

Revisiones	Fecha	Comentarios
0		

En este comentario técnico analizaremos brevemente el funcionamiento de una red Zigbee basada en módulos XBee ZB y XBee-PRO ZB.

### Introducción a Zigbee

El stack de protocolos Zigbee se apoya sobre IEEE 802.15.4 para la comunicación entre dispositivos cercanos, es decir, el acceso al medio y el intercambio de mensajes por éste. Por sobre esta base, define un nivel de routing (NWK) que permite que los dispositivos con funcionalidad de router puedan transportar mensajes para otro destinatario, extendiendo el alcance total de la red. A su vez, sobre esta base, existe un esquema (APS) que permite comunicación entre diversas aplicaciones mediante un identificador de circuito virtual denominado endpoint. Los grupos de mensajes entre aplicaciones son controlados por la Zigbee Alliance, de modo que todos los dispositivos utilizando un esquema determinado empleen los mismos grupos de mensajes y atribuyan el mismo significado a cada mensaje en particular, pudiendo interoperar con otros dispositivos similares de otros fabricantes.

### Inicio de una red Zigbee

El ancho de banda asignado a 802.15.4 en 2,4GHz se halla dividido en dieciséis canales espaciados cada 5MHz; mediante el parámetro *SC* es posible especificar un bitmap de los canales sobre los cuales se permite operar. De igual modo, el parámetro *SD* permite configurar el tiempo de scan de cada canal.

#### Coordinador

El responsable de iniciar una red Zigbee es el coordinador de la red. Al arrancar, el coordinador mide la energía en cada uno de los canales y elige el más silencioso. Entonces emite tramas *Beacon Request* y arma una lista de PAN IDs encontrados, a fin de elegir un identificador no utilizado, o utiliza el que se le haya seteado, si corresponde.

#### Routers

Los routers son dispositivos capaces de actuar como buffers para otros, y pueden ser coordinadores de un pequeño grupo de éstos. Los end-devices siempre entregan los mensajes a su coordinador (un router o el coordinador de la red Zigbee), quien a su vez almacena los mensajes para éstos hasta tanto despierten y lo contacten, momento en el cual se los entrega. Los routers son los encargados de derivar las tramas hacia otros routers para que puedan llegar a su destino final.

Al inicializar el proceso de asociación, un router emite una trama *Beacon Request*. El coordinador u otro router contestan con un *Beacon*, y luego el router envía un mensaje *Association Request*, el cual permite que el coordinador conozca su dirección MAC y pueda asignarle una dirección corta (16-bits). El router retiene esta dirección, la cual almacena en memoria no volátil y no repite este proceso si se lo resetea, dado que ya pertenece a una PAN.

#### End-devices

Los end-devices son dispositivos con funcionalidad reducida, los cuales tienen permitido dormir periódicamente. Para esto, se asocian a un router, que cumple la funcionalidad de un coordinador en una red

802.15.4, al cual reportan periódicamente. Estos dispositivos carecen de funcionalidad de routing y siempre entregan sus mensajes a su coordinador (un router o el coordinador de la red Zigbee), quien a su vez almacena los mensajes para éstos hasta tanto despierten y lo contacten, momento en el cual se los entrega.

Al inicializar el proceso de asociación, un end-device emite una trama *Beacon Request*. El coordinador o routers que lo escuchan contestan con un *Beacon*, y luego el end-device envía el mensaje *Association Request*, el cual permite que el coordinador conozca su dirección MAC y pueda asignarle una dirección corta (16-bits). Esta dirección se mantiene durante la operación. Si el end-device es reseteado, emite una trama *Orphan Notification*, que indica a los posibles coordinadores esta situación. Inmediatamente el router que lo tenía en su lista (u otro en su defecto) contesta con una trama *Coordinator Realignment* en la cual le indica su dirección corta para que pueda operar nuevamente. Si este proceso falla, el end-device comienza a enviar *Beacon Requests* nuevamente.

Los end-devices entran periódicamente en bajo consumo, y emiten una trama *Data Request* al despertar; lo que permite que su coordinador les pueda entregar cualquier mensaje que tenga pendiente para ellos. Este modo de operación se configura mediante el parámetro *SM* y se denomina *Cyclic-sleep* ( $SM=4$ ). El parámetro *SP* controla el tiempo que el remoto permanece inactivo.

### Routing en una red Zigbee

Zigbee es inherentemente una red mesh. Los routers y el coordinador "descubren" la ruta hacia el destinatario del mensaje mediante una serie de mensajes NWK como *Route Request* y *Route Reply*. Si no hay comunicación directa, los mensajes viajan de router en router hasta llegar al destinatario. Los end-devices siempre entregan los mensajes a su coordinador (un router o el coordinador de la red Zigbee), quien a su vez almacena los mensajes para éstos hasta tanto despierten y lo contacten, momento en el cual se los entrega.

Si una ruta falla, es posible detectarlo debido a que 802.15.4 posee confirmación de recepción, entonces el router que tiene el mensaje inicia el proceso de descubrir una ruta alternativa y la red converge nuevamente.

### Comunicación de aplicaciones en una red Zigbee

Por encima de NWK está el protocolo APS (APplication Support), el cual provee múltiples circuitos virtuales en la comunicación entre dispositivos. Estos circuitos virtuales se denominan *endpoints*. Cada dispositivo tiene un radio y una dirección 802.15.4. Esta dirección es única y es la que identifica a cada dispositivo. A su vez, el *endpoint* identifica a la aplicación. Cada tipo de mensaje en particular tiene un *cluster-ID* que lo identifica. El conjunto de mensajes que utiliza una aplicación se denomina *profile*, y se identifica mediante un *profile-ID*.

Los *profiles* son definidos por la Zigbee Alliance. Existen *profiles* públicos y privados (manufacturer specific), se requiere que los dispositivos utilizando *profiles* públicos interoperen con otros similares, mientras que para los privados sólo se requiere que coexistan con los otros pacíficamente. De este modo, todos los dispositivos utilizando un *profile-ID* determinado conocen el significado de cada *cluster-ID* y relacionan la misma acción con ese código.

#### *XBee ZB*

Por defecto, la comunicación entre módulos XBee ZB corresponde al *profile-ID* 0xC105 (manufacturer specific) y utiliza el *endpoint* 0xE8. Dentro de este marco, existen algunos *cluster-IDs*, entre ellos podemos mencionar los siguientes:

- ◆ 0x0011 corresponde a datos introducidos por el puerto serie.
- ◆ 0x0012 corresponde a un loop, el XBee ZB que recibe un mensaje con este cluster-ID lo devuelve al destinatario.
- ◆ 0x0092 corresponde a un mensaje que transporta muestras de las entradas.

### Binding

El endpoint 0 está reservado para una aplicación especial denominada ZDO (Zigbee Device Objects), que es la que se encarga de las tareas de configuración y mucho del funcionamiento automático. Qué profiles soporta cada dispositivo y en qué endpoint, se descubre mediante diálogo de ZDOs. De este modo, es posible autoconfigurarse e interoperar con otros dispositivos. Dicho proceso de descubrir y asociarse se denomina *binding*.