

# **IPv6 Y BLUETOOTH COMPLEMENTO REAL, EFICIENTE, Y CON ESCALABILIDAD A FUTURO EN LAS COMUNICACIONES**

**Wilman Navarro Mejia** \*

**Sandra Isabel Parra** \*\*

## **Resumen**

El presente artículo presenta un análisis de las amplias posibilidades en comunicaciones que se tienen cuando se realiza una implementación teniendo como herramientas tecnológicas el protocolo Bluetooth por una parte y por la otra utilizar como autopista para este, el protocolo IPv6. Encontramos una síntesis del funcionamiento y características de Bluetooth; de igual forma, se hace una descripción del surgimiento de la tecnología IPv6, y por último se presenta las ventajas de la implementación de estas dos tecnologías.

**Palabras claves:** Bluetooth, protocolos, IPv6, redes inalámbricas.

---

\* Ingeniero de Sistemas. Universidad Estatal Técnica de Vinnitsa. Especialista en Gestión Pública Escuela Superior de Administración Pública ESAP. Master of Science Universidad Estatal Técnica de Vinnitsa. Magíster en Educación Universidad Externado de Colombia. Correo electrónico: [wilman7@gmail.com](mailto:wilman7@gmail.com)

\*\* Ingeniera en Redes de Computadores. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Diseño y Construcciones Telemáticas. Universidad Autónoma de Colombia. Correo electrónico: [sisabelp@gmail.com](mailto:sisabelp@gmail.com)

## **Abstract**

The present article presents an analysis of the wide possibilities in communications that are taken into account when an implementation is realized taking as technological tools the protocol Bluetooth on one hand and on the other one using the protocol IPv6 as a highway for this one. We find a synthesis of the functioning and Bluetooth's characteristics; of equal form, a description of the emergence is done of the technology IPv6, and finally as well as the advantages of the implementation of these two technologies are shown.

**Key words:** Bluetooth protocols, IPv6, wireless.

## **1. Introducción**

Bluetooth es la tecnología que permite realizar conexiones inalámbricas de corto alcance entre dispositivos como: **PDA**s (Personal Digital Assistance), teléfonos celulares, proyectores audiovisuales, teclados, computadores personales y portátiles, módems, impresoras, entre otros. El desarrollo en sus principios era la transferencia de datos y voz entre los dispositivos mencionados. La funcionalidad de Bluetooth es equivalente a la tecnología de infrarrojo conocida como IrDA (Infrared Data Association). Bluetooth por ser una tecnología de radiofrecuencia (RF) que utiliza la banda del espectro disperso de 2.4 GHz, tiende a ser confundido con el estándar **IEEE 802.11**, otra tecnología de Radiofrecuencia de corto alcance, el cual brinda mayor eficacia, pero necesita mayor potencia de transmisión y brinda menos opciones de conectividad que Bluetooth para aplicaciones de voz.

Bluetooth proporciona ventajas significativas sobre las tecnologías inalámbricas similares tales como IrDA, IEEE 802.11 y HomeRF, que son los competidores en conexiones PC a periféricos. IrDA es la tecnología más utilizada para conectar periféricos, pero es limitada en conexiones de cortas distancias en rangos de un metro por la línea de vista requerida para establecer la comunicación. Como Bluetooth funciona con radiofrecuencia no está sujeto a tales limitaciones. La distancia de conexión en Bluetooth puede ser de hasta 10 metros o más dependiendo de la potencia del transmisor, y los dispositivos no necesitan estar en línea de vista ya que las señales de RF pueden atravesar paredes y otros objetos no metálicos sin ningún problema.

## **2. Referente Histórico de Bluetooth**

<sup>1</sup>El origen del nombre de esta tecnología proviene de un Vikingo de origen Danés Harald Blatand (Bluetooth) quien en el siglo décimo unificó Dinamarca y Noruega. El nombre fue adoptado por Ericsson, quien espera que Bluetooth unifique las telecomunicaciones y la industria del cómputo.

En marzo del año 2002 la IEEE aprobó finalmente el estándar IEEE 802.15.1 compatible totalmente con la tecnología Bluetooth v1.1. En este estándar se definen las especificaciones de la capa física y MAC (medium access control) para las redes WPANs (Wireless PAN). Bluetooth es una tecnología inalámbrica que permite comunicaciones entre computadoras portátiles, PDAs (Personal Digital Assistants), teléfonos celulares y otros dispositivos portátiles en un área relativamente pequeña. Bluetooth SIG (Special

---

<sup>1</sup> (<http://www.bluetooth.com/>)

Interest Group) esta formado por un grupo de compañías de diferentes áreas de la industria (telecomunicaciones, redes, computación, entre otros), siendo las sobresaliente 3Com, Ericsson, IBM, Intel, Agere, Microsoft, Motorola, Nokia, Toshiba, así como más de 100 asociados y otras compañías promotoras de la tecnología. El nuevo estándar ha permitido una mayor validez y soporte en el mercado de las especificaciones de Bluetooth, además es un recurso adicional para aquellos que implementen dispositivos basados en esta tecnología. Anteriormente a la estandarización, dispositivos Bluetooth no podían coexistir con los dispositivos basados en IEEE 802.11b debido a que ambos se interferían entre sí.

### **3. Principio de Funcionamiento**

Bluetooth funciona en la banda 2.4 GHz con la tecnología de radiofrecuencia conocida como espectro disperso que consiste en que después de cada paquete enviado, los dispositivos de transmisión y recepción re-sintonizan su radio transmisor a una frecuencia diferente, saltando de un canal a otro canal de radio con salto en frecuencia (FHSS, Frequency Hopping Spread Spectrum). Mientras la banda de operación está dividida en canales de 1 MHz, y a 1 megasímbolo por segundo puede obtenerse al ancho de banda máximo por canal. Con el esquema de modulación empleado, GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), esto equivale a 1 Mbps. Utilizando GFSK, un uno (1) binario representa una desviación positiva de la portadora nominal de la frecuencia, mientras que un cero (0) representa una desviación negativa.

De esta forma, los dispositivos Bluetooth pueden utilizar toda la banda de 2.4 GHz y si una transmisión se interfiere sobre un canal, siempre ocurrirá una retransmisión sobre un canal

diferente con la esperanza de que este canal se encuentre libre. Cada ranura de tiempo tiene una duración que oscila alrededor de los 625 microsegundos y por norma los dispositivos saltan una vez por paquete, o sea, saltan cada ranura, cada tres (3) o cada cinco (5) ranuras, es decir el rango desde que se inicia el proceso es de dos (2) ranuras. Bluetooth ha sido diseñado para aplicaciones móviles de poca potencia, y obviamente la potencia del radio transmisor debe ser minimizada. Por esto se tienen en cuenta tres diferentes clases de niveles de potencias, las cuales proveen rangos de operación de aproximadamente 10, 20 y 100 metros: El más bajo nivel de potencia cubre 10 metros, el más alto nivel logra cubrir distancias de hasta 100 metros.

Debido a las cortas distancias de conectividad de Bluetooth, su ancho de banda soporta hasta 780 Kbps, de los cuales pueden ser utilizados para transmitir unidireccionalmente 721 Kbps y 57.6 Kbps en la dirección de retorno o hasta 432.6 Kbps de manera simétrica en ambas direcciones. Aunque estas velocidades están limitadas para cierto tipo de aplicaciones de video como sucede con la mayoría de protocolos, mientras que aplicaciones como transferencia de archivos e impresión caen perfectas en tal ancho de banda por los rangos

óptimos de la tecnología de radiofrecuencia. Entonces los perfiles de usuarios permiten que no sea necesario implementar en un determinado dispositivo toda la pila del protocolo (como lo muestra la figura 1), solamente la parte que va a necesitar. Si el dispositivo tiene muy poca memoria y/o capacidad de procesamiento y si implementamos en él toda la pila de protocolo con la carga de proceso y espacio que ello implica puede que provoquemos que el dispositivo sea totalmente ineficiente para la comunicación, por ejemplo ratones o auriculares entre otros.

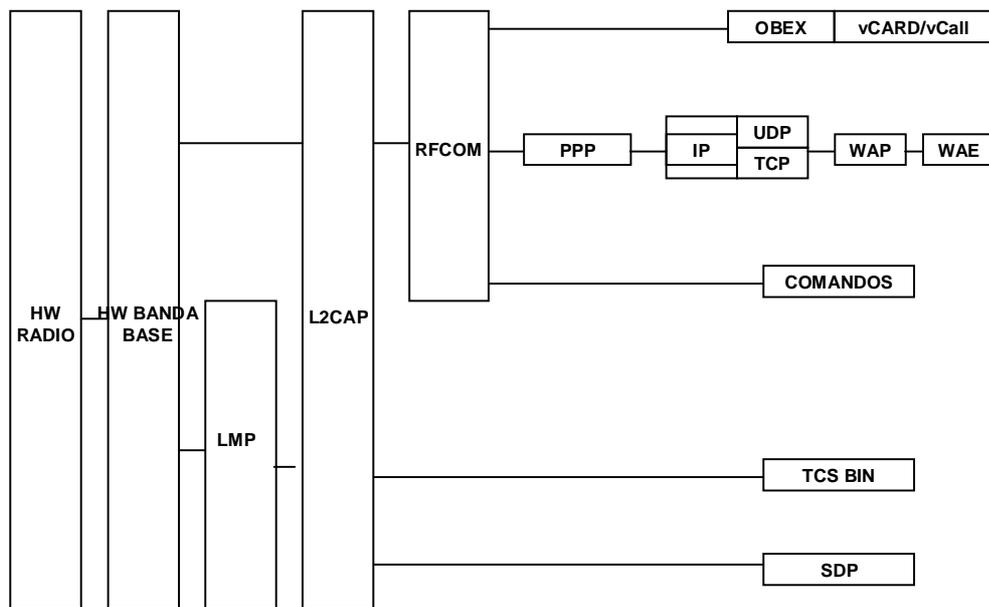


Figura 1. Arquitectura de Bluetooth Para PDAs

#### 4. Descripción de la Arquitectura de Bluetooth

- **Capa HW o Capa de Radio Frecuencia:** Se utiliza para especificar todos los parámetros relacionados con la frecuencia de radio en la que se realiza la transmisión.
- **Capa HW de Banda Base:** Define las operaciones que se realizan a nivel de paquetes y a nivel de bits, como son por ejemplo el cifrado, el protocolo ARQ, entre otras.
- **Capa de Gestión de Enlace ("LMP"):** Se utiliza para especificar y gestionar el establecimiento y el cierre de la conectividad, con todos los pasos y procesos que ello implica, como la gestión del consumo de energía, la autenticación y la gestión de los enlaces asíncronos y síncronos.

- **Capa de Adaptación y Control del Enlace Lógico ("L2CAP"):** Sirve para actuar como interfaz entre el protocolo de transporte de datos bluetooth y el resto de protocolos comunes de transporte como TCP/IP y demás. Esta capa es la encargada, en las situaciones que lo necesiten, de la segmentación y reensamblado de paquetes de gran tamaño.
- **Capa RFCOMM:** Esta capa proporciona una emulación de los puertos que intervienen en el establecimiento y mantenimiento de la comunicación.
- **Protocolos de Red:** Establece los diferentes protocolos de red como TCP/IP, OBEX, PPP y otros que se implementan sobre la capa de control del enlace lógico.
- **Protocolo SDP:** Permite a cualquier dispositivo bluetooth encontrar otros dispositivos que se encuentren en su mismo rango, al mismo tiempo que permite conocer los servicios de que disponen y sus parámetros. Esta capa sirve como interfaz para aplicaciones como las videoconferencias, y también para actuar sobre dispositivos como faxes o impresoras.

Por otra parte en cuanto al emisor es importante resaltar que los dispositivos transmisores dependen del nivel de energía y la potencia de salida (emisión). Las características del transmisor son función del nivel de energía de la antena de conectividad; y cuando no existe antena, se toma como medida de la potencia inicial el de ganancia 0 dB, como lo indican diversas normas y reglas de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, en el

caso que la ganancia sea superior a 0 dB se aplicarán las descritas en los estándares internacionales. Es obligatorio utilizar un control de potencia en los diferentes tipos de transmisores y se recomienda controlar la potencia de mínima por debajo de los -30dB con el fin de ahorrar energía y disminuir al máximo las interferencias.

Para finalizar este aparte es necesario anotar que para el receptor el parámetro más importante a estudiar es la sensibilidad (nivel de potencia en la introducción de datos para el que se consigue una tasa de error en el procesamiento de un dígito binario de 0.1 %, no debe ser mayor de -70 dB). Para medir la influencia de las interferencias en frecuencias de 1 y 2 MHz se usan señales de 10 dB. En el resto de frecuencias la potencia de las señales empleadas es de 3 dB. Los estándares de las frecuencias se presentan en la figura 2.

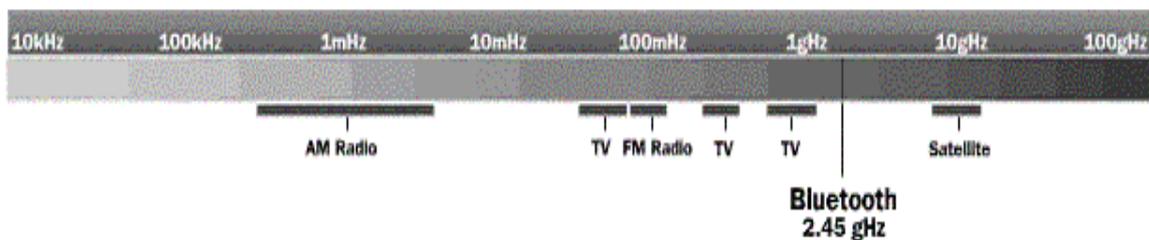


Figura 2. Estándares de la Radiofrecuencia y Ubicación de Bluetooth

## 5. Principales Características Técnicas de Bluetooth

- Los dispositivos en una picocelda comparten un canal de comunicación de datos común. El canal tiene una capacidad total de 1 Mbps. Los encabezados y el control de

llamada consumen cerca del 20% de esta capacidad; motivo por el cual el máximo caudal eficaz es de 780 Kbps.

- El intervalo de la frecuencia de operación es de 2,400 a 2,483.5 MHz, con 79 canales de radiofrecuencia de 1 MHz.
- Un canal de datos salta aleatoriamente 1,600 veces por segundo los 79 (o 23) canales de radiofrecuencia.
- Cada canal está dividido en ranuras de tiempo de 625 microsegundos cada una
- Una picocelda tiene un dispositivo maestro y hasta siete dispositivos esclavos. Un dispositivo maestro transmite en ranuras de tiempo pares, los esclavos en ranuras de tiempo impares.
- Los paquetes pueden tener una magnitud de hasta 5 ranuras de tiempo.
- Los datos en un paquete pueden ser de hasta 2,745 bits de longitud.
- Existen actualmente dos tipos de transferencia de datos entre dispositivos: Los orientados a conexión de tipo síncrono (SCO, Synchronous Connection Oriented) y los orientados a no-conexión de tipo asíncrono (ACL, Asynchronous Connectionless).

- En una picocelda, puede hacer hasta tres enlaces SCO de 64,000 bits cada uno. Para evitar problemas de sincronización y colisión, los enlaces SCO utilizan ranuras de tiempo reservadas asignadas por la estación maestra.
- Un dispositivo maestro puede soportar hasta tres enlaces SCO con uno, dos o tres dispositivos esclavos.
- Las ranuras no reservadas para los enlaces SCO pueden ser usadas para enlaces ACL.
- Un maestro y un esclavo pueden compartir un enlace ACL
- Un enlace ACL puede ser punto-punto (maestro a un esclavo) o multipunto (maestro a todos los esclavos).
- Un ACL esclavo puede sólo transmitir cuando se lo solicite un maestro Bluetooth, permite manipular simultáneamente transmisiones de voz y datos. Es capaz de soportar un canal de datos asíncrono y hasta tres canales de voz asíncronos o un canal que soporte ambos, voz y datos. La capacidad combinada con los dispositivos del tipo "ad-hoc" permiten soluciones superiores para dispositivos móviles y aplicaciones de Internet. Esta combinación permite soluciones innovativas como un dispositivo de manos libres para llamadas de voz, impresión a máquinas de fax y sincronización automática a PDAs, "laptops" y aplicaciones de libreta de direcciones de teléfonos celulares.

## 6. Desarrollo de IPv6

<sup>2</sup>El motivo principal que ha conducido la adopción de una nueva versión del protocolo de Internet es la limitación impuesta al campo de dirección de 32 bits en IPv4. IPv6 expande el número de direcciones de 32 bits a 128 bits. Una dirección de 32 bits permite 4 mil millones de direcciones únicas, mientras que 128 bits, permite más de 340 sextillones de direcciones únicas en Internet, lo cual equivale a decir que si en el año 2050 existen 9 mil millones de personas en el mundo, nos tocarían como mínimo 37 direcciones por persona.

Ejemplos de evolución del IPv : \* IPv4: 192.168.16.31

IPv6 (sin palabras en cero): 2001:470:104:20:202:B3FF:FEAD:42BA

IPv6 (con palabras en cero): 2001:470:104:20:0:0:0:1

IPv6 (abreviado): 2001:470:104:20::1 (del ejemplo anterior :0:0:0: = ::)

La dirección IPv6 FE80:0000:0000:0000:02C0:4FFF:FE68:12CB puede ser también representada como fe80::2c0:4fff:fe68:12cb

El tradicional 127.0.0.1 es en IPv6

0000:0000:0000:0000:0000:0000:0000:0001, o simplemente ::1.

---

<sup>2</sup> <http://www.ipv6forum.com/>

Las direcciones IPv6 están mejor estructuradas que IPv4 y pueden ser más sencillas de entender que las direcciones de IPv4. El espacio entre direcciones de IPv6 es dividido, basado en el valor de los bits de más alto orden en la dirección. Los bits de mayor orden y sus valores fijos son conocidos como un prefijo de formato (FP, Format Prefix). La siguiente tabla muestra el alojamiento del espacio de direcciones IPv6 por FPs.

## 7. Tipos de Nodos

Los criterios de transición de IPv4 a IPv6, en el RFC 2893 definen los siguientes tipos de nodos:

- **Nodo IPv4 Puro:** Es un nodo con IPv4 y que tiene sólo direcciones IPv4. Este tipo de nodo no soporta IPv6. La mayoría de los hosts y enrutadores instalados hoy en día son IPv4 puros.
- **Nodo IPv6 Puro:** Es un nodo con IPv6 y que tiene sólo direcciones IPv6. Este nodo sólo se puede comunicar con nodos y aplicaciones IPv6. Este tipo de nodo no es muy común hoy en día.
- **Nodo IPv6/IPv4:** Es un nodo que tiene implementado tanto IPv4 como IPv6. Este nodo permite IPv6 sólo si tiene configurado una Interfase IPv6.
- **Nodo IPv4:** Es un nodo con IPv4, puede enviar y recibir paquetes IPv4. Un nodo IPv4 puede ser un nodo IPv4 puro o un nodo IPv6/IPv4.

- **Nodo IPv6:** Es un nodo con IPv6, puede enviar y recibir paquetes IPv6. Un nodo IPv6 puede ser un nodo IPv6 puro o un nodo IPv6/IPv4.

Es importante anotar que para poder tener la coexistencia de las dos versiones, los nodos en mayor número (IPv4 o IPv6) pueden comunicarse utilizando infraestructura IPv4, una infraestructura IPv6 o una infraestructura que sea una combinación de IPv4 e IPv6. La verdadera migración solo se puede realizar cuando todos los nodos IPv4 son convertidos a nodos IPv6 puros. Sin embargo, en el futuro, la migración práctica es realizada cuando más nodos IPv4 puros son convertidos a nodos IPv6/IPv4. Los nodos IPv4 puros pueden comunicarse con nodos IPv6 puros solamente utilizando un servidor Proxy que haga la traslación IPv4 a IPv6.

<b>ALOJACION</b>	<b>PREFIJO DE FORMATO FP</b>	<b>FRACCIÓN DEL ESPACIO DE DIRECCIONES</b>
Reservada	0000 0000 (::)	1/256
Reservada para Alojación NSAP	0000 001	1/128
Direcciones unicast globales agregadas	001	1/8
Direcciones unicast del enlace local	1111 1110 10 (FE80::/10)	1/1024
Direcciones unicast del sitio local	1111 1110 11 (FEC0::/10)	1/1024
Direcciones multicast	1111 1111 (FF00::/8)	1/256
Direcciones multicast		2001::/16
Túneles automáticos(RFC 3056) "6a4"		2002::/16
Direcciones de prueba (RFC 2471) "6Bone"		3FFE::/16

Tabla 1. Alojamiento de Direcciones IPv6 Por Fracciones

Por último es necesario decir que para coexistir con una infraestructura IPv4 y proveer una posible migración a una infraestructura IPv6 pura, hay que tener en cuenta el uso de los siguientes mecanismos:

- Pila dual IP
- Túnel IPv6 sobre IPv4
- Infraestructura DNS
- Capa IP dual

La pila dual IP dual es una implementación de la pila de protocolos TCP/IP que incluye ambas versiones, una capa de Internet IPv4 y una capa de Internet IPv6. Este es un mecanismo utilizado por nodos IPv6/IPv4 para que nodos IPv4 se puedan comunicarse con nodos IPv6. Una pila dual IP contiene una simple implementación de protocolos de capa host-a-host tales como TCP y UDP. Todos los protocolos de capas superiores en una implementación de pila dual IP pueden comunicarse sobre IPv4, IPv6 o IPv6 en un túnel IPv4.

El túnel IPv6 sobre IPv4 es la encapsulación de paquetes IPv6 con un encabezado IPv4 para que los paquetes IPv6 puedan ser enviados sobre infraestructura IPv4. Dentro del encabezado IPv4 se tiene:

- El campo de protocolo de IPv4 es puesto a 41 para indicar que es un paquete IPv6 encapsulado.

- Los campos origen y destino son asignados para direcciones IPv4 para los extremos del túnel. Los extremos del túnel son configurados manualmente como parte de la Interfase del túnel o están automáticamente derivados desde la interfase transmisora, la dirección del próximo salto de la ruta en cuestión o de las direcciones IPv6 fuente y destino en la cabecera IPv4.

El DNS se debe considerar antes de implementar IPv6 o nodos de pilas duales. Los servidores de nombres de la actualidad de 32 bits no pueden manipular solicitudes de nombres para direcciones de 128 bits utilizados para dispositivos IPv6. En respuesta a esta necesidad los diseñadores del IETF definieron un estándar (RFC 1886, DNS Extensions to Support IP Version 6). Esta especificación crea un nuevo tipo de registro DNS nombrado "AAAA" (cuádruple A) que mapeará nombres de dominios a direcciones IPv6. Una vez que el DNS tiene capacidades IPv6, los nodos con pila dual pueden interactuar con otros nodos IPv6.

## **Conclusiones**

Muchas son las ventajas que ofrece IPv6 como alternativa real de autopista de las telecomunicaciones en lo relacionado con los protocolos de telecomunicaciones utilizados para el envío y transmisión de señales, como es el caso de bluetooth bien sea, para Internet o para comunicaciones inalámbricas de cualquier formato, algunas de las ventajas y beneficios se enuncian a continuación:

- **Rangos de direcciones Amplio:** IPv6 incrementa el espacio de direcciones a 128 bits, contra 32 bits de IPv4. Esto supone un incremento de espacio de direcciones en un factor de 296. Este incremento permite que más de 340 sextillones de dispositivos tengan su propia dirección IP y por ende soporte eficientemente protocolos como Bluetooth.
- **Óptimas Extensiones:** La codificación de la cabecera IPv6 permite un reenvío más eficiente, límites menos rigurosos y mayor flexibilidad para introducir nuevas opciones, es decir, es ampliamente escalable, y también mejora el procesamiento de los paquetes en los enrutadores, incluyendo la comunicación con protocolos inalámbricos como Bluetooth.
- **Formato Sencillo:** El nuevo formato mejora la eficiencia en el enrutamiento porque el procesamiento es más rápido.
- **Optimiza Autenticación y Privacidad:** Se especifican las extensiones para utilizar en la autenticación, integridad de los datos y confidencialidad de los mismos y es de carácter obligatorio. Asumiendo que la comunicación entre los dispositivos se debe dar obligatoriamente.
- **Configuración "Plug and Play":** Configuración sin necesidad de servidores y facilidades de reconfiguración. Los dispositivos pueden configurar sus propias direcciones IPv6 basándose en la información que reciban del enrutador más adyacente.

- **Movilidad Eficiente y Robusta:** IPv6 móvil soporta dispositivos móviles que cambian dinámicamente sus puntos de acceso a la red. Concretamente IPv6 permite a un host IPv6 dejar la subred de origen mientras mantiene transparentemente todas sus conexiones presentes y sigue siendo alcanzable por el resto de la red. Debido al crecimiento de las redes inalámbricas tanto de telefonía celular como redes inalámbricas de área local (WLAN), la movilidad IP es un complemento ideal al usar un protocolo como Bluetooth. También es de resaltar que IPv6 ha sido diseñado para soportar ingeniería de tráfico como diffserv o intserv (RSVP), para lo cual la especificación base de IPv6 tiene reservado un campo de 24 bits en la cabecera para esas tecnologías; y además la difusión Multicast es obligatorio en IPv6, el cual era opcional en IPv4.
- **Mejor Soporte Para Redes Ad-Hoc:** El alcance de las direcciones permiten mejor soporte para redes ad-hoc (o "zeroconf", cero configuración). IPv6 soporta direcciones unicast, las cuales contribuyen con el descubrimiento de servicios.

### **Referencias Bibliográficas**

[1] Edney, J. Arbaugh, W. "Wi-Fi Protected Access and 802.11i". Editor: Addison Wesley Professional. Julio de 2003.

[2] Flickenger, R. "Wireles. Los Mejores Trucos". Ed. Anaya Multimedia. Abril 2004

[3] Gratton, D. "Bluetooth Profiles" Ed: Prentice Hall. Diciembre de 2002.

[4] John Wiley & Sons Inc “Bluetooth End to End” Ed: Hungry Minds Inc. Enero de 2002

[5] Muller, N. “Tecnología de Bluetooth”. Ed. McGraw Hill Interamericana. 2002

[6] Vladimirov, A. “Hacking Wíreles”. Ed. Anaya Multimedia. Noviembre 2004

[7] Roldan, D. “Comunicaciones Inalámbricas. Un Enfoque Aplicado”. Ed. Ra-Ma. Junio de 2004.

### **Referencias Infográficas**

<http://www.redesafull.com.ar>

<http://www.bluetooth.com>

[www.wcai.com](http://www.wcai.com)

[www.ipv6forum.com](http://www.ipv6forum.com)

<http://www.freenet6.net>

<http://www.criptored.upm.es>

<http://www.wirelessethernet.org>