường Payload Length được suy ra các lớp bên dưới (từ mào đầu phân mảnh 6LoWPAN hoặc mào đầu IEEE802.15.4).

- Trường Hop Limit được thiết lập 1 giá trị well-know từ nguồn gửi.
- Các địa chỉ được gán cho các cổng 6LoWPAN được hình thành từ link-local prefix hoặc 1 nhóm nhỏ các prefix có thể định tuyến được gán cho toàn bộ mạng 6LoWPAN.
- Các địa chỉ gán cho các cổng 6LoWPAN được hình thành với 1 IDD bắt nguồn trực tiếp từ dạng địa chỉ rút gọn 16 bit IEEE 802.15.4 hoặc dạng mở rộng 64 bit.



**Hình 2.1: Mào đầu LOWPAN\_IPHC**

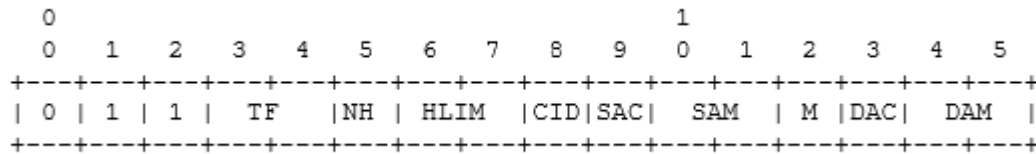
Mã hóa LOWPAN sử dụng 13 bit, 5 trong số đó được lấy từ các bit rightmost của loại dispatch. Mã hóa này có thể được ở rộng thêm các octet khác để thêm các thông tin hỗ trợ. Bất kì thông tin nào từ các trường mào đầu IPv6 chưa được nén nằm tiếp sau mã hóa LOWPAN\_IPHC. Tối đa, LOWPAN\_IPHC có thể nén mào đầu IPv6 xuống còn 2 octet để giao tiếp nội bộ link-local.

Khi định tuyến qua nhiều chặng IP, LOWPAN\_IPHC có thể nén mào đầu IPv6 xuống còn 7 octet (1 octet cho dispatch, 1 octet LOWPAN\_IPHC, 1 octet cho trường Hop Limit, 2 octet cho trường địa chỉ nguồn, 2 octet cho trường địa chỉ đích). Trường Hop Limit có thể không được nén vì nó bị giảm dần tại mỗi hop. Việc nén địa chỉ trạng thái đầy đủ phải được thực hiện với địa chỉ nguồn, địa chỉ đích IPv6.

### **2.1.1 Định dạng mã hóa LOWPAN\_IPHC**

Mục này mô tả cách mà 1 mào đầu IPv6 được nén. Mã hóa có thể có độ dài 2 octet trong trường hợp mã hóa cơ bản và 3 octet trong trường hợp mã hóa mở rộng. Các trường mào đầu IPv6 chưa được loại bỏ đầy đủ được đặt ngay sau LOWPAN\_IPHC.

### 2.1.1.1 Định dạng cơ bản



**Hình 2.2: Mã hóa cơ bản LOWPAN\_IPHC.**

- TF: Traffic Class, Flow Label: như trong RFC 3268, 8 bit trường IPv6 Traffic Class được chia làm 2 trường: 2 bit ECN và 6 bit DSCP.
  - 00: ECN + DSCP + 4-bit Pad + Flow Label (4 byte)
  - 01: ECN + 2-bit Pad + Flow Label (3 byte), DSCP được loại bỏ.
  - 10: ECN + DSCP (1 byte), Flow Label được loại bỏ.
  - 11: Traffic Class và Flow Label được loại bỏ.
- NH: Next Header
  - 0: Trường Next Header với 8 bit đầy đủ được đặt trong in-line.
  - 1: Trường Next Header được nén và mã hóa bằng LOWPAN\_IPHC.
- HLIM: Hop Limit
  - 00: Trường Hop Limit được đặt trong in-line.
  - 01: Trường Hop Limit được nén và =1.
  - 10: Trường Hop Limit được nén và =64.
  - 11: Trường Hop Limit được nén và =255.
- CID: Context Identifier Extension (Nhận diện phạm vi mở rộng):
  - 0: CID = 0 nếu không sử dụng 8 bit CID. Nếu việc nén dựa trên nội dung được chỉ rõ trong Source Address Compression (SAC) hoặc Destination Address Compression (DAC), CID = 0.
  - 1: CID =1 nếu sử dụng thêm trường CID có độ dài 8 bit theo ngay sau trường Destination Address Mode (DAM).
- SAC: Source Address Compression
  - 0: Việc nén địa chỉ nguồn sử dụng kỹ thuật nén phi trạng thái.
  - 1: Việc nén địa chỉ nguồn sử dụng kỹ thuật nén trạng thái đầy đủ, dựa trên nội dung.
- SAM: Source Address Mode:
  - + Nếu SAC = 0:

- 00: 128 bit. Trong in-line chứa địa chỉ đầy đủ.
- 01: 64 bit. 64 bit đầu tiên của địa chỉ được lược bỏ. Giá trị của những bit này là địa chỉ prefix link-local được đệm với các số 0. 64 bit còn lại được chứa trong in-line.
- 10: 16 bit. 112 bit đầu tiên của địa chỉ được lược bỏ. Giá trị của 64 bit đầu tiên là link-local prefix được đệm với các số 0. 64 bit tiếp theo có dạng 0000:00ff:fe00:XXXX thì XXXX là 16 bit được chứa trong in-line.
- 11: 0 bit. Địa chỉ được lược bỏ hoàn toàn. 64 bit đầu tiên của địa chỉ là link-local prefix được đệm với các số 0. 64 bit còn lại được tính toán từ mào đầu đóng gói (vd: 802.15.4 hoặc địa chỉ nguồn IPv6).

+ Nếu SAC = 1:

- 00: Địa chỉ ::
  - 01: 64 bit. Địa chỉ được suy ra sử dụng thông tin nội dung và 64 bit được chứa trong in-line. Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được lấy trực tiếp từ các bit tương ứng trong in-line. Các bit còn lại = 0.
  - 10: 16 bit. Địa chỉ được suy ra sử dụng nội dung thông tin và 16 bit được chứa trong in-line. Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được lấy trực tiếp từ các bit tương ứng trong 16 bit XXXX trong 0000:00ff:fe00:XXXX. Các bit XXXX này được đưa vào in-line. Các bit còn lại = 0.
  - 11: 0 bit. Địa chỉ được lược bỏ hoàn toàn và được suy ra sử dụng thông tin nội dung và mào đầu đóng gói (địa chỉ nguồn 802.15.4 hoặc IPv6). Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được tính toán từ mào đầu đóng gói. Các bit còn lại = 0.
- M: Nén địa chỉ multicast
    - 0: Địa chỉ đích không phải là địa chỉ multicast.
    - 1: Địa chỉ đích là địa chỉ multicast.
  - DAC: Destination Address Compression
    - 0: Việc nén địa chỉ đích sử dụng kỹ thuật nén phi trạng thái.

- 1: Việc nén địa chỉ đích sử dụng kỹ thuật nén trạng thái đầy đủ, dựa trên nội dung.
- DAM: Destination Address Mode:
  - + Nếu  $M=0$ ,  $DAC=0 \rightarrow$  trường hợp này tương tự  $SAC=0$  nhưng cho địa chỉ đích.
    - 00: 128 bit. Trong in-line chứa địa chỉ đầy đủ.
    - 01: 64 bit. 64 bit đầu tiên của địa chỉ được lược bỏ. Giá trị của những bit này là địa chỉ prefix link-local được đệm với các số 0. 64 bit còn lại được chứa trong in-line.
    - 10: 16 bit. 112 bit đầu tiên của địa chỉ được lược bỏ. Giá trị của 64 bit đầu tiên là link-local prefix được đệm với các số 0. 64 bit tiếp theo có dạng 0000:00ff:fe00:XXXX thì XXXX là 16 bit được chứa trong in-line.
    - 11: 0 bit. Địa chỉ được lược bỏ hoàn toàn. 64 bit đầu tiên của địa chỉ là link-local prefix được đệm với các số 0. 64 bit còn lại được tính toán từ mào đầu đóng gói (vd: 802.15.4 hoặc địa chỉ nguồn IPv6).
  - + Nếu  $M=0$  và  $DAC=1$ :
    - 00: Dự phòng.
    - 01: 64 bit. Địa chỉ được suy ra sử dụng thông tin nội dung và 64 bit được chứa trong in-line. Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được lấy trực tiếp từ các bit tương ứng trong in-line. Các bit còn lại = 0.
    - 10: 16 bit. Địa chỉ được suy ra sử dụng nội dung thông tin và 16 bit được chứa trong in-line. Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được lấy trực tiếp từ các bit tương ứng trong 16 bit XXXX trong 0000:00ff:fe00:XXXX. Các bit XXXX này được đưa vào in-line. Các bit còn lại = 0.
    - 11: 0 bit. Địa chỉ được lược bỏ hoàn toàn và được suy ra sử dụng thông tin nội dung và mào đầu đóng gói (địa chỉ nguồn 802.15.4 hoặc IPv6). Các bit bao phủ bằng nội dung thông tin luôn được sử dụng. Bất kì bit IID nào không bao phủ nội dung thông tin được tính toán từ mào đầu đóng gói. Các bit còn lại = 0.



+ Nếu M=1 và DAC=0:

- 00: 128 bit. Địa chỉ đầy đủ được chứa trong in-line.
- 01: 48 bit. Địa chỉ được lấy từ dạng ffXX::00XX:XXXX:XXXX
- 10: 32 bit. Địa chỉ được lấy từ dạng ffXX::00XX:XXXX
- 10: 8 bit. Địa chỉ được lấy từ dạng ff02::00XX

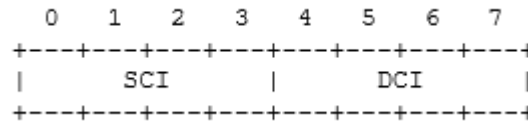
+ Nếu M=1 và DAC =1:

- 00: 48 bit. Định dạng này được thiết kế để kết nối dạng địa chỉ Unicast-Prefix dựa trên địa chỉ multicast được định nghĩa trong RFC3306 và RFC3956. Địa chỉ multicast lấy dạng ffXX:XXLL:PPPP:PPPP:PPPP:PPPP:XXXX:XXXX. Trong đó X là các cụm 4 bit được chứa trong in-line. P biểu thị các cụm 4 bit được sử dụng để mã hóa nội tại các prefix. L biểu thị các cụm 4 bit được sử dụng để mã hóa chiều dài prefix. Thông tin prefix P và L được lấy từ nội dung cụ thể.
- 01: dự phòng.
- 10: dự phòng.
- 11: dự phòng.

### 2.1.1.2 Mã nhận diện ngữ cảnh mở rộng

Tiêu chuẩn này mong muốn 1 ngữ cảnh nhận thức được chia sẻ giữa các nút mạng thực hiện nén gói tin và các nút mạng cần giải nén gói tin. Tiêu chuẩn này không đề cập đến cách ngữ cảnh được chia sẻ và duy trì như thế nào, thông tin gì được chứa trong thông tin ngữ cảnh, hành động gì diễn ra với các ngữ cảnh không hợp lệ... Tiêu chuẩn này cho phép các nút mạng có thể sử dụng tới 16 ngữ cảnh. Ngữ cảnh được sử dụng để mã hóa địa chỉ nguồn không bắt buộc phải giống với các ngữ cảnh được sử dụng để mã hóa địa chỉ đích.

Nếu trường CID được thiết lập bằng 1 trong mã hóa LOWPAN\_IPHC thì 1 octet sẽ được sử dụng thêm theo sau các bit DAM nhưng trước các trường mào đầu IPv6 được chứa trong in-line. Octet thêm vào này nhận dạng cặp ngữ cảnh được sử dụng khi nén địa chỉ nguồn/ địa chỉ đích. Nhận dạng ngữ cảnh được thực hiện bởi 4 bit cho mỗi địa chỉ, hỗ trợ tới 16 ngữ cảnh. Ngữ cảnh 0 là ngữ cảnh mặc định.



**Hình 2.3: Mã hóa LOWPAN\_IPHC**

SCI: Nhận dạng ngữ cảnh nguồn. Nhận dạng prefix được sử dụng khi địa chỉ nguồn IPv6 được nén trạng thái đầy đủ.

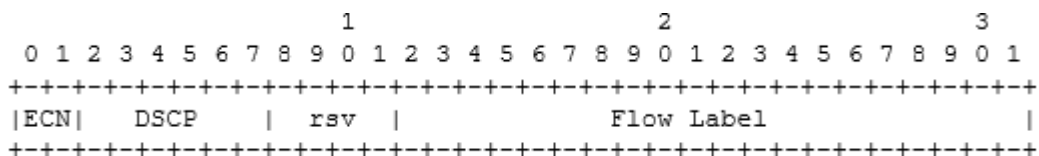
DCI: Nhận dạng ngữ cảnh đích. Nhận dạng prefix được sử dụng khi địa chỉ đích IPv6 được nén trạng thái đầy đủ.

### 2.1.2 Mã hóa mào đầu IPv6

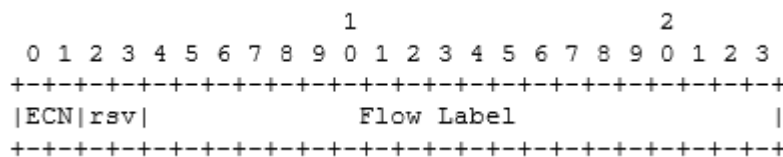
Các trường được chứa trong in-line xuất hiện cùng thứ tự như trong định dạng mào đầu IPv6. Trường Version được lược bỏ. Các địa chỉ IPv6 Unicast có thể được nén thành 64 bit hoặc 16 bit hoặc lược bỏ hoàn toàn. Các địa chỉ multicast được nén thành 8, 32 hoặc 48 bit. Trường Payload Length IPv6 phải luôn luôn bị loại bỏ và được suy ra từ các lớp thấp hơn sử dụng mào đầu phân mảnh 6LoWPAN hoặc mào đầu 802.15.4

#### 2.1.2.1 Nén các trường Traffic Class và Flow Label

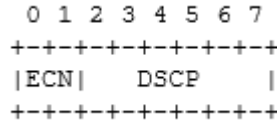
Trường Traffic Class trong mào đầu IPv6 bao gồm 6 bit DiffServ mở rộng và 2 bit ECN. Trong LOWPAN\_IPHC, trường này được mã hóa chỉ thị Traffic Class và Flow Label được chứa trong in-line trong mào đầu gói tin IPv6 đã nén.



**Hình 2.4: TF = 00: Traffic Class và Flow Label được chứa trong in-line**



**Hình 2.5: TF = 01: Flow Label được chứa trong in-line**



**Hình 2.6: TF = 10: Traffic Class được chứa trong in-line.**

### 2.1.2.2 Các định danh (IDD) suy ra từ mào đầu đóng gói

LOWPAN\_IPHC loại bỏ các IDD của địa chỉ nguồn, địa chỉ đích khi SAM = 3 hoặc DAM = 3. Trong chế độ này, IDD được bắt nguồn từ mào đầu đóng gói. Khi mào đầu đóng gói chứa các địa chỉ IPv6, các bit cho địa chỉ nguồn, địa chỉ đích được copy từ địa chỉ nguồn, địa chỉ đích của mào đầu IPv6 đóng gói.

Phần còn lại của mục này định nghĩa sự ánh xạ từ các địa chỉ IEEE 802.15.4 link-layer đến các IID cho cả 2 dạng địa chỉ ngắn và địa chỉ mở rộng IEEE 802.15.4. Các bit IID không được bao phủ bởi thông tin ngữ cảnh có thể được loại bỏ nếu chúng khớp với địa chỉ link layer đang ánh xạ và ngược lại.

Một địa chỉ mở rộng IEEE 802.15.4 lấy dạng địa chỉ IEEE EUI-64. Việc tạo ra 1 IID từ 1 địa chỉ mở rộng được định nghĩa trong RFC 4291.

Một địa chỉ IEEE 802.15.4 dạng ngắn có chiều dài 16 bit. Các địa chỉ dạng ngắn được ánh xạ vào trong không gian địa chỉ IEEE EUI-64 bằng cách thiết lập 16 bit ở giữa = 0xfffe, 16 bit bên dưới địa chỉ ngắn và tất cả các bit khác = 0. Kết quả là 1 IID được tạo ra từ 1 địa chỉ ngắn có dạng:

0000:00ff:fe00:XXXX

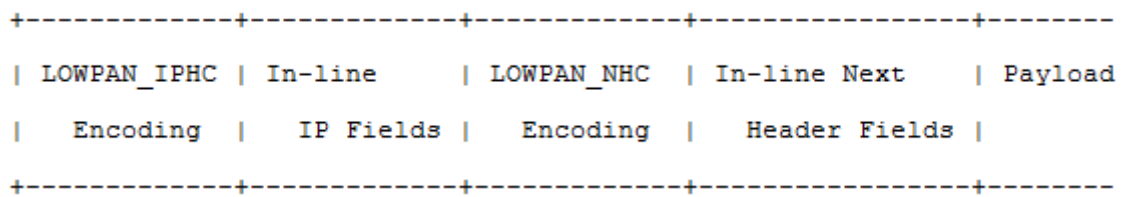
Trong đó XXXX chứa địa chỉ ngắn.

Ánh xạ này cho các nhận dạng non-EUI-64 khác với trong RFC 4291. Sử dụng không gian giới hạn đảm bảo không bị overlap với các IID được tạo ra từ các địa chỉ IEEE EUI-64 không giới hạn. Đồng thời, việc bao gồm xfffe ở giữa IID giúp tránh overlap với các IID cục bộ.

Ảnh xạ này từ 1 địa chỉ IEEE 802.15.4 dạng ngắn đến 64 bit IID cũng được sử dụng để tái cấu trúc bất kì phần nào của IID không được bao phủ bởi thông tin nội dung.

## 2.2 Kỹ thuật nén mào đầu mở rộng IPv6

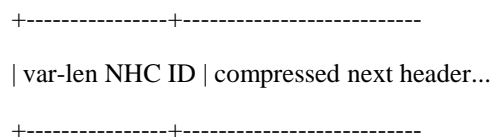
LOWPAN\_IPHC bỏ trường IPv6 Next Header khi bit NH có giá trị là 1. Điều này cũng chỉ ra việc sử dụng 6LoWPAN next header compression, LOWPAN\_NHC. Giá trị của IPv6 Next Header được khôi phục từ các bits đầu tiên trong trường LOWPAN\_NHC encoding. Các bits tiếp theo xác định giá trị của IPv6 Next Header. Hình 11 cho thấy cấu trúc của một gói tin IPv6 được nén khi sử dụng LOWPAN\_IPHC và LOWPAN\_NHC.



**Hình 2.7: Cấu trúc Header LOWPAN\_IPHC/LOWPAN\_NHC điển hình**

### 2.2.1 Định dạng LOWPAN\_NHC

Các định dạng nén cho các tiêu đề tiếp theo khác nhau được xác định bởi một bit-pattern có chiều dài thay đổi, theo ở ngay sau tiêu đề nén LOWPAN\_IPHC. Khi xác định một định dạng nén next header, số lượng các bits được sử dụng nên được xác định bởi tần số nhận thức của việc sử dụng định dạng này. Tuy nhiên, số lượng các bits và bất kỳ bits mã hóa còn lại nên theo octet alignment. Các bits sau xác định định dạng nén của next header. Tài liệu này định nghĩa một định dạng nén cho mào đầu IPv6 mở rộng và mào đầu UDP.

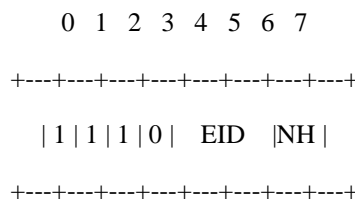


**Hình 2.8: Mã hóa LOWPAN\_NHC**

### 2.2.2 Nén mào đầu mở rộng IPv6

Một đặc tính cần thiết của tiêu đề mã hóa sử dụng LOWPAN\_NHC là tiêu đề ngay trước phải được mã hóa bằng cách sử dụng LOWPAN\_IPHC hoặc LOWPAN\_NHC. Hay nói cách khác, tất cả các mào đầu mã hóa sử dụng định dạng mã hóa 6LoWPAN trong tài liệu này phải liên nhau. Do vậy, tài liệu này định nghĩa một tập hợp các mã hóa LOWPAN\_NHC cho các mào đầu IPv6 Extension được lựa chọn để nén mào đầu UDP đưa ra trong mục 4.3 có thể có thể được sử dụng trong những tiêu đề mở rộng này.

Mã hóa LOWPAN\_NHC cho các mào đầu mở rộng IPv6 bao gồm một octet đơn 6LOWPAN\_NHC, theo sau là mào đầu mở rộng IPv6. Định dạng của octet 6LOWPAN\_NHC được thể hiện trong hình 16. Trong đó, 7 bit đầu tiên sử dụng để nhận dạng loại mào đầu IPv6 mở rộng đứng ngay sau octet LOWPAN\_NHC. Bit còn lại cho biết mào đầu tiếp sau có sử dụng mã hóa LOWPAN\_NHC hay không.



**Hình 2.97: Mã hóa mào đầu mở rộng IPv6**

EID: ID mào đầu mở rộng IPv6:

- 0: Mào đầu tùy chọn IPv6 Hop-by-Hop [RFC2460]
- 1: Mào đầu IPv6 Routing [RFC2460]
- 2: Mào đầu IPv6 Fragment [RFC2460]
- 3: Mào đầu tùy chọn IPv6 Destination [RFC2460]
- 4: Mào đầu IPv6 Mobility [RFC6275]
- 5: Dự phòng
- 6: Dự phòng
- 7: Mào đầu IPv6

NH: Mào đầu kế tiếp:

- 0: Đầy đủ 8 bit của trường Next Header được giữ nguyên đầy đủ trong in-line.
- 1: Trường Next Header được loại bỏ.

Đối với hầu hết các phần, mào đầu mở rộng IPv6 được giữ nguyên trong các byte ngay sau octet LOWPAN\_NHC ngoại trừ: trường độ dài và trường mào đầu kế tiếp.

Trường Next Header chứa trong các mào đầu IPv6 mở rộng bị bỏ khi bit NH được thiết lập trong octet mã hóa LOWPAN\_NHC. Lưu ý rằng làm như vậy cho phép LOWPAN\_NHC sử dụng không nhiều hơn mào đầu IPv6 mở rộng không mã hóa.

Trường độ dài chứa trong mào đầu IPv6 mở rộng nén cho biết số octet liên quan đến các tiêu đề mở rộng (nén) sau trường độ dài. Lưu ý rằng điều này thay đổi định nghĩa trường chiều dài trong [RFC2460] so với kích thước tiêu đề trong các khối 8-octet, không kể 8-octet đầu tiên. Thay đổi trường chiều dài trong các octets loại bỏ phân mảnh lãng phí.

Mào đầu IPv6 Hop-by-Hop và mào đầu tùy chọn Destination Headers có thể sử dụng thêm một phần đuôi Pad1 hay PadN để đạt được kết cấu 8-octet. Khi có thêm Pad1 hoặc PadN 7 octets hay ít hơn và tiêu đề có số octet là một bội số của 8, Pad1 hoặc PadN có thể không bị nén. Bộ giải nén phải nhận ra được vấn đề khi sử dụng các Pad1 hoặc PadN để đạt được kết cấu 8-octets. Chú ý rằng tùy chọn Pad1 và PadN xuất hiện tại các điểm khác so với cuối cùng phải được thực hiện trong cơ chế in-line như là chúng được sử dụng để sắp xếp tùy chọn tiếp theo. Lưu ý rằng việc xác định các units trong octet có nghĩa là LOWPAN\_NHC không được sử dụng để mã hóa các mào đầu IPv6 mở rộng rằng có hơn 255 octets sau trường độ dài sau khi nén.

Khi xác định tiêu đề tiếp theo là một mào đầu IPv6 ( $EID = 7$ ), bit NH của mã hóa LOWPAN\_NHC không sử dụng và phải được thiết lập bằng không. Các byte tiếp theo phải được mã hóa sử dụng LOWPAN\_IPHC như trong mục 3.

### 2.2.3 Nén mào đầu UDP

Tài liệu này định nghĩa một định dạng nén cho các mào đầu UDP sử dụng LOWPAN\_NHC. Định dạng nén UDP được thể hiện trong hình 14. Bit 0 đến 4 đại diện cho NHC ID và '11110' chỉ mã hóa nén mào đầu UDP, cụ thể như mục dưới

#### 2.2.3.1 Nén trường UDP Ports

Đặc điểm này cho phép một phạm vi cụ thể của số cổng (0xf0b0 tới 0xf0bf) được nén xuống tới 4 bit. Đây là trạng thái nén stateless được thừa hưởng từ [RFC4944], trái ngược với trạng thái nén stateful.

Khoảng các cổng có thể nén xuống 4 bit không phải là một dải riêng. Việc triển khai chồng mạng được thiết kế để giao tiếp qua 6LoWPAN nên tránh sử dụng các cổng này

Cho rằng nó chỉ chiếm 16 cổng liên nhau, nó có thể được lưu ý rằng có nhiều ứng dụng không tương thích sẽ sử dụng giá trị cùng một số cổng cho nhu cầu end-to-end của riêng họ. Do đó, một số cổng trong dãy (0xf0b0 tới 0xf0bf) cung cấp rất ít thông tin về các ứng dụng ở điểm phía kia.

Sự quá tải của các cổng 0xf0bX làm tăng nguy cơ gặp các loại tải trọng sai và hiểu sai nội dung so với các cổng được dự phòng theo IANA. Kết quả là, nó được khuyến cáo rằng việc sử dụng các cổng được liên kết với một cơ chế như một Transport Layer Security (TLS) [RFC5246] Message Integrity Check (MIC) đảm bảo rằng nội dung là những gì được mong đợi và được kiểm tra.

#### 2.2.3.2 Nén trường UDP Checksum

Các hoạt động kiểm tra UDP là bắt buộc với IPv6 [RFC 2460] cho tất cả các gói. Vì lý do đó, [RFC4944] không cho phép nén UDP checksum.

Với đặc tính này, một bộ nén trong các thiết bị đầu cuối truyền có thể bỏ UDP Checksum nếu nó được ủy quyền từ các lớp trên. Bộ nén phải không thiết lập các bit C trừ khi nó đã nhận được sự ủy quyền. Đòi hỏi lớp trên ủy quyền đảm bảo rằng các peer đồng đẳng sẽ có đủ phương tiện để đáp ứng với bất kỳ dữ liệu xảy ra lỗi

trước khi đến đích. Các lớp trên không cung cấp uỷ quyền, trừ khi một trong các trường hợp sau đây được thỏa mãn:

**Tunneling:** Trong trường hợp này, 6LoWPAN được triển khai như một pseudo-fieldbus không dây bằng đường hầm qua UDP. Nếu khối dữ liệu giao thức đường hầm “tunneled Protocol Data Unit (PDU)” có được địa chỉ, tính bảo mật và toàn vẹn (ví dụ, chế độ đường hầm IPsec Encapsulating Security Payload [RFC4303] hoặc IP qua đóng gói UDP), cơ chế đường hầm có thể uỷ quyền bỏ UDP checksum để tiết kiệm quá tải đóng gói.

**Message Integrity Check:** Trong trường hợp này, hoặc mào đầu nhận thực Ipsec (IPsec Authentication Header) [RFC4302] hoặc một số hình thức kiểm tra tính toàn vẹn khác trong tải UDP, cái bao gồm ít nhất các thông tin như UDP checksum (pseudo-header, dữ liệu) và có ít nhất cùng độ bảo mật.

Để giúp đảm bảo rằng UDP Checksum sẽ được phục hồi đúng cách khi mở rộng một gói 6LoWPAN, kiểm tra tính toàn vẹn bổ sung (ví dụ, kiểm tra tính toàn vẹn bản tin lớp 2) phải được sử dụng bất cứ khi nào truyền frames liên quan cái mang một datagram UDP nén mà không checksum. Không kiểm tra tính toàn vẹn bổ sung này, một gói UDP có thể được gửi đến một đích ngoài ý muốn vì lỗi trong dữ liệu được đóng gói bởi pseudo-header có thể không bị phát hiện.

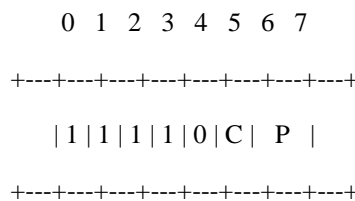
Bộ nén phải kiểm tra UDP Checksum trước khi nó được bỏ và phải đảm bảo rằng việc kiểm tra tính toàn vẹn bổ sung là ở chỗ trước khi xác minh và bỏ checksum. Nếu việc xác minh UDP Checksum không ổn, bộ nén phải hủy các gói tin. Bộ giải nén mà mở rộng một gói 6LoWPAN có thiết lập bit C phải tính UDP Checksum trên danh nghĩa của nút nguồn và đặt giá trị đó trong mào đầu UDP khôi phục như quy định trong các [RFC0768], [RFC2460]. Bộ giải nén phải xác định rõ ràng rằng kiểm tra tính toàn vẹn bổ sung đã được đưa ra bởi bộ nén và xác nhận việc kiểm tra tính toàn vẹn và nên làm như vậy sau khi khôi phục UDP Checksum. Nếu bộ giải nén không thể xác định rõ ràng sự hiện diện của việc kiểm tra tính toàn vẹn hay xác minh không thành công, bộ giải nén phải hủy các gói tin.



Trật tự được đề nghị của tính toán và xác minh UDP Checksum và kiểm tra tính toàn vẹn bổ sung đảm bảo rằng dữ liệu là không bao giờ được lưu trữ, không được bảo vệ trong bộ nhớ. Trong thực tế, tách chức năng giữa các lớp có thể tránh yêu cầu đã được khuyến nghị. Tuy nhiên, người thực hiện cần đặc biệt lưu ý và hiểu những rủi ro khi đối mặt với các dữ liệu không được bảo vệ đóng gói bởi các pseudo-header.

Để cho phép các nút trung gian nén UDP Checksum, một nút chuyển tiếp có thể chứa sự ủy quyền của tầng trên cho một gói tin nhận được nếu nó đã thiết lập bit C và rõ ràng nó có thể xác định rằng một kiểm tra tính toàn vẹn bao gồm các dữ liệu giống như UDP Checksum khi UDP Checksum bị bỏ qua. Một nút chuyển tiếp KHÔNG được phép nếu nó không thể xác định rõ ràng sự xuất hiện và xác minh việc kiểm tra tính toàn vẹn trong khi UDP Checksum bị bỏ qua.

### 2.2.3.3 Định dạng UDP LOWPAN\_NHC



**Hình 2.108: Mã hóa mào đầu UDP**

C: Checksum:

0: Tất cả 16 bits của Checksum được thực hiện ở chế độ in-line.

1: Tất cả 16 bit của Checksum bị bỏ. Checksum được khôi phục bằng việc tính toán tại điểm cuối 6LoWPAN

P: Ports:

00: Tất cả 16 bit của cả Port nguồn và đích được thực hiện trong chế độ in-line.

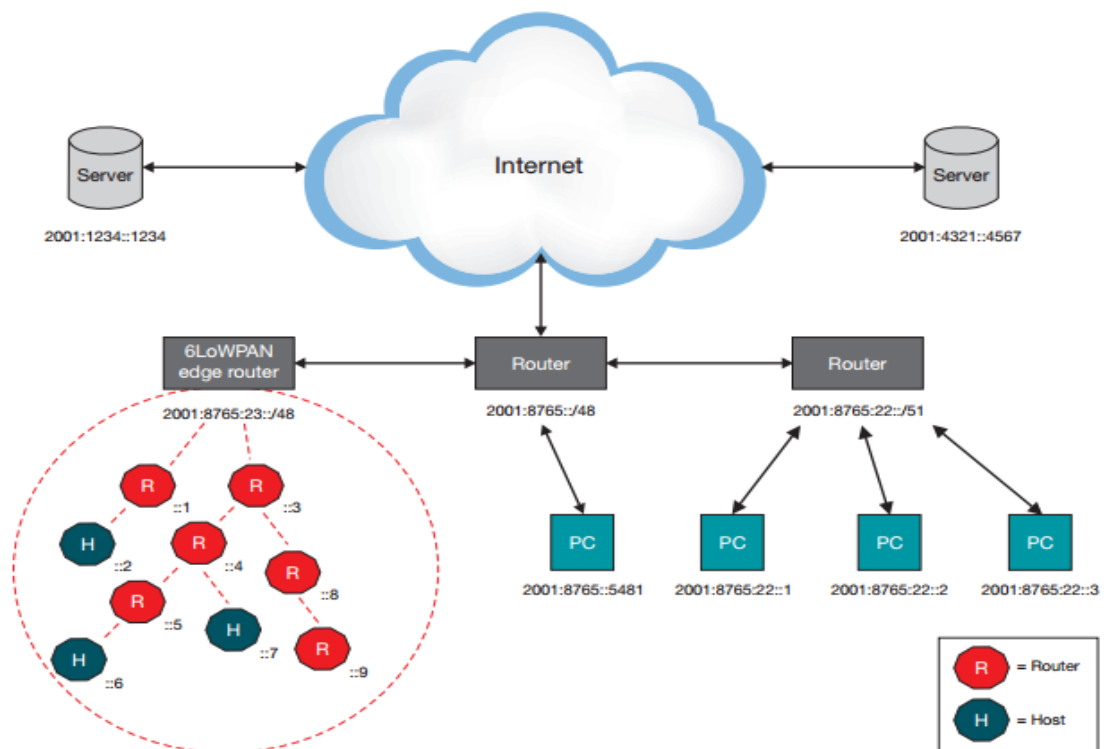
01: Tất cả 16 bit của Port nguồn được thực hiện trong chế độ in-line. 8 bit đầu tiên của Port đích là 0xF0 và bị bỏ qua. 8 bit còn lại của port đích được thực hiện trong chế độ in-line.

10: 8 bit đầu tiên của port nguồn là 0xF0 và bị bỏ. 8 bit còn lại của Port nguồn được thực hiện trong chế độ in-line. Tất cả 16 bit cho port đích được thực hiện trong chế độ in-line.

11: 12 bit đầu tiên của cả Port nguồn và port đích là 0xf0b và bị bỏ. 4 bit còn lại được thực hiện trong chế độ in-line.

Các trường thực hiện trong chế độ in-line (một phần hoặc toàn bộ) xuất hiện theo thứ tự giống như chúng làm trong định dạng tiêu đề UDP [RFC0768]. Các trường độ dài UDP phải luôn luôn được bỏ và được suy ra từ các lớp thấp hơn bằng cách sử dụng tiêu đề 6LoWPAN phân mảnh hoặc tiêu đề IEEE 802.15.4.

## 2.3 Kiến trúc mạng 6LoWPAN

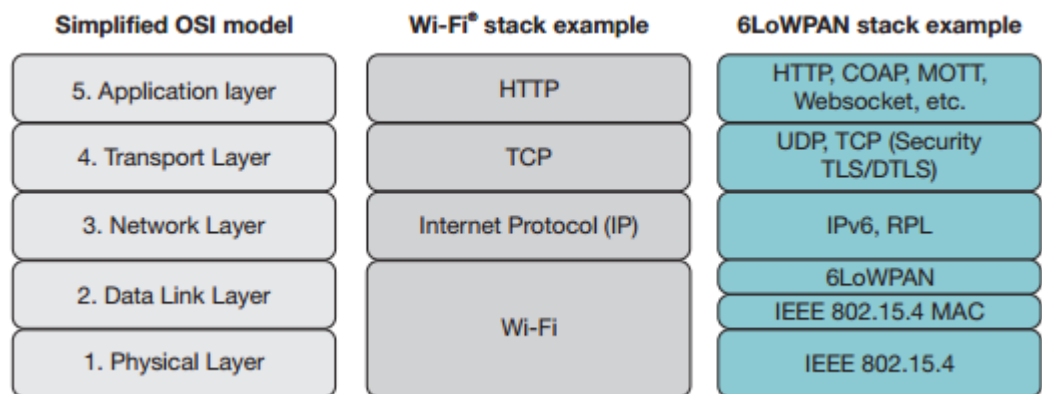


Hình 2.119: Kiến trúc mạng 6LoWPAN

Hình trên minh họa ví dụ một mạng 6LoWPAN kết nối đến một mạng IPv6 thông thường và kết nối đến mạng Internet. Theo đó, mạng 6LoWPAN kết nối đến mạng IPv6 thông thường thông qua một thiết bị định tuyến biên (edge router). Thiết bị định tuyến biên này thực hiện 3 nhiệm vụ sau: trao đổi dữ liệu giữa các thiết bị 6LoWPAN và Internet (hoặc các thiết bị IPv6 thông thường), trao đổi dữ liệu cục bộ giữa các thiết bị 6LoWPAN với nhau, phát và duy trì mạng con vô tuyến. Vì các thiết bị định tuyến biên chuyển tiếp gói tin tại lớp mạng nên chúng không duy trì bất kỳ trạng thái nào của lớp ứng dụng. Trong khi đó, các giao thức khác như Z-Wave, ZigBee, Bluetooth yêu cầu kết nối trạng thái đầy đủ cũng như các ứng dụng gateway phức tạp để kết nối đến mạng IP và Internet.

Hai loại thiết bị phổ biến bên trong một mạng 6LoWPAN là router và host. Router thực hiện việc định tuyến dữ liệu đến các nút đầu cuối khác trong mạng 6LoWPAN. Host là thiết bị đầu cuối và không thực hiện được việc định tuyến dữ liệu đến các thiết bị khác.

## 2.4 Ánh xạ 6LoWPAN vào mô hình OSI



**Hình 2.12: Ánh xạ 6LoWPAN vào mô hình OSI**

Để có thể truyền được các gói tin IPv6 trong môi trường mạng không dây công suất thấp, công nghệ 6LoWPAN đã đưa ra 1 lớp thích ứng (adaptation layer) nằm giữa lớp 2 và lớp 3 trong mô hình OSI. Tiêu chuẩn RFC 6282 đã định nghĩa cách 1 khung dữ liệu IPv6 được đóng gói và truyền qua môi trường vô tuyến IEEE

802.15.4. Cụ thể, tiêu chuẩn này đã đề cập đến những chức năng sau của lớp thích ứng:

- Chức năng nén mào đầu gói tin.
- Chức năng phân mảnh và khôi phục.
- Chức năng tự động cấu hình phi trạng thái.

## 2.5 Định tuyến trong mạng 6LoWPAN

Giao thức định tuyến được sử dụng rộng rãi nhất trong 6LoWPAN là giao thức RPL, được định nghĩa trong RFC 6550. RFC 6550 qui định giao thức định tuyến cho mạng không dây công suất thấp, cung cấp cơ chế theo đó lưu lượng đa điểm – điểm từ các thiết bị bên trong mạng 6LoWPAN đến các điểm đích (ví dụ: 1 máy chủ trên mạng Internet) và ngược lại. Giao thức RPL cũng hỗ trợ các lưu lượng điểm – điểm, tuy nhiên RPL không phải là giao thức tối ưu cho loại lưu lượng này. RPL có 2 chế độ định tuyến khác nhau: chế độ storing và chế độ non-storing. Trong chế độ storing, mọi thiết bị trong mạng 6LoWPAN được cấu hình như các router, duy trì 1 bảng định tuyến và 1 bảng lân cận (neighbor table). Bảng định tuyến dùng để tìm kiếm tuyến đường đến các thiết bị, bảng lân cận dùng để theo dõi các hàng xóm kết nối trực tiếp đến thiết bị đó. Trong chế độ non-storing chỉ có thiết bị định tuyến biên có bảng định tuyến. Do đó, mỗi gói tin phải bao gồm tuyến đường đầy đủ mà nó cần đi qua để tới được đích. Ví dụ, khi gửi 1 gói tin từ 1 thiết bị đến 1 thiết bị khác trong nội mạng 6LoWPAN, gói tin đó phải đi từ thiết bị nguồn đến router biên, sau đó router biên tìm kiếm trong bảng định tuyến và thêm tuyến đường hoàn chỉnh đến đích vào gói tin. Chế độ storing yêu cầu các thiết bị phải có khả năng hoạt động định tuyến, còn chế độ non-storing yêu cầu làm tăng mào đầu gói tin.

**Kết luận:** Như vậy trong chương II, em đã nghiên cứu các vấn đề kỹ thuật chủ đạo để giao thức IPv6 có thể hoạt động được trong môi trường mạng không dây công suất thấp. Nhờ có các kỹ thuật nén mào đầu IPv6, mào đầu mở rộng IPv6, gói tin IPv6 trở nên phù hợp với các đặc điểm của môi trường LoWPAN và có thể được định tuyến, chuyển tiếp trong môi trường này.

## CHƯƠNG III: TRIỂN KHAI THỬ NGHIỆM KỸ THUẬT IPv6 CHO MẠNG KHÔNG DÂY CÔNG SUẤT THẤP VÀ ĐỀ XUẤT ỨNG DỤNG

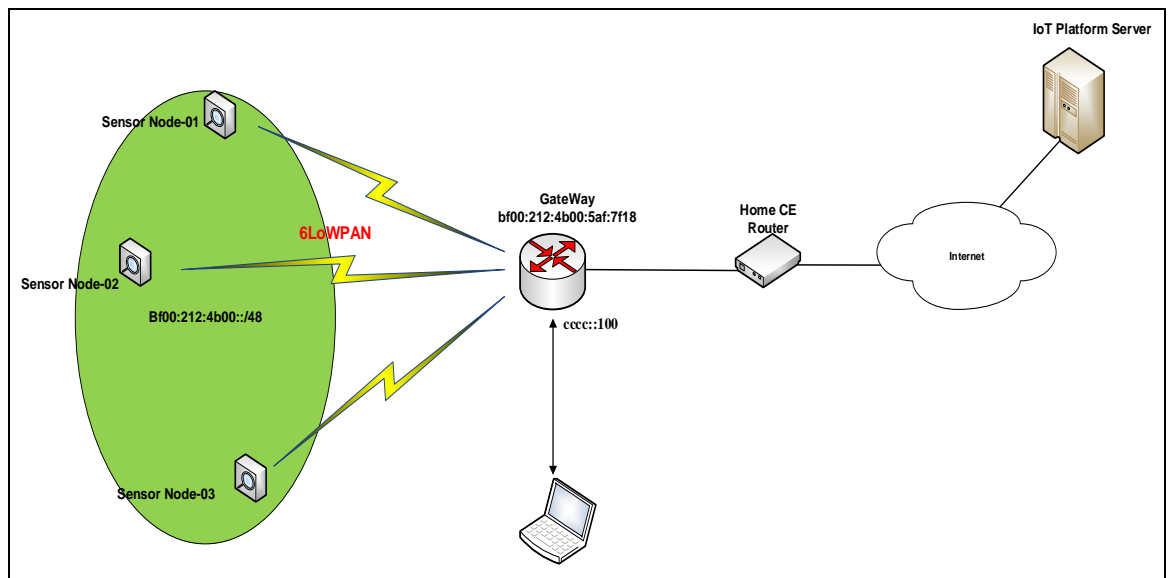
### 3.1 Triển khai thử nghiệm 6LoWPAN

#### 3.1.1 Mục tiêu thử nghiệm

Sau khi nghiên cứu kỹ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp, căn cứ vào nhu cầu thực tế của Bộ tư lệnh thủ đô đã tiến hành thử nghiệm với các mục tiêu sau đây:

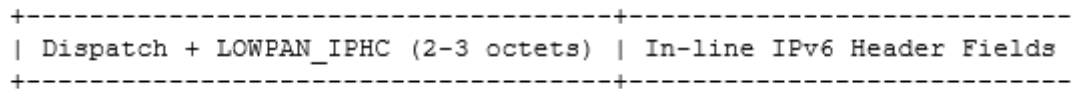
- Xem xét tính khả thi của kỹ thuật triển khai IPv6 trong mạng không dây công suất thấp trong thực tế bằng cách thử nghiệm một số giải pháp/sản phẩm thương mại hỗ trợ 6LoWPAN.
- Thử nghiệm khả năng ứng dụng 6LoWPAN vào công tác giám sát môi trường, hạ tầng tại các phòng máy chủ, trung tâm dữ liệu; đánh giá đề xuất áp dụng tại Bộ tư lệnh thủ đô.

#### 3.1.2 Mô hình thử nghiệm



**Hình 3.1: Mô hình thử nghiệm triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp**

Tại các nút cảm biến (sensor): Thông tin mà các cảm biến thu thập được (nhiệt độ, độ ẩm, áp suất...) được đóng gói vào gói tin 6LoWPAN. Gói tin 6LoWPAN được định dạng từ cấu trúc gói tin IPv6 thông thường, nhưng sử dụng các kỹ thuật nén mào đầu cơ bản IPv6, nén mào đầu mở rộng IPv6 nhằm lược bỏ các thông tin không cần thiết. Chi tiết của định dạng gói tin 6LoWPAN được trình bày tại chương II của quyển luận văn.



Các gói tin 6LoWPAN này được truyền qua môi trường mạng không dây công suất thấp, đến thiết bị gateway. Tại đây, thiết bị gateway sẽ thực hiện bóc tách mào đầu cơ bản, mào đầu mở rộng 6LoWPAN; đọc các thông tin trong đó để xử lý định tuyến. Thiết bị gateway sẽ đóng gói các thông tin về nhiệt độ, độ ẩm, áp suất... vào gói tin IPv4 thông thường và truyền gói tin IPv4 này qua mạng Internet để đến IoT Platform Server.

Em đã tiến hành thử nghiệm kỹ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp theo mô hình như hình vẽ bên trên. Mô hình bao gồm các thành phần chức năng chính sau:

a. Các thiết bị Sensor Node: Các đầu dò cảm biến nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, ánh sáng, từ trường, âm thanh.... Các đầu dò này có chức năng đo các thông số giám sát môi trường như: nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, áp suất khi quyền, gia tốc...Sau đó trao đổi và gửi các dữ liệu này về cho thiết bị Gateway qua giao thức 6LoWPAN.

b. Thiết bị Gateway: Thực hiện các nhiệm vụ:

- Phát và duy trì mạng không dây công suất thấp.
- Thu thập, trao đổi dữ liệu và quản lý các Sensor Node qua giao thức 6LoWPAN và môi trường không dây công suất thấp. Sau đó, thiết bị gateway sẽ gửi các dữ liệu thu thập được (các thông số : nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, áp suất, thông tin về các Sensor Node..) đến các IoT Platform Server để hiển thị.
- Thực hiện việc chuyển tiếp dữ liệu giữa mô trường IP thông thường và mô trường 6LoWPAN.

c. IoT Platform Server: Là máy chủ hệ thống cho phép thu thập và hiển thị các dữ liệu về nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, áp suất...theo từng Sensor Node ID. Trong mô hình thử nghiệm này, em sử dụng IoT Watson Platform của hãng IBM, đây là một trong những nền tảng IoT nổi tiếng nhất hiện nay, cho phép tích hợp, theo dõi, hiển thị các thông tin các Sensor gửi về theo Sensor ID.

### 3.1.3 Danh sách thiết bị thử nghiệm

**Bảng 3.1: Danh sách thiết bị thử nghiệm**

STT	Thiết bị	Chủng loại	Hãng sản xuất	Thông số thiết bị
1	Sensor Node	Sensor Tag CC2650	Texas Instrument	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hỗ trợ nhiều loại cảm biến công suất thấp khác nhau: ánh sáng, âm thanh, từ trường, độ ẩm, áp suất, gia tốc, dao động hồi chuyển, nhiệt độ...</li> <li>Công suất thấp: tiêu thụ ít năng lượng, sử dụng các pin có tuổi thọ cao.</li> <li>Sử dụng chip hiệu suất cao ARM Cortex M3 (CC2650)</li> <li>Kết nối đám mây: <ul style="list-style-type: none"> <li>Có thể truy cập vào điều khiển các Sensor Tag từ bất kì đâu.</li> <li>Tích hợp dễ dàng với các ứng dụng di động.</li> <li>Hỗ trợ các giao thức IoT: ZigBee, 6LoWPAN...</li> </ul> </li> </ul>
2	Gateway	Máy tính Orange PI	Orange PI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cài đặt hệ điều hành Diet PI.</li> </ul>

				<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cài đặt phần mềm 6lbr</li> <li>• Kết nối với Adapter hỗ trợ 6LoWPAN</li> <li>• Đóng vai trò thu thập các thông tin từ Sensor Tag gửi về qua môi trường 6LoWPAN và gửi đến giao diện giám sát.</li> </ul>
3	Adapter			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adapter giúp Gateway có thể giao tiếp với môi trường 6LoWPAN.</li> </ul>
4	IoT Platform Server	IBM Waston IoT platform	IBM	

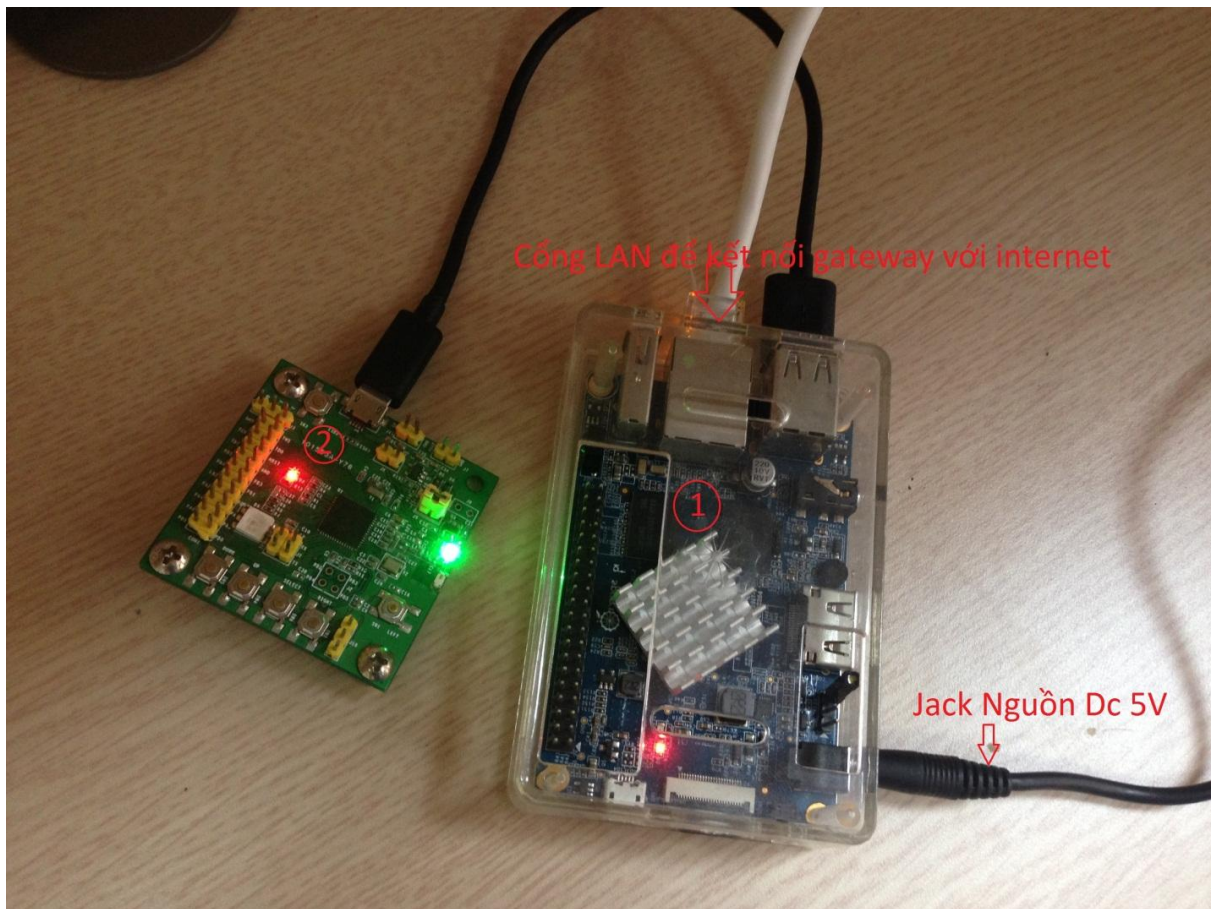
### ***3.1.4 Triển khai thử nghiệm***

#### **3.1.4.1 Thiết lập phần cứng**

##### **Bước 1: Thiết lập Gateway**

Tích hợp thiết bị Adapter với thiết bị Gateway bằng cáp micro USB, sau đó kết nối cáp mạng cho Gateway có thể kết nối đến Internet. Cuối cùng ta cấp nguồn cho Gateway hoạt động (nguồn 5 VDC):





**Hình 3.2: Thiết lập thiết bị Gateway**

### **Bước 2: Thiết lập Sensor Node**

Thực hiện cấp nguồn cho Sensor Tag. Có thể được cấp nguồn từ cổng USB hoặc PIN CR2303 (200 mAh 3V):

- Nếu cấp nguồn cho Sensor Tag từ cổng USB: Kết nối Sensor Tag với dây microUSB đầu còn lại kết nối với nguồn 5VDC hoặc cổng USB từ PC.
- Nếu cấp nguồn cho Sensor Tag từ PIN: Muốn cấp nguồn bằng PIN cho Sensor Tag phải tháo mạch debug trên Sensor Tag ra, sau đó lắp PIN CR2303 vào để PIN.

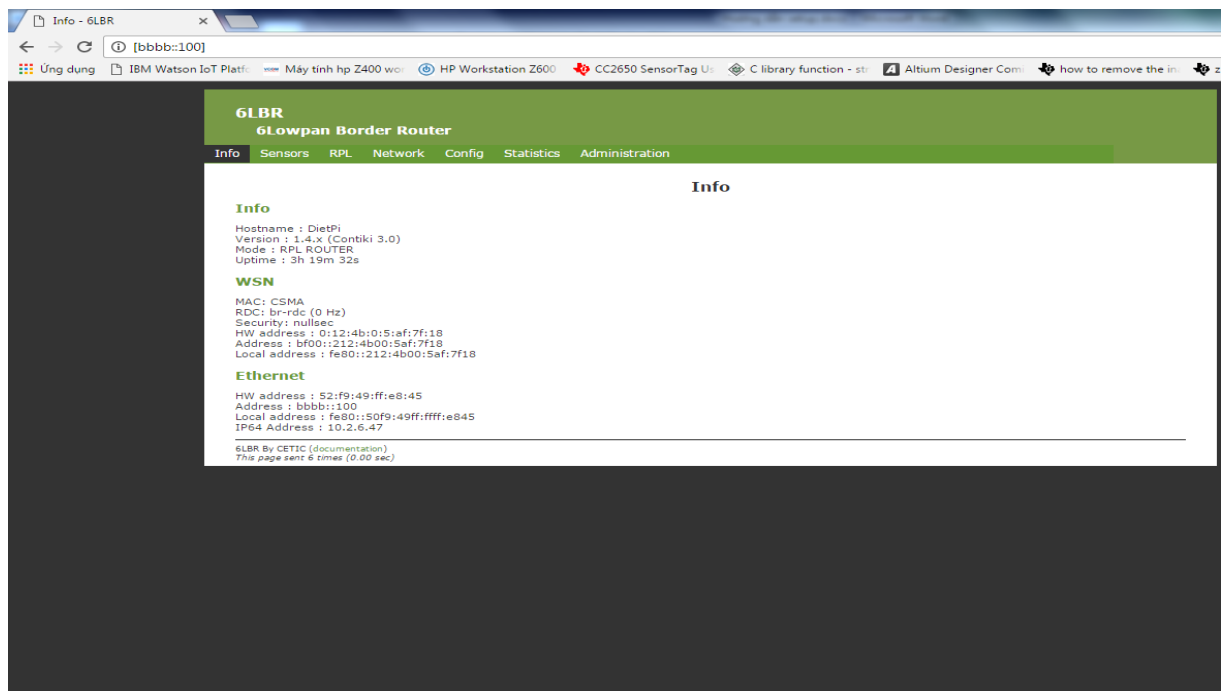


**Hình 3.3: Thiết lập thiết bị Sensor Node**

### **3.1.4.2 Thiết lập phần mềm**

#### **Bước 1: Đăng nhập vào giao diện cấu hình web của Gateway**

Sau khi đã thiết lập phần cứng và kết nối mạng cho Gateway xong, ta có thể đăng nhập vào giao diện cấu hình web của Gateway thông qua địa chỉ IPv6 mặc định [cccc::100]. Nếu giao diện cấu hình hiện lên như hình dưới thì Gateway đã hoạt động bình thường:



**Hình 3.410: Giao diện quản trị thiết bị Gateway**

## **Bước 2: Kiểm tra các thiết bị Sensor Node đã được tích hợp vào Gateway**

Trên giao diện quản trị của Gateway, nhấn vào mục “Sensors” để xem danh sách các Sensor Node trong mạng 6LoWPAN mà Gateway đã quản lý được.. Nếu Sensor Node của ta xuất hiện trong danh sách tức là giao tiếp giữa Sensor Node và Gateway đã thành công:

**6LBR**  
**6Lowpan Border Router**

Info **Sensors** RPL Network Config Statistics Administration

Sensors Node tree PRR Parent switch Hop count

**Sensors**

**Sensors list**

Node	Type	Web	Coap	Parent	Up PRR	Down PRR
bf00::212:4b00:688:4489	TI	web	coap	fe80::212:4b00:5af:7f18	100.0%	0.5%

**Actions**

[Reset all statistics](#)

6LBR By CETIC (documentation)  
This page sent 4 times (0.00 sec)

**Hình 3.5: Kiểm tra danh sách thiết bị Sensor Node đã tích hợp trong Gateway**

### Bước 3: Cấu hình kết nối Internet cho Gateway

Để kiểm tra Gateway đã kết nối Internet chưa, ta nhấn vào mục “Network”. Ta có thể cấu hình địa chỉ IPv6 tĩnh cho Gateway hoặc cấu hình cho phép Gateway nhận IPv6 DHCP.

```

Addresses

fe80::212:4b00:5af:7f18 P A
bbbb::100 P M
bf00::212:4b00:5af:7f18 P A
fe80::50f9:49ff:ffff:e845 P A

Prefixes

bbbb:: A
fe80::

IP64

Address : 10.2.6.47
Netmask : 255.255.255.0
Gateway : 10.2.6.1

Neighbors

[del] fe80::50f9:49ff:feff:e845 0:12:4b:0:5:af:7f:18 STALE
[del] bbbb::21c1:6bd0:cc2f:e919 38:ea:a7:ff:ff:8a:f4:a0 DELAY
[del] fe80::212:4b00:688:4489 0:0:0:0:0:0:0:0 INCOMPLETE
[del] fe80::f866:17b2:56db:d867 d0:67:e5:ff:ff:1e:ed:35 STALE
[del] fe80::2cf9:5556:1e12:43db b8:2a:72:ff:ff:f1:b8:d8 STALE
[del] fe80::9a4f:eeff:fe05:6127 98:4f:ee:ff:ff:5:61:27 STALE

Routes

[del] bf00::212:4b00:688:4489/128 via fe80::212:4b00:688:4489 7676 s

Default Routers

fe80::212:4b00:688:4489

Route info

bf00::/64 (0) 1800s

IP64 connections mapping

bf00::212:4b00:688:4489%1026 (6) -> 184.172.124.189%1883 : 10000 (0) 297582s

6LoWPAN Prefix contexts

0 : aaaa:0000:0000:0000

```

Hình 3.6: Cấu hình cho phép Gateway nhận IPv6 DHCP

**Eth Network**

**IP configuration**

Prefix :

Prefix length :

Address autoconfiguration :  
☐ on ☒ off

Manual address :

Peer router :

**IP64**

IP64 :  
☒ on ☐ off

DHCP :  
☐ on ☒ off

Address :

Netmask :

Gateway :

**Hình 3.7: Cấu hình địa chỉ IPv6 tĩnh cho Gateway**

#### **Bước 4: Hiện thị thông tin trên IoT Platform Server**

- Truy cập vào địa chỉ của server IBM Watson IoT platform theo link :  
<https://quickstart.internetofthings.ibmcloud.com/#/>
- Chọn “I accept IBM's Terms of Use” và nhập ID của Sensor Tag vào:  
00124b884489
- Ấn “Go” để xem dữ liệu mà Sensor Tag gửi lên server.

#### **3.1.5 Kết quả thử nghiệm**

Em đã tiến hành thử nghiệm theo đúng mô hình thử nghiệm đề ra, kết quả thu được trên giao diện của IoT Platform Server đã hiển thị được thông tin về nhiệt độ mà Sensor Node gửi về Gateway qua giao thức 6LoWPAN:





**Hình 3.8: Kết quả thử nghiệm 6LoWPAN**

Trong đồ thị giám sát bên trên, trục hoành hiển thị thông tin thời gian (đơn vị tính được thể hiện bằng giây); trục tung hiển thị thông số nhiệt độ môi trường cần giám sát (đơn vị tính °C).

STT	Thời gian đo	Nhiệt độ đo được ( °C )		Độ chênh lệch
		Theo Sensor	Theo cách thử công	
1	07.30 – 01/11/2019	24,1	24	0,1
2	14.30 – 02/11/2019	25	25	0,0
3	18.00 – 03/11/2019	24,2	24	0,2
4	16.00 – 04/11/2019	24,7	25	0,3
5	08.30 – 05/11/2019	24,3	24	0,3
6	07.30 – 06/11/2019	24,2	24	0,2

7	15.00 – 07/11/2019	24,9	25	0,1
8	19.00 – 08/11/2019	24,3	24	0,3
9	08.45 – 09/11/2019	24,3	24	0,3
10	13.30 – 10/11/2019	25,2	25	0,2
11	10.00 – 11/11/2019	24,7	25	0,3
12	11.00 – 12/11/2019	24,8	25	0,2
13	15.30 – 13/11/2019	25,2	25	0,2
14	16.45 – 14/11/2019	24,9	25	0,1
15	19.45 – 15/11/2019	24	24	0,0

**Bảng 3.2: Kết quả thử nghiệm**

Qua quá trình thử nghiệm, sau 15 lần đo, chương trình chạy ổn định, đúng như mô hình đã thiết kế. Ngoài ra còn sử dụng thiết bị “nhiệt kế” hiện có trên thị trường để đo thử công cùng thời điểm với sensor của hệ thống thu dữ liệu. Kết quả cho thấy, tại cùng một thời điểm, các kết quả đo bằng sensor so với thiết bị “nhiệt kế” có độ lệch nằm trong khoảng [0,1;0,3].

### **3.1.6 Kết luận, đánh giá**

Quá trình thử nghiệm cho thấy, việc triển khai kỹ thuật IPv6 cho mạng không dây công suất thấp (6LoWPAN) là hoàn toàn khả thi, có thể áp dụng trong thực tế. Trong mô hình thử nghiệm nêu trên, các Sensor Node mặc dù công suất rất hạn chế (sử dụng PIN CR 2303 có công suất 200 mAh, 3V) vẫn có thể giao tiếp được với thiết bị Gateway qua môi trường không dây. Các thiết bị này đều sử dụng địa chỉ IPv6 để kết nối (vùng mạng c00:212:4b00::/48).

Kết quả thử nghiệm cho thấy đã thực hiện được việc đo đạc, giám sát các thông số môi trường như: nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng, áp suất...theo thời gian thực, thu thập thông tin và hiển thị tập trung tại IoT platform Server. Như vậy, ta hoàn toàn có thể ứng dụng kỹ thuật 6LoWPAN vào công tác giám sát môi trường tại các

phòng máy chủ, trung tâm dữ liệu. Qua quá trình tìm kiếm sản phẩm, giải pháp để tiến hành thử nghiệm, nhóm thực hiện nhận thấy hiện tại đã có nhiều hãng như Noolibee, Texas Instrument, WigWag, TCPi, Mbed, Libelium....đưa ra các sản phẩm, giải pháp ứng dụng kỹ thuật 6LoWPAN vào lĩnh vực giám sát môi trường. Giải pháp của các hãng này tương đối hoàn chỉnh, bao gồm các đầu dò nhiệt độ, độ ẩm, áp suất, ánh sáng, tiếng động, mức độ tiêu thụ năng lượng, từ trường....được tích hợp thông qua thiết bị Gateway, sau đó hiển thị các thông số giám sát được tại các máy chủ tập trung hoặc qua các ứng dụng di động, phù hợp với triển khai ứng dụng cơ sở hạ tầng cho các tòa nhà, nhà máy, trung tâm dữ liệu...

**Kết luận:** Như vậy, kết quả thử nghiệm đã đạt được các mục tiêu đề ra.

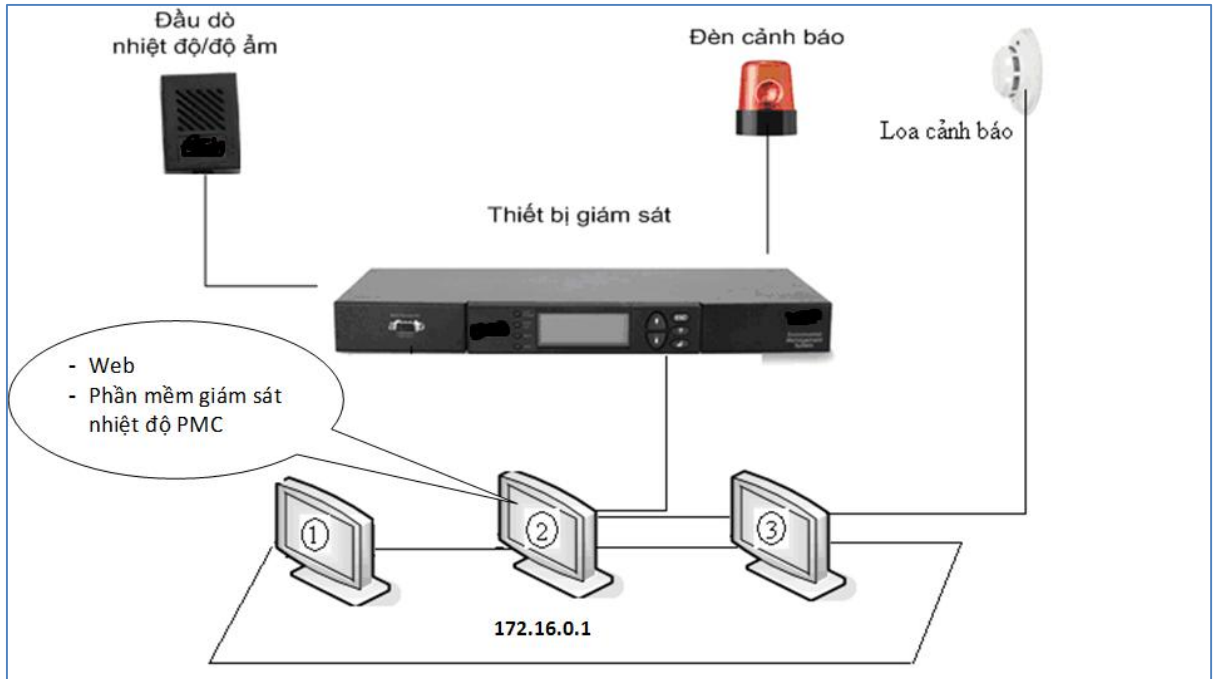
### **3.2 Đề xuất áp dụng tại Bộ tư lệnh thủ đô**

Hiện tại, Bộ tư lệnh thủ đô đang quản lý, vận hành khai thác một trung tâm dữ liệu lớn tại Hà Nội. Trung tâm dữ liệu này đóng vai trò hết sức quan trọng, chứa các thiết bị mạng, máy chủ, máy trạm, hệ thống CNTT...nhằm lưu trữ thông tin, cung cấp các ứng dụng quan trọng của bộ TLTD. Để đảm bảo các hệ thống kỹ thuật trên hoạt động liên tục, ổn định; việc giám sát môi trường, giám sát hạ tầng tại các phòng máy chủ theo thời gian thực đóng một vai trò hết sức quan trọng. Hiện tại, bộ TLTD đang sử dụng các hệ thống giám sát hạ tầng tập trung của một số hãng nổi tiếng. Các giải pháp này vẫn tồn tại một số vấn đề sau:

- Việc triển khai, mở rộng các hệ thống giám sát này tương đối mất thời gian do kết nối từ các đầu cảm biến đến các hệ thống quản trị tập trung hoàn toàn bằng dây dẫn.
- Từ hệ thống quản trị tập trung, chưa giám sát được tới tận từng đầu dò mà phải thông qua các bộ trung gian.
- Việc bố trí, di chuyển các đầu dò từ vị trí này đến vị trí khác chưa linh hoạt do phụ thuộc vào kết nối dây dẫn.
- Khó khăn trong việc giám sát, theo dõi từ xa qua Internet hoặc qua ứng dụng di động.



- Chưa giám sát được tập trung môi trường, hạ tầng tại các tất cả các phòng máy chủ hoặc giám sát chéo giữa các phòng máy chủ với nhau.



**Hình 3.9: Giải pháp giám sát môi trường, hạ tầng hiện đang sử dụng**

### 3.2.1 Mô hình đề xuất

Giao thức 6LoWPAN được sử dụng trong môi trường mạng không dây công suất thấp, bao gồm các thiết bị/vật thể có kích thước và công suất hạn chế kết nối qua môi trường không dây. 6LoWPAN đặc biệt hiệu quả khi mạng không dây công suất thấp có số lượng phần tử lớn. Tuy nhiên, để có thể sử dụng 6LoWPAN đòi hỏi tất cả các vật thể kết nối trong mạng phải hỗ trợ giao thức này.

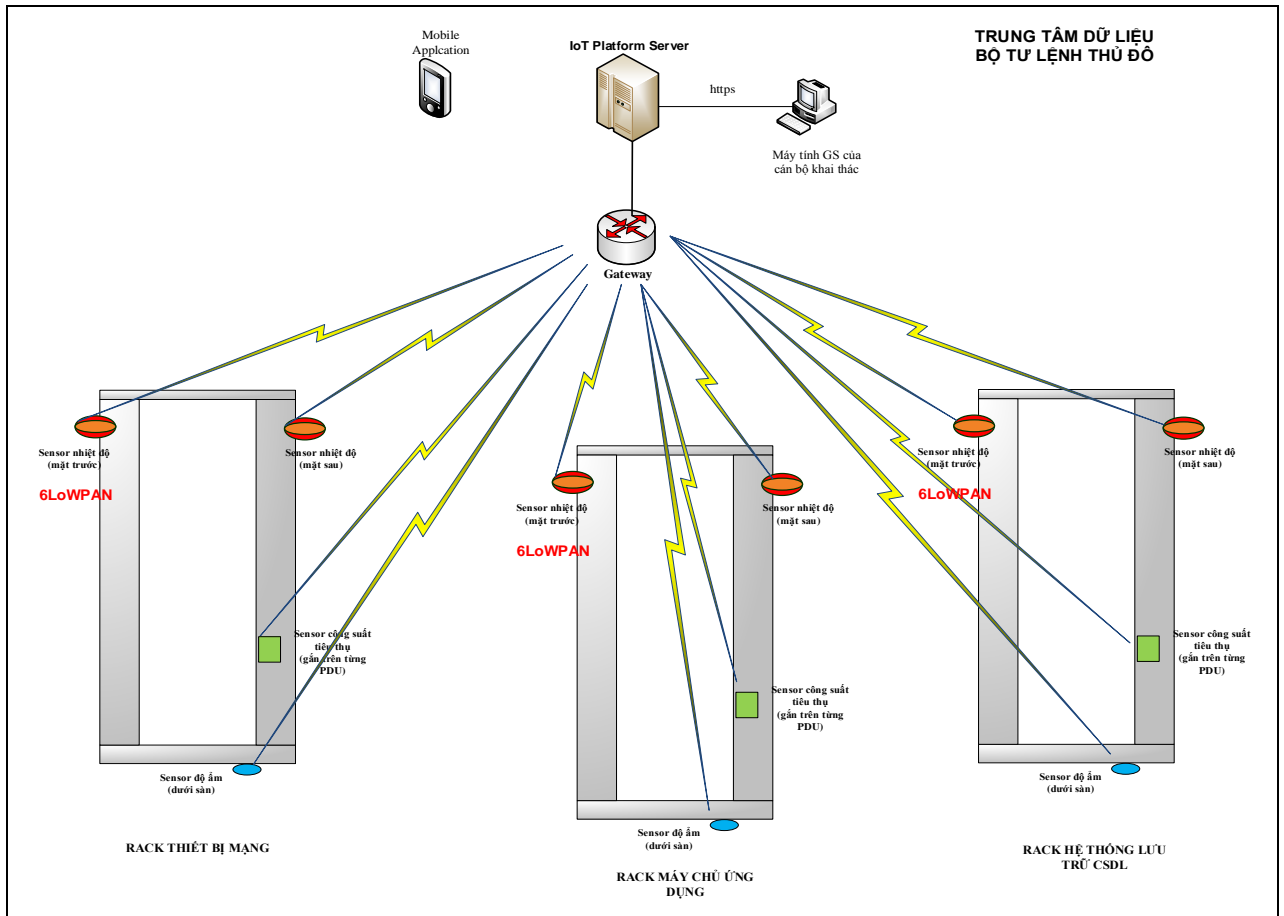
Trên cơ sở kết quả thử nghiệm, em đề xuất mô hình triển khai ứng dụng kỹ thuật 6LoWPAN vào giám sát môi trường, hạ tầng trong các trung tâm dữ liệu của Bộ tư lệnh thủ đô. Về cơ bản, tối thiểu các thông số môi trường, hạ tầng cần giám sát tại các trung tâm dữ liệu bao gồm:

- Nhiệt độ: Các máy chủ luôn cần được duy trì hoạt động ở dải nhiệt nhất định để tăng tuổi thọ. Thông thường, các hệ thống làm mát sẽ thổi khí nóng do các máy chủ, thiết bị sinh ra trong quá trình hoạt động từ mặt trước tủ rack ra

mặt sau tủ rack hoặc ngược lại. Do đó, cần thiết phải giám sát nhiệt độ đồng thời tại mặt trước và mặt sau tủ rack nhằm phát hiện kịp thời các hiện tượng bất thường.

- Độ ẩm: Hiện tại, các phòng máy chủ của Trung Tâm đang sử dụng các hệ thống làm mát bằng nước. Trong quá trình hoạt động, hệ thống làm mát có thể gây rò rỉ nước dưới sàn giả, nếu không phát hiện kịp thời sẽ rất nguy hiểm. Do vậy, cần thiết phải giám sát độ ẩm tại các tủ rack, đặc biệt là dưới sàn giả liên tục 24/24.
- Mức tiêu thụ năng lượng: tại mỗi tủ rack thường có 2 thanh phân phối nguồn (PDU) kết nối thông qua 2 thiết bị UPS khác nhau. Việc giám sát mức công suất tiêu thụ tại từng thanh PDU là hết sức quan trọng nhằm phát hiện kịp thời các hiện tượng sụt nguồn, mất nguồn hoặc phục vụ cân tải.

.....



**Hình 3.10: Mô hình đề xuất giám sát môi trường, hạ tầng tại các PMC áp dụng 6LoWPAN**

Trong mô hình đề xuất trên, tại trung tâm dữ liệu sẽ có 1 thiết bị gateway kết nối đến các thiết bị Sensor Node đặt tại từng tủ rack thông qua 6LoWPAN. Gateway này sẽ gửi dữ liệu đến IoT Platform Server, cài đặt phần mềm quản lý tập trung các Sensor Node. Tại NOC, máy tính của các cán bộ khai thác có thể truy cập đến IoT Platform Server để theo dõi, giám sát thông qua giao thức https. Đồng thời, ta cũng có thể giám sát từ xa thông qua ứng dụng di động được tích hợp sẵn.

### 3.2.2 Lợi ích của mô hình đề xuất

Việc triển khai, ứng dụng 6LoWPAN vào công tác giám sát môi trường, hạ tầng PMC mang lại các lợi ích sau:

- Triển khai nhanh chóng: không cần phải đi cáp mạng, dây dẫn, dễ dàng tích hợp các đầu dò vào thiết bị quản trị tập trung qua địa chỉ IP.
- Từ hệ thống quản trị tập trung có thể giám sát trực tiếp đến từng đầu dò qua địa chỉ IPv6 của nó.
- Hoạt động ổn định.
- Linh hoạt, có thể di chuyển vị trí các đầu dò khi cần thiết.
- Cho phép tích hợp thiết bị đầu cuối của nhiều hãng khác nhau trên 1 nền tảng đã được chuẩn hóa sử dụng giao thức 6LoWPAN.
- Cho phép giám sát môi trường, hạ tầng PMC từ xa qua mạng Internet với giao diện web hoặc ứng dụng di động.

### **Lộ trình triển khai**

Để có thể triển khai mô hình đề xuất, em xây dựng lộ trình triển khai gồm 3 giai đoạn như sau:

#### **Giai đoạn 1 (2019): Chuẩn bị**

- Nghiên cứu công nghệ, giải pháp và xây dựng kế hoạch, thực hiện đào tạo, nghiên cứu, trang bị kiến thức chuyên sâu về 6LoWPAN.
- Làm việc với các hãng sản xuất thiết bị, thử nghiệm, so sánh các giải pháp 6LoWPAN. Thống nhất chọn lựa mô hình, giải pháp, phạm vi triển khai phù hợp VNNIC.
- Định hướng danh mục thiết bị đầu tư phù hợp với mô hình thiết kế.

#### **Giai đoạn 2 (2020): Đầu tư thiết bị**

Đầu tư, nâng cấp phần cứng, phần mềm sẵn sàng triển khai đồng bộ mô hình 6LoWPAN tại các PMC. Các nhiệm vụ chính cần thực hiện ở giai đoạn này là:

- Đầu tư các thiết bị Sensor Node, các thiết bị Gateway phù hợp.
- Đầu tư nền tảng IoT Platform và máy chủ để cài đặt.
- Đầu tư ứng dụng di động giám sát môi trường, hạ tầng PMC.

**Giai đoạn 3 (2020): Triển khai**

- Triển khai đồng bộ các thiết bị, phần mềm theo mô hình đã thống nhất cho trung tâm dữ liệu, đánh giá kết quả triển khai.

**Kết luận:**

Như vậy, sau khi nghiên cứu lý thuyết và tiến hành thử nghiệm, em đã xây dựng một mô hình đề xuất ứng dụng 6LoWPAN trong công tác quản lý, giám sát môi trường trung tâm dữ liệu của bộ tư lệnh thủ đô. Mô hình này hoàn toàn khả thi, mang lại hiệu quả cao, giúp giải quyết các vấn đề đang tồn tại.

## KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

Bám theo các nội dung đăng ký của đề cương luận văn, em đã thực hiện nghiên cứu, xây dựng và triển khai hoàn chỉnh luận văn theo các nội dung:

- Nghiên cứu các vấn đề tổng quan, phân tích đánh giá hiện trạng và nhu cầu triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp.
- Nghiên cứu kỹ thuật triển khai IPv6 cho mạng không dây công suất thấp.
- Triển khai thử nghiệm kỹ thuật IPv6 cho mạng không dây công suất thấp, đề xuất áp dụng giám sát môi trường, hạ tầng tại các trung tâm dữ liệu.

Trong nội dung nghiên cứu không tránh khỏi những thiếu sót, em rất mong nhận được sự góp ý của hội đồng .

Trân trọng cảm ơn!

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

- [01]: Rfc4944 - Transmission of IPv6 Packets over IEEE 802.15.4 Networks
- [02]: Rfc6282 - Compression Format for IPv6 Datagrams over IEEE 802.15.4-Based Networks
- [03]: Rfc6775 - Neighbor Discovery Optimization for IPv6 over Low-Power Wireless Personal Area Networks (6LoWPANs)
- [04]: Wireless\_Reviewof6LoWPANRoutingProtocols - Gee Keng Ee\*, Chee Kyun Ng, Nor Kamariah Noordin and Borhanuddin Mohd. Ali
- [05]: 6LoWPAN\_The Wireless Embedded Internet - Zach Shelby
- [06]: 6LoWPAN tutorial – David E. Culler
- [07]: 6LoWPAN White Paper – Texas Instrument
- [08]: Introduction of SKT IoT\_for VietNam – SKT Telecom, Hàn Quốc
- [09]: [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things)
- [10]: <http://www.libelium.com/products/waspmote-mote-runner-6lowpan/>
- [11]: <https://www.lsr.com/white-papers/zigbee-vs-6lowpan-for-sensor-networks>
- [12]: Giới thiệu về địa chỉ thể hệ mới IPv6 – Ths Nguyễn Thu Thủy, Trung Tâm Internet Việt Nam
- [13]: <http://www.atmel.com/tools/SmartConnect-6LoWPAN.aspx>
- [14]: Internet of Things: 802.15.4, 6LoWPAN, RPL, COAP - Jürgen Schönwälder, Jacob University