



Mạng RTLS

Cấu trúc mạng RTLS

Các thiết bị trong mạng có thể có một trong các role:

- Anchor chính: Đóng vai trò là Provisioner cho Tag và mốc thời gian để đồng bộ cho mạng. Trong mạng chỉ có một anchor chính. Ngoài các vai trò trên, anchor chính hoạt động như một anchor phụ.
- Anchor phụ: Giao tiếp với tag, được đồng bộ theo anchor chính và giúp các Tag đồng bộ thời gian.
- Tag.

Mạng sử dụng cơ chế TDMA có tác dụng:

- Nhiều tag hoạt động cùng lúc mà không bị xung đột đường truyền.
- Nhiều anchor hoạt động trong mạng. tag có thể chọn 4 anchor có RSSI tốt nhất để giao tiếp.

Cơ chế TDMA được sử dụng bằng các super-frame. Mỗi super-frame có độ dài 100ms gồm có các slot như sau:

BCN0	BCN1	BCN9	TWR0	TWR1	TWR7	IDLE
------	------	-------	------	------	------	-------	------	------

- Beacon (BCN): Có 10 slot BCN ứng với 10 anchor, anchor chính sẽ ở slot 0. Mỗi slot BCN có độ dài 2ms.
- TWR: Có 8 slot TWR ứng với 8 tag. Mỗi slot TWR có độ dài 9ms.
- Thời gian Idle ở cuối để dự phòng cho việc xử lý nhiều task khác như truyền UART... do không sử dụng FreeRTOS.

Cấu hình mạng RTLS

Anchor có 2 chế độ là config mode và active mode.

Ban đầu các anchor sẽ ở config mode, chúng sẽ được cấu hình thủ công, tức là cấu hình cho các anchor vị trí (x, y, z) và vai trò anchor chính hay anchor phụ. Phương thức cấu hình cho anchor có thể thực hiện bằng 2 cách:

- Cách 1: cấu hình qua Gateway, Gateway sử dụng DW1000 và ESP32. Nhận các bản tin cấu hình qua WiFi chuyển tiếp các bản tin này cho các anchor bằng UWB.
- Cách 2: cấu hình trực tiếp, ngoài DW1000 và STM32, anchor có thêm ESP8266 hoặc ESP32 để nhận được luôn bản tin cấu hình.

Phân tích ưu, nhược điểm cách 1:

- Ưu điểm: Tối ưu chi phí hơn với mô hình nhỏ do chỉ cần làm thêm một Gateway.
- Nhược điểm: Với mô hình vừa và lớn, các anchor ở xa có thể không nhận được bản tin cấu hình qua UWB nên có thể cần nhiều Gateway (nhiều Gateway thì có thể gây xung đột đường truyền nếu không phân chia slot cho việc cấu hình). WiFi vẫn cần phủ sóng đến hết các Gateway. Thời gian phát triển lâu hơn.

Phân tích ưu, nhược điểm cách 2:

- Ưu điểm: Thời gian phát triển nhanh hơn. Không phải phân chia slot cho việc cấu hình trong super-frame. Anchor nào cũng có thể được cấu hình.
- Nhược điểm: Chi phí cao hơn cách 1. WiFi cần phủ sóng hết cả mạng.

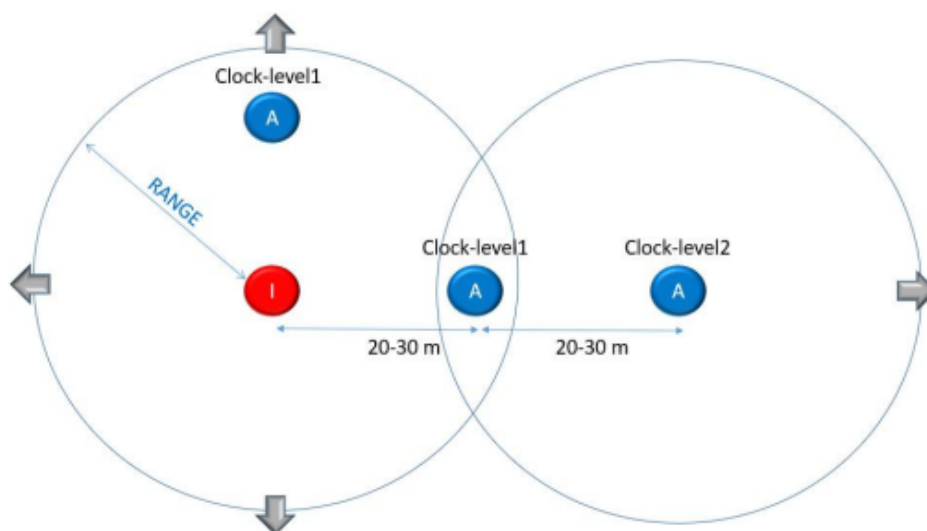
⇒ Kết luận: Chọn cách 2 cho dễ thực hiện.

Sau khi cấu hình hết cho anchor, thực hiện gửi bản tin START đến tất cả các anchor để cùng chuyển sang active mode và mạng bắt đầu hoạt động.

Đồng bộ clock

Sau khi chuyển sang active mode, các anchor phụ nghe Beacon để đồng bộ thời gian với anchor chính.

Để các anchor ngoài phạm vi của anchor chính có thể đồng bộ thời gian thì sẽ sử dụng **clock level**. Anchor chính có clock level = 1, các anchor phụ sử dụng BCN0 để đồng bộ thời gian thì có clock = 2, tương tự tăng dần clock level. Ưu tiên đồng bộ với clock thấp nhất.



Các anchor phụ sau khi đồng bộ được clock thì sẽ thực hiện gửi beacon vào slot của nó.

Tương tự, tag sau khi khởi động sẽ nghe các super-frame để đồng bộ clock.

Độ chia thời gian cần đồng bộ nhỏ nhất là 10us.

Cấu trúc bản tin Beacon

Trường dữ liệu	Độ dài (byte)	Mô tả
Message ID	1	0x10 - NW_TYPE_BCN
Flags	1	MAIN, PROV, EXT, CLK_LV.
SF number	1	Số super-frame, có giá trị từ 0 → 4
BCN number	1	Số BCN slot của anchor
TWR map (MAIN = 1)	5	Bitmap biểu diễn TWR slot nào đã được chiếm
EXT Tag address	2	Địa chỉ của tag
EXT lock	1	Bộ đếm lock (3 → 1). 1 có nghĩa là Beacon tiếp theo không có EXT.
EXT TWR number	1	Số TWR slot của tag, 0xFF là từ chối.

Cấu trúc bản tin Request

Trường dữ liệu	Độ dài (byte)	Mô tả
Message ID	1	0x12 - NW_TYPE_REQ
TWR number	1	Số TWR slot yêu cầu.

Provisioning Tag

Trong bản tin Beacon, SF number là số super-frame. Bởi vì super-frame với độ dài 100ms chỉ có 8 TWR slot với độ dài, nên để nhiều tag cùng hoạt động thì phải tăng độ dài của super-frame. Tuy nhiên thạch anh dao động của STM32 đều có sai số nên độ dài super-frame thì các slot khó có thể đồng bộ với nhau. Vậy nên sẽ sử dụng 5 super-frame cho mỗi lần lấy vị trí của các tag → được tối đa 40 tag và tần số là 2Hz. Super-frame 0 sẽ là của TWR0 → TWR7, super-frame 1 là TWR8 → TWR15...

Sau khi tag đồng bộ thời gian, nó sẽ tiếp tục nghe ngẫu nhiên từ 1 → 5 super - frame (để phân bổ các tag ra 5 super-frame), sau đó sẽ kiểm tra TWR map trong bản tin Beacon xem những TWR slot nào còn trống và chọn ngẫu nhiên 1 trong số chúng (hạn chế xảy ra collision) và gửi bản tin Request. Anchor chính sẽ nhận và tiến hành provisioning tag gửi request. Nó sẽ setbit tương ứng với TWR number ở TWR map, PROV = 1, EXT = 1 tương ứng với có phần EXT. Phần dữ liệu EXT ở BCN0 sẽ lặp lại 3 lần. Sau 3 lần lặp lại PROV = 0, EXT = 0.

Nếu xảy ra collision (khi có 2 hay nhiều tag chọn cùng TWR slot) có các trường hợp sau xảy ra:

- Các tag gửi request cùng lúc, anchor chính không nhận được hoặc không nhận được chính xác bản tin, anchor chính sẽ bỏ qua các request này. Nếu các TWR slot sau không có tag nào gửi request thì flag EXT = 0, TWR map không đổi, nếu có thì vẫn tiếp tục thực hiện provisioning. Các tag gửi request nhận BCN0 ở super-frame tiếp theo sẽ dựa vào đó mà biết rằng có collision hay không, nếu có quay lại nghe và chọn ngẫu nhiên.
- Anchor vẫn nhận được request chính xác của một tag nào đó trong các tag, anchor vẫn sẽ tiến hành provisioning tag đó. Các tag khác sẽ dựa vào EXT Tag address để kiểm tra xem có phải nó hay không, nếu không thì sẽ quay lại nghe và chọn ngẫu nhiên.

NOTE: Mạng chỉ provisioning từng tag một (đến khi PROV = 0). Nếu nhận được request nào khác khi đang trong quá trình provisioning thì anchor chính sẽ bỏ qua.

Cấu trúc bản tin Poll

Trường dữ liệu	Độ dài (byte)	Mô tả
Message ID	1	0x30 - NW_TYPE_POLL
Flags	2	Bitmap biểu diễn BCN number của 4 anchor
Anchor Address	8	Địa chỉ của 4 anchor
Sequence number	1	Số thứ tự bản tin Poll (0 → 255)
TWR number	1	Số TWR slot

Cấu trúc bản tin TWR

Trường dữ liệu	Độ dài (byte)	Mô tả
Message ID	1	0x31 - NW_TYPE_TWR
Flags	1	Dự phòng
TWR number	1	Số TWR slot
RX timestamp	4	Mốc thời gian nhận bản tin Poll
TX timestamp	4	Mốc thời gian gửi bản tin TWR

Hoạt động của Tag

Tag sau khi được provisioning thì sẽ nghe tất cả các beacon trong phạm vi của nó, tạo thành một list anchor nghe được và dựa vào RSSI của từng anchor để chọn ra 4 anchor có RSSI tốt nhất và thực hiện TWR (có thể lấy trung bình RSSI ở 4 lần nghe gần nhất)

Tag sẽ gửi bản tin Poll chứa BCN number và địa chỉ của 4 anchor đó, các anchor sẽ dựa vào trường Flags để biết thứ tự của nó. 4 anchor lần lượt gửi 4 bản tin TWR cho tag. Nếu tag nhận được ít hơn 3 bản tin TWR thì nó sẽ không tính vị trí.

