

Wireless Sensor Actor Network Specification

Trường: Đại học Bách Khoa Hà Nội

Viện: Điện tử - viễn thông

Lab: Embedded Research Group

Mục lục

1. [Phân tích yêu cầu hệ thống.](#)
 - 1.1. [Mục đích xây dựng hệ thống.](#)
 - 1.2. [Cấu trúc chung của hệ thống.](#)
 - 1.3. [Yêu cầu hệ thống.](#)
 - 1.3.1. [Với khu chăm sóc lan](#)
 - 1.3.2. [Với khu bảo tồn động vật](#)
 - 1.3.3. [Với khu cảnh báo cháy rừng](#)
2. [Mô tả hoạt động hệ thống.](#)
 - 2.1. [Hệ thống chăm sóc lan.](#)
 - 2.1.1. [Các thành phần của hệ thống.](#)
 - 2.1.2. [Hoạt động của hệ thống.](#)
 - 2.2. [Hệ thống cảnh báo cháy rừng.](#)
 - 2.2.1. [Thiết bị hệ thống cảnh báo cháy rừng.](#)
 - 2.2.2. [Hoạt động của hệ thống.](#)
 - 2.3. [Hệ thống bảo tồn động vật.](#)
3. [Thiết kế hệ thống.](#)
 - 3.1. [Thiết kế phần mềm trên các node mạng.](#)
 - 3.1.1. [Phân chia node mạng theo địa chỉ MAC.](#)
 - 3.1.2. [Thiết kế giao thức lớp ứng dụng](#)
 - 3.2. [Thiết kế phần cứng.](#)
 - 3.3. [Thiết kế phần mềm trên máy tính nhúng.](#)

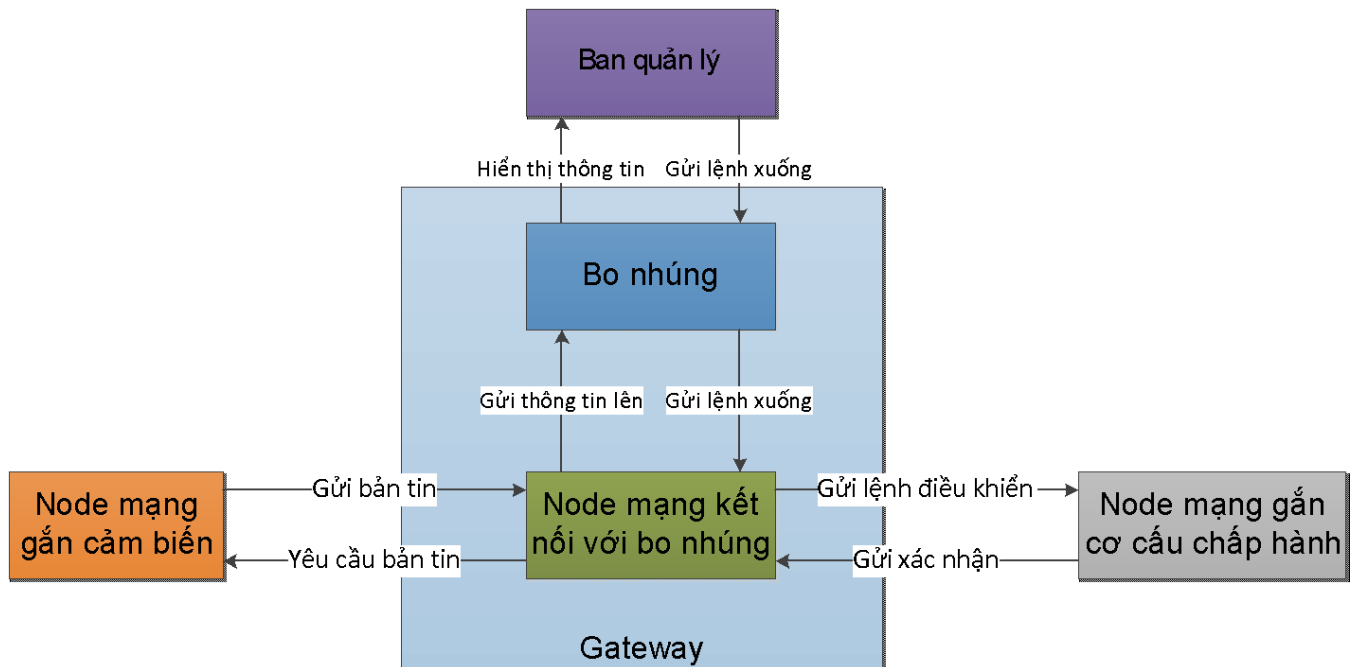
1. Phân tích yêu cầu hệ thống.

1.1. Mục đích xây dựng hệ thống.

Hệ thống được xây dựng nhằm thực hiện các nhiệm vụ:

- Chăm sóc vườn cây công nghiệp tự động (Cụ thể là vườn lan).
- Cảnh báo và phát hiện cháy rừng.
- Giám sát sự xâm nhập của con người nhằm bảo tồn động vật quý hiếm.

1.2. Cấu trúc chung của hệ thống.



Có thể xem hệ thống giống như con người, có các giác quan (mắt, mũi, tai), bộ não, bộ phận hành động (chân, tay). Các giác quan chính là các sensor, bộ não chính là gateway và bộ phận hành động chính là các cơ cấu chấp hành.

- ❖ **Node mạng gắn cảm biến:** Là các node mạng không dây trên đó gắn các cảm biến như cảm biến nhiệt độ - độ ẩm (SHT) dùng trong khu chăm sóc lan; cảm biến hồng ngoại (PIR), microwave motiondetection dùng trong khu bảo vệ động vật; cảm biến nhiệt độ - độ ẩm, cảm biến khí cháy dùng trong khu cảnh báo cháy rừng. Các node mạng này làm nhiệm vụ thu thập dữ liệu môi trường bằng cảm biến và gửi về Gateway thông qua kênh vô tuyến chuẩn Zigbee.
- ❖ **Gateway** được hiểu là bao gồm **bo nhúng** và **một node mạng**, node mạng này gọi là router – emboard.
 - **Router – emboard** có 2 vai trò chính. Một là nó nhận các bản tin từ các node mạng cảm biến rồi đẩy thông tin thu thập được lên bo nhúng để bo nhúng phân tích và đưa ra quyết định điều khiển. Hai là nó nhận lệnh điều khiển từ trên bo nhúng và truyền đạt lệnh tới các node mạng khác.

- **Bo nhúng** có chức năng phân tích những thông tin gửi từ router – emboard rồi đưa ra quyết định và gửi quyết định (lệnh) xuống cho router – emboard để nó truyền đạt tới các node mạng khác. Giao tiếp giữa bo nhúng và router – emboard là giao tiếp nối tiếp bất đồng bộ chuẩn RS – 232.
- **td lượng.**

1.3. Yêu cầu hệ thống.

Hệ thống phải đáp ứng được các yêu cầu chức năng tối thiểu sau.

1.3.1. Với khu chăm sóc lan.

- ❖ Dữ liệu từ cảm biến (nhiệt độ - độ ẩm) định kì gửi về gateway theo một chu kì nào đó. Chu kì này có thể được tùy chỉnh trên bo nhúng của gateway.
- ❖ Các node mạng cảm biến phải gửi dữ liệu về gateway khi gateway yêu cầu.
- ❖ Các node mạng có thể tự kiểm tra giá trị điện áp của nguồn pin cấp và gửi cảnh báo khi năng lượng xuống dưới ngưỡng quy định.
- ❖ Các node mạng có cơ chế quản lý để tiết kiệm năng lượng.
- ❖ Căn cứ vào ngưỡng nhiệt độ - độ ẩm, gateway sẽ ra lệnh bật bơm tưới. Giá trị ngưỡng có thể được thay đổi bởi người dùng.
- ❖ Hệ thống phun tưới (cơ cấu chấp hành) phải làm việc tin cậy và an toàn.
- ❖ Để công việc chăm sóc được tốt, hệ thống phun tưới ngoài chế độ tưới theo sự điều khiển của gateway cần có chế độ tưới theo giờ.
- ❖ Các node mạng cần được bảo vệ khỏi nước để kéo dài tuổi thọ.

1.3.2. Với khu bảo tồn động vật.

- ❖ Dữ liệu thông báo từ cảm biến microwave motion detection và cảm biến hồng ngoại phải chính xác.
- ❖ Truyền thông không dây phải đảm bảo tin cậy (Wireless Sensor Actor Network, Streaming Video).
- ❖ Camera quay đúng đến vị trí phát hiện xâm nhập và ghi hình, gửi về trung tâm, lưu trữ trên server.
- ❖ Tiết kiệm năng lượng tối đa trong thiết kế phần cứng và phần mềm.

1.3.3. Với khu cảnh báo cháy rừng

- ❖ Hệ thống cần đảm bảo khi có cháy xảy ra, xác suất thông báo có cháy trên 90%. Khi có cháy xảy ra, hệ thống cần gửi tin nhắn SMS về người có cháy nhiệm để thông báo tình trạng cháy rừng.
- ❖ Dựa vào dữ liệu nhiệt độ độ ẩm thu thập được từ các sensor, gateway cần đưa ra thông báo về nguy cơ chế rừng cho người dùng thông qua actor.

2. Mô tả hoạt động hệ thống.

2.1. Hệ thống chăm sóc lan.

2.1.1. Các thành phần của hệ thống.

- ❖ Các node mạng cảm biến không dây (wireless sensor). Mỗi node mạng cảm biến bao gồm:

- Router: duy trì kết nối vô tuyến chuẩn Zigbee với các router khác và lấy dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm từ cảm biến.
- Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm: kết nối với Router thông qua cáp chuẩn I2C.

❖ Gateway bao gồm:

- Máy tính nhúng: tiếp nhận dữ liệu từ các node cảm biến, phân tích và đưa ra lệnh điều khiển hoạt động của actor.
- Router – emb (RE) kết nối với bo nhúng qua chuẩn RS – 232 và kết nối với các router khác trong mạng bằng sóng điện từ. RE là điểm trung chuyển thông tin dữ liệu từ các node mạng cảm biến không dây lên bo nhúng và trung chuyển thông tin điều khiển từ bo nhúng xuống các node mạng cảm biến không dây.

❖ Hệ thống tưới nước bao gồm:

- Coordinator: giữ vai trò đảm bảo kết nối vô tuyến chuẩn Zigbee với Router – emboard của Gateway.
- Mạch điều khiển bơm tưới: nhận lệnh điều khiển của gateway mà coordinator gửi xuống, điều khiển bật tắt máy bơm và các van tưới, sau đó gửi xác nhận về gateway thông qua coordinator. Mạch điều khiển bơm tưới cũng có chế độ làm việc không phụ thuộc vào gateway. Người dùng có thể thiết lập thời gian bơm tưới ngay tại đây.
- Hệ thống giàn tưới bao gồm máy bơm, các van và đường ống. Đây chính là các actor thực thi các lệnh từ trên gateway gửi xuống.

2.1.2. Hoạt động của hệ thống.

- ❖ Các node mạng gửi định kỳ bản tin chứa dữ liệu nhiệt độ – độ ẩm – năng lượng về gateway. Tại gateway, máy tính nhúng lưu trữ, phân tích dữ liệu để ra quyết định có tưới nước cho cây hay không thông các ngưỡng nhiệt độ, độ ẩm đã được thiết lập. Ngưỡng này có thể chỉnh lại bởi người dùng thông qua giao diện trên bo nhúng.

❖ Vấn đề kiểm soát node mạng cảm biến và hệ thống van tưới:

- Có 9 node mạng là router với Byte0 địa chỉ MAC lần lượt: 0x01, 0x02, 0x02...0x09.
- Có một node mạng là coordinator với Byte0 địa chỉ MAC là 0x00 gắn với mạch điều khiển bơm tưới.
- Chúng ta có 5 van nước tương ứng với 5 phần của khu vườn, mỗi van chịu trách nhiệm tưới tiêu một phần. Việc điều khiển đóng mở 5 van tưới này do mạch điều khiển bơm tưới (kết nối với Coordinator) đảm nhiệm.

⇒ 2 node mạng kết hợp 1 van nước sẽ giám sát 1 khu vực.

Sensor có Byte0 địa chỉ MAC	Số hiệu van nước tương ứng	Ghi chú
0x01; 0x02	1	Dữ liệu từ sensor 01, 02 dùng để quyết định bật/ tắt van nước số 1
0x03; 0x04	2	Dữ liệu từ sensor 03, 04 dùng để quyết định bật/ tắt van nước số 2

0x05; 0x06	3	Dữ liệu từ sensor 05, 06 dùng để quyết định bật/ tắt van nước số 3
0x07; 0x08	4	Dữ liệu từ sensor 07, 08 dùng để quyết định bật/ tắt van nước số 4
0x09	5	Dữ liệu từ sensor 09 dùng để quyết định bật/ tắt van nước số 5

- ❖ Khi nhận thấy tại khu vực sensor nào xảy ra một trong 2 điều kiện điều kiện:
 - Độ ẩm nhỏ hơn 1 độ ẩm ngưỡng.
 - Nhiệt độ vượt quá 1 nhiệt độ ngưỡng.
 ⇒ Máy tính nhúng gửi lệnh bật van nước tương ứng. Sau một khoảng thời gian máy tính nhúng gửi lệnh tắt van nước tương ứng. Độ ẩm ngưỡng và nhiệt độ ngưỡng do người dùng thiết lập trên máy tính nhúng tùy ý.
- ❖ Ngoài ra việc bật/ tắt van nước có thể điều khiển bằng tay trên máy tính nhúng.
- ❖ Việc phun tưới có thể hoạt động ở chế độ khác mà chỉ do mạch điều khiển máy bơm phun tưới theo giờ.
- ❖ Sau khi hệ thống tưới thực hiện lệnh bật/ tắt van nước nào sẽ gửi lại máy tính nhúng một bản tin cập nhật trạng thái van nước hiện tại.
- ❖ Nếu sau một khoảng thời gian bật van nước mà không nhận được lệnh tắt từ máy tính nhúng, hệ thống tưới sẽ tự động tắt van nước và gửi tin thông báo về máy tính nhúng.
- ❖ Các dữ liệu từ sensor, trạng thái van nước được máy tính nhúng lưu trữ trên một cơ sở dữ liệu và cho phép người quản lý tho dõi qua website.

2.2. Hệ thống cảnh báo cháy rừng.

2.2.1. Các thành phần của hệ thống.

- ❖ Các node mạng cảm biến không dây, bao gồm:
 - Cảm biến nhiệt độ - độ ẩm và cảm biến khí cháy.
 - Các node mạng là các router giữ vai trò lấy dữ liệu nhiệt độ độ ẩm, phân tích cháy hay không cháy và duy trì tuyến thông tin không dây. Việc quyết định có cháy hay không dựa vào một ngưỡng mà có thể được tùy chỉnh bởi người dùng từ trên bo nhúng.
- ❖ Gateway, bao gồm:
 - Máy tính nhúng: nhận dữ liệu từ các router gắn cảm biến nhiệt độ - độ ẩm báo về và đưa ra quyết định mức nguy cơ cháy rừng. Mức này được mã hóa bằng một bản tin gửi đến đồng hồ báo cháy đóng vai trò cơ cấu chấp hành trong hệ thống.
 - Router – Emboard: là điểm trung chuyển thông tin (dữ liệu và lệnh) đến bo nhúng và đi các node mạng cảm biến, đồng hồ báo cháy.
- ❖ Đồng hồ cảnh báo cháy rừng(Actor): Là một đồng hồ điện tử gắn còi và đèn báo động, nhận tín hiệu từ Gateway và chỉ thị mức độ nguy cơ xảy ra cháy rừng. Khi phát hiện đám cháy xảy ra, đồng hồ sẽ rú còi và đèn báo động.

2.2.2. Hoạt động của hệ thống.

- ❖ Hệ thống gồm 10 node mạng gắn cảm biến nhiệt độ - độ ẩm, cảm biến khí cháy. Dữ liệu về nhiệt độ - độ ẩm - năng lượng được gửi về máy tính nhúng thường xuyên. Máy tính nhúng lưu trữ và phân tích dữ liệu này để tính ra mức độ cảnh báo cháy rừng. Sau mỗi ngày sẽ gửi một bản tin về nguy cơ cháy rừng cho đồng hồ báo cháy chỉ thị.
- ❖ Đồng hồ báo cháy sẽ nhận bản tin từ máy tính nhúng để chỉ thị mức độ nguy cơ cháy rừng.
- ❖ Trong trường hợp phát hiện có cháy, sensor sẽ gửi cảnh báo ngay lập tức về máy tính nhúng, máy tính nhúng gửi bản tin cho đồng hồ báo cháy đẩy lên mức cảnh báo cao nhất và kích hoạt đèn - còi báo động.
- ❖ Tính toán nguy cơ cháy rừng như thế nào?

2.3. Hệ thống bảo tồn động vật.

2.3.1. Các thành phần của hệ thống.

Hệ thống bảo tồn động vật bao gồm các thành phần sau:

2.3.2. Hoạt động của hệ thống.

3. Thiết kế hệ thống.

3.1. Thiết kế phần mềm trên các node mạng.

3.1.1. Quy hoạch node mạng theo địa chỉ MAC.

- ❖ Để phân biệt các sensor thuộc hạng mục nào, ta dùng Byte0 địa chỉ MAC của sensor.
- ❖ Dải Byte 0 địa chỉ MAC: 0x00 đến 0xFF. Ta có thể quy hoạch như sau:
 - Dải từ 0x01 đến 0x2F cấp phát cho các router gắn cảm biến khu chăm sóc lan. 0x00 cấp phát cho coordinator.
 - Dải từ 0x31 đến 0x5F cấp phát cho các router gắn cảm biến khu cảnh báo cháy rừng. 0xB1 cấp phát cho coordinator.
 - Dải từ 0x61 đến 0x8F cấp phát cho các router gắn cảm biến khu bảo tồn động vật. 0x60 cấp phát cho coordinator.
⇒ Mỗi hạng mục có thể có tối đa 48 sensor (trừ khu chăm sóc lan).
 - Dải 0x90 đến 0xA0 dùng cho các Router_Emboard, cụ thể:

Router_Emboard	Byte0 địa chỉ MAC	Thiết lập tĩnh địa chỉ mạng
Khu chăm sóc lan	0xA0	0x0001
Khu cảnh báo cháy rừng	0xA0	0x0001
Khu bảo vệ động vật	0x90	0x0001

- Dải từ 0xA1 đến 0xB0 dùng mã hóa cho các router gắn với actor khu chăm sóc lan.
- Dải từ 0xB1 đến 0xC0 dùng mã hóa cho các router gắn với actor khu cảnh báo cháy rừng.
- Dải từ 0xC1 đến 0xD0 dùng mã hóa cho các router gắn với actor khu bảo vệ động vật.

Actor	Byte0 địa chỉ MAC	Ghi chú
Actor1	0x00	Vừa là coordinator, vừa gắn với mạch điều khiển hệ thống tưới phun số 1
Actor2	0xB1	Là router gắn với mạch điều khiển của đồng hồ báo cháy.

3.1.2. Quy hoạch clusterID.

//WSAN Clusters

```

#define JOIN_CONFIRM_CLUSTER          0x0005
#define STATE_NODE_CLUSTER           0x0006
#define ACTOR_REQUEST_CLUSTER        0x0007
#define ACTOR_RESPONSE_CLUSTER       0x0008
#define HTE_REQUEST_CLUSTER          0x0009
#define HTE_RESPONSE_CLUSTER         0x000A
#define SLEEP_SYN_CLUSTER            0x000B
#define SLEEP_CONFIRM_CLUSTER        0x000C
#define ROUTING_TABLE_READ_CLUSTER   0x000D
#define SEND_ROUTING_TABLE_CONFIRM_CLUSTER 0x000E
#define HTE_AUTO_SEND_CLUSTER        0x000F
#define WAKE_SYN_CLUSTER             0x0010
#define WAKE_CONFIRM_CLUSTER         0x0011
#define RE_CONFIG_CYCLE_CLUSTER      0x0012
#define RE_ASSIGN_LEVEL_MQ6_CLUSTER  0x0013
#define ROUTE_DRAW_REQUEST_CLUSTER   0x0014

```

3.1.3. Thiết kế giao thức lớp ứng dụng.

Giao thức lớp ứng dụng được hiểu đơn giản chính là định dạng các bản tin trao đổi giữa các node trong mạng theo một định chuẩn nào đó.

Dưới đây là bảng quy định giao thức lớp ứng dụng sẽ được sử dụng:

a. Bản tin gia nhập mạng.

- Một node mạng khi gia nhập mạng phải thông báo cho RE (ROUTER_EMB) biết để RE lưu trữ địa chỉ mạng và byte0 địa chỉ MAC của node mạng đó. Thông tin này được RE đẩy lên máy tính nhúng, máy tính nhúng sẽ lưu trong một cơ sở dữ liệu.

Tham số	Node gia nhập mạng gửi tin cho RE	RE nhận bản tin thông báo từ các node mạng gia nhập	RE đẩy thông tin lên máy tính nhúng	Ghi chú
SourceEndpoint	WSAN_Endpoint			WSAN_Endpoint = 240
DesEndpoint		WSAN_Endpoint		WSAN_Endpoint = 240
ClusterID	JOIN_CONFIRM_CLUSTER (OutPut Cluster)	JOIN_CONFIRM_CLUSTER (Input Cluster)		JOIN_CONFIRM_CLUSTER = 0x0005
Bản tin	Node mạng gửi tới RE 2 byte dữ liệu để thông báo về địa chỉ mạng và byte 0 địa chỉ MAC của nó: 0x[MM][MM] + Địa chỉ MAC bị lặp lại do bản thân trong hàm SendOneByte luôn có đính kèm địa chỉ MAC. + Không cần gửi địa chỉ mạng vì có thể lấy ra từ parameter của APSDE-DATA-confirm.	RE nhận được 2 bytes dữ liệu đều là byte0 của địa chỉ MAC: 0x[MM][MM]	Router – emboard đẩy lên máy tính nhúng một chuỗi kí tự ASCII gồm 10 bytes sau: #JN:NNNNMM +Chi đẩy lên máy tính nhúng 1 lần địa chỉ MAC, 1 byte sẽ không hiển thị. +NNNN: chuỗi 4 byte kí tự ASCII thể hiện địa chỉ mạng của node gia nhập. Ví dụ: địa chỉ mạng của node gia nhập là 0x0001→NNNN=0001 (chuỗi 4 kí tự ASCII). +MM: chuỗi 2 byte kí tự ASCII thể hiện Byte0 địa chỉ MAC node gia nhập.	+Nếu 0x00<0x[MM]<0x8F →Node vừa gia nhập mạng là Sensor Node. +Nếu 0xA0<0x[MM]<0xD1 →Node vừa gia nhập mạng là Actor Node. +Ví dụ: Một sensor có byte0 địa chỉ MAC 0x02 vừa gia nhập mạng và được cấp phát địa chỉ mạng là 0x143E thì nó gửi bản tin gia nhập mạng về RE với nội dung bản tin là 0x0202. RE nhận được bản tin này và đẩy lên bo nhúng với thông tin: #JN:143E02.
Hàm thực hiện	void SendOneByte(BYTE data, WORD ClusterID)			Các tham số đầu vào của hàm trong trường hợp này: +data: byte Byte0 địa chỉ MAC. data = 0x[MM] +ClusterID: = CONFIRM_JOIN_NETWORK_CLUSTER

b. Bản tin thông báo trạng thái:

- Bản tin này dùng để thông báo một sự kiện ngẫu nhiên của một node gắn cảm biến về máy tính nhúng như: Hết năng lượng, phát hiện người xâm nhập, phát hiện cháy,...

Tham số	Node cảm biến đóng gói dữ liệu gửi tới RE	ROUTER_EMB nhận	ROUTER_EMB đẩy lên máy tính nhúng	Ghi chú
SourceEndpoint	WSAN_Endpoint			WSAN_Endpoint = 240
DesEndpoint		WSAN_Endpoint		WSAN_Endpoint = 240
ClusterID	STATE_NODE_CLUSTER (OutPut Cluster)	STATE_NODE_CLUSTER (InPut Cluster)		STATE_NODE_CLUSTER = 0x0006
Bản tin	Node mạng gửi tới RE 2 bytes dữ liệu để thông báo trạng thái của node mạng: 0x[MM][SS] +0x[MM] là byte0 địa chỉ MAC. +0x[SS] là trạng thái, bao gồm: 0x[SS] = 0x02: Phát hiện cháy 0x[SS] = 0x03: Hết năng lượng 0x[SS] = 0x04: Phát hiện xâm nhập bởi cảm biến Microwave. 0x[SS] = 0x05: Phát hiện xâm nhập bởi cảm biến PIR. 0x[SS] = 0x06: tìm thấy cảm biến Microwave. 0x[SS] = 0x01: không tìm thấy cảm biến Microwave.	RE nhận được 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS]	RE sẽ đẩy lên bo nhúng 12 bytes sau: #SN:NNNNMMSS +NNNN (4 bytes): chuỗi kí tự thể hiện địa chỉ mạng của node gia nhập. +MM (2 bytes): chuỗi kí tự thể hiện Byte0 địa chỉ MAC node gửi. +SS(2 bytes): chuỗi kí tự thể hiện trạng thái một node.	Ví dụ: Khi node cảm biến có địa chỉ mạng là 0x143E và byte0 địa chỉ MAC là 0x02 phát hiện có khói, nó sẽ đóng gói một bản tin là 0x0204 gửi tới RE. RE nhận được chuỗi 2 byte này rồi đẩy lên bo nhúng là #SN:143E0204.
Hàm thực hiện	void SendOneByte(BYTE data, WORD ClusterID)			Các tham số đầu vào của hàm trong trường hợp này: +Dữ liệu cần gửi là các thông tin phát hiện cháy, phát hiện đối tượng xâm nhập, phát hiện hết năng lượng: data = 0x[SS] +ClusterID: STATE_NODE_CLUSTER

c. Bản tin yêu cầu lấy nhiệt độ-độ ẩm-năng lượng.

- Bản tin này được gửi từ máy tính nhúng đến node cảm biến yêu cầu dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm - năng lượng. Node cảm biến trả dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm - năng lượng về máy tính nhúng theo yêu cầu.

Tham số	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	SENSOR nhận lệnh	Ghi chú
SourceEndpoint			WSAN_Endpoint		WSAN_Endpoint = 240

DesEndpoint				WSAN_Endpoint t	WSAN_Endpoint = 240
ClusterID			HTE_REQUEST _CLUSTER (OutPut Cluster)	HTE_REQUEST T_CLUSTER (InPut Cluster)	HTE_REQUEST _CLUSTER = 0x0009
Bản tin	NNNN000 +Mỗi thành phần là một ký tự ASCII. +NNNN: Địa chỉ mạng của node được yêu cầu. +000: mã lệnh quy định lấy dữ liệu nhiệt độ độ ẩm.	Máy tính nhúng gửi 4 bytes sau xuống RE thông qua cáp RS232: 0x[MSB]; 0x[LSB]; 0x00;\$ +0x[MSB]: Byte cao địa chỉ mạng node được yêu cầu. +0x[LSB]: Byte thấp địa chỉ mạng node được yêu cầu. +0x00: cho Router_EMB biết đây là yêu cầu lấy nhiệt độ độ ẩm, năng lượng. +\$: ký tự để RE biết kết thúc lệnh.	RE đóng gói 1 bytes 0x00 để gửi tới node mạng cảm biến có địa chỉ mạng là 0x[MSB][LSB].	Sensor nhận được lệnh 1 bytes 0x00 từ RE.	Ví dụ lệnh từ máy tính nhúng là 143E000 thì máy tính nhúng sẽ gửi xuống RE 4 bytes 0x14, 0x3E, 0x00 và '\$'. RE sẽ đóng gói bản tin có nội dung là 0x00 rồi gửi tới node có địa chỉ mạng là 0x143E.
Hàm thực hiện			void SendOneByte(W ORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		+CLUSTER = HTE_REQUEST _CLUSTER +MSB: Byte trái địa chỉ mạng node nhận. ví dụ 0x14. +LSB: Byte phải địa chỉ mạng node nhận. ví dụ 0x3E. +cmd = 0x00.

- Sau khi nhận được yêu cầu lấy dữ liệu từ máy tính nhúng, node cảm biến lấy dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm - năng lượng và đóng gói dữ liệu để gửi bản tin đến ROUTER_EMB. ROUTER_EMB đẩy bản tin này lên máy tính nhúng để xử lý, lưu trữ dữ liệu từ đó ra lệnh phù hợp cho cơ cấu chấp hành.

Tham số	Node cảm biến đóng gói dữ liệu và gửi lại ROUTER_EMB	ROUTER_EMB nhận dữ liệu	ROUTER_EMB đẩy dữ liệu lên máy tính nhúng	Ghi chú
SourceEndpoint t	WSAN_Endpoint			WSAN_Endpoint = 240
DesEndpoint		WSAN_Endpoint		WSAN_Endpoint = 240
ClusterID	HTE_RESPONSE_C LUSTER (OutPut Cluster)	HTE_RESPONSE _CLUSTER (InPut Cluster)		0x000A

Bản tin	Node mạng đóng gói 6 bytes dữ liệu để gửi tới RE: 0x[MM][D1D2][D3D4][D5D6][D7D8][EE] +0x[MM]: byte0 địa chỉ MAC. +0x[D1D2][D3D4]: 2 bytes chứa thông tin nhiệt độ. +0x[D5D6][D7D8]: 2 bytes chứa thông tin độ ẩm. +0x[EE]: 1 byte chứa thông tin năng lượng	RE nhận được chuỗi 6 byte dữ liệu: 0x[MM][D1D2][D3D4][D5D6][D7D8][EE]	RE sẽ đẩy lên bo nhúng chuỗi 20 bytes dạng ASCII như sau: #RD:NNNNMMD1D2D3D4D5D6D7D8EE	Ví dụ: Giả sử RE gửi yêu cầu lấy dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm đến node có địa chỉ mạng là 0x143E và byte0 địa chỉ MAC là 0x02. Node mạng này sẽ lấy dữ liệu nhiệt độ - độ ẩm từ cảm biến rồi đóng gói thành bản tin để gửi tới RE: 0x021234567890 trong đó 0x1234 là dữ liệu nhiệt độ, 0x5678 là dữ liệu độ ẩm và 0x90 là dữ liệu năng lượng của node. RE nhận được chuỗi byte này thì đẩy lên máy tính nhúng: #RD:143E021234567890
Hàm thực hiện	Send_HTE_ToRouter Emboard(void);			

d. Gửi yêu cầu tới cơ cấu chấp hành.

- Các bước giao tiếp với mạch điều khiển hệ thống tưới phun.
 - Bước 1: Máy tính nhúng gửi bản tin điều khiển cho node mạng gắn cơ cấu chấp hành bằng kênh vô tuyến chuẩn Zigbee. Quy định về bản tin này như sau:

Tham số	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node gắn cơ cấu chấp hành	Node mạng gắn ACTOR nhận lệnh	Ghi chú
SourceEndpoint			WSAN_Endpoint		WSAN_Endpoint = 240
DesEndpoint				WSAN_Endpoint	WSAN_Endpoint = 240
ClusterID			ACTOR_REQUEST_CLUSTER (OutPut Cluster)	ACTOR_REQUEST_CLUSTER (InPut Cluster)	ACTOR_REQUEST_CLUSTER = 0x0007
Bản tin	NNNSVV +Mỗi thành phần là một ký tự ASCII. +NNNN: Địa chỉ mạng của node được yêu cầu. +S là trạng thái bật (1) hoặc tắt (0). +VV: là thứ tự của van.	Máy tính nhúng sẽ gửi 4 bytes sau xuống RE: 0xMSB; 0xLSB; 0x--; \$ +0xMSB: Byte trái địa chỉ mạng node được yêu cầu +0xLSB: Byte phải địa chỉ mạng node được yêu cầu +0x--: byte này thể hiện là van nào được điều khiển. Giá trị này có được là do ghép 3 byte ASCII [S][V][V]. [S] = 0 hoặc 1 sẽ chiếm bit đầu tiên của byte. [V][V] thể hiện số hiệu van được điều khiển	RE sẽ đóng gói 1 byte 0x— (khác 0x00) và gửi tới node có địa chỉ mạng là 0x[NN][NN].	Node mạng gắn Actor sẽ nhận được 1 byte 0x—. Sau đó node mạng này sẽ đẩy byte này xuống mạch điều khiển cơ cấu. Mạch điều khiển cơ cấu ra lệnh điều khiển thiết bị chấp hành.	Ví dụ: khi muốn node mạng có địa chỉ mạng 0x0000 gắn với actor1 bật van tưới số 5 thì bấm 7 phím “0000105” từ máy tính nhúng. Sau đó máy tính nhúng sẽ đẩy 3 bytes xuống RE: 0x000085. RE sẽ đóng gói dữ liệu 0x85 và gửi tới node mạng có địa chỉ mạng là 0x0000. Sau khi node mạng có địa chỉ mạng 0x0000 nhận được byte 0x85, nó sẽ gửi tới mạch điều khiển cơ cấu thông qua module UART. mạch điều

		sẽ chiếm 7 bit cuối của byte. +\$: ký tự để RE biết kết thúc nhận lệnh.			khởi sẽ giải mã lệnh này và bật van số 5.
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		+CLUSTER = ACTOR_REQUEST_CLUSTER +MSB: Byte trái địa chỉ mạng node nhận. ví dụ 0x00. +LSB: Byte phải địa chỉ mạng node nhận. ví dụ 0x00. +cmd = 0x85 (bật van số 5).

- Bước 2: Node mạng bóc lấy lệnh và gửi luôn lệnh đó cho mạch điều khiển cơ cấu thông qua module UART. Quy định về việc trao đổi thông tin như sau:

Lệnh gửi từ RE tới node mạng Zigbee gắn cơ cấu chấp hành	Lệnh từ node Zigbee gửi xuống mạch điều khiển cơ cấu	Mạch điều khiển cơ cấu yêu cầu thiết bị chấp hành thực hiện	Cơ cấu chấp hành gửi lại xác nhận lên node Zigbee.
0x81	0x81	Bật van nước số 1	0x81
0x82	0x82	Bật van nước số 2	0x82
0x83	0x83	Bật van nước số 3	0x83
0x84	0x84	Bật van nước số 4	0x84
0x85	0x85	Bật van nước số 5	0x85
0x8F	0x8F	Bật tất cả các van	0x8F
0x01	0x01	Tắt van nước số 1	0x01
0x02	0x02	Tắt van nước số 2	0x02
0x03	0x03	Tắt van nước số 3	0x03
0x04	0x04	Tắt van nước số 4	0x04
0x05	0x05	Tắt van nước số 5	0x05
0x0F	0x0F	Tắt tất cả các van	0x0F
		Tự động tắt van 1	0x41

		Tự động tắt van 2	0x42
		Tự động tắt van 3	0x43
		Tự động tắt van 4	0x44
		Tự động tắt van 5	0x45
		Tự động tắt tất cả các van	0x4F

- Bước 3: Mạch điều khiển cơ cấu thực hiện điều khiển thiết bị chấp hành (chính là các van tưới) rồi gửi xác nhận trở lại node mạng cũng thông qua module UART. Bản tin xác nhận giống bản tin điều khiển.
- Bước 4: Node mạng gửi bản tin xác nhận về máy tính nhúng để xác nhận rằng cơ cấu chấp hành đã thực hiện lệnh. Bản tin này chính là bản tin mà mạch điều khiển cơ cấu đẩy lên. Thông tin trao đổi quy định như sau:

Tham số	Node gắn Actor gửi phản hồi	ROUTER_EMB nhận bản tin	ROUTER_EMB đẩy dữ liệu lên máy tính nhúng.	Ghi chú
SourceEndpoint	240			
DesEndpoint		240		
ClusterID	ACTOR_RESPONSE_CLUSTER(OutPut Cluster)	ACTOR_RESPONSE_CLUSTER(Input Cluster)		0x0008
Bản tin	Node gắn actor đóng gói 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS]	RE nhận được 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS]	RE đẩy lên máy tính nhúng 12 kí tự ASCII: #OK:NNNNMMSS +NNNN: Địa chỉ mạng node xác nhận +MM: Byte0 địa chỉ MAC của Actor gửi xác nhận. +SS: Mã thể hiện trạng thái lệnh đã thực hiện.	Ví dụ: sau khi bật xong van số 5, mạch điều khiển cơ cấu sẽ đẩy byte 0x85 qua module UART lên node mạng Zigbee gắn với nó (giả sử có địa chỉ mạng 0x0000 và byte0 địa chỉ MAC là 0x00). Node mạng Zigbee sẽ đóng gói 2 bytes: 0x0085 rồi gửi tới RE. RE nhận được 2 bytes này rồi đẩy lên máy tính nhúng chuỗi kí tự: #OK:00000085.
Hàm thực hiện	void SendOneByte(BYTE data, WORD ClusterID)			+Cluster = ACTOR_RESPONSE_CLUSTER +data = SS.

- Giao tiếp với đồng hồ cảnh báo mức nguy cơ cháy rừng
 - Bước 1: Gửi lệnh từ Gateway.

Tham số	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	ACTOR nhận lệnh	Ghi chú
SourceEndpoint			240		
DesEndpoint			240		
ClusterID			ACTOR_REQUEST_CLUSTER(OutPut Cluster)	ACTOR_REQUEST_CLUSTER(Input Cluster)	0x0007
Bản tin	<p>NNNNAAS</p> <p>+Mỗi thành phần là một ký tự.</p> <p>+NNNN: Địa chỉ mạng Actor</p> <p>+AA: Số hiệu Actor được yêu cầu. Cụ thể là van nước hoặc mức cảnh báo nguy cơ cháy rừng.</p> <p>VD: AA = 02 → Điều khiển van nước số 2</p> <p>+S: Trạng thái muốn điều khiển</p> <p>S = 0: Đóng van nước</p> <p>S = 1: Mở van nước</p>	<p>0xMSB; 0xLSB; 0xSS; \$</p> <p>+0xMSB: Byte trái địa chỉ mạng node được yêu cầu</p> <p>+0xLSB: Byte phải địa chỉ mạng node được yêu cầu</p> <p>+0xSS: Gộp từ AAS thành 1 byte (Máy tính nhúng làm). Cho biết số hiệu actor được yêu cầu và trạng thái của nó</p> <p>+\$: ký tự cho biết kết thúc dữ liệu</p>			<p>VD:</p> <p>Actor1 có địa chỉ mạng 0x0007 là hệ thống điều khiển tưới phun</p> <p>Trên máy tính nhúng gõ:</p> <p>0007151 → Yêu cầu bật van nước số 15 do node mạng có địa chỉ 0007 điều khiển.</p> <p>+Máy tính nhúng mã hóa chuỗi ký tự:</p> <p>0007 → 0xMSB: 0x00</p> <p>0xLSB: 0x07</p> <p>151 → 0x8F (0b10001111). 7 bits sau dùng để mã hóa số hiệu Actor được yêu cầu. Bits có trọng số cao nhất cho biết trạng thái yêu cầu.</p> <p>+ ROUTER_EMB chỉ gửi 0x8F đến cơ cấu chấp hành.</p>
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		<p>+Cluster = ACTOR_REQUEST_CLUSTER</p> <p>+MSB: Byte trái địa chỉ mạng node nhận.</p> <p>+LSB: Byte phải địa chỉ mạng node nhận.</p>

- Khi Actor nhận được lệnh điều khiển sẽ gửi phản hồi về báo cho máy tính nhúng biết rằng nó đã nhận được. Tuy nhiên phản hồi này không cho biết thực sự Actor thực thi hay không. Bản tin này có dạng giống với bản tin của lệnh yêu cầu.

	Node Actor gửi phản hồi	ROUTER_EMB nhận bản tin	ROUTER_EMB đẩy dữ liệu lên máy tính nhúng.	Ghi chú
SourceEndpoint	1	1		
DesEndpoint	240	240		
ClusterID	ACTOR_RESPONSE_CLUSTER(OutPut Cluster)	ACTOR_RESPONSE_CLUSTER(Input Cluster)		0x0008
Bản tin	0xSS	0xSS	#OK:NNNNMMSS <ul style="list-style-type: none"> ▪ NNNN: Địa chỉ mạng node xác nhận ▪ MM: Byte0 địa chỉ MAC của Actor gửi xác nhận ▪ SS: Mã thể hiện trạng thái lệnh đã thực hiện 	VD: Trên máy tính nhúng nhận được #OK:00018F. → SS = 0x8F +0001: Địa chỉ mạng của node gửi tin +0x8F (0b10001111). 7 bits sau dùng để mã hóa số hiệu Actor được yêu cầu, ở đây 0001111 = 15. Bits có trọng số cao nhất cho biết trạng thái xác nhận, ở đây 1: Đã nhận lệnh. → Lệnh điều khiển van nước số 15 gửi thành công
Hàm thực hiện	void SendOneByte(BYTE data, WORD ClusterID)			+Cluster =ACTOR_RESPONSE_CLUSTER +data = SS.

- e. Gửi lệnh yêu cầu vẽ tuyến từ Gateway đến 1 nút bất kỳ trong mạng
- Lệnh gửi từ Gateway.

	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	Node forward nhận bản tin	Ghi chú
SourceEndpoint			1		
DesEndpoint			240		
ClusterID			ROUTE_DRAW_REQUEST_CLUSTER(OutPut Cluster)	ROUTE_DRAW_REQUEST_CLUSTER(Input Cluster)	0x0014

					yêu cầu vẽ tuyến đến.
--	--	--	--	--	-----------------------

- Node trung gian nhận gói tin và đính kèm địa chỉ MAC của nó → Gửi cho Next Hop.

	Node trung gian nhận gói tin	Node trung gian đóng gói tin gửi cho Next Hop		Next Hop nhận gói tin	Ghi chú
SourceEndpoint	1	1			
DesEndpoint	240	240			
ClusterID	ROUTE_DRAW_REQUEST_CLUSTER(OutPut Cluster)	ROUTE_DRAW_REQUEST_CLUSTER(Input Cluster)			0x0014
Bản tin	MSB_dest_addr LSB_dest_addr NodeNumber pListOfNode +0xMSB_dest_addr: Byte cao địa chỉ mạng của node đích +0xLSB_dest_addr: Byte thấp địa chỉ mạng của node đích +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua	MSB_dest_addr LSB_dest_addr NodeNumber pListOfNode +0xMSB_dest_addr: Byte cao địa chỉ mạng của node đích +0xLSB_dest_addr: Byte thấp địa chỉ mạng của node đích +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (tăng thêm 1 đơn vị)(ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua (Trong đó thêm Byte0 địa chỉ MAC của node này)		+0xMSB_dest_addr: Byte cao địa chỉ mạng của node đích +0xLSB_dest_addr: Byte thấp địa chỉ mạng của node đích +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua	
Hàm thực hiện		void RouteDrawRequestToNextHop(BYTE MSB_dest_addr, BYTE LSB_dest_addr, BYTE NodeNumber, BYTE *pListOfNode)			Hàm này sẽ thực hiện node trung gian gửi yêu cầu vẽ tuyến đến Next Hop +MSB_dest_addr: Byte trái địa chỉ mạng node được yêu cầu vẽ tuyến đến. +LSB_dest_addr: Byte phải địa chỉ mạng node được yêu cầu vẽ tuyến đến. +NodeNumber: Số node gói tin đã đi

					qua kể từ Node nguồn (ROUTER_EMB) + *pListOfNode: Một con trỏ mảng Byte 0 địa chỉ MAC của các node gói tin đi qua.
--	--	--	--	--	---

- Node đích nhận gói tin và gửi kết quả về Gateway.

	Node đích nhận gói tin	Node đích đóng gói kết quả gửi về Gateway	Router_emb nhận kết quả	Router_emb đẩy lên máy tính nhúng	Ghi chú
SourceEndpoint		1			
DesEndpoint		240			
ClusterID		ROUTE_DRAW_REPLY_CLUSTER(OutPut Cluster)	ROUTE_DRAW_REPLY_CLUSTER(Input Cluster)		0x0015
Bản tin	MSB_dest_addr LSB_dest_addr NodeNumber pListOfNode +0xMSB_dest_addr: Byte cao địa chỉ mạng của node đích +0xLSB_dest_addr: Byte thấp địa chỉ mạng của node đích +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua (Trong đó thêm Byte0 địa chỉ MAC của node này)	NodeNumber pListOfNode +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua (Trong đó thêm Byte0 địa chỉ MAC của node này)	NodeNumber pListOfNode +NodeNumber: Số node mà gói tin đi qua kể từ node nguồn (ROUTER_EMB) +pListOfNode[]: Một mảng chứa byte0 địa chỉ MAC của các node mà gói tin đi qua (Trong đó thêm Byte0 địa chỉ MAC của node này)	#TR: MSB_dest_addr LSB_dest NodeNumber pListOfNode Trong đó: - #TR: Kỹ tự cho biết dữ liệu của bản tin Trace Route - MSB_dest_addr: Byte cao địa chỉ mạng node đích - LSB_dest_addr: Byte thấp địa chỉ mạng node đích - NodeNumber: Số node trong tuyến - pListOfNode: Danh sách Byte0 địa chỉ MCA của các node trên tuyến	
Hàm thực hiện		void RouteDrawReply(NodeNumber, BYTE *pListOfNode)			Hàm này gửi kết quả tuyến đi từ node đích về Gateway +NodeNumber: Số node gói tin đã đi qua kể từ Node nguồn (ROUTER_EMB)

					+ *pListOfNode: Một con trỏ mảng Byte 0 địa chỉ MAC của các node gói tin đi qua.
--	--	--	--	--	--

f. Lệnh broadcast.

• Điều khiển thức – ngủ.

- Các sensor có 2 chế độ hoạt động, chế độ này được thiết lập bởi biến SleepModeEnable:

+Chế độ bình thường: Các node mạng liên tục ON và gửi dữ liệu định kỳ về máy tính nhúng

+Chế độ thức – ngủ: Các node mạng chủ yếu trong trạng thái ngủ.

Ví dụ: Ngủ 10 phút, thức dậy 30 giây để gửi dữ liệu, sau đó lại ngủ...quá trình lặp lại.

- Chuyển đổi giữa 2 chế độ:

+Từ chế độ bình thường sang chế độ thức - ngủ: Máy tính nhúng ra lệnh cho các node mạng chuyển chế độ. Để đảm bảo các node mạng được đưa hết vào chế độ thức – ngủ.Sau khi nhận lệnh từ máy tính nhúng, máy tính nhúng sẽ gửi lệnh yêu cầu chuyển chế độ 3 lần, mỗi lần cách nhau 30 giây.

+Từ chế độ thức – ngủ về chế độ bình thường: Sau khi nhận lệnh từ máy tính nhúng, lệnh sẽ được chờ. Sensor nào thức dậy, gửi bản tin rejoin mạng và dữ liệu xong, máy tính nhúng sẽ tự động gửi lệnh yêu cầu chuyển chế độ cho node mạng đó.

	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	Các node mạng nhận gói tin đồng bộ và đặt vào Sleep mode	Ghi chú
SourceEndpoint			1		
DesEndpoint			240		
ClusterID			SLEEP_SYN_CLUSTER(OutPut Cluster)	SLEEP_SYN_CLUSTER(Input Cluster)	0x000B
Bản tin	FFFFAA +Mỗi thành phần là một ký tự. +FFFF:0xFFFF làĐịa chỉ broadcast +AA: Số hiệu bản tin broadcast.	0xFF; 0xFF; 0xSS; \$ +0xFFFF: Địa chỉ broadcast +0xSS: Số hiệu bản tin board cast Trong đó:			

	VD: AA = 01→Yêu cầu các node đồng bộ timer và đặt vào trạng thái ngủ	0x01: Yêu cầu các node mạng đồng bộ thời gian và chuyển từ chế độ bình thường sang chế độ thức – ngủ 0x02: Yêu cầu các node mạng chuyển từ chế độ thức - ngủ sang chế độ bình thường.			
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		

- Bản tin tái cấu hình.
 - Các tham số tái cấu hình bao gồm: chu kì gửi bản tin nhiệt độ độ ẩm về bo nhúng, ngưỡng cảnh báo cháy.

	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	Các node mạng nhận gói tin.	Ghi chú
SourceEndpoint			240		
DesEndpoint				240	
ClusterID			RE_CONFIG_CYCLE_CLUSTER (OutPut Cluster)	RE_CONFIG_CYCLE_CLUSTER (Input Cluster)	0x0012
Bản tin	FFFFAA +Mỗi thành phần là một ký tự. +FFFF: là Địa chỉ broadcast. +AA: nội dung bản tin bao gồm mã tham số cấu hình và giá trị cấu hình của tham số đó.	0xFF; 0xFF; 0x[SS]; \$. +0xFFFF: Địa chỉ broadcast. +0x[SS]: Bản tin board cast. Trong đó: 0xSS = 0b0000-0001: lệnh chuyển từ chế độ active sang tiết kiệm năng lượng. 0xSS = 0b0000-0010: lệnh chuyển từ chế độ tiết kiệm năng lượng sang chế độ active. 0xSS = 0b0001-aaaa: lệnh thiết lập lại chu kì gửi tin định kì với aaaa là các mức định trước → có 16 mức gửi (từ 1 → 16). Mức thứ n nghĩa là chu kì gửi dữ liệu là 5*n (phút). 0xSS = 0b0010-aaaa: Lệnh thiết lập lại ngưỡng cảnh báo cháy với 0baaaa là các mức định trước. có 16 mức (từ 0 đến 15). Ngưỡng càn	RE đóng gói 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS] và phát quảng bá (địa chỉ quảng bá là 0xFFFF).		

		nhỏ thì càng kém nhạy. thường thì ngưỡng 5 hoặc 6 là hợp lý.			
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		

- Bản tin Broadcast yêu cầu vị trí các sensor:

	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	Các node mạng nhận gói tin.	Ghi chú
SourceEndpoint			240		
DesEndpoint				240	
ClusterID			REQUEST_POSITION_CLUSTER	REQUEST_POSITION_CLUSTER	0x0020
Bản tin	FFFFAA +Mỗi thành phần là một ký tự. +FFFF: là Địa chỉ broadcast. +AA: nội dung bản tin bao gồm mã tham số cấu hình và giá trị cấu hình của tham số đó.	0xFF; 0xFF; 0x[SS]; \$. +0xFFFF: Địa chỉ broadcast. +0x[SS]: Bản tin board cast. Trong đó: 0x[SS] là 0x33 là lệnh yêu cầu lấy vị trí các sensor	RE đóng gói 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS] và phát quảng bá (địa chỉ quảng bá là 0xFFFF).		
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		

Sau khi gửi xong yêu cầu lấy vị trí các sensor thì RE sẽ gửi lên máy tính nhúng bản tin có cấu trúc:

```
printf("#RP:");
```

```
PrintWord(params.APSDE_DATA_indication.SrcAddress.ShortAddr.Val);//Địa chỉ mạng
```

```
PrintChar(APLGet());
```

```
printf("\r\n");
```

- Bản tin yêu cầu ảnh từ sensor

	Nhập bằng bàn phím trên máy tính nhúng	Máy tính nhúng gửi xuống ROUTER_EMB	ROUTER_EMB đóng gói gửi cho node được yêu cầu	Các node mạng nhận gói tin.	Ghi chú
SourceEndpoint			240		
DesEndpoint				240	
ClusterID			REQUSET_IMAGE_CLUSTER (OutPut Cluster)	REQUSET_IMAGE_CLUSTER (Input Cluster)	0x0012
Bản tin	FFFFAA +Mỗi thành phần là một ký tự. +FFFF: là Địa chỉ broadcast. +AA: nội dung bản tin bao gồm mã tham số cấu hình và giá trị cấu hình của tham số đó.	0xFF; 0xFF; 0x[SS]; \$. +0xFFFF: Địa chỉ broadcast. +0x[SS]: Bản tin board cast. Trong đó: 0x[SS] là 0x44 là lệnh yêu cầu lấy ảnh từ sensor	RE đóng gói 2 bytes dữ liệu: 0x[MM][SS] và phát quảng bá (địa chỉ quảng bá là 0xFFFF).		
Hàm thực hiện			void SendOneByte(WORD ClusterID, BYTE MSB, BYTE LSB, BYTE cmd)		

```
printf("#RI:");
```

```
PrintWord(params.APSDE_DATA_indication.SrcAddress.ShortAddr.Val);//Địa chỉ mannode
```

```
for(i = 0; i<size; i++);
```

```
PrintChar(APLGet());
```

```
printf("\r\n");
```

3.2. Thiết kế phần cứng.

(Các thiết kế được đã up lên FTP)

3.3. Thiết kế phần mềm trên máy tính nhúng.