

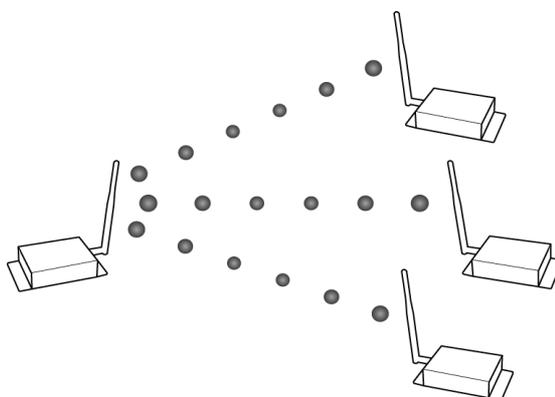
Revisiones	Fecha	Comentarios
0	09/06/08	

En este comentario técnico estudiaremos la forma de intercomunicar módulos XBee (o XBee-PRO) utilizando 802.15.4 en una red con coordinador.

Introducción

Comentamos en CTC-054 que en una configuración multipunto con comunicación en ambos sentidos, los remotos no sabían en qué momento el central iba a transmitirles algo; esto nos impedía utilizar el modo bajo consumo, a menos que hiciéramos algunas restricciones. Por ejemplo, comentamos que si el central podía esperar a que el remoto en cuestión le hablara primero, entonces enviaría el mensaje que tuviera en ese momento; permitiendo que los remotos entraran en modo bajo consumo hasta tanto tuvieran algo que transmitir y allí recibir lo que hubiera para ellos. Pues bien, es posible configurar los módulos con el central como coordinador, en cuyo caso éste almacena hasta dos mensajes en espera de detectar que los remotos estén despiertos y poder transmitirlos, y es lo que desarrollaremos en este Comentario Técnico.

Red punto a multipunto con coordinador



Los módulos remotos se denominan end-devices, y son aquéllos que tienen el parámetro *CE* con valor 0. El módulo central se denomina coordinador, y para que funcione como tal se deberá setear el parámetro *CE* en el valor 1. Sólo puede haber un coordinador por red (PAN), el número máximo de end-devices dependerá en la práctica del tráfico.

Cada módulo remoto (end-device, parámetro *CE*=0) tendrá como dirección de destino la del módulo central (coordinador, parámetro *CE*=1), y su dirección propia será única. El archivo adjunto contiene un ejemplo de configuración con un coordinador y dos remotos; uno permanentemente activo y otro que permanece en bajo consumo y se activa periódicamente.

Asociación

Al inicializar el proceso de asociación, cada remoto emite una trama *Beacon Request*. El coordinador contesta con un *Beacon*, y luego el remoto envía *Association Request*, el cual permite que el coordinador conozca su dirección MAC y pueda asignarle una dirección corta (16-bits). En el caso de los XBee, el coordinador asigna siempre la dirección 0xFFFE, lo que significa "utilizar direcciones de 64-bits para

transmitir, aceptar direcciones de 16-bits en recepción". De este modo, el coordinador identifica fácilmente quién es el remoto que transmite, sin necesidad de mantener una tabla interna de direcciones asignadas.

Para que un remoto inicie este proceso de asociación, debe setearse el bit 2 en el parámetro *A1*. Para que el coordinador asocie remotos que se lo solicitan, debe setearse el bit 2 en el parámetro *A2*. Por ejemplo *ATA1=4* y *ATA2=4*, en uno y otro módulo, respectivamente. Esto puede realizarse manualmente o dejarse guardado en la configuración para que se realice automáticamente al arrancar. El estado de asociación puede monitorearse mediante el comando *ATAI*. Un módulo configurado en modo API emite tramas de status cuando hay un cambio en su estado de asociación.

Comunicación

En el sistema conectado al módulo coordinador, recibiremos los mensajes que nos envíen los remotos. Para determinar quién es el que nos envía el mensaje, deberemos insertar algún tipo de identificador dentro del mismo mensaje, o utilizar el modo API, tema que se analiza en la Nota de Aplicación CAN-088.

A fin de mantener la integridad de un mensaje, todos los bytes que lo conforman deberán ser enviados uno a continuación del otro, sin una demora mayor a lo que indica el comando *ATRO* y con una longitud de mensaje menor a 100 bytes.

La información se envía a aquel remoto cuya dirección coincide con lo que colocamos en el parámetro *DL*. Para direccionar diferentes módulos, deberemos alterar periódicamente este parámetro (cada vez que deseemos transmitir a un remoto diferente), por lo que suele ser preferible utilizar el modo API, que no desarrollaremos aquí. Los remotos siempre transmiten al coordinador.

Operación en bajo consumo

Los remotos pueden o no entrar en modo bajo consumo. Los que están permanentemente conectados reportan lo que deben reportar al momento de hacerlo; sin embargo aquéllos configurados para dormir por un tiempo, emiten una trama *Data Request* al despertar, lo que permite que el coordinador les pueda entregar cualquier mensaje que tenga pendiente para ellos. En el caso de los XBee, el coordinador almacena mensajes para hasta dos remotos, y cada remoto toma una muestra de sus entradas y salidas configuradas (si las hay) y las reporta (nuevamente, si las hay) al coordinador al despertar. El 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. El coordinador espera cuanto mucho un tiempo igual a 2,5 veces el valor de *SP*, por lo que debe configurarse en éste el tiempo máximo que se haya seteado a un remoto.

Selección de PAN y canal de RF

En CTC anteriores no entramos en consideraciones sobre el canal de RF y el ID de la PAN; asumimos que los módulos utilizaban el mismo canal de radio y pertenecían a la misma PAN. Esto ha sido así en el ejemplo de este Comentario Técnico también. Sin embargo, existe un proceso de selección y uno de asociación que deberemos conocer, dado que constituyen una característica fundamental e interesante de la topología que estamos analizando.

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, y el parámetro *CA* controla el nivel máximo de energía permitido para considerar un canal "limpio" (Clear Channel Assessment).

Coordinador

Si el coordinador está configurado para mantener un canal y PAN ID fijos, al arrancar simplemente espera en silencio. Si en cambio se lo configura para poder reasignar su número de canal, entonces mide la energía en cada uno de los canales y elige el más silencioso. Como viéramos, los parámetros *SC*, *SD* y *CA* controlan esta operación. Si se configura al coordinador para reasignar su PAN ID, entonces éste emite tramas *Beacon Request* en todos los canales, y arma una lista de PAN IDs encontrados, a fin de elegir un identificador no utilizado. Si se permite reasignación de canal y PAN ID, entonces se elige un PAN ID vacante en el canal más silencioso. Si bien el manual no lo confirma, los valores configurados parecen tener preferencia.

CTC-057, Utilización de módulos XBee 802.15.4 con coordinador

Finalizado el proceso de reasignación, si está configurado en modo API, el coordinador entrega por la UART una trama que indica que está operando.

Remotos

Un end-device siempre emite una trama *Beacon Request* en todos los canales al arrancar, luego solicitará asociación al coordinador que encuentre en el canal y PAN ID asignados, o si se permite reasignar canal y/o PAN ID, al primero que cumpla los requisitos.