

# Implementación de una topología de red de dispositivos Bluetooth capaz de acceder a Internet a través de una Red LAN

Juan Guillermo Torres Hurtado y Álvaro Bernal Noreña

UNIVERSIDAD DEL VALLE  
juan\_torres@iee.org ; alvaro@univalle.edu.co

Recibido para revisión May-2006, aceptado Jun-2006, versión final recibida Jun-2006

**Abstract:** Increasing development of new technologies of wireless communication joined to the dependency that has generated the services of the Internet in our society due to the infinity of applications that it has, permit us to forecast the dominion that will have the use of the word wide web like means of control and organization in our lives. The intention of this work is to implementation a topology of connection between a network of Bluetooth devices with a network LAN, in order to offer interoperability between these two networks, permitting the access to Internet to the Bluetooth devices [Bluetooth (2005)]

## 1 INTRODUCCIÓN

El creciente desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica unidas con la dependencia que ha generado los servicios de la Internet en nuestra sociedad debido a la infinidad de aplicaciones que ésta posee, prevén el dominio que tendrá el uso de la red de redes como medio de control y organización en nuestras vidas. Sin embargo aún estamos lejos de un mundo completamente accesible a cualquier dispositivo (Electrodomésticos, Dispositivos Móviles, Automóviles, Seguridad, etc.) a través de Internet, dado que la necesidad de comunicación inalámbrica no está completamente suplida, Es aquí donde nace la necesidad de integrar la flexibilidad de transporte y manejo que ofrece los dispositivos con tecnología Bluetooth con las aplicaciones y servicios que existen en el mundo de la Internet.

La intención de este trabajo es Implementar una topología de conexión entre una red de dispositivos Bluetooth con una red LAN, con el propósito de brindar interoperabilidad entre estas dos redes, y a su vez dotar de acceso a Internet a los dispositivos Bluetooth .

El desarrollo de este trabajo presentado en este artículo es organizado de la siguiente manera: en la siguiente Sección se explica en que consiste la tecnología Bluetooth y sus alcances, en la Sección 3 detalla de forma general la totalidad de la topología implementada, la Sección 4, se muestra los diferentes perfiles del utilizados en la red Bluetooth, la Sección 5 explica los procedimientos efectuados por cada dispositivo Bluetooth para el control e implementación de la red Bluetooth, en la Sección 6 podemos observar el mecanismo como se ha

conformado la red entre los diferentes dispositivos Bluetooth, la Sección 7 explica la manera como se realiza la integración entre una red LAN y una red Bluetooth, finalmente la Sección 8 expone el modelo utilizado por la aplicación para el acceso a Internet de un dispositivo móvil.

## 2 QUE ES BLUETOOTH?

Bluetooth (2004) es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance, inicialmente desarrollado para el reemplazar las conexiones hechas por cable. Estas conexiones utilizan frecuentemente enlaces punto a punto entre dispositivos Bluetooth, no obstante las especificaciones de este protocolo ofrecen soluciones para las topologías de interconexión más complejas, llamadas Piconets ó Scatternets, que provean una efectiva y eficiente comunicación sobre múltiples conexiones con tiempo de respuesta y consumo de potencia aceptables en el desarrollo de soluciones inalámbricas.

Bluetooth provee avances significativos sobre otras tecnologías de comunicación, tal como IrDA y Home RF, la debilidad de IrDA se debe a que ofrece conexiones de muy corto alcance (un metro de distancia) con línea de vista, lo cual impide la comunicación entre dispositivos que no estén visibles el uno del otro.

Dado que Bluetooth hace el uso de RF para la comunicación, no está sujeto a este tipo de limitación y puede conectarse con dispositivos que estén a un alcance de 10m (hasta 100m si la potencia de transmisión es incrementada), diseñados para ser de bajo costo, sin embargo el numero de conexiones activas están limitadas a siete

dispositivos, con una tasa de transmisión de hasta 3Mbps.

Finalmente la principal ventaja de Bluetooth es la habilidad de manejar transmisión de voz y datos simultáneamente, con capacidad de soportar un canal de datos asíncrono y hasta tres canales de voz síncronos, esta habilidad combinada con conexiones de tipo **Ad Hoc** unida a una aplicación capaz de descubrir los servicios que prestan los diferentes dispositivos de la red, la convierte en una excelente solución de comunicación para dispositivos móviles y aplicaciones de Internet.

### 3 TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN IMPLEMENTADA

La topología de conexión que se ha desarrollado en este trabajo está constituida de tres partes principales, la primera de ellas está conformada por una red de dispositivos Bluetooth con capacidad de usar los perfiles GAP, OBEX, DUN y LAN Access.

La segunda etapa consta de una red LAN, a la cual se le adiciona un dispositivo Bluetooth a uno de los Host de ésta Red usando una conexión RS232, con el propósito de enlazar las dos redes, y la tercera etapa está constituida por el enlace entre uno de los Host de la red LAN y cualquier destino al que se desee acceder a través del Internet. La Figura 1 ilustra completamente la topología de red implementada.

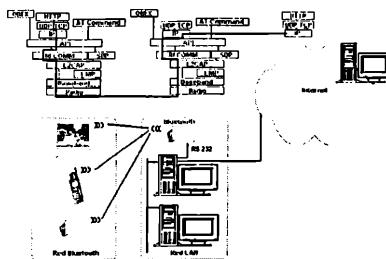


Figura 1: Topología de Red Implementada

#### 4 PERFILES DE PROTOCOLO BLUETOOTH APLICADOS EN NUESTRA TOPOLOGÍA DE CONEXIÓN BLUETOOTH

Los perfiles definen las características que debe soportar el Stack de Bluetooth para poder realizar una función específica, cuando varios dispositivos provenientes de diferentes fabricantes conforman los mismos perfiles, estos tienen capacidad de interoperatividad para un servicio en particular.

**Generic Access Profile:** Este perfil define el procedimiento general para descubrir dispositivos Bluetooth, control de enlace y conexión. El principal propósito de

este perfil es describir el uso de las capas inferiores (Link Control, Link Manager), además define procedimientos de seguridad que puede desempeñar las capas superiores (L2CAP, RFCOMM, OBEX), incluyendo los parámetros comunes de accesibilidad desde una interfaz de usuario.

**Service Discovery Application Profile:** Define la búsqueda de servicios habilitados a una dispositivo Bluetooth, permitiendo conocer servicios específicos y generales de cada dispositivo.

**Serial Port profile:** Este perfil define como los dispositivos Bluetooth son configurados para emular una conexión de cable serial usando RFCOMM, que es un protocolo de transporte que emula el puerto RS232 entre dos dispositivos, RFCOMM es usado para transportar datos de usuario, señales de control de MODEM y comandos de configuración.

**Dial up Networking Profile:** Define los procedimientos usados por los dispositivos tal como los Modems y teléfonos celulares, uno de los posibles usos de este modelo, consiste en el uso de los teléfonos móviles como MODEM de acceso a Internet inalámbrico.

**Generic Object exchange Profile:** Este perfil define el conjunto de protocolos y procedimientos para el intercambio de objetos entre dispositivos, los modos de uso son: transferencia de archivos y sincronización.

La Figura 2 muestra los perfiles utilizados dentro de la red Bluetooth soportados por el perfil principal SPP.

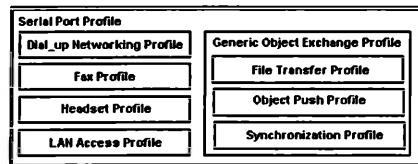


Figura 2: Perfiles y modos de uso soportados por el Perfil de puerto serial

#### 5 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL DE UNA RED DE DISPOSITIVOS BLUETOOTH

La primera sección de este trabajo pretende implementar un Red Bluetooth con la capacidad de transferir información entre los diferentes dispositivos, para este caso es indispensable saber el tipo de transmisión que se desea aplicar, ya que podemos trasmitir datos o voz utilizando enlaces orientados ó no orientados a conexión. Nosotros hemos utilizado para la implementación de este tipo de red módulos Bluetooth comerciales, los cuales soportan las interfaces de conexión USB, UART, SPI, PMC e implementan el Stack de Bluetooth desde la capa de Banda

Base hasta la capa de RFCOMM, y parte de las capas SDP y OBEX.

Estos dispositivos son controlados mediante una conexión serial RS232 del Host PC en el cual corre el software que realiza el control de gestión para la transferencia de datos entre los diferentes dispositivos Bluetooth. El funcionamiento de la aplicación implementada se desarrolla de la siguiente forma: (Ver Figura 3):

**Req\_Inquiry:** El primer paso consiste en descubrir cuales son los dispositivos Bluetooth que encuentran dentro de una radio de 10/100 metros, e identificar su dirección física.

**Res\_MAC\_Add:** los dispositivos cercanos responder a este requerimiento con su propia dirección física, dado que la dirección física no ofrece suficiente información que describa la utilidad del dispositivo se procede a obtener el nombre del dispositivo que generalmente es asignado por el propietario.

**Req\_DSP:** seguidamente el usuario especifica con cual de los dispositivos encontrados desea establecer una conexión, y además realiza una exploración del tipo de servicio que puede ofrecer dicho dispositivo, en esta etapa se hace uso del protocolo de descubrimiento de servicio para identificar que tipo de servicio puede ofrecer el dispositivo al cual deseamos conectarlos, los servicios que brindan son variados tal como OBEX perfil de transferencia de archivos, manos libres, Dial up Networking, SPP, etc. Además nos especifica el número del canal RFCOMM por el cual presta dicho servicio.

**Autorización / PIN:** Cuando se pretende acceder a un dispositivo Bluetooth por primera vez, debe autorizarse la conexión, y en la mayoría de los casos se solicita el código de identificación único. Despues de introducir correctamente el código, el dispositivo responde enviando los diferentes servicios que puede ofrecer.

**Abir conexión:** después que el usuario especifica el tipo de servicio que desea utilizar, se adicionan los niveles superiores del Stack de protocolos necesarios para prestar dicho servicio y se establece la conexión Bluetooth. El procedimiento efectuado para el control de los dispositivos Bluetooth puede observarse en la Figura 3.

Para validar nuestra aplicación, se realizaron pruebas con un teléfono móvil Motorola L6 a fin de acceder a los diferentes servicios que este puede ofrecer, los servicios probados son los siguientes: DUN Dialing Up Network con el cual se puede manipular un teléfono móvil mediante comando AT. OBEX Object push profile server para la transmisión de fotos, juegos y música, y Hands-free, además se hicieron pruebas con otros dispositivos Bluetooth brindando la opción de establecer transmisión de voz con un enlace orientado a conexión, y transmisión

de datos haciendo uso de perfil de transmisión serial SPP. La figura 4 muestra el procedimiento utilizado para acceder al un teléfono móvil con conexión Bluetooth usando el perfil DUN.

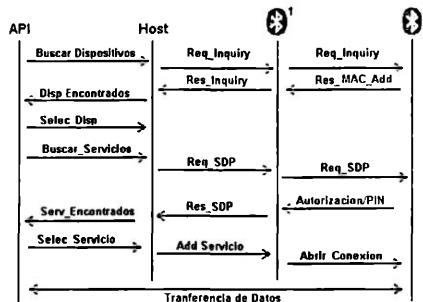


Figura 3: Procedimiento de control de los dispositivos Bluetooth

## 6 CONFORMACIÓN DE LA PICONETS Y SCATTERNETS

Nuestro principal propósito ahora es conformar una sencilla red Bluetooth [Saloniidis, Bhagwat, Tassiulas y LaMaire (2001)], con la capacidad de que por lo menos uno de los dispositivos pueda acceder a Internet. La primera tarea desempeñar es conformar varios enlaces entre módulos Bluetooth. A este tipo de conexión se le conoce como Piconets. Cuando la transferencia de información entre los módulos se hace a través de varios dispositivos que sirve de puente de comunicación entre el módulo transmisor y el módulo receptor se le conoce como Scatternet, por otro lado también se desea tener control sobre cada uno de los dispositivo que intervienen en la Pinonet ó Scatternet; esto implica que nuestra red debe realizar un procedimiento donde se cree un registro de los módulos que la componen y sea conocido por cada uno de los dispositivos.

El procedimiento que se ha propuesto para la conformación de la red se muestra a continuación:

1. Inicialmente debe haber por lo menos un dispositivo que se encargue de realizar el procedimiento INQUIRY a fin de obtener la dirección MAC de todos los dispositivos (máximo 7) que se encuentren dentro rango del alcance.
2. El módulo que ha realizado el proceso de Inquiry debe suministrar a cada uno de los dispositivos encontrados la información sobre la dirección MAC de los demás dispositivos que conforman la red. De esta manera queda conformada completamente la Piconet.

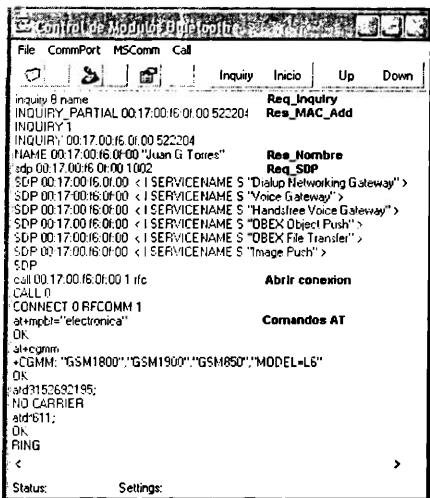


Figura 4: Procedimiento utilizado para acceder al un teléfono móvil con conexión Bluetooth usando el perfil DUN

Después de realizado este procedimiento, vemos que cada dispositivo puede compartir información dentro de la red Bluetooth.

## 7 IMPLEMENTACIÓN Y CONTROL ENTRE UNA RED BLUETOOTH Y UNA RED LAN

Cuando se ha establecido la Piconet, el siguiente objetivo pretende integrar la red Bluetooth y la red LAN.

El modelo consiste en utilizar uno de los Host que componen la red LAN e integrarle un módulo Bluetooth a través de uno de los puertos de conexión, por simplicidad se optó por el uso del puerto serial RS232, de esta forma podemos controlar y transferir información con el módulo Bluetooth, obteniendo un Host con la capacidad de interactuar con una red LAN y la red Bluetooth , y en este caso el Host hará las veces de maestro dentro de la Piconet, ahora bien, los dispositivos Bluetooth ofrecen en su Stack de protocolo hasta el nivel RFCOMM, es así que las tramas que obtenemos a través del puerto serial son del mismo tipo, no obstante para poder acceder a la red LAN debe obedecerse el protocolo TPC-IP, de esta forma la aplicación que se implementa en el Host PC se encarga de acoplar los dos protocolos. El enlace Bluetooth nos ofrece los primeros dos niveles de protocolo TCP-IP (Físico, Enlace) nuestra aplicación se encarga de interpretar los datos que obtenemos de los módulos Bluetooth y los transporta los niveles superiores (IP, TCP-UDP, Aplicación).

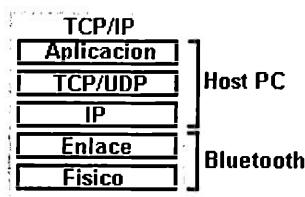


Figura 5: Integración de Protocolo Bluetooth con el Protocolo TCP-IP

## 8 ACCESO A INTERNET DESDE UNA PICONET

Dentro de la red Bluetooth pueden encontrarse dispositivos que deseen acceder a los servicios de Internet. La implementación que se ha realizado consiste en agregar características de conexión Bluetooth a un PDA que no posea esta forma de comunicación, la PDA utilizada para nuestro fin es una IPAQ 3600, la manera como hemos agregado el Bluetooth a la PDA es exactamente igual a como se la agregado al Host PC. Dentro de la PDA corre una aplicación *Cliente* que permite el acceso al usuario de los servicios de Internet tal como Ftp, Http, entre otros, la aplicación constantemente reciende los paquetes o datagramas con su respectivo puerto que identifica la aplicación y son transportados por el puerto serial de la PDA hacia el módulo Bluetooth, esta información es capturada a través de un enlace Bluetooth y es interpretada por una aplicación *Servidor* que corre sobre el Host PC, que además se encarga de empaquetarla a través de las capas superiores de protocolo TCP-IP (IP, TCP-UDP) y retransmitirlas a través de la red LAN. El Host PC asume el rol de proxy para el dispositivo Bluetooth que desea acceder a Internet, a su vez cuando el Host PC accede a Internet, el Proxy actúa como cliente e intercepta la información enviada por algún usuario utilizando en protocolo TCP-IP y redirecciona esta información sobre en protocolo Bluetooth [Rouhana y Horlait (2002)].

## 9 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Actualmente, la implementación de la Red Bluetooth que se realizó en este trabajo nos permite constatar la versatilidad que posee esta tecnología para la transferencia de información, y el enlace entre dispositivos, encontrando que al usar un buen número de dispositivos Bluetooth la transmisión puede agruparse en canales de comunicación múltiple entre estos. Es decir que cada dispositivo puede establecer múltiples conexiones con diferentes dispositivos, y a su vez cada conexión con un dispositivo específico puede establecer hasta 4 enlaces

asíncronos, por otro lado se hizo evidente que la comunicación serial RS232 entre el módulo Bluetooth y el Host PC limita sustancialmente la velocidad de transmisión, aun que se trabajo con una velocidad de 115Kbps para el puerto RS232, la tasa de transferencia resultante fue de alrededor de los 56Kbps. Por otro lado el desarrollo de la Aplicación utilizada para el control de los dispositivos Bluetooth permite desarrollar nuevas aplicaciones para la comunicación inalámbrica de forma versátil, haciendo que el control del protocolo Bluetooth sea prácticamente transparente para programador, dado que la aplicación junto con los módulos Bluetooth ofrecen la totalidad de protocolo Bluetooth hasta el nivel RFCOMM donde se emula comunicación serial punto a punto de datos.

Nosotros hemos considerado la exploración de la tecnología Bluetooth como una solución prometedora para abordar el problema de comunicación inalámbrica para la trasmisión de datos y voz, en contraste con otras tecnologías como IrDA donde aun no se han desarrollado aplicaciones robustas usando línea de vista y 802.11 que poseen un consumo de potencia mayor. La principal ventaja de Bluetooth es su servicio de descubrimiento de aplicaciones entre dispositivos, dando mayor robustez a la comunicación entre distintos dispositivos que posean las mismas aplicaciones.

La implementación e integración entre la Red Bluetooth y la Red LAN nos ofrece en primera instancia una

herramienta muy poderosa para la transmisión de datos orientada al control de procesos, puesto que unimos la robustez del protocolo TCP-IP con la capacidad de transporte de los módulos Bluetooth, adicionalmente nos permite manipular información desde cualquier ordenador a través de Internet, cabe notar que la tasa de transmisión obtenida no es lo suficientemente amplia como para convertir esta tecnología en una opción de acceso a Internet adecuado para una fuerte transferencia de datos, sin embargo es una buena herramienta que se puede implementar en los dispositivos Bluetooth para aplicaciones soportadas por Internet con transferencia de información moderadas.

## REFERENCIAS

- Bluetooth, . (2004), 'Specification of the bluetooth system, version 2.0', Bluetooth Core. Bluetooth Special Interest Group.
- Bluetooth, . (2005), 'Bluetooth special interest group'. En línea: <<http://www.bluetooth.org/>> C10/05.
- Rouhana, N. y Horlait, E. (2002), BWIG: Bluetooth web internet gateway, in 'Seventh International Symposium on Computers and Communications IEEE'.
- Salonidis, T., Bhagwat, P., Tassiulas, L. y LaMaire, R. (2001), Distributed topology construction of bluetooth personal area networks, in 'INFO 2001 IEEE'.

