

HỌC VIỆN KỸ THUẬT QUÂN SỰ
KHOA VÔ TUYẾN ĐIỆN TỬ

**BÁO CÁO XÂY DỰNG BÀI THÍ NGHIỆM
THIẾT KẾ HỆ THỐNG NHÚNG**

(Dùng cho hệ đào tạo sau đại học)

**Bài thí nghiệm: Truyền dữ liệu đa điểm trong mạng cảm
biến không dây**

Chủ trì: TS Nguyễn Hải Dương
Đơn vị: Bộ môn Kỹ thuật Vi xử lý, Khoa Vô tuyến Điện tử

HÀ NỘI, 2019

MỤC LỤC

PHẦN 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG NHÚNG VÀ MẠNG TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY	1
1.1 Tổng quan về hệ thống nhúng	1
1.1.1 Hệ thống nhúng	1
1.1.2. Mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực	2
1.1.2.1 Mô đun Vi xử lý	3
1.1.2.2 Mô đun GLCD 84x48	4
1.1.2.3 Mô đun Keypad 4x4	5
1.1.2.4 Mô đun Sensor.....	5
1.1.2.5 Mô đun Led 7 Seg.....	6
1.2 Giới thiệu sơ lược về mạng không dây.....	6
1.2.1 Giới thiệu chung về mạng không dây.....	6
1.2.2 Giới thiệu mạng WPAN (Wireless Personal Area Network)	8
1.2.2.1 Sự phát triển của WPAN.....	9
1.2.2.2 Phân loại các chuẩn mạng WPAN.....	9
1.2.3 Truyền thông không dây Zigbee/IEEE 802.15.4	10
1.2.3.1 Đặc điểm của giao thức truyền thông không dây Zigbee	11
1.2.3.2 Ưu điểm của Zigbee/IEEE802.15.4 so với Bluetooth/IEEE802.15.1	12
1.2.3.3 Mạng Zigbee/ IEEE 802.15.4 LR-WPAN	13
1.2.4 Mô hình giao thức của ZigBee/IEEE802.15.4	14
1.2.4.1 Tầng vật lý Zigbee/IEEE 802.15.4	14
1.2.4.2 Tầng điều khiển dữ liệu ZigBee/IEEE 802.15.4 MAC	16
1.2.4.3 Tầng mạng của ZigBee/IEEE802.15.4	18
1.2.4.4 Tầng ứng dụng của ZigBee/IEEE 802.15.4	20
1.2.5 Cấu trúc mạng của Zigbee	21
1.2.5.1 Cấu trúc liên kết mạng hình sao (Star)	22
1.2.5.2 Cấu trúc liên kết mạng mắt lưới (mesh)	22
1.2.5.3 Cấu trúc liên kết mạng hình cây (cluster-tree)	23
PHẦN 2: XÂY DỰNG NỘI DUNG BÀI THÍ NGHIỆM.....	19
2.1. Cách sử dụng mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực	19
2.2 Các bước thí nghiệm.....	20
2.3 Xây dựng nội dung thí nghiệm	21
2.4 Xây dựng mẫu báo cáo thí nghiệm	22
PHẦN 3: XÂY DỰNG NỘI DUNG CÁC BÀI TẬP	26

PHẦN 1: TỔNG QUAN VỀ HỆ THỐNG NHÚNG VÀ MẠNG TRUYỀN THÔNG KHÔNG DÂY

1.1 Tổng quan về hệ thống nhúng

1.1.1 Hệ thống nhúng

Cho tới cuối thập kỉ 1980, việc xử lý thông tin được cho là việc của những hệ thống máy tính mainframe lớn với những đĩa tape lớn. Trong thập kỉ 1990, xu hướng chuyển sang các máy tính cá nhân. Xu hướng thu nhỏ tiếp diễn, và đa số các thiết bị xử lý thông tin sẽ là những chiếc máy tính xách tay nhỏ tích hợp lại thành các sản phẩm lớn hơn. Sự hiện diện của chúng trong những sản phẩm lớn hơn này, chẳng hạn như các thiết bị viễn thông sẽ không dễ thấy như PC. Do đó, xu hướng mới còn được gọi là máy tính biến mất (disappearing computer). Tuy nhiên, với xu hướng mới này, máy tính thực ra không biến mất, trái lại, chúng sẽ có mặt ở khắp nơi. Loại ứng dụng mới này của công nghệ thông tin còn được gọi là ubiquitous computing, pervasive computing, và ambient intelligence. Ba thuật ngữ này chỉ tập trung vào các khía cạnh hơi khác nhau của công nghệ thông tin tương lai. ubiquitous computing chú trọng vào mục tiêu lâu dài "thông tin mọi lúc mọi nơi", trong khi pervasive computing tập trung vào một khía cạnh hơi thực dụng hơn và việc khai thác các công nghệ có sẵn. Còn ambient intelligence lấy trọng tâm là công nghệ truyền thông cho những ngôi nhà tương lai và tòa nhà thông minh. Các hệ thống nhúng là một trong những nguồn gốc của ba lĩnh vực này, chúng cung cấp phần lớn các công nghệ cần thiết. Hệ thống nhúng là hệ thống xử lý thông tin mà được nhúng vào trong một sản phẩm lớn hơn và thường người dùng không trực tiếp nhìn thấy. Đó là các hệ thống tích hợp cả phần cứng và phần mềm để thực hiện một hoặc một nhóm chức năng chuyên biệt cụ thể. Hệ thống nhúng được sử dụng trên hầu hết các lĩnh vực điện tử, y học, gia dụng cũng như quân sự như điện tử ô tô, máy bay, tàu hỏa, viễn thông, y tế, điện gia dụng, nhà thông minh, robotics...

Tầm vóc của thị trường hệ thống nhúng có thể được phân tích từ nhiều góc nhìn. Xét số lượng vi xử lý đang được sử dụng (2003), người ta ước tính có khoảng 79% đang được dùng trong các hệ thống nhúng. Nhiều bộ vi xử lý nhúng là loại vi xử lý 8 bit, mặc dù vậy, 75% các bộ vi xử lý 32bit được tích hợp vào các hệ thống nhúng. Năm 1996, ước tính hàng ngày một người Mỹ làm việc

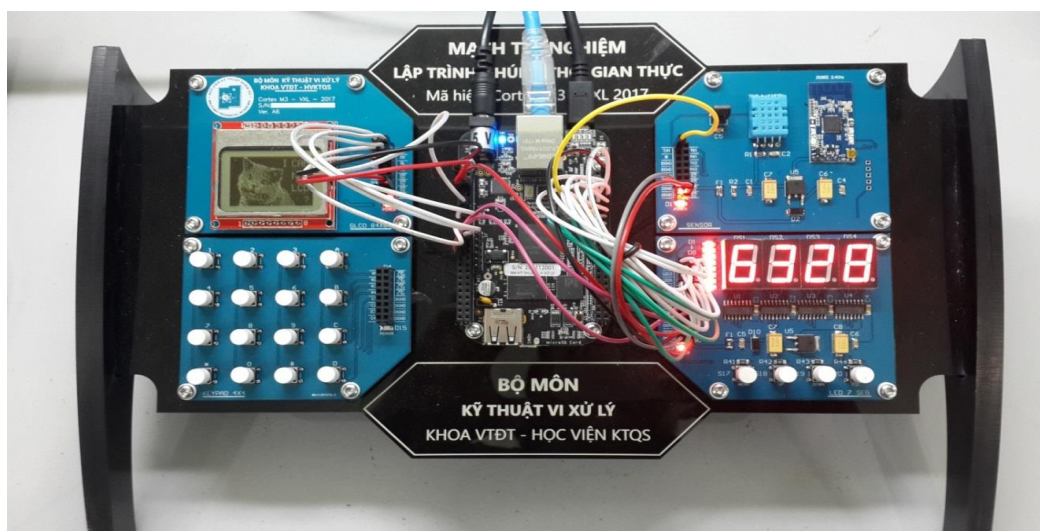
với trung bình 60 bộ vi xử lý. Một số ô tô cao cấp có tới hơn 100 bộ vi xử lý. Những con số này lớn hơn nhiều so với hình dung, do hầu hết mọi người không nhận ra rằng họ đang dùng các bộ vi xử lý. Người ta dự báo rằng thị trường hệ thống nhúng sẽ sớm vượt thị trường của các hệ thống dạng PC. Ngoài ra, số phần mềm dùng cho các hệ thống nhúng cũng được dự đoán là sẽ tăng.

Các hệ thống nhúng tạo thành nền tảng cho cái gọi là thời kỳ hậu PC, trong đó việc xử lý thông tin ngày càng chuyển dịch ra xa các hệ thống toàn PC tiến về các hệ thống nhúng. Số lượng ứng dụng ngày càng tăng dẫn đến nhu cầu các công nghệ thiết kế hỗ trợ các hệ thống nhúng. Các công nghệ và công cụ hiện tại vẫn có những hạn chế quan trọng. Ví dụ, vẫn cần các ngôn ngữ đặc tả tốt hơn, các công cụ sinh mã từ đặc tả, các bộ kiểm chứng các điều kiện thời gian, hệ điều hành thời gian thực, các kỹ thuật thiết kế tiết kiệm năng lượng, và các kỹ thuật thiết kế dành cho các hệ thống có độ tin cậy cao.

1.1.2. Mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực

KIT thực hành lập trình nhúng thời gian thực (Cortex M3 – VXL2017) được nghiên cứu, thiết kế và phát triển dựa trên nền tảng mã nguồn mở của KIT BeagleBone Black theo định hướng Internet of Thing, tất cả các thiết bị làm việc thông qua Internet. Bo mạch chủ của nó được xem là máy tính nhúng, chi phí thấp với bộ xử lý ARM Cortex A8 32-bit hoạt động từ 720 MHz đến 1 GHz. "Bone" có thể được sử dụng trong một loạt các dự án, triển lãm khoa học sơ cấp cho tới dự án thiết kế cao cấp và các hình mẫu đầu tiên của hệ thống rất phức tạp. Người dùng mới có thể truy cập vào sức mạnh của Bone thông qua môi trường Bonescript user-friendly, một trải nghiệm dựa trên trình duyệt, trong MS Windows, Mac OS X, và hệ điều hành Linux. Người dùng chuyên nghiệp có thể tận dụng sức mạnh của Bone bằng cách sử dụng dựa trên hệ điều hành Linux, một loạt các tính năng mở rộng (Capes) và rất nhiều loại của cộng đồng Linux thư viện mã nguồn mở. Texas Instruments có lịch sử lâu đời về việc đào tạo các thế hệ kế tiếp chuyên nghiệp về STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics). BeagleBone là một sự đổi mới giáo dục mới nhất trong một di sản lâu dài, trong đó bao gồm các Speak & Spell và máy tính cầm tay TI. Mục tiêu của dự án BeagleBone là tạo ra một máy tính mở rộng mạnh mẽ, trong tầm tay của các nhà sáng tạo trẻ thông qua việc sử dụng thân thiện, dựa trên môi

trường trình duyệt Bonescript. Theo những kiến thức và kỹ năng của những chuyên gia, BeagleBone cung cấp giao diện phức tạp hơn bao gồm việc bổ sung các chức năng dựa trên ngôn ngữ C để truy cập vào hệ thống phần cứng ARM Cortex A8 processor. Những sẽ hữu ích này cho các dự án thiết kế cấp cao bao gồm thiết kế dự án capstone . Toàn bộ sức mạnh của bộ vi xử lý có thể được tung ra khi sử dụng trên hệ điều hành Linux. Để lắp ráp một hệ thống tùy chỉnh, Bone có thể được kết hợp với một loạt các board con "Capes" và các thư viện mã nguồn mở. Những tính năng này cho phép thao tác nhanh chóng trong việc mở rộng hệ thống những phức tạp. Sự đa dạng của Capes để mở rộng các tính năng xử lý có sẵn, hiện đang có hơn 35 Capes khác nhau.



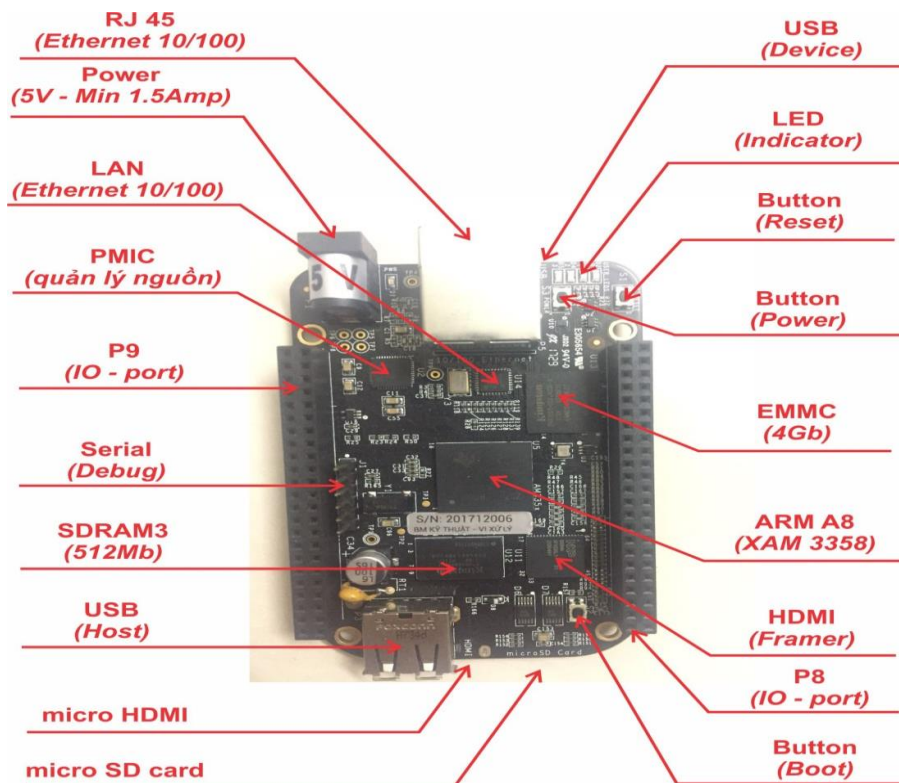
Hình 1.1 Tổng quan của KIT

Các mô đun mở rộng của KIT được thiết kế thành các bo mạch rời (các mạch mở rộng) thuận tiện cho việc học tập, bảo dưỡng, thay thế hoặc nâng cấp theo xu hướng phát triển của công nghệ. KIT bao gồm 5 mô đun, trong đó có một mô đun Vi xử lý và 4 mô đun mở rộng.

1.1.2.1 Mô đun Vi xử lý

Mô đun Vi xử lý chính là bo mạch chủ của Mạch thí nghiệm lập trình những thời gian thực. Nó sử dụng chip xử lý AM335x 1GHz ARM® Cortex-A8 và được thiết kế với 512MB DDR3 RAM, thẻ nhớ 4GB 8-bit eMMC gắn trên bo, khe thẻ nhớ microSD hỗ trợ thẻ nhớ microSDHC 32GB (Class 10); các kết nối HDMI, USB Host, USB Device, Ethernet và các chân IO. Và đặc biệt bo mạch này được cài đặt hệ điều hành Debian, một phiên bản phân phối (distro)

của hệ điều hành Linux, rất thuận tiện cho việc phát triển lập trình ứng dụng cho hệ thống.



Hình 1.2 Mô đun Vi xử lý

1.1.2.2 Mô đun GLCD 84x48

Mô đun GLCD 84x48 được dùng làm bộ phận hiển thị các dữ liệu hệ thống. Nó sử dụng màn hình Graphic 84x48 điểm ảnh, giao tiếp với hệ thống bằng chuẩn SPI; đồng thời mô đun cũng có led báo nguồn và đầu cắm giao tiếp là đầu cắm chờ.



Hình 1.3 Mô đun GLCD 84x84

1.1.2.3 Mô đun Keypad 4x4

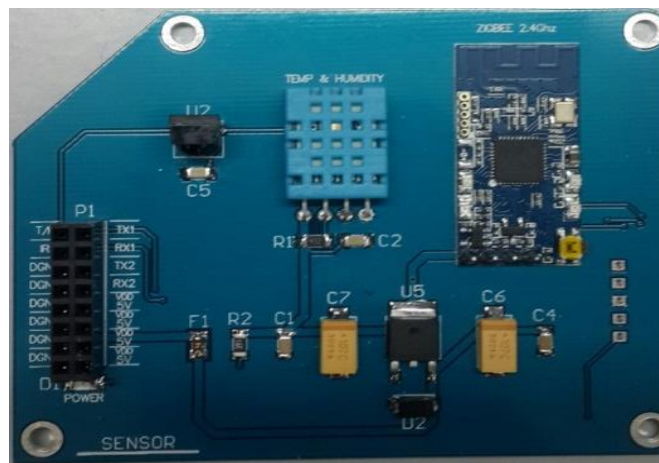
Mô đun Keypad 4x4 dùng làm bộ phận điều khiển, giúp người sử dụng nhập dữ liệu, can thiệp vào tiến trình hệ thống để điều khiển hệ thống khi hệ thống đang hoạt động. Mô đun này gồm 16 phím nhấn kết nối theo ma trận 4x4, với giao tiếp vào ra cơ bản GPIO, Led báo nguồn và đầu cắm giao tiếp là đầu cắm chờ như hình 1.4 thể hiện.



Hình 1.4 Mô đun Keypad 4x4

1.1.2.4 Mô đun Sensor

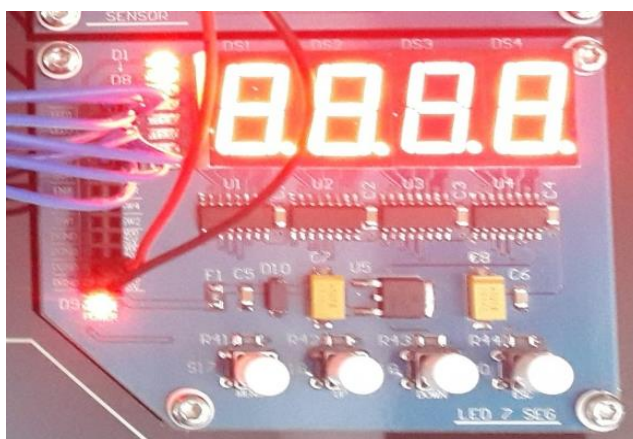
Mô đun Sensor là ngoại vi gồm có một bộ cảm biến hồng ngoại với giao tiếp vào ra cơ bản (GPIO), một cảm biến nhiệt độ, độ ẩm DHT11 với giao tiếp 1 dây (1-Wire), một mô đun Zigbee CC2530 với giao tiếp SPI. Đồng thời mô đun cũng có led báo nguồn và đầu cắm giao tiếp đầu cắm giao tiếp là đầu cắm chờ. Đây chính là mô đun được sử dụng trong bài thí nghiệm truyền dữ liệu đa điểm trong mạng cảm biến không dây.



Hình 1.5 Mô đun Sensor

1.1.2.5 Mô đun Led 7 Seg

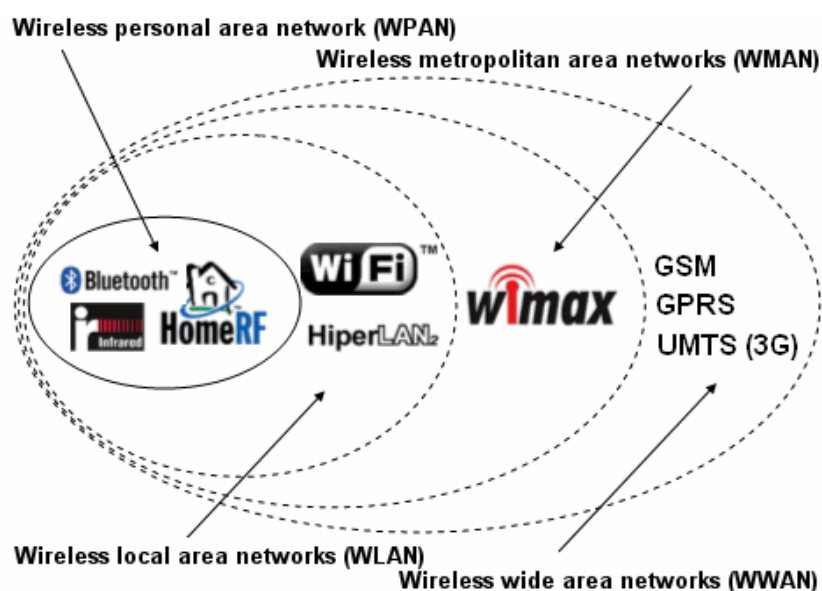
Mô đun Led 7 Seg bao gồm 8 Led đơn với giao tiếp vào ra cơ bản (GPIO), 4 Led 7 thanh đơn kết hợp với vi mạch ghi dịch 74HC595, dùng giao tiếp SPI, 4 nút nhấn đơn với giao tiếp vào ra cơ bản (GPIO). Đồng thời mô đun cũng có led báo nguồn và đầu cắm giao tiếp đầu cắm giao tiếp là đầu cắm chờ như hình 1.6 thể hiện.



Hình 1.6 Mô đun Led 7 Seg

1.2 Giới thiệu sơ lược về mạng không dây

1.2.1 Giới thiệu chung về mạng không dây



Hình 1.7 Các dạng mạng không dây

Hiện nay khái niệm mạng không dây đã không còn xa lạ với chúng ta và trở thành một phần tất yếu trong cuộc sống. Với sự phát triển mạnh mẽ của các

thiết bị không dây ngày nay, chúng ta không thể bỏ qua những kiến thức liên quan đến hệ thống mạng không dây. Tuy rằng hệ thống mạng dây đã và sẽ luôn đóng một vai trò hết sức quan trọng trong thế giới hiện đại, trong phạm vi vài chục hoặc vài trăm mét vuông của một hộ gia đình hay một công ty nhỏ, việc triển khai một hệ thống mạng LAN hoàn toàn “wireless” (không dây) không hẳn là quá khó khăn, lại giúp bớt đi được một đồng dây rợ lằng nhằng trong nhà giúp việc sử dụng và di chuyển các thiết bị thuận tiện hơn. Trở ngại lớn nhất, ngoài chi phí của các thiết bị mạng không dây, là việc người dùng cần nắm vững các khái niệm mạng cơ bản nếu như muốn thực sự điều khiển được toàn bộ hoạt động của hệ thống đó theo ý mình.

Cũng tương tự với hệ thống mạng dây, cách phân chia cơ bản nhất của các hệ thống mạng không dây là theo phạm vi phủ sóng. Về cơ bản, có thể phân chia thành 4 nhóm:

- Mạng cục bộ (WLAN): nổi bật với nhiều chuẩn mở rộng khác nhau: 802.11, 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11h, 802.11i, 802.11n, 802.11ac. Tốc độ truyền đạt 2 – 54+Mbps, tầm phủ sóng trung bình. Hệ thống mạng cục bộ có băng thông lớn, tốc độ truyền nhanh, chi phí thực hiện thấp. Mạng cục bộ thường được sử dụng ở phạm vi hẹp.

- Mạng diện rộng (WWAN): hay còn gọi là mạng tế bào với các công nghệ như GPRS, GSM, WIMAX, HSDPA,... Tốc độ đạt 10 – 384Mbps, tầm phủ sóng xa. Mạng diện rộng được triển khai ở phạm vi rộng. Vì vậy, khi tiến hành lắp đặt wifi cho các hệ thống khách sạn, trường học, khu công nghiệp,...người ta thường lựa chọn tốc độ truyền tải dữ liệu và độ phủ sóng cao để đảm bảo chất lượng của sóng wifi một cách tốt nhất.

- Mạng trung tâm (WMAN): áp dụng chuẩn 802.11 MMDS, LMDS. Tốc độ truyền đạt +22Mbps, tầm phủ sóng xa.

- Mạng cá nhân (WPAN): được tạo bởi sự kết nối vô tuyến trong tầm ngắn giữa các thiết bị ngoại vi như tai nghe, máy in, chuột,... với máy tính, điện thoại di động. Tốc độ đạt trên 1Mbps, tầm phủ sóng ngắn.

Mỗi chủng loại trên hoàn toàn tương ứng với các hệ thống mạng MAN, WAN tương ứng, khác biệt duy nhất là việc không sử dụng dây dẫn. Việc triển

khai WMAN - mạng không dây phạm vi đô thị phụ thuộc nhiều vào chính sách của thành phố, còn WWAN lại phụ thuộc chủ yếu vào nguồn lực của các công ty viễn thông và ISP như Viettel, VNPT. Nhưng xét cho cùng, với các bước tiến của công nghệ hiện nay, ngày mà chúng ta loại bỏ được hầu hết các cáp mạng cho nhu cầu bình dân trong phạm vi cỡ thành phố cũng không còn quá xa nữa.

WPAN - Wireless Personal Area Network: Khi làm việc với mạng dây, khái niệm PAN – Personal Area Network chủ yếu được dùng để chỉ các kết nối trực tiếp bằng cáp (USB, Firewire) đến một máy cá nhân của người dùng, ví dụ như khi các thiết bị máy in, máy photo hay PDA được đầu nối trực tiếp với PC của bạn không thông qua thiết bị mạng. Do các cổng kết nối trên một máy tính thường rất hạn chế, và cách kết nối trực tiếp kiểu này chủ yếu nhắm tới việc phục vụ 1 người dùng nên khi kết nối bằng dây khó có thể gọi các kết nối PAN là một “hệ thống mạng” thực sự. Thường thì người dùng cũng không cần chú ý tới điều này, miễn sao khi nối cáp vào 2 thiết bị nhận ra nhau là được.). Nhưng khi chuyển sang không dây, câu chuyện lại hơi khác một chút và chúng ta cần chú ý đến việc phân biệt được các kết nối WPAN để tránh mất thời gian tìm lỗi không đúng chỗ. Hai dạng WPAN phổ biến nhất là Bluetooth và hồng ngoại (Infrared Data Association – IrDA) tạo ra một kênh giao tiếp trực tiếp giữa hai thiết bị, không qua các thiết bị mạng trung gian – giống như khi ta nối cáp trực tiếp từ máy in vào PC vậy. Vì vậy các sự cố xảy ra trên các kết nối này không liên quan gì tới các thiết bị quản lí hệ thống WLAN như wireless repeater, access point cả.

Chính bởi vậy mạng WPAN được ứng dụng trong hầu hết các ứng dụng liên quan đến mạng không dây trong hệ thống nhà thông minh.

1.2.2 Giới thiệu mạng WPAN (Wireless Personal Area Network)

Mạng không dây cá nhân, được sử dụng để kết nối các thiết bị trong phạm vi hẹp, bằng thông nhỏ, ví dụ: kết nối giữa máy tính cá nhân với tai nghe (headphone), máy in, bàn phím, chuột; kết nối giữa tai nghe với điện thoại di động. Không giống như WLAN, WPAN có thể liên lạc mà không đòi hỏi nhiều về cơ sở hạ tầng. Sử dụng WPAN được coi là một hướng giải quyết hợp lý cả về giá cả, nhỏ gọn mà vẫn đem lại hiệu quả cao trong liên lạc ở băng tần hẹp.

1.2.2.1 Sự phát triển của WPAN

Chúng ta không thể không phủ nhận được tầm quan trọng của thông tin liên lạc trong đời sống hiện nay. Sự xuất hiện của mạng điện thoại có dây là một minh chứng rõ ràng khi nó đã trở thành một nhu cầu thiết yếu của con người trong xã hội. Tuy nhiên một thực tế khác lại được đặt ra khi xã hội ngày càng phát triển, nhu cầu dịch vụ của con người cũng ngày một tăng theo, kéo theo đó là một bài toán kinh tế hơn, tiện dụng hơn được đặt ra đối với hệ thống mạng thông tin di động. Mạng điện thoại tế bào đã ra đời sử dụng phương pháp tái sử dụng tần số trong liên lạc và được coi là phương pháp duy nhất để giải quyết vấn đề nhiều thuê bao sử dụng độc lập trên một dải tần vô tuyến hạn chế.

Chuẩn IEEE 802.11 ra đời vào giữa những năm 198x phục vụ cho hệ thống mạng WLAN nhằm mục đích đáp ứng cho nhu cầu mật độ thuê bao dùng nhiều, lưu lượng dữ liệu cao trong vùng tế bào nhỏ. Trong khi chuẩn IEEE 802.11 giải quyết bài toán về truyền thông tin và lưu lượng trong khoảng cách tương đối xa (khoảng 100m) thì WPAN tập trung giải quyết vấn đề điều khiển dữ liệu trong khoảng không gian nhỏ hơn (khoảng 30m). Chuẩn IEEE 802.15 ra đời phục vụ cho chuẩn WPAN đáp ứng được các nhu cầu như suy hao nhỏ, tiêu tốn ít năng lượng, kích thước bé và vận hành được trong không gian nhỏ.

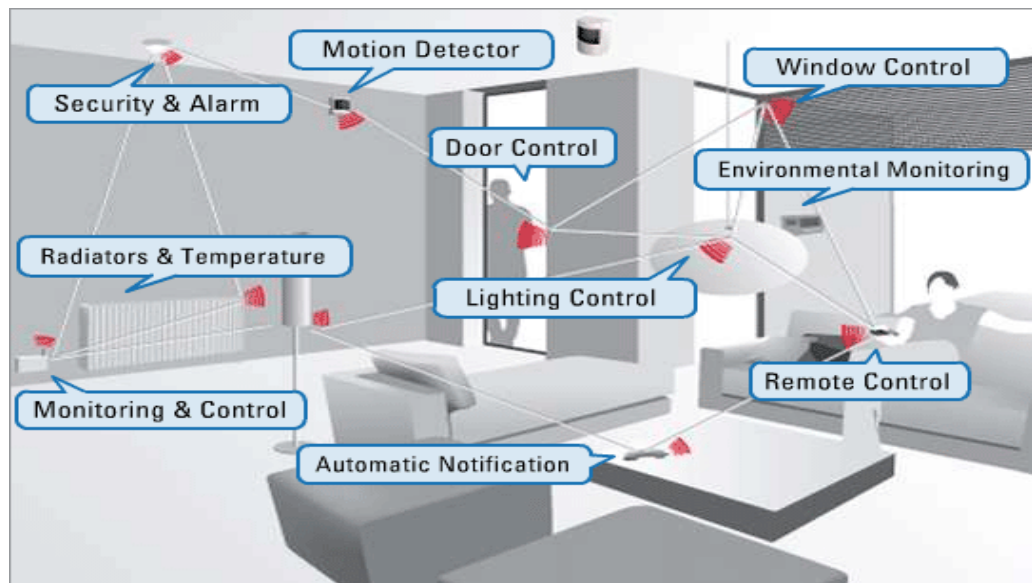
1.2.2.2 Phân loại các chuẩn mạng WPAN

WPAN được phân loại dựa trên tốc độ truyền, mức độ tiêu hao năng lượng và chất lượng dịch vụ:

- WPAN tốc độ thấp (LR-WPAN/ IEEE 802.15.4) do tốc độ truyền thấp, tiêu hao ít năng lượng nên thường ứng dụng trong các sản phẩm công nghiệp có thời hạn, các sản phẩm của y học cần mức tiêu thụ năng lượng thấp và không yêu cầu cao về tốc độ truyền tin cũng như chất lượng dịch vụ. Công nghệ Zigbee IEEE/802.15.4 là một điển hình.
- WPAN tốc độ trung bình (Bluetooth/IEEE 802.15.1) dùng phổ biến cho thông tin thoại, ứng dụng cho các mạng điện thoại tế bào đến máy tính cá nhân.
- WPAN tốc độ cao (IEEE 802.15.3) sử dụng cho các công nghệ, ứng dụng đa phương tiện yêu cầu chất lượng dịch vụ cao.

Trong các dạng WPAN thì có lẽ chúng ta cũng đã phần nào nắm được tầm

quan trọng của kết nối Zigbee đối với các ứng dụng thuộc lĩnh vực Internet Of Things trong tương lai không xa. Các kết nối Bluetooth hay Wifi tuy có tốc độ ngày càng cải thiện, tiện dụng cho người dùng và hỗ trợ nhiều ứng dụng, phần mềm khác nhau nhưng cũng vì thế các đòi hỏi về phần cứng, điện năng tiêu thụ cũng lớn hơn. Zigbee ra đời để bổ khuyết cho phần còn thiếu của thế giới mạng: một công nghệ hoạt động trong phạm vi hẹp, tiêu thụ ít năng lượng để phục vụ việc kết nối và quản lý các cảm biến – sensor.



Hình 1.8 Ứng dụng của mạng không dây zigbee

Đối tượng mà công nghệ Zigbee nhắm đến là các giải pháp nhà thông minh (SmartHome) hay các hệ thống tự động. Trong đó các thiết bị sẽ tự thu thập dữ liệu thông qua các sensor và tự động trao đổi với nhau để đem đến trải nghiệm tốt nhất cho người dùng. Các thiết bị tự động của thế giới Internet of Things trong tương lai phụ thuộc rất nhiều vào những dạng kết nối như Zigbee để truyền tải dữ liệu, còn các kết nối Bluetooth hay Wifi hiện nay chủ yếu vẫn sẽ chỉ dùng để phục vụ.

1.2.3 Truyền thông không dây Zigbee/IEEE 802.15.4

Đầu tiên, cái tên Zigbee xuất phát từ cách mà các con ong mật truyền thông tin với các thành viên khác trong tổ. Khi ong tìm thấy hoa có chứa mật hoa, ong đưa mẫu trở lại với tổ theo một hình zigzag để truyền đạt khoảng cách và hướng của nguồn thức ăn cho các thành viên khác trong thuộc địa. Họ so sánh các mạng lưới cảm biến do ZigBee tạo ra cho ong bay từ hoa này đến hoa

khác quanh tổ và truyền thông tin liên lạc. ZigBee là một từ được đặt ra từ Zigzag và HoneyBee.

1.2.3.1 Đặc điểm của giao thức truyền thông không dây Zigbee

ZigBee là một chuẩn được phát triển để xây dựng một mạng cảm biến không dây cỡ lớn (WSN). IEEE, cùng một tiêu chuẩn cơ sở của WiFi và Bluetooth, đã xác định các thông số kỹ thuật cho các lớp vật lý và MAC. IEEE 802 chịu trách nhiệm quản lý mạng cục bộ và Middle-scale Network, và 15 nhóm làm việc liên quan đến công nghệ mạng không dây đã được thiết lập ZigBee / IEEE 802.15.4 và IEEE 802.15.1 / Bluetooth. IEEE 802.11 / WiFi, IEEE 802.15.1 / Bluetooth, và ZigBee / IEEE 802.15.4 không phải là các công nghệ cạnh tranh nhau, nhưng được chuẩn hóa bởi IEEE cho từng mục đích khác nhau để chúng có thể cùng tồn tại.

Các phần trên của lớp vật lý và MAC đã được ZigBee Alliance thành lập, một cơ quan tiêu chuẩn hóa. Trong các thông số kỹ thuật của ZigBee, số lượng thiết bị đầu cuối có thể tham gia vào mạng là tối đa 65.535 (thông số kỹ thuật của IEEE802.15.4). Nó được tối ưu hóa cho một mạng cảm biến không dây (WSN), trong đó một số lượng lớn các cảm biến có thể tham gia vào một mạng và số lượng thiết bị đầu cuối có thể được kết nối rất lớn, đó là một tính năng rất khác với WiFi (tối đa 32), Bluetooth (tối đa 7). Mạng ZigBee bao gồm các điều phối viên, bộ định tuyến và thiết bị kết thúc. Trong tiêu chuẩn, một mạng lưới đòi hỏi độ phân giải định tuyến phức tạp có thể được sử dụng.

Từ khi ZigBee là một chuẩn được phát triển để thiết lập một mạng cảm biến không dây (WSN), dữ liệu được truyền đạt là dữ liệu từ bộ cảm biến được kết nối và các tín hiệu điều khiển đến các thiết bị. Nó không giả định truyền thông dữ liệu khối lượng lớn. Do đó, tốc độ truyền dữ liệu của ZigBee là 250 kbps, không cao so với WiFi và Bluetooth. Bằng cách tối ưu hóa tốc độ truyền thông (tốc độ dữ liệu) tới một mạng cảm biến, nó sẽ giữ mức tiêu thụ điện năng thấp và độ nhạy giao tiếp cao.

Kết nối nhanh với mạng cũng là một trong những tính năng của ZigBee, nơi thiết bị đầu cuối có thể hoàn tất việc xử lý rất nhanh sau khi thức dậy từ trạng thái ngủ, kết nối với mạng, gửi dữ liệu, trở về trạng thái ngủ. Đây là một trong những tính năng làm giảm điện năng tiêu thụ trong việc áp dụng một mạng

cảm biến không dây (WSN). Các phương pháp truyền thông khác như WiFi và Bluetooth về cơ bản luôn cho rằng kết nối luôn luôn kết nối nên phải mất vài giây để kết nối với mạng và họ vẫn tiếp tục sử dụng điện trong suốt thời gian đó. Do đó, ngay cả khi sử dụng thiết bị WiFi và Bluetooth được thiết kế để tiêu thụ ít năng lượng hơn thì sự khác biệt trong các thủ tục để kết nối với mạng sẽ là một bất lợi cho các thiết bị đó so với ZigBee trong việc tiêu thụ điện năng thấp. Bằng cách này, ZigBee có các thông số kỹ thuật tối ưu hóa cho một mạng cảm biến không dây (WSN). Mặt khác, ZigBee không phù hợp để gửi dữ liệu âm nhạc với âm thanh stereo chất lượng cao khi so sánh với Bluetooth hay để gửi dữ liệu phim độ nét cao khi so sánh với WiFi.

ZigBee cho thấy hiệu suất tốt nhất trong ứng dụng như: Dữ liệu truyền thông không lớn. (ví dụ dữ liệu cảm biến và dữ liệu điều khiển); truyền thông dữ liệu được thực hiện liên tục; một thiết bị đầu cuối di chuyển trong quá trình hoạt động. (Bổ sung, xóa, di chuyển).

ZigBee đảm bảo tính bảo mật của truyền thông, đây cũng là một yếu tố quan trọng trong việc xây dựng một mạng cảm biến không dây (WSN). Để thực hiện một giao thức ZigBee stack, tiến hành xử lý mạng phức tạp và có chức năng cao, giữa một số lượng lớn các nút, yêu cầu tài nguyên tương đối lớn như bộ nhớ và tốc độ xử lý. Nếu một mô-đun ZigBee không có hiệu suất đủ, đôi khi bạn có thể gặp phải hoạt động không ổn định khi số nút đạt đến vài chục. Hoạt động không ổn định như vậy không phải là do các đặc điểm kỹ thuật của ZigBee. Tuy nhiên, nó thực hiện truyền thông phức tạp (ví dụ như kiểm tra sự tồn tại của thiết bị) tất cả thời gian để duy trì một mạng lưới không dây, do đó, nó có thể hiển thị hoạt động không ổn định dưới một tình huống sống vô tuyến nghèo. Trong ZigBee / IEEE802.15.4 TOCOS Wireless Engine, một ngăn xếp ZigBee PRO có sẵn mà không có sự tin cậy, và CPU 32-bit mạnh mẽ và bộ nhớ với dung lượng lớn được xây dựng trong một mô-đun không dây cho hoạt động đáng tin cậy.

1.2.3.2 Ưu điểm của Zigbee/IEEE802.15.4 so với Bluetooth/IEEE802.15.1

Ưu điểm của Zigbee so với Bluetooth được thể hiện dưới những mặt dưới đây:

- Zigbee cũng tương tự như Bluetooth nhưng đơn giản hơn, Zigbee có tốc

độ truyền dữ liệu thấp hơn, tiết kiệm năng lượng hơn. Một nút mạng trong Zigbee có thể hoạt động từ 6 tháng đến 2 năm chỉ với nguồn là hai Acquy AA.

- Phạm vi hoạt động của Zigbee là 10-75m trong khi của Bluetooth chỉ là 10m(trong trường hợp không có khuếch đại).

- Zigbee xếp sau Bluetooth ở tốc độ truyền dữ liệu. Tốc độ truyền của Zigbee là 250Kbps tại 2.4GHz, 40Kbps tại 915MHz và 20Kbps tại 868MHz trong khi tốc độ này của Bluetooth là 1Mbps.

- Zigbee sử dụng cấu hình chủ-tớ cơ bản phù hợp với mạng hình sao tĩnh trong đó các thiết bị giao tiếp với nhau thông qua các gói tin nhỏ. Loại mạng này cho phép tối đa 254 nút mạng. Giao thức Bluetooth phức tạp hơn bởi loại giao thức này hướng tới truyền file, hình ảnh, thoại trong các mạng Ad hoc (Ad hoc là một loại mạng đặc trưng cho việc tổ chức tự do, tính chất của nó là bị hạn chế về không gian và thời gian). Các thiết bị Bluetooth có thể hỗ trợ mạng scatternet là tập hợp của nhiều mạng piconet không đồng bộ. Nó chỉ cho phép tối đa 8 nút slave trong một mạng chủ tớ cơ bản.

- Nút mạng sử dụng Zigbee vận hành tốn ít năng lượng, nó có thể gửi và nhận các gói tin trong khoảng 15msec trong khi Bluetooth chỉ có thể làm việc này trong 3sec.

1.2.3.3 Mạng Zigbee/ IEEE 802.15.4 LR-WPAN

Đặc điểm chính của chuẩn này là tính mềm dẻo, tiêu hao ít năng lượng, chi phí thấp, và tốc độ truyền dữ liệu thấp trong khoảng không gian nhỏ, thuận tiện khi áp dụng trong các khu vực nhà riêng, văn phòng, ...

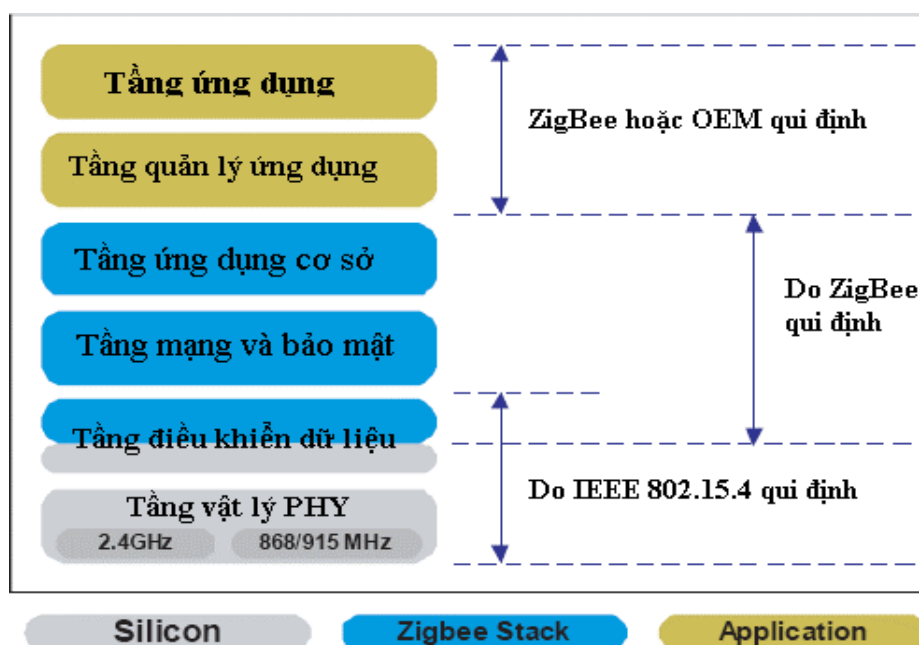
Một hệ thống Zigbee/IEEE 802.15.4 gồm nhiều phần tạo nên. Phần cơ bản nhất tạo nên một mạng là thiết bị có tên là FFD (full-function device) thiết bị này đảm nhận tất cả các chức năng trong mạng và hoạt động như một bộ điều phối mạng PAN, ngoài ra còn một số thiết bị đảm nhận một số chức năng hạn chế có tên là RFD (reduced-function device) . Một mạng phải có tối thiểu một FFD, thiết bị này hoạt động như một điều phối mạng PAN.

FFD có thể hoạt động trong ba trạng thái: là điều phối viên của toàn mạng PAN (personal area network), hay là điều phối viên của một mạng con, hoặc đơn giản chỉ là một thành viên trong mạng. RFD dùng trong các ứng dụng đơn giản, không yêu cầu lượng lớn dữ liệu. Một FFD có thể làm việc với nhiều RFD

hay FFD, trong khi một RFD chỉ có thể làm việc với một FFD.

1.2.4 Mô hình giao thức của ZigBee/IEEE802.15.4

ZigBee/IEEE802.15.4 là công nghệ mới phát triển được khoảng hơn chục năm trở lại đây. Công nghệ này xây dựng và phát triển các tầng ứng dụng và tầng mạng trên nền tảng là hai tầng PHY và MAC theo chuẩn IEEE 802.15.4, chính vì thế nên nó thừa hưởng được ưu điểm của chuẩn IEEE802.15.4. Đó là tính tin cậy, đơn giản, tiêu hao ít năng lượng và khả năng thích ứng cao với các môi trường mạng. Dựa vào mô hình như hình 1.9, các nhà sản xuất khác nhau có thể chế tạo ra các sản phẩm khác nhau mà vẫn có thể làm việc tương thích cùng với nhau.



Hình 1.9 Mô hình giao thức của ZigBee

1.2.4.1 Tầng vật lý Zigbee/IEEE 802.15.4

Tầng vật lý (PHY) cung cấp hai dịch vụ là dịch vụ dữ liệu PHY và dịch vụ quản lý PHY, hai dịch vụ này có giao diện với dịch vụ quản lý tầng vật lý PLME (physical layer management). Dịch vụ dữ liệu PHY điều khiển việc thu và phát của khối dữ liệu PPDU (PHY protocol data unit) thông qua kênh sóng vô tuyến vật lý. Các tính năng của tầng PHY là sự kích hoạt hoặc giảm kích hoạt của bộ phận nhận sóng, phát hiện năng lượng, chọn kênh, chỉ số đường truyền, giải phóng kênh truyền, thu và phát các gói dữ liệu qua môi trường truyền. Chuẩn

IEEE 802.15.4 định nghĩa ba dải tần số khác nhau theo khuyến nghị của Châu Âu, Nhật Bản, Mỹ.

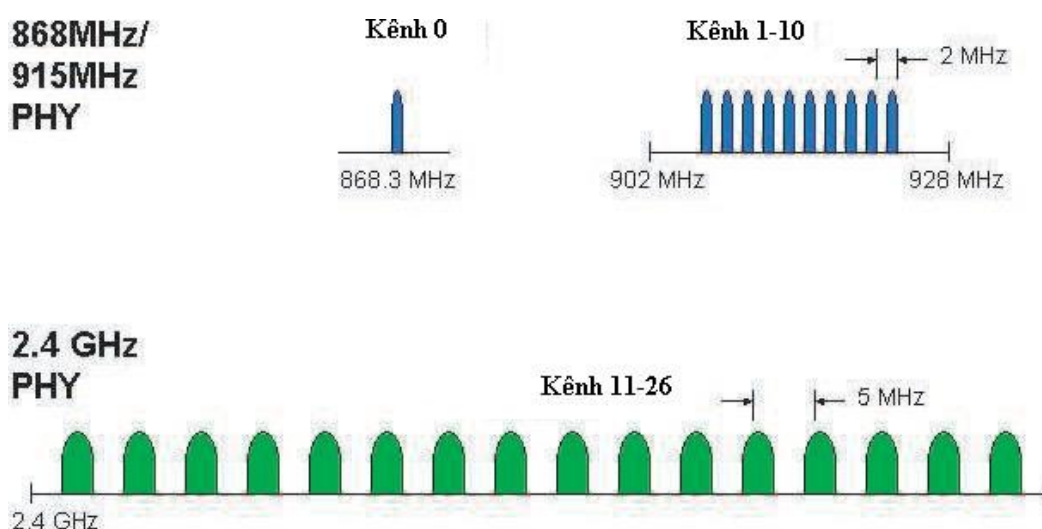
PHY (MHz)	Băng tần (MHz)	Tốc độ chip (kchips/s)	Điều chế	Tốc độ bit (kb/s)	Tốc độ ký tự (ksymbol/s)	Ký tự
868	868-868.6	300	BPSK	20	20	Nhị phân
915	902-928	600	BPSK	40	40	Nhị phân
2450	2400-2486.5	2000	O-QPSK	250	62.5	Hệ 16

Bảng 1.1 Băng tần và tốc độ dữ liệu

Có tất cả 27 kênh truyền trên các dải tần số khác nhau được mô tả như bảng dưới đây:

Tần số trung tâm (MHz)	Số lượng kênh (N)	Kênh	Tần số kênh trung tâm (MHz)
868	1	0	868.3
915	10	1 – 10	$906+2(k-1)$
2450	16	11 – 26	$2405+5(k-11)$

Bảng 1.2 Kênh truyền và tần số



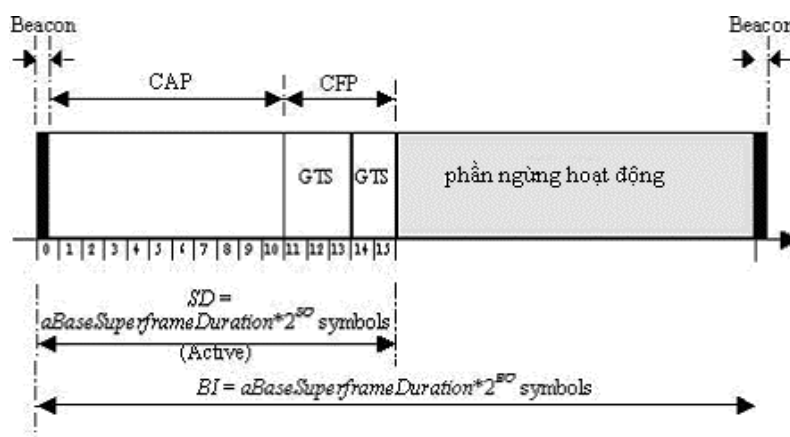
Hình 1.10 Băng tần hệ thống của ZigBee

1.2.4.2 Tầng điều khiển dữ liệu ZigBee/IEEE 802.15.4 MAC

Tầng điều khiển môi trường truy cập MAC (media access control) cung cấp 2 dịch vụ là dịch vụ dữ liệu MAC và quản lý MAC, nó có giao diện với điểm truy cập dịch vụ của thực thể quản lý tầng MAC (MLMESAP). Dịch vụ dữ liệu MAC có nhiệm vụ quản lý việc thu phát của khối MPDU (giao thức dữ liệu MAC) thông qua dịch vụ dữ liệu PHY.

Nhiệm vụ của tầng MAC là quản lý việc phát thông tin báo hiệu *beacon*, định dạng khung tin để truyền đi trong mạng, điều khiển truy nhập kênh, quản lý khe thời gian GTS, điều khiển kết nối và giải phóng kết nối, phát khung Ack.

a) Cấu trúc siêu khung.



Hình 1.11 Cấu trúc siêu khung

LR-WPAN cho phép sử dụng theo nhu cầu cấu trúc siêu khung. Định dạng của siêu khung được định rõ bởi PAN Coordinator. Mỗi siêu khung được giới hạn bởi từng mạng và chia thành 16 khe như nhau. Cột mốc báo hiệu dò đường *beacon* được gửi đi trong khe đầu tiên của mỗi siêu khung. Nếu một PAN coordinator không muốn sử dụng siêu khung thì nó phải dừng việc phát mốc *beacon*. Mốc này có nhiệm vụ đồng bộ các thiết bị đính kèm, nhận dạng PAN và chứa nội dung mô tả cấu trúc của siêu khung.

Siêu khung có 2 phần “hoạt động” và “ngủ”. Trong trạng thái “ngủ” thì PAN coordinator không giao tiếp với các thiết bị trong mạng PAN, và làm việc ở mode công suất thấp. Phần “hoạt động” gồm 2 giai đoạn: giai đoạn tranh chấp truy cập (CAP) và giai đoạn tranh chấp tự do (CFP), giai đoạn tranh chấp trong mạng chính là khoảng thời gian tranh chấp giữa các trạm để có cơ hội dùng một

kênh truyền hoặc tài nguyên trên mạng). Bất kỳ thiết bị nào muốn liên lạc trong thời gian CAP đều phải cạnh tranh với các thiết bị khác bằng cách sử dụng kỹ thuật CSMA-CA. Ngược lại CFD gồm có các GTSs, các khe thời gian GTS này thường xuất hiện ở cuối của siêu khung tích cực mà siêu khung này được bắt đầu ở khe sát ngay sau CAP. PAN coordinator có thể định vị được bảy trong số các GTSs, và mỗi một GTS chiếm nhiều hơn một khe thời gian.

Khoảng thời gian tồn tại của các phần khác nhau của siêu khung được định nghĩa bởi giá trị của *macBeaconOrder* và *macSuperFrameOrder*. *macBeaconOrder* mô tả khoảng thời gian mà bộ điều phối coordinator truyền khung báo hiệu tìm đường. Khoảng thời gian giữa hai mốc *beacon* BI (beacon interval) có quan hệ tới *macBeaconOrder* (BO) theo biểu thức sau: $BI = aBaseSuperFrameDuration * 2^{BO}$ symbol, với $0 \leq BO \leq 14$. Lưu ý rằng siêu khung được bỏ qua nếu BO=15.

Giá trị của *macSuperFrameOrder* cho biết độ dài của phần tích cực của siêu khung. Khoảng thời gian siêu khung_SD (superframe duration) có quan hệ *macSuperFrameOrder*_SO theo biểu thức sau: $SD = aBaseSuperFrameDuration * 2^{SO}$ symbol. Nếu SO=15 thì siêu khung vẫn có thể ở phần “ngủ” sau mốc *beacon* của khung. Phần tích cực của mỗi siêu khung được chia thành 3 phần CAP, CFP và *beacon*. Mốc *beacon* được phát vào đầu ở khe số 0 mà không cần sử dụng CSMA.

b) Định dạng khung tin MAC.

Mỗi khung bao gồm các thành phần sau:

- Đầu khung MHR(MAC header): gồm các trường thông tin về điều khiển khung tin, số chuỗi, và trường địa chỉ.
- Tải trọng khung (MAC payload) : chứa các thông tin chi tiết về kiểu khung. Khung tin của bản tin xác nhận Ack không có phần này.
- Cuối khung MFR(MAC footer) chứa chuỗi kiểm tra khung FCS (*frame check sequence*)

Octets: 2	1	0/2	0/2/8	0/2	0/2/8	biến thiên	2
Điều khiển khung	Số chuỗi	ID mạng PAN đích	Địa chỉ đích	ID PAN nguồn	Địa chỉ nguồn	Tải trọng khung	Chuỗi kiểm tra khung (FCS)
		Trường địa chỉ					
Phần đầu khung MHR						Tải trọng	Cuối khung MFR

Bảng 1.3 Định dạng khung MAC

1.2.4.3 Tầng mạng của ZigBee/IEEE802.15.4

a) Dịch vụ mạng

Tầng vật lý trong mô hình của giao thức ZigBee được xây dựng trên nền của tầng điều khiển dữ liệu, nhờ những đặc điểm của tầng MAC mà tầng vật lý có thể kéo dài việc đưa tin, có thể mở rộng được qui mô mạng dễ dàng, một mạng có thể hoạt động cùng các mạng khác hoặc riêng biệt. Tầng vật lý phải đảm nhận các chức năng như là:

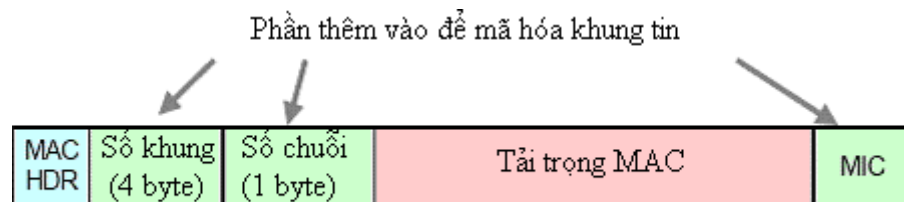
- Thiết lập một mạng mới.
- Tham gia làm thành viên của một mạng đang hoạt hoặc là tách ra khỏi mạng khi đang là thành viên của một mạng nào đó.
- Cấu hình thiết bị mới như hệ thống yêu cầu, gán địa chỉ cho thiết bị mới tham gia vào mạng.
- Đồng bộ hóa các thiết bị trong mạng để có thể truyền tin mà không bị tranh chấp, nó thực hiện đồng bộ hóa này bằng gói tin thông báo beacon.
- Bảo mật: gán các thông tin bảo mật vào gói tin và gửi xuống tầng dưới.
- Định tuyến, giúp gói tin có thể đến được đúng đích mong muốn. Có thể nói rằng thuật toán của ZigBee là thuật toán định tuyến phân cấp sử dụng bảng định tuyến phân cấp tối ưu được áp dụng từng trường hợp thích hợp.

b) Dịch vụ bảo mật

Khi khung tin MAC cần được bảo mật, thì Zigbee sử dụng bảo mật của tầng MAC để bảo vệ các khung lệnh MAC, các thông tin báo hiệu Beacon, và các khung xác nhận Ack. Đối với các bản tin chỉ phải chuyển qua một bước nhảy đơn, tức là truyền trực tiếp từ nút mạng này đến nút mạng lân cận nó, thì

Zigbee chỉ cần sử dụng khung tin bảo mật MAC để mã hóa bảo vệ thông tin. Nhưng đối với các bản tin phải chuyển gián tiếp qua nhiều nút mạng mới tới được đích thì nó cần phải nhờ đến tầng mạng để làm công việc bảo mật này. Tầng điều khiển dữ liệu MAC sử dụng thuật toán AES (chuẩn mã hóa cao cấp). Nói chung thì tầng MAC là một quá trình mã hóa, nhưng công việc thiết lập các khóa key, chỉ ra mức độ bảo mật, và điều khiển quá trình mã hóa thì lại thuộc về các tầng trên. Khi tầng MAC phát hoặc nhận một khung tin nào đó được bảo mật, đầu tiên nó sẽ kiểm tra địa chỉ đích hoặc nguồn của khung tin đó, tìm ra cái khóa kết hợp với địa chỉ đích hoặc địa chỉ nguồn, sau đó sử dụng cái khóa này để xử lý khung tin theo quy trình bảo mật mà cái khóa đó quy định. Mỗi khóa key được kết hợp với một quá trình bảo mật đơn lẻ. Ở đầu mỗi khung tin của MAC luôn có một bit chỉ rõ khung tin này có được bảo mật hay không.

Khi phát một khung tin, mà khung tin này yêu cầu cần được bảo toàn nguyên vẹn. Khi đó phần đầu khung và phần tải trọng khung MAC sẽ tính toán cân nhắc để tạo ra một trường mã hóa tin nguyên vẹn (MIC – Message Integrity) phù hợp, MIC gồm khoảng 4,8 – 16 octets. MIC sẽ được gắn thêm vào bên phải tải trọng của MAC.



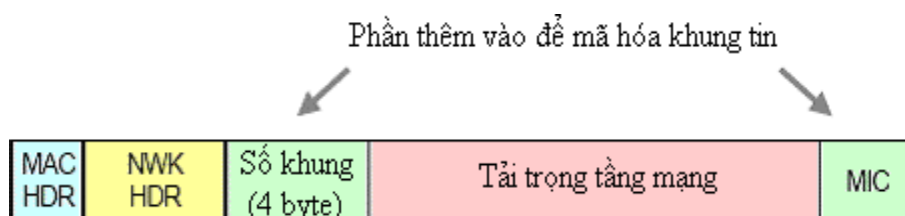
Hình 1.12 Khung tin mã hóa tầng MAC

Khi khung tin phát đi đòi hỏi phải có độ tin cậy cao, thì biện pháp được sử dụng để mã hóa thông tin là số chuỗi và số khung sẽ được gắn thêm vào bên trái phần tải trọng khung tin MAC. Trong khi nhận gói tin, nếu phát hiện thấy MIC thì lập tức nó sẽ kiểm tra xem khung tin nào bị mã hóa để giải mã. Cứ mỗi khi có một bản tin gửi đi thì thiết bị phát sẽ tăng số đếm khung lên và thiết bị nhận sẽ theo dõi căn cứ vào số này. Nhờ vậy nếu như có một bản tin nào có số đếm khung tin đã bị nhận dạng một lần thì thiết bị nhận sẽ bật cờ báo lỗi bảo mật. Bộ mã hóa của tầng MAC dựa trên ba trạng thái của hệ thống:

- Để bảo đảm tính nguyên vẹn: Mã hóa sử dụng AES với bộ đếm CTR.

- Để bảo đảm tính tin cậy : Mã hóa sử dụng AES với chuỗi khối mã CBC- MAC.
- Để đảm bảo tính tin cậy cũng như nguyên vẹn của bản tin thì kết hợp cả hai trạng thái CTR và CBC-MAC trên thành trạng thái CCM.

Tầng mạng cũng sử dụng chuẩn mã hóa AES. Tuy nhiên khác với tầng điều khiển dữ liệu MAC, bộ mã hóa của tầng mạng làm việc dựa trên trạng thái CCM* của hệ thống. Trạng thái này thực chất là sự cải biên từ CCM của tầng MAC, nó thêm vào chuẩn mã hóa này các chức năng là *chỉ mã hóa tính tin cậy* và *chỉ mã hóa tính nguyên vẹn*. Sử dụng CCM* giúp làm đơn giản hóa quá trình mã hóa dữ liệu của tầng mạng, các chuỗi mã hóa này có thể dùng lại khóa key của chuỗi mã hóa khác. Như vậy thì khóa key này không hoàn toàn còn là ranh giới của các chuỗi mã hóa nữa. Khi tầng mạng phát hoặc nhận một gói tin được mã hóa theo qui ước bởi nhà cung cấp dịch vụ, nó sẽ kiểm tra địa chỉ nguồn hoặc đích của khung tin để tìm ra khóa key liên quan tới địa chỉ đó, sau đó sẽ áp dụng bộ mã hóa này giải mã hoặc mã hóa cho khung tin. Tương tự như quá trình mã hóa tầng MAC, việc điều khiển quá trình mã hóa này được thực hiện bởi các tầng cao hơn, các số đếm khung và MIC cũng được thêm vào để mã hóa khung tin.



Hình 1.13 Khung tin mã hóa tầng mạng

1.2.4.4 Tầng ứng dụng của ZigBee/IEEE 802.15.4

Lớp ứng dụng của ZigBee/IEEE802.15.4 thực chất gồm các ba tầng như hình vẽ trên, các tầng này tương ứng với các tầng phiên, trình diễn và ứng dụng trong hình 1.9 OSI 7 tầng. Trong ZigBee/IEEE 802.15.4 thì chức năng của tầng Application Framework là:

- Dò tìm ra xem có nút hoặc thiết bị nào khác đang hoạt động trong vùng phủ sóng của thiết bị đang hoạt động hay không.
- Duy trì kết nối, chuyển tiếp thông tin giữa các nút mạng.

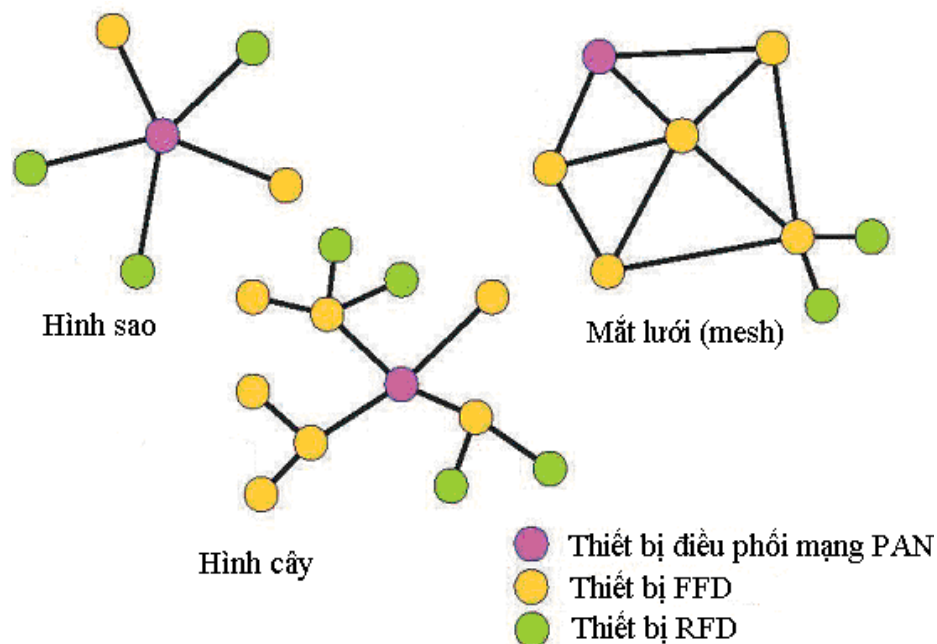
Chức năng của tầng Application Profiles là:

- Xác định vai trò của các thiết bị trong mạng. (thiết bị điều phối mạng, hay thiết bị đầu cuối, FFD hay RFD....).
- Thiết lập hoặc trả lời yêu cầu kết nối; thành lập các mối quan hệ giữa các thiết bị mạng.

Chức năng của tầng Application là thực hiện các chức năng do nhà sản xuất qui định (giao diện...) để bổ sung thêm vào các chức năng do *ZigBee* qui định.

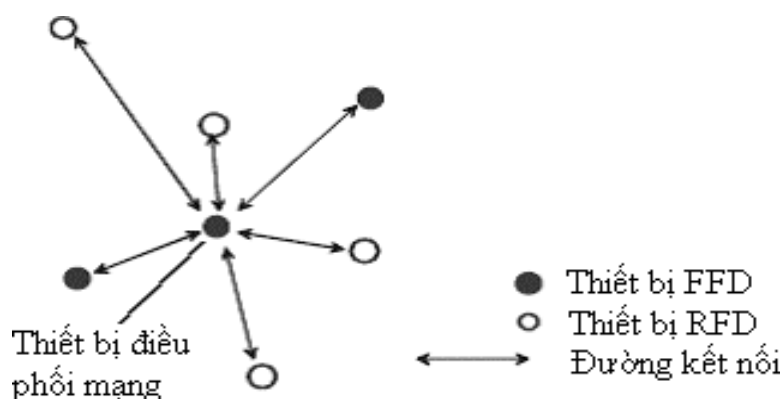
1.2.5 Cấu trúc mạng của Zigbee

Hiện nay Zigbee và tổ chức chuẩn IEEE đã đưa ra một số cấu trúc liên kết mạng cho công nghệ Zigbee. Các node mạng trong một mạng Zigbee có thể liên kết với nhau theo cấu trúc mạng hình sao (star) cấu trúc mạng hình lưới(Mesh) cấu trúc bố cụm hình cây. Sự đa dạng về cấu trúc mạng này cho phép công nghệ Zigbee được ứng dụng một cách rộng rãi. Hình 1.14 cho ta thấy ba loại mạng mà ZigBee cung cấp:



Hình 1.14 Cấu trúc liên kết mạng

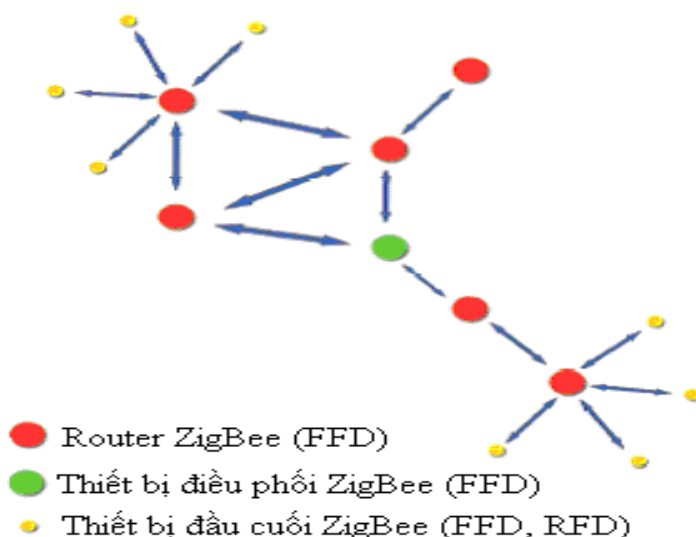
1.2.5.1 Cấu trúc liên kết mạng hình sao (Star)



Hình 1.15 Cấu trúc mạng hình sao

Đối với loại mạng này, một kết nối được thành lập bởi các thiết bị với một thiết bị điều khiển trung tâm điều khiển được gọi là bộ điều phối mạng PAN. Sau khi FFD được kích hoạt lần đầu tiên nó có thể tạo nên một mạng độc lập và trở thành một bộ điều phối mạng PAN. Mỗi mạng hình sao đều phải có một chỉ số nhận dạng cá nhân của riêng mình được gọi là PAN ID(PAN identifier), nó cho phép mạng này có thể hoạt động một cách độc lập. Khi đó cả FFD và RFD đều có thể kết nối tới bộ điều phối mạng PAN. Tất cả mạng nằm trong tầm phủ sóng đều phải có một PAN duy nhất, các nút trong mạng PAN phải kết nối với (PAN coordinator) bộ điều phối mạng PAN.

1.2.5.2 Cấu trúc liên kết mạng mắt lưới (mesh)

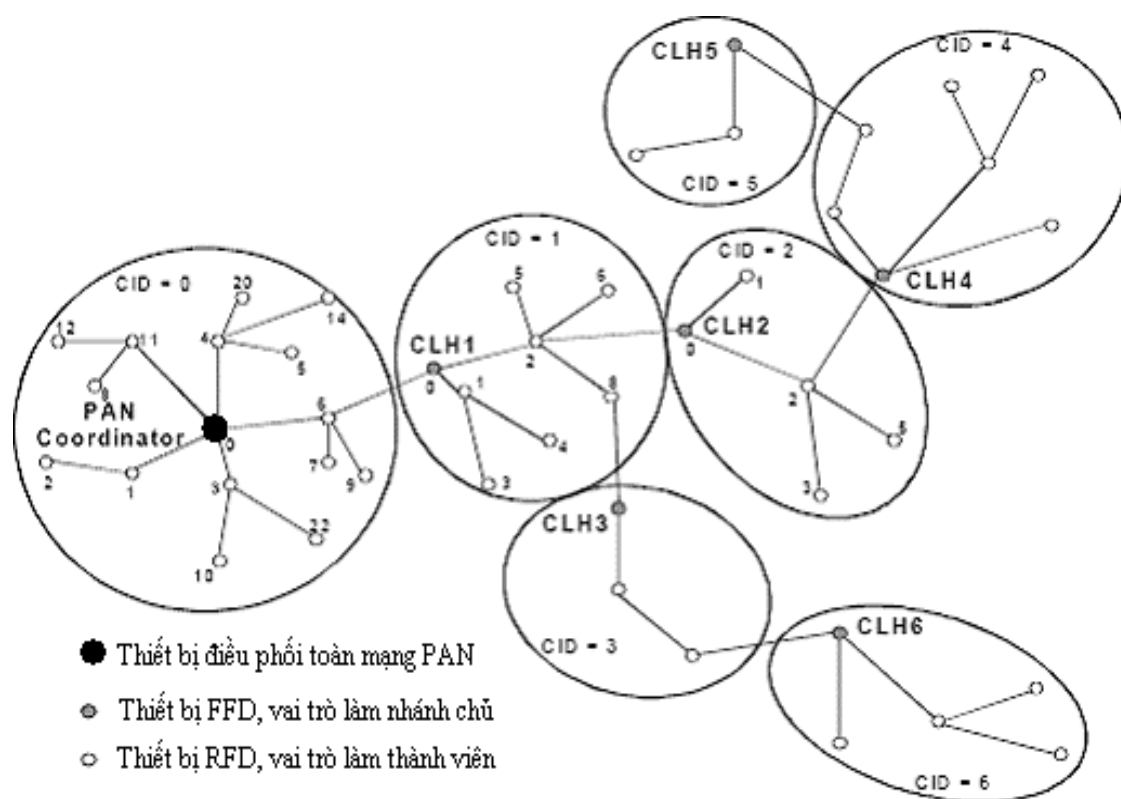


Hình 1.16 Cấu trúc mạng mesh

Kiểu cấu trúc mạng này cũng có một bộ điều phối mạng PAN (PAN coordinator). Thực chất đây là kết hợp của 2 kiểu cấu trúc mạng hình sao và mạng ngang hàng, ở cấu trúc mạng này thì một thiết bị A có thể tạo kết nối với bất kỳ thiết bị nào khác miễn là thiết bị đó nằm trong phạm vi phủ sóng của thiết bị A. Các ứng dụng của cấu trúc này có thể áp dụng trong đo lường và điều khiển, mạng cảm biến không dây, theo dõi cảnh báo và kiểm kê (cảnh báo cháy rừng....)

1.2.5.3 Cấu trúc liên kết mạng hình cây (cluster-tree)

Cấu trúc này là một dạng đặc biệt của cấu trúc mắt lưới, trong đó đa số thiết bị là FFD và một RFD có thể kết nối vào mạng hình cây như một nốt rời rạc ở điểm cuối của nhánh cây. Bất kỳ một FFD nào cũng có thể hoạt động như là một coordinator và cung cấp tín hiệu đồng bộ cho các thiết bị và các coordinator khác vì thế mà cấu trúc mạng kiểu này có qui mô phủ sóng và khả năng mở rộng cao. Trong loại cấu trúc này mặc dù có thể có nhiều coordinator nhưng chỉ có duy nhất một bộ điều phối mạng PAN (PAN coordinator).



Hình 1.17 Cấu trúc mạng hình cây

Bộ điều phối mạng PAN coordinator này tạo ra nhóm đầu tiên cách tự bầu ra người lãnh đạo cho mạng của mình, và gán cho người lãnh đạo đó một chỉ số nhận

dạng cá nhân đặc biệt gọi là CID-0 bằng cách tự thành lập CLH (cluster head) bằng CID-0 (cluster identifier), nó chọn một PAN identifier rồi và phát khung tin quảng bá nhận dạng tới các thiết bị lân cận. Thiết bị nào nhận được khung tin này có thể yêu cầu kết nối vào mạng với CLH. Nếu bộ điều phối mạng PAN (PAN coordinator) đồng ý cho thiết bị đó kết nối thì nó sẽ ghi tên thiết bị đó vào danh sách. Cứ thế thiết bị mới kết nối này lại trở thành CLH của nhánh cây mới và bắt đầu phát quảng bá định kỳ để các thiết bị khác có thể kết nối vào mạng. Từ đó có thể hình thành được các CLH1, CLH2,...(như hình 1.17).

PHẦN 2: XÂY DỰNG NỘI DUNG BÀI THÍ NGHIỆM

Những trang thiết bị đã có sẵn tại phòng thí nghiệm phục vụ thực hiện bài thí nghiệm này gồm có:

- Mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực;
- Máy tính PC có cổng USB, kết nối mạng và cài đặt các công cụ: phần mềm PuTTY, Advanced IP Scanner, Filezilla Client.

2.1. Cách sử dụng mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực

Mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực sau khi được cấu hình hệ điều hành Debian sẽ được kết nối với máy tính PC thông qua cổng mạng hoặc cổng USB. Thông qua môi trường lập trình nền Web Cloud 9, dùng ngôn ngữ lập trình Python để lập trình điều khiển các ứng dụng đối với mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực. Python là một ngôn ngữ tuyệt vời và mạnh mẽ đó là dễ dàng để sử dụng (dễ đọc và viết) và cho phép bạn kết nối với dự án của bạn với thế giới thực. Cú pháp Python rất sạch sẽ, nó nhấn mạnh về khả năng đọc và sử dụng từ khóa tiếng Anh chuẩn. Python hiện tại đang có 2 phiên bản được sử dụng song song là 2.7 và 3. Phiên bản Python 2.7 là phiên bản mặc định trên hệ điều hành Debian. Chương trình lập trình trên nền tảng Web Cloud 9 có thể chạy trực tiếp trên mạch thí nghiệm.

Phần này giúp người học nắm được các cài đặt hệ điều hành, làm quen với các phương thức kết nối, truy cập với bo mạch để lập trình điều khiển chúng. Các nội dung yêu cầu học viên, sinh viên cần nắm được như sau:

- Cài đặt hệ điều hành trên thẻ nhớ micro SD
- Cài đặt hệ điều hành trên thẻ nhớ eMMC
- Kết nối với bàn phím, chuột, USB Stick qua cổng USB
- Kết nối Ethernet

- Kết nối HDMI với màn hình
- Kết nối từ xa thông qua SSH
- Kết nối truyền nhận file qua SFTP

2.2 Các bước thí nghiệm

Quy trình thiết kế mạng không dây truyền dữ liệu đa điểm sử dụng công nghệ Zigbee bao gồm các bước sau:

- **Bước 1:** Phân tích bài toán: cấu trúc mạng, chức năng và mối tương tác của các Node mạng.
- **Bước 2:** Xây dựng sơ đồ hệ thống truyền tin sử dụng công nghệ Zigbee cần thiết kế.
- **Bước 3:** Cài đặt hệ điều hành, thiết kế và kích hoạt các phần cứng cho hệ thống.
- **Bước 4:** Thiết lập các chế độ truyền trên các kênh khác nhau của mô đun Zigbee CC2530 và lập trình điều khiển các chế độ truyền tin cơ bản: Point to point, Broadcast .
- **Bước 5:** Xây dựng lưu đồ tổng quát đến chi tiết (nếu cần) điều khiển quá trình truyền tin theo mô hình mạng Zigbee được xây dựng (truyền, nhận thông tin trên kênh khác nhau và truyền theo khe thời gian Timeline tùy chọn).
- **Bước 6:** Xây dựng lưu đồ thuật toán chi tiết cho các khối chương trình thu và phát thông tin, chương trình tạo khe thời gian truyền thông tin Timeline, chương trình điều khiển LCD tự động cập nhật hiển thị.
- **Bước 7:** Sử dụng ngôn ngữ lập trình Python và các thư viện hỗ trợ của ngôn ngữ này lập trình, chạy thử và đánh giá kết quả hiện thực hóa hệ thống.

- **Bước 8:** Tổng hợp và viết báo cáo thí nghiệm, kết quả hiện thực hóa hệ thống truyền dữ liệu đa điểm qua sử dụng mô đun Zigbee CC2530.

2.3 Xây dựng nội dung thí nghiệm

Dựa trên hướng dẫn các bước thí nghiệm ở trên, học viên thực hiện các nội dung thực hành sau đây:

- Thực hành cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống gồm 2 node cảm biến truyền dữ liệu cho nhau thông qua mô đun Zigbee CC2530 theo chế độ Point to point với tốc độ truyền là 9600 baud, truyền trên kênh số 16 của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.

- Thực hành cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống mạng PAN gồm 3 node cảm biến truyền dữ liệu cho nhau thông qua mô đun Zigbee CC2530 theo chế độ Broadcast (truyền trong các khe thời gian khác nhau) với tốc độ truyền là 9600 baud, truyền trên kênh số 18 của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.

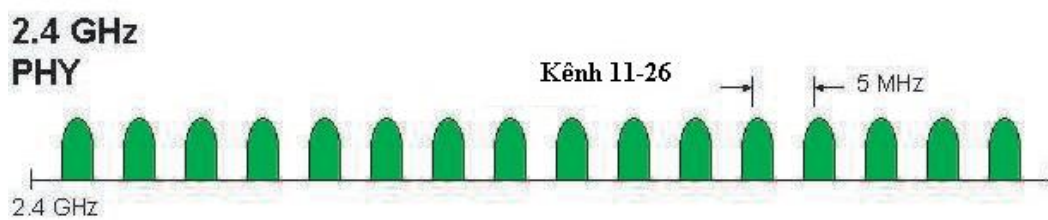
- Thực hành cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống mạng gồm 2 PAN trao đổi thông tin với nhau, với mỗi mạng PAN gồm 3 node cảm biến, chức năng của các node: có thể truyền dữ liệu cho nhau nhưng chỉ có một node đóng vai cho là PAN out để giao tiếp với mạng PAN khác của hệ thống. truyền tin với tốc độ truyền tốc độ và kênh tùy chọn của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.

Tham khảo bảng và hình dưới:

Bảng 2.1 Có tất cả 16 kênh truyền trên các dải tần số khác nhau được mô tả như bảng dưới đây:

Tần số trung tâm (MHz)	Số lượng kênh (N)	Kênh	Tần số kênh trung tâm (MHz)
2450	16	11 – 26	$2405+5(k-11)$

Bảng 2.1 Kênh truyền và tần số



Hình 2.1 Băng tần hệ thống của ZigBee ở tần số trung tâm 2.4 GHz

2.4 Xây dựng mẫu báo cáo thí nghiệm

Trong quá trình thực hiện các bước thí nghiệm nêu trên, học viên điền vào mẫu báo cáo thí nghiệm như trong Phụ lục A của Tài liệu hướng dẫn thí nghiệm.

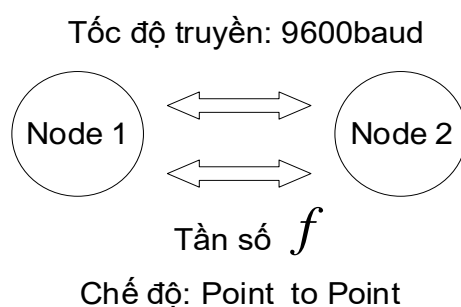
PHẦN 3: XÂY DỰNG NỘI DUNG CÁC BÀI TẬP

Phần này trình bày các bài tập thí nghiệm phục vụ cho việc kiểm tra, ôn tập nhằm củng cố kiến thức và kỹ năng của người học. Ở đây là các dạng bài tập cơ bản nhất. Trong quá trình triển khai, tùy thuộc vào đặc điểm của lớp học mà giáo viên có thể bổ sung, chỉnh sửa và tùy biến các dạng bài tập này cho phù hợp.

Bài 1: Cài đặt hệ điều hành Debian 8.0 cho mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực qua thẻ nhớ micro SD và cập nhật các thư viện: GPIO, thư viện màn hình Nokia GLCD 84x48; lập trình cập nhật thời gian thực cho hệ thống hiển thị lên màn hình GLCD thông qua giao tiếp SPI trên mạch thí nghiệm Lập trình nhúng thời gian thực.

Bài 2: Điều khiển mô đun cảm biến DHT11 trong hệ thống nhúng thời gian thực: cập nhật thông tin từ cảm biến về và hiển thị lên GLCD (định thời 60s cập nhật một lần).

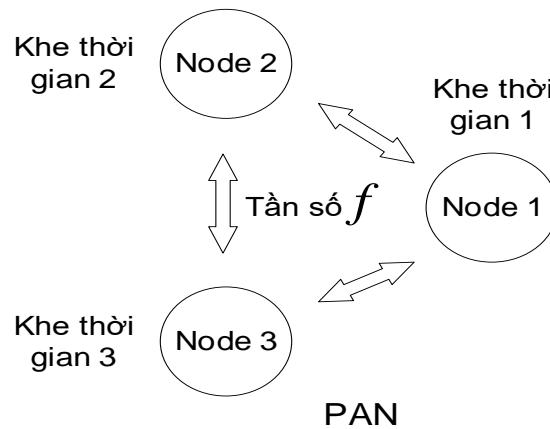
Bài 3: Cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống gồm 2 node cảm biến truyền dữ liệu cho nhau thông qua mô đun Zigbee CC2530 theo chế độ Point to point với tốc độ truyền là 9600 baud, truyền trên kênh số 16 của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.



Hình 3.1 Chế độ truyền nhận Point to Point

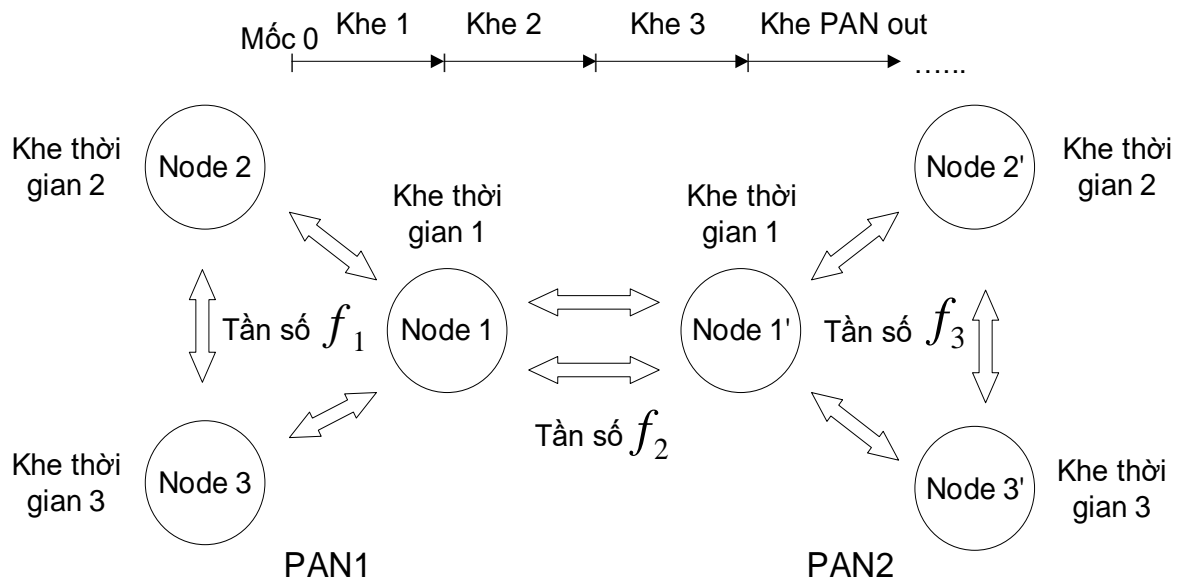
Bài 4: Cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống mạng PAN gồm 3 node cảm biến truyền dữ liệu cho nhau thông qua mô đun Zigbee CC2530 theo chế độ Broadcast (truyền trong các khe thời gian khác nhau) với

tốc độ truyền là 9600 baud, truyền trên kênh số 18 của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.



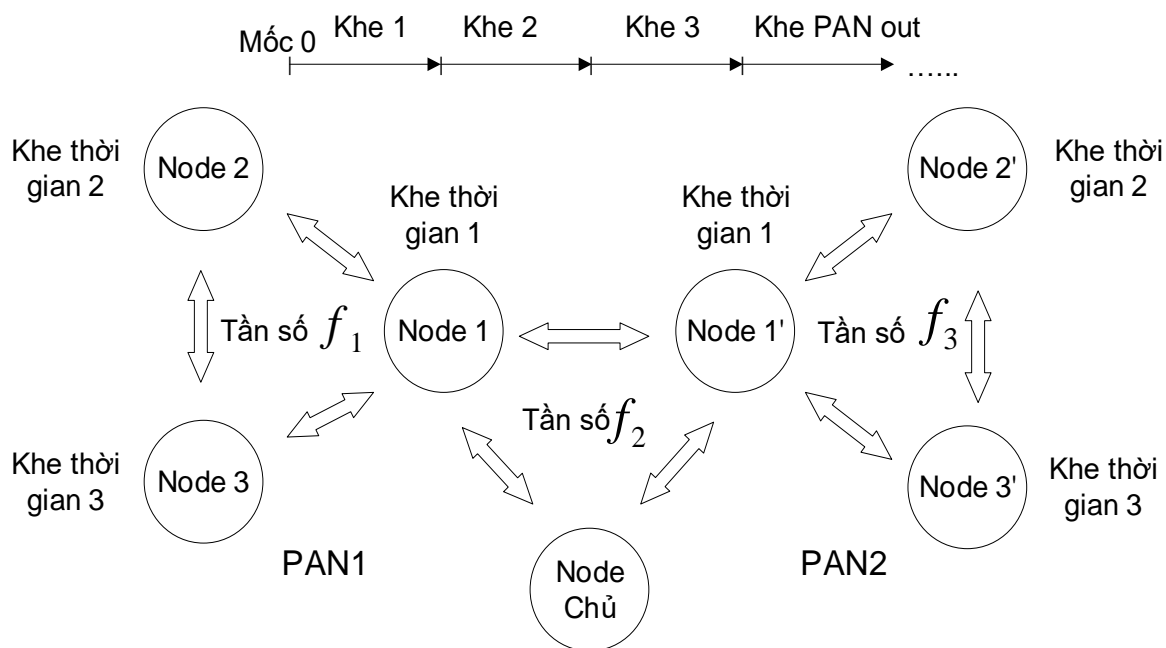
Hình 3.2 Sơ đồ mạng PAN với 3 node mạng

Bài 5: Cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống mạng gồm 2 PAN trao đổi thông tin với nhau, với mỗi mạng PAN gồm 3 node cảm biến, chức năng của các node: có thể truyền dữ liệu cho nhau nhưng chỉ có một node đóng vai cho là PAN out để giao tiếp với mạng PAN khác của hệ thống. truyền tin với tốc độ truyền tốc độ và kênh tùy chọn của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.



Hình 3.3 Hệ thống 2 mạng PAN trao đổi thông tin với nhau

Bài 6: Cài đặt và lập trình điều khiển hệ thống mạng gồm 1 node chủ trao đổi thông tin với 2 node ra của 2 mạng PAN khác nhau, với mỗi mạng PAN gồm 3 node cảm biến, chức năng của các node: có thể truyền dữ liệu cho nhau nhưng chỉ có một node đóng vai trò là PAN out để giao tiếp với mạng PAN khác và node chủ của hệ thống. truyền tin với tốc độ truyền tốc độ và kênh tùy chọn của dải kênh truyền với tần số trung tâm là 2.4GHz.



Hình 3.4 Hệ thống mạng Mesh tối giản