

# Diseño e implementación de librerías de software de alto nivel para interfaces con dispositivos Zig Bee.

Esteban Aitor Zapirain  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
Mar del Plata, Argentina  
Email: estebanzapirain@fi.mdp.edu.ar

Walter Gemin  
Departamento de Ingeniería Electrónica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional de Mar del Plata  
Mar del Plata, Argentina  
Email: wgemin@fi.mdp.edu.ar

**Resumen**—El presente trabajo consiste en el diseño e implementación de librerías de software de alto nivel para acelerar el proceso de desarrollo de aplicaciones basadas en dispositivos Zig Bee.

El estándar Zig Bee es un protocolo de comunicación inalámbrica con la principal ventaja de permitir conexión en redes tipo malla, y el ruteo de información a través de la red. También se destaca su bajo consumo de energía, lo que lo hace ideal para la implementación de redes de sensores inalámbricos.

Particularmente se trabaja con módulos Digi XBee. Estos módulos microcontrolados permiten la comunicación en serie mediante comandos AT y remotamente a través del modo API. Poseen integrada la circuitería necesaria para construir un sensor autónomo inalámbrico.

Las librerías planteadas en el presente proyecto permiten al desarrollador de aplicaciones utilizar funciones de comunicación remota y de configuración de redes sin tener que preocuparse por el manejo a bajo nivel de los comandos AT.

Se proveen funciones de manejo de entradas y salidas, transmisión serie de datos y configuración de redes. Para ello se desarrolla una librería de funciones bajo Visual Basic 6, y plantillas de ejemplo y documentación para el uso de la misma.

## I. INTRODUCCIÓN

### I-A. Redes de Datos

La tendencia reciente en la tecnología ha sido la de unificar los dispositivos electrónicos. Hoy en día resulta muy improbable encontrar un dispositivo que no tenga alguna interface de conexión con el mundo exterior. Un ejemplo muy popular de tales cambios es la relación casi unívoca entre poseer una PC y contar con una conexión a Internet.

La forma de interconectar dispositivos entre sí es a través de la formación de redes. Específicamente en el ámbito de este trabajo las redes están formadas por dispositivos sensores, actuadores o de transferencia de datos. Las ventajas de conectar tales elementos incluyen la posibilidad de remotamente supervisar los valores sensados, actuar sobre las salidas, comunicar estaciones remotas, coordinar y configurar toda la red desde un punto central, y muchas otras.

### I-B. Comunicación Inalámbrica

Los protocolos de comunicación inalámbrica permiten la conexión de dispositivos remotos mediante emisión y re-

cepción de ondas de radio, sin la necesidad de conectarlos mediante cables. Esta alternativa es frecuentemente deseable por una cuestión de economía, estética, comodidad o lisa y llanamente imposibilidad física de acceso.

Los sistemas de comunicación inalámbrica tienen como principal dificultad la probabilidad de pérdida de datos, la tergiversación de los datos debido a ruido ambiente e interferencia y la necesidad de alimentar los dispositivos en forma autónoma para que realmente el sistema se pueda componer inalámbricamente. Los protocolos de comunicación inalámbrica deben lidiar con todas estas cuestiones.

## II. METODOLOGÍA

### II-A. El protocolo Zig Bee

El protocolo de comunicación inalámbrica Zig Bee permite la implementación de redes tipo Mesh (enlaces todos con todos) con posibilidad de ruteo de paquetes en nodos intermedios, a la vez que optimiza la sensibilidad de los receptores y el consumo de los dispositivos para hacerlo ideal en aplicaciones de sensores remotos autónomos.

### II-B. Los dispositivos Digi XBee [1]

Los dispositivos Digi XBee implementan la pila de protocolos Zig Bee en un módulo microcontrolado. Además de resolver la interfaz RF, los módulos de la serie incluyen entradas digitales y analógicas, y salidas digitales. El hardware añadido permite la construcción de un sensor inalámbrico autónomo sin tener que adicionar componentes externos, más que una posible etapa de acondicionamiento para las entradas y salidas.

En este proyecto se utilizarán dispositivos XBee Serie 2. Estos módulos se presentan como una interesante y atractiva alternativa, acortando el tiempo de desarrollo dado que ya poseen el stack Zigbee-PRO incorporado y la RF resuelta, funcionando como modems configurables mediante el set de comandos AT.

Los módulos se pueden encontrar en la versión Normal y Pro, variando el alcance y la sensibilidad del dispositivos.

- El modelo XBee ZB (Normal) presenta una potencia de salida de 1,25mW (+1dBm), y la sensibilidad del receptor es de -97dBm. Esto le permite operar hasta

a unos 120m en espacios abiertos, y hasta 40m en espacios urbanos.

- El módulo XBee-PRO ZB presenta una potencia de salida de 10mW (+10dBm), y la sensibilidad del receptor es de -102dBm. Esto le permite operar a más de 1,5km en espacios abiertos, y hasta 120m en espacios urbanos.

### II-C. Modo AT vs Modo API [3]

Los dispositivos XBee pueden programarse para funcionar en dos modos: el modo transparente o AT y el modo API.

El modo AT permite la conexión inalámbrica de un dispositivo central a varios y tiene la ventaja de que es sencillo de controlar mediante comandos en puerto serie. La desventaja de este modo es que el direccionamiento es tedioso y no implementa muchas de las ventajas que destacan al protocolo Zig Bee por sobre otros estándares inalámbricos. El modo AT se recomienda para conexiones punto a punto o con pocos nodos involucrados.

Por otro lado, el modo API permite acceder a todas las características del protocolo Zig Bee. Esto es, ruteo automático de paquetes, configuración de redes con topología de malla, direccionamiento dinámico de múltiples nodos, muestreo periódico de entradas digitales y analógicas y configuración remota de dispositivos. [2]

La dificultad de la implementación del modo API es la necesidad de encapsular la información en tramas válidas, y extraer la información contenida en las tramas entrantes.

### II-D. Parámetros de diseño e implementación

Las librerías disponibles para interactuar con los dispositivos XBee desde diferentes lenguajes ofrecen funciones que se corresponden uno-a-uno con los comandos AT, pero no eliminan la necesidad de aprender la lista de tipos de tramas y comandos de los dispositivos.

El propósito de la librería de software desarrollada en este proyecto es establecer un nivel de funciones que permita realizar operaciones comunes (tales como cambiar el estado de una salida o mostrar una entrada remota con un período de tiempo establecido) mediante el llamado a una única instrucción.

El paquete de funciones se incluye dentro de un control ActiveX desarrollado en el entorno Microsoft Visual Basic y compatible con Microsoft Windows. Se proyecta extender la compatibilidad de la librería a otras plataformas.

## III. DESCRIPCIÓN DE LA LIBRERÍA

La librería consiste en 18 funciones clasificadas en 5 categorías principales: funciones de puerto serie, entrada y salida, de manejo de energía, de red y de dispositivo.

- Funciones de puerto serie: utilizadas para configurar la conexión serie entre la PC y el dispositivo XBee local. Permiten seleccionar el puerto de conexión y la velocidad en baudios.
- Funciones de entrada/salida: salida incluyen la configuración remota de pines, la activación de salidas

digitales, la lectura y muestreo de entradas tanto digitales como analógicas, y la transmisión serial de datos.

- Funciones de manejo de energía: configuran los modos de ahorro de energía y modifican los períodos de tiempo en los que el dispositivo está durmiendo o despierto.
- Funciones de red: permiten el descubrimiento de nodos y modificar la configuración de seguridad y encriptación de los datos.
- Funciones de dispositivo: permiten conocer el nivel de la batería y de la señal emitida por un dispositivo remoto, y guardar los cambios hechos en la configuración de un nodo.

El llamado a las funciones generalmente incluye la dirección o el nombre del dispositivo de destino del comando como un parámetro de la función. Por ejemplo, al llamar a la función ActivarSalida, los parámetros esperados son: 1) la dirección de destino y 2) el número de salida digital a activar.

Las funciones que deben retornar valores, como puede ser la lectura de una entrada, responden activando un evento específico que describe la naturaleza de la respuesta. Por ejemplo, al responder a la función LecturaEntrada, se activa el evento RxLectura; con parámetros Dispositivo (la dirección del dispositivo que originó el evento), Entrada (el número de la entrada leída) y Valor (el valor de dicha entrada).

## IV. PRÓXIMOS PASOS

Se proyecta traducir esta librería a otras plataformas, como C y Android para ofrecer compatibilidad microcontroladores embebidos y dispositivos móviles (celulares, tablets, etc.)

## V. CONCLUSIONES

La librería de funciones de software de alto nivel descripta en este artículo provee a los usuarios con un set de herramientas disponible para optimizar los tiempos de desarrollo de aplicaciones basadas en dispositivos XBee. Con un reducido conjunto de funciones, el desarrollador puede acceder a la totalidad de las capacidades del protocolo Zig Bee, y enfocarse en el desarrollo propio de la aplicación sin ser obstaculizado con el aprendizaje del funcionamiento interno de los dispositivos.

## REFERENCIAS

- [1] Sergio R. Caprile. *CTC-058. XBee y XBee-PRO ZB: Zigbee-PRO*, 2008.
- [2] Digi International. *XBee/XBee PRO ZB RF Modules*, 2011.
- [3] Mustafa Schell, Michael; Guvench. *Development of a General Purpose XBee Series-2 API-Mode Communication Library for LabVIEW*, 2012.