

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

---

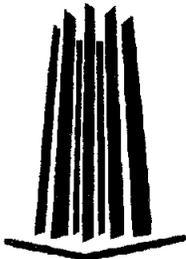
---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ARAGÓN"**

**TECNOLOGÍA INALÁMBRICA BLUETOOTH**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:  
**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**  
**ÁREA ELÉCTRICA ELECTRÓNICA**  
P R E S E N T A :  
***PAREDES MONTES JUAN CARLOS***  
***ZARATE VELASCO EDUARDO***

ASESOR: ING. ADRIAN PAREDES ROMERO



NEZAHUALCOYOTL, ESTADO DE MEXICO

2005

m 352563



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**  
**SECRETARÍA ACADÉMICA**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MÉXICO

**M. en I. ULISES MERCADO VALENZUELA**  
**Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,**  
**Presente.**

En atención a la solicitud de fecha 14 de noviembre del año en curso, por la que se comunica que los alumnos JUAN CARLOS PAREDES MONTES y EDUARDO ZARATE VELASCO, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, han concluido su trabajo de investigación intitulado "TECNOLOGÍA INALÁMBRICA BLUETOOTH", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted la seguridad de mi atenta consideración.

**Atentamente**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
**San Juan de Aragón, México, 14 de noviembre de 2005**  
**EL SECRETARIO**

**Lic. ALBERTO IBARRA ROSAS**

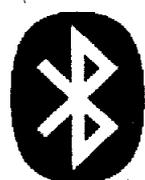
Cp. Asesor de Tesis.  
Cp. Interesado.

AIR/

**TECNOLOGÍA**

**INALÁMBRICA**



 **Bluetooth<sup>®</sup>**

## AGRADECIMIENTOS

*Gracias señor por darnos una maravillosa vida de grandes retos y satisfacciones, por ayudarnos siempre y en todo momento ya que sin ti esta carrera y la tesis nunca se hubiera terminado.*

*Este trabajo va dedicado a mi padre, el Sr. Facundo Paredes Martínez. Y especialmente a una señora que siempre me está regañando y llamando la atención, su nombre es: Mi Madre, la Sra. Petra Montes Hernández, ya que gracias a su amor y confianza, se hizo posible la realización de esta meta y quien es para mí un símbolo de lucha y ejemplo.*

*A mi hermano Fernando, quien ha sido todo un ejemplo a seguir. Por supuesto a mis hermanas, Araceli, Ana y Jacqueline que han sido un pilar de apoyo en todo momento.*

*A mi amigo Lalo por mostrar siempre apoyo y entusiasmo para la realización de este trabajo.*

Juan Carlos Paredes Montes

*Quiero agradecer de manera infinita a mis padres, el Sr. Adrián Zarate Huerta y a la Sra. Gema Velasco Hoyos por todo el apoyo brindado y por darme fuerzas y aliento para seguir con la carrera, ya que sin su apoyo jamás habría terminado este trabajo y por seguir apoyándome en las buenas y en las malas.*

*Así mismo agradezco el apoyo brindado de mi hermana Elvira, que gracias a sus consejos y regaños pude titularme y por último agradezco el apoyo de mis hermanas Karina y Adriana por soportar mi carácter y gracias por sus risas y apoyo ya que sin todos ustedes jamás habría terminado este trabajo.*

*A mi cuate Carlitos que sin su apoyo este trabajo jamás se habría terminado.*

Eduardo Zarate Velasco

*Agradecemos a toda la banda por su confianza, apoyo y por todas las borracheras y pláticas interminables en la bohemia y en demás lugares que visitamos durante toda la carrera.*

*A nuestro asesor: Ing. Adrián Paredes Romero, quien nos guió para el logro de la presente tesis profesional.*

*A nuestra Máxima Casa de Estudios: la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, especialmente a la FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN, en la que con esfuerzo y entusiasmo realizamos uno de nuestros objetivos: una carrera profesional.*



*Y a todas las personas que directa o indirectamente colaboraron en el desarrollo de esta tesis....GRACIAS.*

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1. COMUNICACIÓN INALÁMBRICA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 ANÁLISIS DE SEÑALES .....</b>	<b>2</b>
1.1.1 DEFINICIONES.....	2
1.1.2 TRANSMISIÓN DE SEÑALES.....	3
1.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES .....	4
1.1.4 MEDIOS QUE TRANSPORTAN SEÑALES ANALÓGICAS .....	6
1.1.5 MEDIOS QUE TRANSPORTAN SEÑALES DIGITALES.....	7
1.1.6 INCOMPATIBILIDAD ENTRE AMBOS TIPOS DE CANALES.....	7
<b>1.2 SEÑALES PERIÓDICAS .....</b>	<b>7</b>
1.2.1 FUNCIÓN SINUSOIDAL ARMÓNICA SIMPLE.....	8
1.2.2 FUNCIÓN ONDA CUADRADA.....	11
1.2.3 RELACIÓN ENTRE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES .....	12
1.2.4 SEÑAL PERIÓDICA MEDIANTE LA SERIE DE FOURIER.....	12
1.2.5 COEFICIENTES DE LA SERIE DE FOURIER.....	13
1.2.6 EXPRESIÓN COMPLEJA DE LA SERIE DE FOURIER.....	14
1.2.7 ESPECTRO DE AMPLITUD Y ESPECTRO DE FASE.....	14
<b>1.3 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>15</b>
1.3.1 ECUACIONES DE MAXWELL.....	16
1.3.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	17
<b>1.4 ESPECTRO DE FRECUENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS .....</b>	<b>20</b>
<b>1.5 ANCHO DE BANDA .....</b>	<b>22</b>
1.5.1 CONCEPTO DE ANCHO DE BANDA.....	22
1.5.2 EFECTO DEL ANCHO DE BANDA SOBRE UNA SEÑAL .....	23
<b>1.6 RADIOCOMUNICACIÓN.....</b>	<b>24</b>
1.6.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS .....	25
1.6.2 ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS .....	26
1.6.3 NATURALEZA DE LAS ONDAS DE RADIO .....	26
<b>1.7 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO.....</b>	<b>26</b>
1.7.1 CAPAS IONOSFÉRICAS .....	28
1.7.2 REFRACCIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO.....	29
1.7.3 PROPAGACIÓN EN LÍNEA RECTA O DE ALCANCE VISUAL .....	29
<b>1.8 MICROONDAS .....</b>	<b>31</b>
1.8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES.....	31
1.8.2 MICROONDAS ANALÓGICAS.....	32
1.8.3 ESTACIONES REPETIDORAS.....	33
1.8.4 MICROONDAS DIGITALES .....	33
1.8.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTENAS DE MICROONDAS.....	35

<b>CAPÍTULO 2. TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS.....</b>	<b>37</b>
2.1 <b>SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM) .....</b>	<b>38</b>
2.1.1 ARQUITECTURA DE LA RED GSM.....	39
2.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS.....	40
2.1.3 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS.....	40
2.1.4 SISTEMAS DE CELDAS.....	42
2.1.5 COMPONENTES DE UNA RED GSM.....	44
2.1.6 REGISTRO DEL EQUIPO EN LA RED.....	46
2.1.7 FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS CELULARES.....	47
2.1.8 BENEFICIOS Y SERVICIOS SUPLEMENTARIOS DEL SISTEMA GSM.....	51
2.1.9 TARJETA SIM.....	52
2.1.10 SEGURIDAD.....	54
2.2 <b>PROTOCOLO DE APLICACIONES INALÁMBRICAS (WAP) .....</b>	<b>54</b>
2.2.1 ARQUITECTURA WAP.....	55
2.2.2 CAPA DE APLICACIÓN (WAE).....	56
2.2.3 CAPA DE SESIÓN (WSP).....	56
2.2.4 CAPA DE TRANSACCIONES (WTP).....	56
2.2.5 CAPA DE SEGURIDAD (WTLS).....	56
2.2.6 CAPA DE TRANSPORTE (WDP).....	57
2.2.7 MODELO DE FUNCIONAMIENTO DEL WAP.....	57
2.3 <b>SERVICIOS GENERALES DE PAQUETES POR RADIO (GPRS) .....</b>	<b>59</b>
2.3.1 ARQUITECTURA GPRS.....	60
2.3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE GPRS.....	62
2.4 <b>SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS).....</b>	<b>62</b>
2.4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UMTS.....	63
2.4.2 SERVICIOS QUE OFRECE UMTS.....	65
2.5 <b>WIRELESS FIDELITY (WIFI).....</b>	<b>66</b>
2.5.1 ESTÁNDAR 802.11.....	67
2.5.2 FAMILIAS DEL ESTÁNDAR 802.11.....	67
2.5.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11b.....	68
2.5.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11a.....	69
2.5.5 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11g.....	69
2.6 <b>HIPERLAN.....</b>	<b>70</b>
2.7 <b>MESH NETWORKS.....</b>	<b>70</b>
2.8 <b>WIMAX.....</b>	<b>71</b>
2.9 <b>HOME RF.....</b>	<b>71</b>
2.10 <b>ASOCIACIÓN DE DATOS POR INFRARROJOS (IrDA).....</b>	<b>73</b>
2.11 <b>ZIG-BEE.....</b>	<b>74</b>
2.12 <b>BLUETOOTH.....</b>	<b>75</b>
<b>CAPÍTULO 3. TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....</b>	<b>76</b>
3.1 <b>ORÍGENES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....</b>	<b>77</b>

3.1.1	¿DE DÓNDE VIENE EL NOMBRE?.....	78
<b>3.2</b>	<b>LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....</b>	<b>78</b>
3.2.1	TOPOLOGÍA BLUETOOTH.....	81
<b>3.3</b>	<b>MÉTODO DE TRANSMISIÓN.....</b>	<b>82</b>
3.3.1	TRANSMISIÓN ASÍNCRONO Y SÍNCRONO.....	83
3.3.2	MODULACIÓN.....	85
3.3.3	EXPANSIÓN DE ESPECTRO.....	87
3.3.4	SECUENCIA DIRECTA.....	90
3.3.5	SALTOS DE FRECUENCIA.....	91
3.3.6	ENLACES FÍSICOS.....	92
3.3.7	PAQUETES BLUETOOTH.....	93
3.3.8	CÓDIGO DE ACCESO.....	93
3.3.9	CABECERA.....	95
3.3.10	CARGA ÚTIL.....	97
3.3.11	CANALES LÓGICOS.....	97
<b>3.4</b>	<b>LA ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO BLUETOOTH.....</b>	<b>99</b>
3.4.1	INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS (OSI).....	99
3.4.2	LA PILA DE PROTOCOLOS BLUETOOTH.....	100
3.4.3	PROTOCOLOS FUNDAMENTALES DE BLUETOOTH.....	103
3.4.4	PROTOCOLOS DE SUSTITUCIÓN DE CABLE.....	104
3.4.5	PROTOCOLOS ADOPTADOS.....	106
3.4.6	PPP.....	106
3.4.7	TCP/UDP/IP.....	107
3.4.8	PROTOCOLO OBEX.....	108
3.4.9	PROTOCOLO DE APLICACIONES INALÁMBRICAS (WAP).....	109
3.4.10	FORMATOS DE CONTENIDO.....	111
<b>3.5</b>	<b>PERFILES GENERALES DE BLUETOOTH.....</b>	<b>113</b>
3.5.1	PERFIL DE ACCESO GENÉRICO.....	114
3.5.2	PERFIL DE PUERTO SERIE.....	117
3.5.3	PERFIL DE APLICACIÓN DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS.....	119
3.5.4	PERFIL GENÉRICO DE INTERCAMBIO DE OBJETOS (GOEP).....	125
3.5.5	OPERACIONES OBEX.....	126
<b>3.6</b>	<b>SEGURIDAD EN LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....</b>	<b>128</b>
3.6.1	INTERFERENCIAS.....	128
3.6.2	MODOS DE SEGURIDAD.....	129
3.6.3	NIVEL DE ENLACE.....	129
3.6.4	NIVEL DE CONFIANZA.....	130
3.6.5	NIVEL DE SEGURIDAD.....	131
3.6.6	ARQUITECTURA DE SEGURIDAD BLUETOOTH.....	132
3.6.7	DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ARQUITECTURA.....	132
<b>CAPÍTULO 4. MODELOS DE USO Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH.....</b>		<b>134</b>
<b>4.1</b>	<b>PERFILES BLUETOOTH PARA MODELOS DE USO.....</b>	<b>135</b>
4.1.1	PERFIL DE INTERCOMUNICACIÓN.....	136

4.1.2	PERFIL DE TELEFONÍA INALÁMBRICA.....	138
4.1.3	PERFIL DE AURICULARES .....	141
4.1.4	PERFIL DE ACCESO TELEFÓNICO A REDES.....	143
4.1.5	PERFIL DE FAX .....	145
4.1.6	PERFIL DE ACCESO A LAN.....	146
4.1.7	PERFIL DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS.....	148
4.1.8	PERFIL DE CARGA DE OBJETOS.....	151
4.1.9	PERFIL DE SINCRONIZACIÓN .....	154
<b>4.2</b>	<b>APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA BLUETOOTH .....</b>	<b>157</b>
4.2.1	PRESENTACIONES .....	158
4.2.2	ESCANEADO DE TARJETAS.....	158
4.2.3	TRABAJO EN GRUPO.....	158
4.2.4	SINCRONIZACIÓN DE DATOS .....	159
4.2.5	SINCRONIZACIÓN REMOTA .....	159
4.2.6	IMPRESIÓN.....	160
4.2.7	SISTEMAS INCORPORADOS EN AUTOMÓVILES.....	160
4.2.8	PLATAFORMAS DE COMUNICACIÓN .....	161
4.2.9	LIBROS ELECTRÓNICOS.....	162
4.2.10	VIAJES.....	162
4.2.11	ENTRETENIMIENTO DOMÉSTICO .....	163
4.2.12	SISTEMAS DE PAGO.....	164
4.2.13	ESCÁNERES .....	164
4.2.14	IMPOSICIÓN DE COMPORTAMIENTOS.....	165
4.2.15	COMERCIO ELECTRÓNICO MÓVIL.....	165
4.2.16	JAVA Y BLUETOOTH.....	167
<b>4.3</b>	<b>EL MERCADO DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH .....</b>	<b>167</b>
4.3.1	ADAPTADOR USB BLUETOOTH .....	168
4.3.2	AUTO-ESTÉREO/MANOS LIBRES BLUETOOTH.....	168
4.3.3	AURICULARES.....	169
4.3.4	ÁLBUM DIGITAL.....	170
4.3.5	CÁMARA FOTOGRÁFICA DIGITAL.....	170
4.3.6	ADAPTADOR PARA IMPRESORA .....	171
4.3.7	PC CARD.....	172
4.3.8	RECEPTOR DE TELEVISIÓN DIGITAL .....	172
4.3.9	TELÉFONO INALÁMBRICO.....	173
4.3.10	IMPRESORA FOTOGRÁFICA .....	173
4.3.11	MOUSE BLUETOOTH .....	174
4.3.12	RECEPTOR GPS .....	175
4.3.13	LÁPIZ DIGITAL .....	175
4.3.14	ESCÁNER DE MANO.....	176
4.3.15	TABLETA DIGITALIZADORA.....	177
4.3.16	TELÉFONOS MÓVILES.....	178
<b>4.4</b>	<b>INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE UN ADAPTADOR BLUETOOTH USB EN UNA PC. ....</b>	<b>179</b>
4.4.1	ADAPTADOR BLUETOOTH USB .....	179
4.4.2	SOFTWARE BLUETOOTH.....	180

---

4.4.3	INSTALACIÓN DEL SOFTWARE BLUESOLEIL.....	180
<b>4.5</b>	<b>INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE BLUESOLEIL.....</b>	<b>185</b>
4.5.1	VENTANA PRINCIPAL.....	186
4.5.2	VENTANA DE SERVICIOS.....	189
4.5.3	MENÚS.....	191
4.5.4	ADMINISTRACIÓN DE CONEXIÓN BLUETOOTH.....	193
4.5.5	CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD.....	196
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>201</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>203</b>

# COMUNICACIÓN INALÁMBRICA

---

Una forma de entender la comunicación inalámbrica es primero conocer el significado de la palabra “telecomunicación”.

Las palabras “tele” y “comunicación” pertenecen al lenguaje cotidiano; se usan y se conoce su significado en forma intuitiva, nadie subestima su importancia, pero pocas personas podrían definirlos en forma precisa.

Desde el punto de vista etimológico, la palabra “tele” tiene su origen del griego que significa “lejos”, y, “comunicación” que proviene de la raíz latina “*communicare*”, es decir, “*hacer común*” algo.

A partir de estas dos palabras, y debido a la importancia que en épocas recientes han cobrado, se ha generado una enorme cantidad de variantes, cada una con un significado muy preciso, aplicable a ciertos tipos de situaciones. Por lo tanto “telecomunicación” significa “comunicar a distancia”, es el intercambio de información entre dos puntos a diferente distancia, en forma de impulsos o señales electrónicas o electromagnéticas.

La comunicación inalámbrica se obtiene usando ondas electromagnéticas en lugar de alambres para acarrear la información de un punto a otro. La comunicación inalámbrica, da la movilidad que se necesita para conectarse y comunicarse sin necesidad de alambres.

Las comunicaciones inalámbricas están presentes en muchas de nuestras actividades diarias y su uso ha llegado a ser tan común, que perdemos la percepción de lo útil y a veces indispensable que pueden llegar a ser. Las redes celulares para transmitir voz y datos han surgido para proveer la movilidad y disponibilidad de la comunicación que el ritmo acelerado de vida de las grandes urbes exige. La utilización de sensores infrarrojos y de radiofrecuencia proveen la comodidad de controlar y operar a distancia aparatos electrónicos volviendo más sencillo nuestro quehacer diario. Asimismo, la creación de estándares de comunicaciones inalámbricas en las redes de transmisión de datos ha abierto oportunidades de desarrollo de estas tecnologías, aprovechando la utilización de interfaces aéreas operadas bajo frecuencias no licenciadas.

Sin embargo, a pesar de estar presentes en muchas de las actividades de la humanidad —al hablar por teléfono celular, al ver televisión, al escuchar la radio, al realizar una transacción en algún banco—, pocas personas entienden la manera en que se realizan las telecomunicaciones. Lo que la mayoría de las personas sabe es que, de alguna manera, se transmite algo, quizá por arte de magia, utilizando equipos de gran complejidad. Pero ignoran los principios básicos que hacen posible esas transmisiones.

Debido a la gran importancia que en el contexto de la información y las telecomunicaciones, tienen las señales y los sistemas, el propósito de este capítulo consiste en presentar las ideas y los conceptos necesarios para que se entienda lo que es una señal y un sistema, así como la manera en que interactúan en las telecomunicaciones. No es únicamente en dicha área donde han adquirido importancia; también en otros campos del conocimiento, tales como aeronáutica, astronáutica, acústica, sismología, ingeniería biomédica, medicina en general, sistemas de generación y distribución de energía eléctrica, control de procesos y de manufactura (ingeniería industrial o mecánica), uso doméstico y entretenimiento.

## 1.1 ANÁLISIS DE SEÑALES

Por las redes de comunicaciones pueden transmitirse dos tipos de señales: analógica y digital. Es importante distinguir las claramente porque su comportamiento es muy distinto en los diferentes elementos tecnológicos del hardware necesario para construir las redes de telecomunicaciones, que también pueden clasificarse en redes analógicas o redes digitales. Sin embargo, hoy en día ya no hay redes totalmente analógicas ni totalmente redes digitales. Originalmente las redes eran analógicas, pero actualmente se encuentran sometidas a procesos de transformación y han alcanzado diferentes grados de digitalización. Dentro de unos pocos años, la totalidad de las redes serán digitales, por lo que la diferenciación entre analógico y digital será un aspecto más histórico que práctico en el estudio de los sistemas de telecomunicaciones.

### 1.1.1 DEFINICIONES

**SEÑAL:** Es una cantidad eléctrica variante con el tiempo, tal como un voltaje o una corriente, que lleva información; el contenido de información de la señal depende de su ancho de banda, del tiempo de transmisión y de su potencia

**SEÑALES ANALÓGICAS:** Señales que pueden ser representadas por funciones que toman un número infinito de valores en cualquier intervalo considerado (figura 1-1).

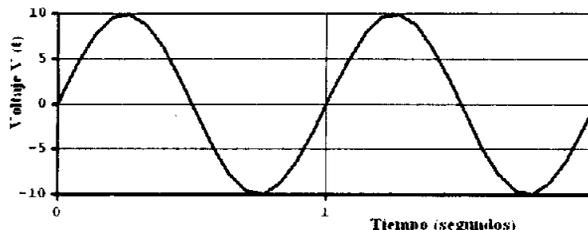


Figura 1-1. Señal analógica.

**SEÑALES DIGITALES:** Señales que pueden ser representadas por funciones que toman un número finito de valores en cualquier intervalo considerado (figura 1-2).

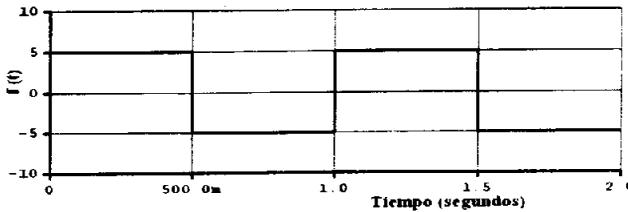


Figura 1-2. Señal digital.

### 1.1.2 TRANSMISIÓN DE SEÑALES

Se pueden señalar las siguientes características de los sistemas de transmisión analógicos y digitales:

- ☞ Tanto los sistemas de comunicaciones analógicos como los digitales están capacitados para transportar señales de información para los servicios de voz, textos, imágenes y datos.
- ☞ En los sistemas analógicos, la propia forma de onda de la señal transmitida es la que contiene la información que se transmite.
- ☞ En los sistemas digitales, los pulsos codificados de la señal transmitida son los que contienen la información.

Existen servicios de comunicaciones en los cuales las señales generadas son típicamente analógicas, como la transmisión de voz, y otros en los cuales esas señales son típicamente digitales, como en el caso de la transmisión de los datos producidos por los equipos informáticos en general; sin embargo, ambos tipos de señales pueden ser transmitidos por cualquiera de los dos tipos de redes. Si la red es digital, las señales típicamente analógicas, como las de la voz, deben ser previamente digitalizadas para ser transmitidas. El equipo que se utiliza para efectuar esta transformación se denomina genéricamente digitalizador<sup>1</sup> o codec<sup>2</sup>. La figura 1-3 muestra el esquema de una red digital que se utiliza para la transmisión de voz.

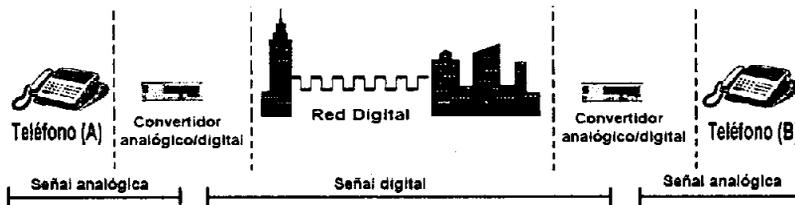


Figura 1-3. Transmisión de señales analógicas por redes digitales.

<sup>1</sup> En realidad, el equipo que realiza las funciones directa e inversa, es decir, primero digitaliza la voz para que pueda ser introducida en la red digital y luego la vuelve a convertir en analógica para que el usuario receptor la pueda interpretar.

<sup>2</sup> Contracción de las palabras: codificador y decodificador.

En ese esquema se observa que el Equipo Terminal Telefónico debe estar conectado a un codec antes de que las señales pasen a la red digital.

Cuando es necesario transportar señales digitales a través de redes analógicas, como es el caso típico de una computadora conectada a la red telefónica conmutada, las señales deben sufrir previamente un proceso denominado modulación. El equipo que se utiliza para efectuar este proceso se denomina módem<sup>1</sup>. La figura 1-4 muestra el esquema de una red analógica que conecta dos Equipos Terminales de Datos. En dicha figura se observa que las computadoras deben estar conectadas a un módem para pasar las señales a la red analógica. En este caso, la red nunca provee el equipo terminal y el módem debe estar situado en las proximidades de la computadora. Por otra parte, el módem puede ser interno<sup>2</sup> o externo.



Figura 1-4. Transmisión de señales digitales por redes analógicas.

### 1.1.3 CARACTERÍSTICAS DE LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES

Las Telecomunicaciones o simplemente Comunicaciones, están constituidas por el conjunto de tecnologías que permiten la transmisión a distancia de señales de información.

La transmisión de información siempre se realiza desde una **fente**, que es quien la genera, hacia un **sumidero** o **colector**, que es quien la recibe. Sin embargo, la información puede estar contenida, por ejemplo, en las palabras expresadas mediante la voz humana o en los datos de salida de una computadora, por lo que es necesario transformarla en señales eléctricas, ópticas o electromagnéticas. Los dispositivos que se utilizan para realizar esta transformación son los **transductores**, que convierten ciertas formas de energía en otras; así, en el caso de la voz, convierten la energía acústica en energía eléctrica en la fuente y, a la inversa, energía eléctrica u óptica en energía acústica en el colector.

Por otra parte, el medio de comunicaciones o **canal de comunicaciones**, es el que permite que las señales generadas en el transductor de la fuente lleguen al transductor del colector. Además debe transmitir la información con la mayor fidelidad posible.

Resumiendo, un sistema de comunicaciones está compuesto por los siguientes elementos:

- ☞ Una fuente y un sumidero o colector.
- ☞ Un transductor en la fuente y otro en el colector.
- ☞ Un medio o canal de comunicaciones.

<sup>1</sup> Al igual que el digitalizador, el módem realiza las dos funciones: la directa, modular y la inversa, demodular.

<sup>2</sup> Cuando el módem es interno, puede dar la impresión que es parte de la computadora. Sin embargo es un equipo independiente en cuanto a las tareas que realiza.

Una vez que pasan al canal de comunicaciones, las señales sufren tres tipos de fenómenos que deforman la información que llega al colector, de manera que no permiten su correcta interpretación (caso de la voz) o se producen errores (caso de los datos). Estos fenómenos se denominan **atenuación**, **distorsión** y **ruido**. Los dos primeros afectan de forma diferente a las redes analógicas y a las digitales. En las analógicas, el efecto más notable es la atenuación, y en las digitales, la distorsión.

La **atenuación** se caracteriza por la **disminución** de la intensidad de la señal útil a medida que ésta recorre el medio de comunicaciones. La atenuación aumenta en forma proporcional a la distancia recorrida desde la fuente y su efecto es la reducción de la amplitud de la señal.

Los cables tienen una atenuación que depende de la frecuencia de operación y de la resistividad del conductor. Por ejemplo, el cable coaxial fino RG 58, que es utilizado en el armado de redes LAN ETHERNET, tiene una atenuación de aproximadamente 4,8 dB/100 m a la frecuencia de operación. Por otro lado, la fibra óptica multipunto 62,5/125  $\mu\text{m}$  tiene una atenuación, a la misma frecuencia, de 1,6 dB/km. Esto nos indica que cuando se deben cubrir grandes distancias es más conveniente utilizar fibras ópticas, ya que éstas presentan menor atenuación que cualquier cable de cobre (coaxial, UTP, multipar, etc.).

La **distorsión** es un fenómeno producido por las características **reactivas**<sup>1</sup> de los circuitos eléctricos que se establecen a través del medio de comunicaciones. En términos prácticos, el efecto es una deformación de la señal original.

El **ruido** es toda perturbación o interferencia no deseada que se introduce en el canal de comunicaciones y se suma a la señal útil. Precisamente su característica principal es la **aditividad**, pues su intensidad se suma a la propia señal de información que se desea transmitir. Por otra parte, el efecto del ruido, que puede ser de origen endógeno y exógeno, es también el de una deformación, aunque de otro tipo.

Por todo lo expuesto, en el esquema de transmisión de datos de los canales de comunicaciones, ya sean analógicos o digitales, se incorporan equipos que intentan resolver los problemas que producen dichos fenómenos. Así en las redes analógicas se utilizan amplificadores para intentar resolver la atenuación, mientras que en las redes digitales se utilizan repetidores regenerativos que permiten regenerar los pulsos luego éstos sufren fundamentalmente el proceso de distorsión.

En las figuras 1-5, 1-6 se muestran esquemas de canales analógicos y digitales, respectivamente. En el ejemplo de la figura 1-5, el transductor de la fuente es el altavoz. La cantidad de amplificadores que se deberá colocar en el recorrido del canal de comunicaciones dependerá de la distancia que debe cubrir cada circuito.

En cuanto al ejemplo de la figura 1-6, los repetidores regenerativos se deberán situar en la práctica a distancias mucho menores. Esta distancia depende del tipo de medio de comunicaciones que se usa; así en el caso de cables de cobre, es del orden del kilómetro.

---

<sup>1</sup> Las características reactivas de un circuito eléctrico están dadas por los efectos que producen la **inductancia** (producida por las bobinas) y la **capacitancia** (producida por los condensadores).

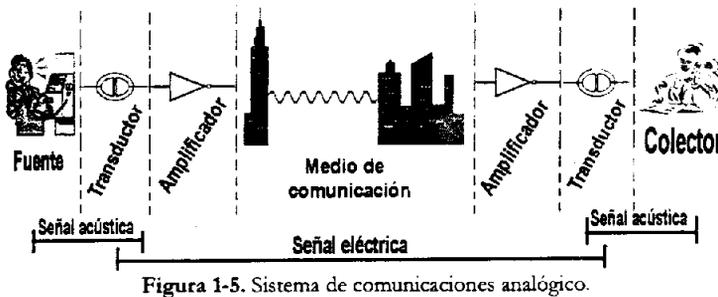


Figura 1-5. Sistema de comunicaciones analógico.

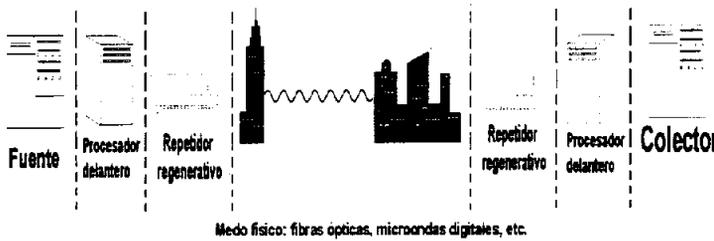


Figura 1-6. Sistema de comunicación digital.

### 1.1.4 MEDIOS QUE TRANSPORTAN SEÑALES ANALÓGICAS

Como ya se dijo, las señales que se transmiten a través de un medio analógico deben amplificarse debido al fenómeno de la atenuación. En la figura 1-7 se muestra como opera un amplificador. Las señales que llegan al amplificador están atenuadas respecto a su amplitud original, y las que salen de él tienen un nivel conveniente para que puedan ser detectadas e interpretadas correctamente en el colector.

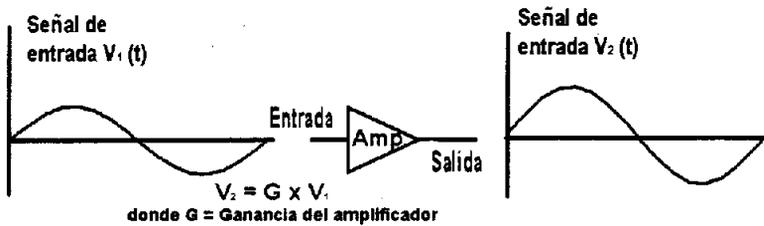


Figura 1-7. Señales de entrada y salida de un amplificador.

Debe tenerse en cuenta que el ruido que acompaña a la señal analógica también es amplificado. Este fenómeno es imposible de evitar en este tipo de canales de comunicación, además, el amplificador tiene su propio ruido interno que se suma a la señal que debe amplificar. En consecuencia, si en un canal analógico se añaden cada vez más amplificadores para resolver el problema de la atenuación, se llega a un punto en el que el ruido es tan grande que la señal original se pierde. Es por ello que el alcance de un canal analógico es finito. Esto no ocurre en los canales digitales por lo que la tendencia actual es la de reemplazar los canales analógicos por digitales.

### 1.1.5 MEDIOS QUE TRANSPORTAN SEÑALES DIGITALES

Cuando un canal transporta señales digitales, éstas deben ser regeneradas debido a la distorsión que se produce en los pulsos transmitidos. Para ello se utilizan los repetidores regenerativos, que mantienen inalterada la forma de las señales hasta llegar al colector.

En la figura 1-8 se muestran las señales que arriban a un repetidor regenerativo y las que salen de él. Como se puede observar cada vez que se regenera un pulso, el ruido que llevaba la señal se elimina, pues los pulsos de salida tienen la misma forma que los pulsos emitidos por la fuente. Por este motivo se puede decir que el alcance de los canales digitales es teóricamente infinito.

Para que las señales digitales puedan ser regeneradas, deben llegar al repetidor con un mínimo de energía y forma a fin de que sean reconocidas. Así, se puede hablar de un umbral de detección por debajo del cual la acción del repetidor ya no es efectiva. Por tanto, la distancia entre repetidores debe ser tal que la señal no se encuentre nunca por debajo de ese umbral.

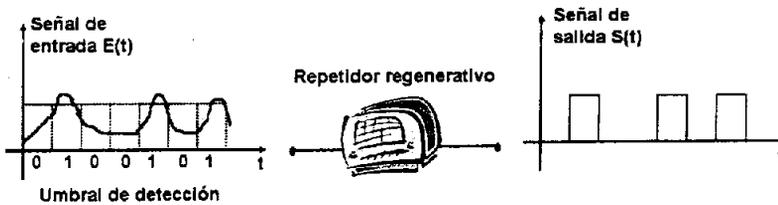


Figura 1-8. Señales de entrada y salida de un repetidor regenerativo.

### 1.1.6 INCOMPATIBILIDAD ENTRE AMBOS TIPOS DE CANALES

Si se consideran las funciones que desempeñan los amplificadores en las redes analógicas y los repetidores regenerativos en las redes digitales, se puede deducir que existen incompatibilidades entre ambos tipos de canales. Así, si una señal digital previamente distorsionada entra a un amplificador, éste amplificará la distorsión de la señal, y, análogamente, si una señal analógica entra a un repetidor regenerativo, éste no produciría efecto útil alguno.

## 1.2 SEÑALES PERIÓDICAS

Para las características de las señales que se transmiten por los medios de comunicaciones es imprescindible estudiar las señales periódicas. Se dice que una señal es periódica, de período  $T$ , cuando resulta:

$$f(t+T) \text{ y } \frac{\partial^n f(t)}{\partial t^n} \Big|_t = \frac{\partial^n f(t)}{\partial t^n} \Big|_{t+T} = \text{para todo } n \quad \text{ecuación (1.1)}$$

En la figura 1-9 se muestra una señal con estas características, donde  $T$  es el período que debe satisfacer la ecuación (1.1).

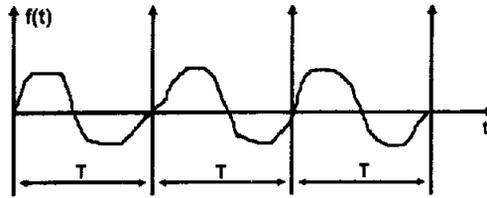


Figura 1-9. Forma de una señal periódica.

Dentro del conjunto de las señales periódicas, veremos en particular dos que resultan de fundamental importancia: la función sinusoidal armónica simple y la función onda cuadrada.

### 1.2.1 FUNCIÓN SINUSOIDAL ARMÓNICA SIMPLE

Unas de las formas más comunes de las señales analógicas es la función sinusoidal armónica simple. Esta señal es la que se genera cuando una espira de alambre gira a velocidad angular constante en el interior de un campo magnético generado por imanes, como se observa en la figura 1-10.

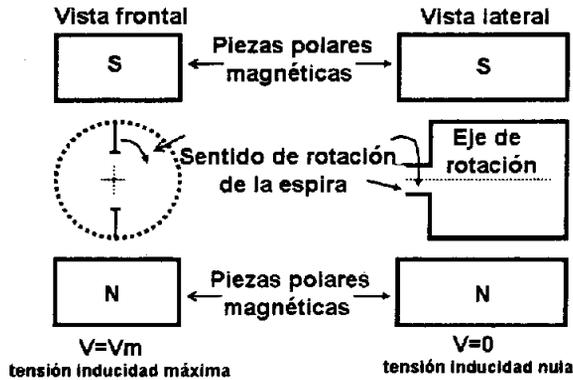


Figura 1-10. Alternador de una espira.

Este supuesto equipo se denomina alternador de una espira, y la fuerza electromotriz que se induce en la espira está dada por la siguiente expresión.

$$f(t) = A \text{sen}(\omega t + \theta) \quad \text{ecuación (1.2)}$$

Donde:

- $A$  = Amplitud.
- $\omega$  = Pulsación angular  $= 2\pi \cdot f$ ;  $f = 1/T$ .
- $\theta$  = Ángulo de fase inicial.
- $T$  = Período.

Como se verá a continuación, cada uno de estos parámetros tiene un significado preciso en la forma de onda generada. En la figura 1-11 se representa gráficamente un ciclo completo de revolución de la espira. En esta figura se muestra la forma de la función, que representa la tensión que se ha generado en la espira en función del ángulo que ésta ha girado con respecto a las piezas polares del imán permanente, hasta completar un ciclo. La rotación continua de la espira genera una señal periódica, donde los valores se repiten cíclicamente (ecuación 1.1). Cuando la espira ha girado  $360^\circ$ , decimos que la señal ha completado un ciclo (que en radianes será igual a  $2\pi$ ).

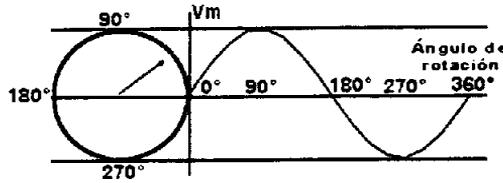


Figura 1-11. Generación de un ciclo de una espira.

De acuerdo con lo indicado en el apartado 1.2.

**PERÍODO:** Es el tiempo que tarda la señal en completar un ciclo. El período se representa por la letra  $T$  y se expresa en segundos. En la figura 1-12 se representa dos ciclos de una señal sinusoidal en función del tiempo.

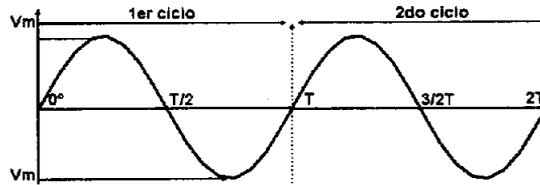


Figura 1-12. Dos ciclos de una señal sinusoidal.

**FRECUENCIA:** Números de ciclos que tiene lugar en un segundo. La frecuencia se mide en hertz<sup>1</sup>.

Una frecuencia de 1 hertz corresponde a un ciclo por segundo. La frecuencia y el período están relacionados por la expresión siguiente:

$$f[\text{hertz}] = \frac{1}{T[s]} \quad \text{ecuación (1.3)}$$

<sup>1</sup> HEINRICH RUDOLF HERTZ, nació en la ciudad de Hamburgo, Alemania, en el año 1857 y falleció prematuramente en el año 1894. Se desempeñó como profesor de física en la Universidad de Karlsruhe y luego en la Universidad de Bonn. Hertz basándose en la teoría electromagnética, que desarrolló el físico escocés JAMES CLERK MAXWELL, tuvo el gran mérito de poder demostrar experimentalmente en 1884, la Teoría Electromagnética de Maxwell, probando la propagación de las ondas electromagnéticas en el vacío, a la velocidad de la luz. Sus experimentos permitieron desarrollar aplicaciones tales como el telégrafo inalámbrico y la radio. La unidad de medida de la frecuencia lleva su nombre en su honor.

Donde:

$$f = \text{Frecuencia [hertz]}$$

$$T = \text{Período [s]}$$

A su vez, la frecuencia y la pulsación están relacionadas por la expresión siguiente:

$$\omega = 2\pi f \quad \text{ecuación (1.4)}$$

En la figura 1-13 se muestra una señal sinusoidal de  $f = 6$  hertz, es decir:

$$T[s] = \frac{1}{6[\text{hertz}]} \quad \text{ecuación (1.5)}$$

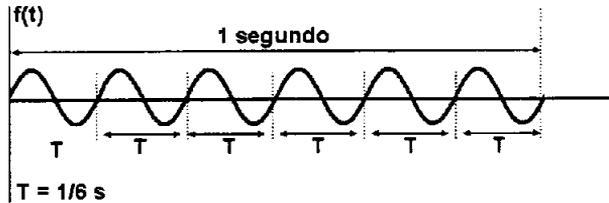


Figura 1-13. Señal sinusoidal de frecuencia a 6 hertz.

Analicemos ahora el papel que desempeña el ángulo de fase inicial,  $\theta$ , en la ecuación (1.2).

$$f(t) = A \text{sen}(\omega t + \theta)$$

Si analizamos esta expresión para el instante  $t = 0$ , resultará:

$$f(0) = A \text{sen} \theta \quad \text{ecuación (1.6)}$$

Es decir el valor de la función en el instante  $t = 0$  depende del valor del ángulo de fase inicial (para valores de  $A$  constantes).

Consideremos ahora dos funciones que sólo difieren en los valores del ángulo de fase inicial,  $\theta$ :

$$\theta_1 = 0; \quad \text{luego,} \quad f_1(\theta_1) = 0 \quad \text{ecuación (1.7)}$$

$$\theta_2 = \frac{\pi}{2}; \quad \text{luego,} \quad f_2(\theta_2) = A \text{sen} \frac{\pi}{2} = A \quad \text{ecuación (1.8)}$$

En la figura 1-14 se representa gráficamente las dos señales estudiadas. Como se puede observar, las dos sinusoides son idénticas excepto en el valor del ángulo de fase inicial. Esta diferencia puede expresarse como una diferencia de fase. Así, se dice que una señal atrasa o

adelanta un cierto número de grados respecto a otra señal que sólo difiere de la anterior en el ángulo de fase. En esta figura la señal  $f_2(t)$  adelanta  $90^\circ$  respecto de la señal  $f_1(t)$ .

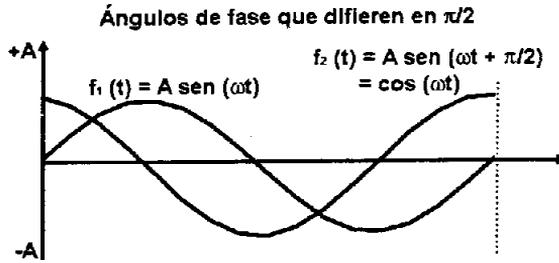


Figura 1-14. Señales sinusoidales.

### 1.2.2 FUNCIÓN ONDA CUADRADA

Una de las formas más comunes de las señales digitales es la función onda cuadrada. Esta señal es generada, normalmente, por equipos denominados generadores de pulsos que se basan en las técnicas de la electrónica digital. En la figura 1-15, se representa gráficamente una señal periódica onda cuadrada.

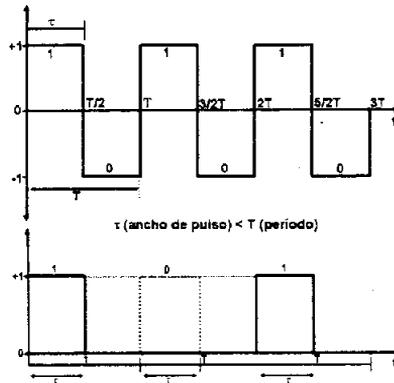


Figura 1-15. Señal periódica onda cuadrada.

La función onda cuadrada se define matemáticamente mediante las siguientes expresiones:

$$f(t) = 1, \text{ para } 0 < t < T/2 \quad \text{y} \quad f(t) = -1, \text{ para } T/2 < t < T \quad \text{ecuación (1.9)}$$

En esta función, los conceptos de **frecuencia**, **periodo** y **amplitud** tiempo el mismo significado. Sin embargo, en este caso la frecuencia también se denomina **frecuencia de repetición de pulsos (FRP)**, y es igual a:

$$FRP = 1/T \quad \text{ecuación (1.10)}$$

### 1.2.3 RELACIÓN ENTRE SEÑALES ANALÓGICAS Y DIGITALES

Las señales periódicas pueden ser caracterizadas tanto por el **valor eficaz de la amplitud** como por el **valor medio de la amplitud**. Cuando la amplitud representa los valores de la tensión de una señal, éstos son los valores eficaces de la tensión; cuando representa los valores de corriente, éstos son los valores medios de la corriente.

El **valor eficaz** se define como aquel que resulta de la siguiente expresión:

$$y_e = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f(t)^2 dt} \quad \text{ecuación (1.11)}$$

Físicamente, el valor eficaz de una señal alterna puede interpretarse como el valor que debería tener una señal continua que ocasionase el mismo efecto sobre la carga que la señal alterna.

El **valor medio** se define como aquel que resulta de la siguiente expresión:

$$y_m = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt \quad \text{ecuación (1.12)}$$

Conocidas las expresiones (1.11) y (1.12), es posible definir el concepto denominado **factor de forma**. Dada una función  $f(t)$ , se denomina **factor de forma, FF**, a la relación entre los valores eficaz y medio de dicha señal

$$FF = \frac{y_e}{y_m} \quad \text{ecuación (1.13)}$$

Dado que el factor de forma de la onda cuadrada es igual a 1, el factor de forma de una señal  $f(t)$  da una idea de la deformación que esa función presenta respecto de una función onda cuadrada de igual período. Cuanto mayor sea este factor para una función dada, más deformada será ésta respecto de la función onda cuadrada.

### 1.2.4 SEÑAL PERIÓDICA MEDIANTE LA SERIE DE FOURIER

La relación entre las distintas funciones periódicas es mucho más amplia que la que existe con el factor de forma de la función onda cuadrada. Toda función periódica que cumpla con las denominadas **Condiciones de Dirichlet**<sup>1</sup> admite ser desarrollada en **Serie de Fourier**<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> *PETER GUSTAV DIRICHLET*, nació en Düren, Alemania y falleció en 1859. Matemático, trabajó en la teoría de los números. Junto con *LOBACHEVSKY*, fueron los primeros de dar el concepto de función, como correspondencia entre dos conjuntos de números reales.

<sup>2</sup> *JEAN BAPTISTE JOSEPH FOURIER*, célebre físico-matemático francés. Nació en la ciudad de Auxerre, en el año 1768 y falleció en el año 1830. En 1816 fue designado Miembro de la Academia de Ciencias y en 1827 de la Academia Francesa. Fue un importante investigador sobre la teoría de la transmisión del calor, que se reflejó en su libro **La Teoría Analítica del calor**. Para el desarrollo de esta teoría, representó las funciones discontinuas como una suma de infinitos términos de senos y cosenos, que recibe en su honor el nombre de **Serie de Fourier**.

Las condiciones de Dirichlet son necesarias y suficientes para que una función  $f(t)$  pueda ser desarrollada en serie de Fourier.

- ☞ La función  $f(t)$  debe ser periódica, de período  $T$ .
- ☞ La función  $f(t)$  debe ser definida y univalente, salvo número finito de puntos, en el intervalo de la integración.
- ☞ La función  $f(t)$  y su derivada  $f'(t)$  deben ser seccionalmente continuas en el intervalo de integración de integración (o continuas por secciones).

### 1.2.5 COEFICIENTES DE LA SERIE DE FOURIER

Toda función que cumpla con las condiciones de Dirichlet admite ser representada por una serie de Fourier.

$$f(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{n=\infty} (a_n \cos(n\omega t) + b_n \text{sen}(n\omega t)) \quad \text{ecuación (1.14)}$$

Donde:

$T$  = Período de la señal  $f(t)$ .

$\omega = 2\pi/T$  = pulsación de la señal  $f(t)$ .

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt; \quad \text{ecuación (1.15)}$$

$$a_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \cos(n\omega t); \quad \text{ecuación (1.16)}$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_{-T/2}^{T/2} f(t) dt \text{sen}(n\omega t); \quad \text{ecuación (1.17)}$$

En consecuencia, reemplazando los coeficientes  $a_n$ ,  $a_0$  y  $b_n$  en la expresión (1.14), resultará:

$$f(t) = \frac{4}{\pi} + \sum_{n=\text{impar}}^{n=\infty} \frac{1}{n} \text{sen}(n\omega t)$$

Desarrollando esta expresión se obtiene la siguiente serie de senos:

$$f(t) = \frac{4}{\pi} \left[ \text{sen}(\omega t) + \frac{1}{3} \text{sen}(3\omega t) + \frac{1}{5} \text{sen}(5\omega t) + \frac{1}{7} \text{sen}(7\omega t) + \dots + \frac{1}{n} \text{sen}(n\omega t) \right]$$

Este resultado demuestra que la señal onda cuadrada también se puede expresar mediante la suma de infinitas funciones sinusoidales, todas de diferente frecuencia, que se denominan armónicas.

Si se tomaran solamente algunos términos de la serie, se tendría una aproximación a la función señalada, que será más precisa, cuando más términos de la serie se consideren. Como se expresó anteriormente, cuando se tomen los infinitos términos, la serie representará fielmente a la función onda cuadrada original.

Los canales de comunicaciones, al poseer un ancho de banda acotado o finito, no permiten el pasaje de las infinitas armónicas necesarias para reconstruir la señal onda cuadrada a la salida de dicho canal. El canal no deja pasar nada a partir de cierta armónica, con lo cual la señal a la salida del mismo se encuentra distorsionada o deformada y da a errores en la determinación de los unos y ceros transmitidos.

### 1.2.6 EXPRESIÓN COMPLEJA DE LA SERIE DE FOURIER

Para analizar una señal en el dominio de la frecuencia resulta conveniente recurrir a la llamada expresión compleja del desarrollo en serie de Fourier.

$$f(t) = \frac{1}{T} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_n e^{jn\omega t} \quad \text{ecuación (1.18)}$$

Donde:

$$C_n = \int_{-T/2}^{+T/2} f(t) e^{-jn\omega t} dt \quad \text{ecuación (1.19)}$$

### 1.2.7 ESPECTRO DE AMPLITUD Y ESPECTRO DE FASE

En muchos casos relacionados con las comunicaciones digitales es necesario tener las gráficas de los denominados espectros de amplitud y espectros de fase.

Se denomina **amplitud del espectro** a la expresión:

$$C_n = \sqrt{a_n^2 + b_n^2} \quad \text{ecuación (1.20)}$$

Se denomina **fase de espectro** a la expresión:

$$\theta_n = \arctg\left(-\frac{b_n}{a_n}\right) \quad \text{ecuación (1.21)}$$

Se observa que para cada valor discreto de  $n$  tendremos un valor de amplitud  $C_n$  y un valor de fase  $\theta_n$ . Basándose en estas expresiones, se pueden construir gráficos como el de la figura 1-16 que muestren el comportamiento de la función en amplitud y en fase. En particular:

- ☞ Gráfico de la amplitud del espectro.
- ☞ Gráfico de la fase del espectro.

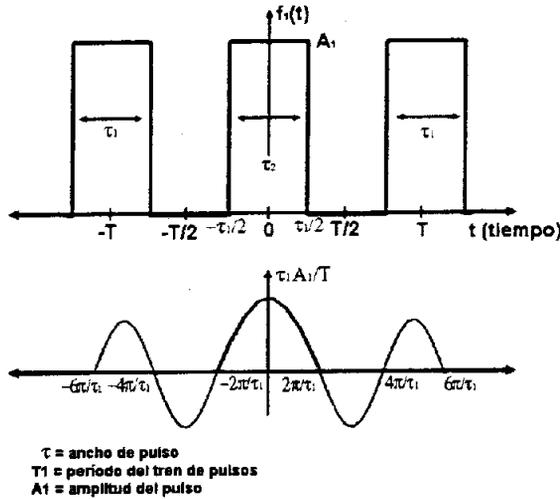


Figura 1-16. Señal representada mediante la Serie de Fourier.

### 1.3 ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las señales se propagan por los medios en forma de ondas electromagnéticas. Este concepto vale tanto para la propagación en medios conductores (por ejemplo cables de cobre) como para la propagación en medios dieléctricos, como es el caso del vacío o del aire (señales de radio, sistemas de microondas).

En el primer caso se aplica la **ecuación de difusión**, por cuanto las señales se propagan en los medios conductores de la misma manera que las ondas de calor. En el segundo caso para los medios dieléctricos, se cumple con la **ecuación de onda**.

El campo electromagnético está constituido por la interacción de dos campos: el **campo eléctrico**  $\vec{E} = E(x, y, z, t)$  y el **campo magnético**  $\vec{H} = H(x, y, z, t)$ . Las ecuaciones de Maxwell<sup>1</sup> relacionan con toda precisión la interacción entre ambos campos. Es decir, un campo eléctrico variable genera un campo magnético variable y, viceversa, un campo magnético variable genera un campo eléctrico variable (figura 1-17).

<sup>1</sup> *JAMES CLERK MAXWELL*, es uno de los físicos más importantes de la historia científica de la humanidad. Nació en el 1831, en la ciudad de Edimburgo, Escocia y falleció a los 48 años en 1879. Estudió en las Universidades de Edimburgo y de Cambridge; y se desempeñó como profesor de física en la Universidad de Aberdeen desde 1856 a 1860. En 1871 fue designado primer profesor de física experimental en la Universidad de Cambridge. Si bien este destacado investigador desempeñó un importante papel en el desarrollo de la **Teoría Cinética de los Gases**, que permitió explicar la naturaleza de los gases, y trabajó en otros importantes temas, tales como la termodinámica y la teoría del calor, su trabajo cumbre es el desarrollo de la **Teoría Electromagnética** y planteó lo que hoy se conoce como las **Ecuaciones de Maxwell**. En ellas, a través de cuatro ecuaciones diferenciales, se demuestran la relación que existe entre los campos eléctricos y magnéticos en términos de las magnitudes **espacio y tiempo**. Estos tratados fueron publicados en 1873, en su obra *TREATISE ON ELECTRICITY AND MAGNETISM* (Tratado de Electricidad y magnetismo). Maxwell no pudo demostrar por medios experimentales su **Teoría Electromagnética**, tarea que llevo a cabo Hertz en 1888.

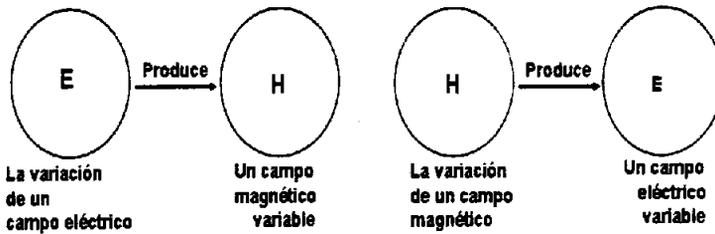


Figura 1-17. Interrelación entre ambos campos.

### 1.3.1 ECUACIONES DE MAXWELL

El primero en verificar las ecuaciones de Maxwell y observar la propagación de los campos magnéticos y eléctricos fue Hertz, en 1898. Maxwell, con una visión genial, logró resumir un conjunto de experimentos electromagnéticos realizados por varios físicos de una generación que sentó las bases de las leyes de la electricidad y del magnetismo.

Las ecuaciones de Maxwell resumen, de una manera sencilla pero completa, los trabajos que había venido realizando importantes investigadores de esa generación, tales como COULOMB<sup>1</sup> (cargas electrostáticas), AMPÈRE<sup>2</sup> (campos magnéticos generados por corrientes eléctricas), OERSTED<sup>3</sup> (fenómenos electromagnéticos), GAUSS<sup>4</sup> (campos magnéticos) y FARADAY<sup>5</sup> (inducción electromagnética).

Maxwell resumió las propiedades conocidas de los fenómenos eléctricos y magnéticos en cuatro ecuaciones. En la figura 1-18 se pueden observar estas cuatro ecuaciones.

La primera relaciona el campo eléctrico  $E$  que atraviesa una superficie  $A$  (por ejemplo una esfera) con la carga eléctrica  $Q$  contenida dentro de la superficie.

La segunda ecuación relaciona el campo magnético  $B$  que atraviesa una superficie  $A$  con la carga magnética contenida en la superficie, y afirma que dicha carga es nula, es decir, que no existen cargas magnéticas.

<sup>1</sup> CHARLES AUGUSTIN DE COULOMB, nació en 1736 en la ciudad de Angoulême, Francia. Ingeniero militar y físico estudió la relación existente entre las cargas electrostáticas y las fuerzas mecánicas formulando la ley que lleva su nombre. Falleció en el año 1806.

<sup>2</sup> ANDRÉ MARIE AMPÈRE, nació en 1775 en la ciudad de Polémieux-au-Mont-d'Or, Francia. Matemático, físico y químico, realizó numerosos descubrimientos en el campo de la física, en especial referidos a la generación de campos magnéticos producidos por corrientes eléctricas. Llegó a formular una ley que lleva su nombre. Su primera publicación fue sobre la teoría de la probabilidad. Falleció en 1836.

<sup>3</sup> HANS CHRISTIAN OERSTED, nació en 1777 en Rudkøbing, Dinamarca. Fue el primer investigador que descubrió la existencia de efectos electromagnéticos provocados por corrientes eléctricas. Fue profesor de Instituto Politécnico de Copenhague. Falleció en 1851.

<sup>4</sup> KARL FRIEDRICH GAUSS, nació en 1777 en la ciudad de Braunschweig, Alemania. Estudió en el Collegium Carolinum y en la ciudad de Göttingen. Se destacó en el campo de la matemática por sus trabajos sobre la teoría de los números, la geometría no euclidiana y la teoría de la probabilidad. En el campo de la física realizó importantes estudios sobre los campos magnéticos. Falleció en 1855.

<sup>5</sup> MICHAEL FARADAY, nació en 1791 en Newington, Condado de Surrey, Inglaterra. De origen humilde, fue un destacado químico y físico que se caracterizó por realizar numerosos experimentos de laboratorio, que le llevaron a descubrir las leyes de la inducción electromagnética y de la electrólisis. Falleció en 1867.

La tercera ecuación describe dos formas de inducir un campo magnético  $B$  en una espira circular  $I$ . Una de ellas implica el movimiento de cargas en una corriente eléctrica  $I$ , y la otra implica un flujo eléctrico variable.

La cuarta ecuación describe la forma de inducir un campo eléctrico  $E$  mediante un flujo magnético variable. La variación de un flujo depende de la variación del campo ( $E$  o  $B$ ) y de la superficie  $A$  atravesada por el mismo.

$$\begin{aligned} & \text{(Ley de Gauss)} \\ & \int E \cdot dA = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \mathbf{1} \\ & \text{(Carga magnética nula)} \\ & \int B \cdot dA = \mathbf{0} \quad \mathbf{2} \\ & \text{(Ley de Ampère)} \\ & \oint B \cdot dl = \mu_0 \left( I + \epsilon_0 \frac{d\Phi}{dt} \right) \quad \mathbf{3} \\ & \text{(Ley de Faraday)} \\ & \oint E \cdot dl = - \frac{d\Phi}{dt} \quad \mathbf{4} \end{aligned}$$

Figura 1-18. Ecuaciones de Maxwell.

Una de las consecuencias más importantes de estas ecuaciones es la que indica que el campo electromagnético se propaga con una velocidad finita, que depende del medio en el cual se propaga. En caso del vacío, la velocidad de propagación coincide con la velocidad de la luz<sup>1</sup>.

La importancia de la ecuaciones de Maxwell es tal, que toda la electrónica moderna está prácticamente basada en ellas. Otras conclusiones importantes de estas ecuaciones son las siguientes:

- ☞ Las fuentes o colectores del campo eléctrico son las cargas.
- ☞ El campo magnético no tiene fuentes ni colectores, es decir, es un campo de divergencia nula.
- ☞ La energía fluye del campo eléctrico al magnético y de éste nuevamente al primero.

Si no hubiera resistencia del medio, la energía permanecería oscilando de uno a otro, pero precisamente esta condición de los medios hace que parte de la energía se disipe como calor (efecto Joule).

### 1.3.2 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las ondas electromagnéticas se propagan de manera que los planos que contienen los vectores campo eléctrico y magnético forman entre sí un ángulo de 90°. A su vez, ambos son normales a la dirección de propagación, según se puede observar en la figura 1-19.

<sup>1</sup> Aproximadamente,  $c = 300\,000$  km/s.

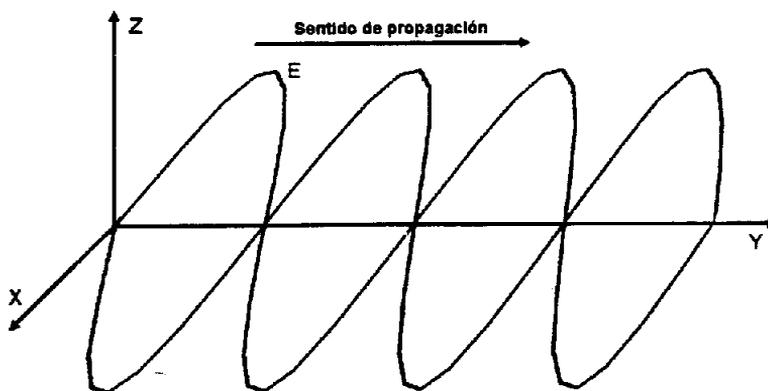


Figura 1-19. Propagación de una onda electromagnética.

La expresión de las ondas electromagnéticas para el caso más sencillo es: el de una onda plana que se propaga en la dirección del eje  $Oy'$  tal como la de la figura 1-19; y cuyo periodo es:

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \quad \text{ecuación (1.22)}$$

En este caso, las ecuaciones de propagación de los vectores  $E$  y  $H$  serán las siguientes:

$$E = E_0 \cos \omega \left( t - \frac{y}{v} \right) \quad \text{ecuación (1.23)}$$

$$H = H_0 \cos \omega \left( t - \frac{y}{v} \right) \quad \text{ecuación (1.24)}$$

Donde:

$E_0$  = Amplitud de la intensidad del campo eléctrico.

$H_0$  = Amplitud de la intensidad del campo magnético

$v$  = Velocidad de propagación de la onda.

Los vectores  $\vec{E}$  y  $\vec{H}$  están situados perpendicularmente a la dirección de propagación de la onda electromagnética. Así, cuando el  $\vec{E}$  está orientado según el eje  $O_x$ , y el vector  $\vec{H}$  según el  $O_x$ , la dirección de propagación tiene la dirección del eje  $O_y$ .

Teniendo en cuenta las ecuaciones de Maxwell para el campo electromagnético y las restricciones antes señaladas, la ecuación de propagación del vector campo eléctrico será:

$$\frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial y^2} = \frac{\mu \varepsilon}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} \quad \text{ecuación (1.25)}$$

Donde:

$\epsilon$  = Constante dieléctrica relativa del medio.

$\mu$  = Permeabilidad magnética relativa del medio.

$c$  = Velocidad de la luz en el vacío.

$\frac{\partial \bar{E}}{\partial t}$  = derivada parcial del vector  $E$  respecto del tiempo.

$\frac{\partial \bar{E}}{\partial y}$  = derivada parcial del vector  $E$  respecto de  $y$ .

Como la constante dieléctrica y la permeabilidad magnética dependen del medio, la velocidad de propagación de la onda también dependerá del medio:

$$v = \frac{c}{\sqrt{\mu\epsilon}} \quad \text{ecuación (1.26)}$$

$$c^2 = \frac{\mu\epsilon}{v^2} \quad \text{ecuación (1.27)}$$

Por lo que la ecuación (1.25) resulta la llamada **Ecuación de Onda**, que puede ser escrita también de la siguiente manera:

$$\frac{\partial^2 \bar{E}}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \bar{E}}{v^2 \partial t^2} \quad \text{ecuación (1.28)}$$

La solución de la ecuación (1.28) es la siguiente:

$$\bar{E}(t; y) = E_0 \cos \omega \left( t - \frac{y}{v} \right) \quad \text{ecuación (1.29)}$$

Esta expresión se denomina **solución de la ecuación de onda** precisamente porque es función simultánea del espacio y del tiempo.

Es importante considerar un parámetro que se denomina **longitud de onda**,  $\lambda$ , que es la distancia que la onda recorre durante un tiempo igual a un período.

$$\lambda = vT \quad \text{ecuación (1.30)}$$

Donde:

$\lambda$  = Longitud de onda.

$v$  = Velocidad de la luz.

$T$  = Período de la señal.

Reordenando, esta expresión puede escribirse como sigue:

$$v = \frac{\lambda}{T} \quad \text{ecuación (1.31)}$$

Y recordando que la frecuencia es la inversa del periodo, también puede escribirse así:

$$v = \lambda f \quad \text{ecuación (1.32)}$$

Si como caso particular resulta  $v = c$  (velocidad de la luz), la ecuación (1.32) toma la forma siguiente:

$$c = \lambda f \quad \text{ecuación (1.33)}$$

Donde la velocidad de la luz está expresada en función de la longitud de onda y la frecuencia de la onda electromagnética.

#### 1.4 ESPECTRO DE FRECUENCIAS ELECTROMAGNÉTICAS

La finalidad de todo sistema de comunicaciones es el de comunicar información entre dos o más puntos, con la menor tasa de errores posible. Las comunicaciones se denominan comúnmente **punto a punto** cuando se establecen vínculos entre dos equipos; **punto a multipunto**, cuando desde un equipo se efectúan comunicaciones con varios puntos; o **difusión**, cuando un equipo solamente transmite y muchos otros solamente reciben<sup>1</sup>.

En muchos casos, las comunicaciones se realizan transmitiendo ondas electromagnéticas, ya sea a través de medios conductores (cable de cobre, coaxiales, etc.), del espacio libre (como ondas de radio) o de fibras ópticas (como ondas de luz). Un elemento determinante en la caracterización de la energía electromagnética es la frecuencia de cada onda transmitida. El rango de frecuencias que se utiliza hoy en día es tan amplio que podría decirse que es casi infinito. Nos atrevemos a expresarnos así porque se conocen y se han medido ondas de hasta  $10^{22}$  hertz, como es el caso de los rayos cósmicos.

Recordando la expresión (1.33), es posible determinar la longitud de onda de todas las frecuencias del espectro electromagnético. Sin embargo, para identificar las ondas de radio se utiliza preferentemente la frecuencia. Así, es frecuentemente oír decir que una radiodifusora se sintoniza, por ejemplo, en la frecuencia de 1190 kHz en la banda AM; pero, cuando se habla de tecnologías asociadas a servicios de telecomunicaciones, es más común oír decir frases como esta: "tengo un enlace de microondas para transmisión de voz a 64 kbps". Se observa que en ambos casos se hace referencia a la misma relación, pues  $c$  es una constante. En el primer caso se hace referencia a la frecuencia de transmisión, en el segundo, a su longitud de onda.

$$c = \lambda f$$

<sup>1</sup> Este es el caso de las emisiones de estaciones públicas de radio, que precisamente reciben el nombre de **radiodifusoras** porque utilizan esta modalidad.

La clasificación de las frecuencias en segmentos según sus características es lo que se denomina espectro de frecuencias. La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) lo ha dividido en bandas que reciben distintas denominaciones (figura 1-20).

Nº	INTERVALO	ABR. IATA	NOMBRE	OBSERVACIONES
1	0 a 30 Hz			Hz
2	30 a 300 kHz	VLF	Frecuencias extremadamente bajas	kHz = hertz
3	300 a 3 MHz	LF	Frecuencias de voz	kHz = 10 <sup>3</sup> hertz
4	3 a 30 kHz	MF	Frecuencias muy bajas	kHz = kilohertz
5	30 a 300 kHz	LF	Frecuencias bajas	
6	300 a 3 MHz	MF	Frecuencias medias	MHz = 10 <sup>6</sup> hertz
7	3 a 30 MHz	HF	Frecuencias altas	MHz = megahertz
8	30 a 300 MHz	VHF	Frecuencias muy altas	
9	300 a 3 GHz	UHF	Frecuencias ultra altas	GHz = 10 <sup>9</sup> hertz
10	3 a 30 GHz	SHF	Frecuencias super altas	GHz = gigahertz
11	30 a 300 GHz	EHF	Frecuencias extremadamente altas	
12	0,3 a 3 THz		Luz infrarroja	THz = 10 <sup>12</sup> hertz
13	3 a 30 THz		Luz infrarroja	THz = terahertz
14	30 a 300 THz		Luz infrarroja	
15	0,3 a 3 PHz		Luz visible	PHz = 10 <sup>15</sup> hertz
16	3 a 30 PHz		Luz ultravioleta	PHz = petahertz
17	30 a 300 PHz		Rayos X	
18	0,3 a 3 EHz		Rayos gamma	EHz = 10 <sup>18</sup> hertz
19	3 a 30 EHz		Rayos cósmicos	EHz = exahertz
20	30 a 300 EHz		Rayos cósmicos	

Figura 1-20. Bandas del espectro de frecuencias.

El ser humano, a partir del conocimiento de la forma en que se propagan las ondas electromagnéticas, ha ido usando cada una de las frecuencias para distintas aplicaciones. En la figura 1-21 se muestra una gráfica del espectro de frecuencias electromagnéticas en la que se indica las aplicaciones más importantes de cada uno de los intervalos de frecuencia. Los intervalos de frecuencia corresponden con los intervalos de longitud de onda, relación que viene dada a través de la expresión (1.33).

Longitud de onda	10 km	1 km	100 m	10 m	1 m	10 cm	1 cm	1 mm	0,1 mm
Frecuencia	30 kHz	300 kHz	3 MHz	30 MHz	300 MHz	3 GHz	30 GHz	300 GHz	3000 GHz
Designación	VLF	LF	MF	HF	VHF	UHF	SHF	EHF	SEHF
Banda	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Aplicaciones	Audio	Radio AM	Radio FM	TV	Micronondas	Radar	Satélite	Infrarrojo	

Figura 1-21. Espectro de frecuencias electromagnéticas.

## 1.5 ANCHO DE BANDA

El concepto de ancho de banda es uno de los más importantes y actuales en el campo de las telecomunicaciones. Denominaremos ancho de banda de una señal a lo siguiente:

**“Intervalo de frecuencia para las cuales la distorsión y la atenuación permanecen bajo límites determinados y constantes. Los valores que se toman como valores de referencia pueden ser arbitrarios.”**

$$\Delta f = f_2 - f_1 \quad \text{ecuación (1.34)}$$

Si bien los límites pueden ser arbitrarios, en la generalidad de los casos, se definen para una atenuación de 3 dB<sup>1</sup> con respecto al valor que tiene la señal a la frecuencia de referencia, según se observa en la figura 1-22.

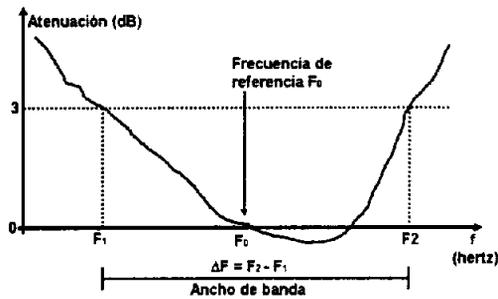


Figura 1-22. Atenuación de una señal en función de la frecuencia.

Los valores de  $f_1$  y  $f_2$  se denominan límites inferior y superior del ancho de banda de una señal. La atenuación de la señal es de 3 dB respecto al valor  $f_0$  de referencia, que se encuentra a 0 dB.

### 1.5.1 CONCEPTO DE ANCHO DE BANDA

La limitación más importante para el funcionamiento de un sistema de comunicaciones es precisamente el ancho de banda del canal que se está usando.

El ancho de banda de un canal está directamente relacionado con la cantidad de información que puede pasar a través de él. En términos matemáticos, su valor indica cuantas armónicas del desarrollo en Serie de Fourier de la señal que se desea transmitir pueden pasar con una atenuación razonable.

La capacidad de información de un sistema de telecomunicaciones hace referencia a la cantidad de información generada en la fuente que puede pasar al colector por unidad de tiempo.

<sup>1</sup> El decibel es una unidad de medida para indicar la relación entre potencias, tensiones o corrientes entre dos valores conocidos. En realidad, es un submúltiplo del Bel, en honor del célebre inventor ALEXANDER GRAHAM BELL. Es una unidad de medida relativa, pues no tiene un valor patrón de comparación.

La capacidad de información de un sistema de telecomunicaciones está dada por el ancho de banda disponible en el canal.

Al ser un intervalo de frecuencias, la unidad del ancho de banda es de 1/s; sin embargo, en términos prácticos, cuando los canales son analógicos se habla de ancho de banda en hertz (o sus múltiplos<sup>1</sup>); y cuando los canales son digitales, en bits/s (o sus múltiplos<sup>2</sup>).

En el caso de un canal de voz es común hablar de canales de 3.1 kHz y de 4 kHz, en el caso de canales digitales de datos son habituales los anchos de banda de 64 Kbps y de 2,048 Mbps. Cuanto mayor es la cantidad de información que se necesita enviar, mayor deberá ser el ancho de banda para transmitirla.

En la tabla 1-1 se indican algunos de los anchos de banda aproximados que necesitan las aplicaciones más comunes.

Nº	Formas de información	Ancho de banda
1	Canal telefónico de voz (par de abonado)	3.1 kHz
2	Canal de voz analógico por onda portadora	4 kHz
3	Música de alta fidelidad (HI FI)	16 kHz
4	Disco compacto	22 kHz
5	Canal de radio de FM	200 kHz
6	Canal de televisión (CATV)	6 MHz
7	Teléconferencia (a través de redes digitales ISDN)	128 kbps

Tabla 1-1. Anchos de banda de diferentes aplicaciones.

Las tarifas que se pagan para transmitir señales de voz, datos, textos e imágenes por los distintos medios de comunicaciones son, en la mayoría de los casos, proporcionales al ancho de banda que es necesario usar para que la información llegue con fidelidad y calidad adecuada.

### 1.5.2 EFECTO DEL ANCHO DE BANDA SOBRE UNA SEÑAL

Cuando una señal cuadrada, rectangular o en general cualquier señal digital pasa a través de un soporte físico, siempre sufre una deformación producida por la limitación que origina lo que se denomina el ancho de banda pasante del medio. En la figura 1-23 se puede ver como la señal se deforma a medida que el ancho de banda disminuye.

El ancho de banda pasante es el intervalo de frecuencias (recordar ecuación (1.34))

$$\Delta f = f_2 - f_1 \text{ tal que:}$$

- ☞ Las componentes de la serie de Fourier, cuyas frecuencias están comprendidas entre esos límites, sufren atenuaciones de hasta 3 dB.
- ☞ Las que se encuentran por arriba y por debajo de esos límites son atenuadas más frecuentemente y el medio actúa como un filtro que sólo deja pasar, a efectos prácticos, las del ancho de banda señalado.

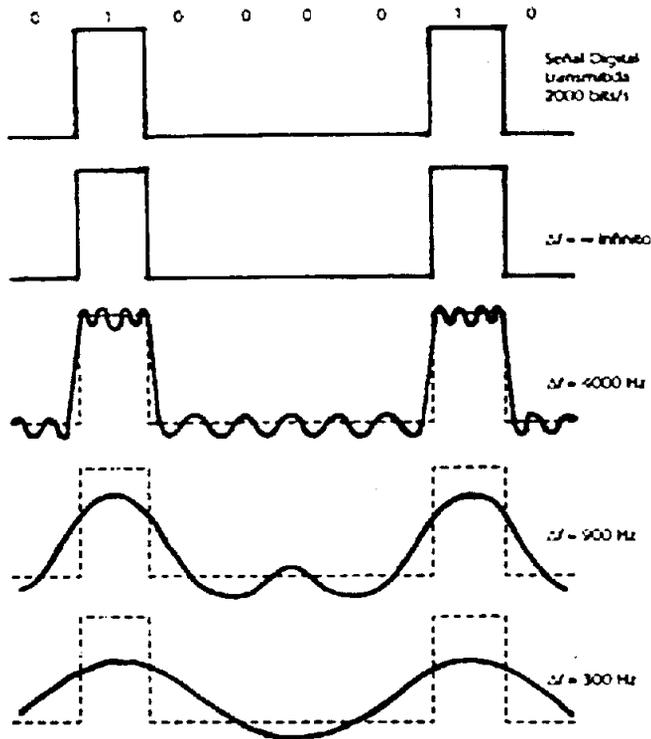
<sup>1</sup> KHz (kilohertz), MHz (megahertz), etc.

<sup>2</sup> Kbps (kilobit/s), Mbps (megabit/s), etc.

Se dice entonces que el medio de comunicaciones se comporta con un **filtro pasa banda**.

Estos filtros tienen la característica de dejar pasar las frecuencias comprendidas dentro de una banda, cuyos límites están dados precisamente por el valor más alto y el más bajo de lo indicado.

Si el ancho de banda fuera infinito, es decir,  $f = 0$  y  $f = \infty$ , entonces todas las armónicas de la señal pasarían sin atenuación y por lo tanto la señal no sufriría deformación alguna. Sin embargo, en la práctica esto no sucede y a medida que el ancho de banda es menor, mayor es la deformación de la señal.



Donde  $\Delta f$  es el ancho de banda del canal de comunicaciones

Figura 1-23. Señal deformada al disminuir el ancho de banda.

## 1.6 RADIOCOMUNICACIÓN

Sistema de comunicaciones por radiocomunicación:

“Técnicas que permiten el intercambio de información entre dos puntos geográficos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas”.

Las ondas electromagnéticas se propagan a la velocidad de la luz, aproximadamente a 300,000 km/s, debido a su comportamiento ondulatorio. En la figura 1-24 se muestra un sistema formado por un transmisor, que entrega su potencia de salida a una antena transmisora, y, a una cierta distancia de él, se encuentra una antena receptora, que recibe la señal para su posterior derivación a un equipo que la procesa a fin de extraer la información transmitida. Entre las antenas transmisora y receptora se produce la propagación de ondas electromagnéticas.

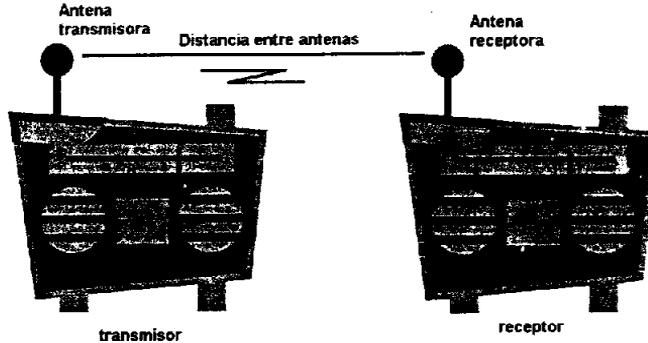


Figura 1-24. Sistema de Radiocomunicaciones.

Los sistemas de radiocomunicaciones tienen diversos usos, que dependen de la frecuencia de trabajo de los equipos transmisor y receptor, tal como se indica en la tabla 1-2. En la relación con la transmisión de datos:

- ☛ El uso en las bandas de UHF, para la transmisión de señales de datos por vía radioeléctrica.
- ☛ En las bandas de longitudes de ondas micrométricas, para el servicio de microondas.

Banda de frecuencias	Designación	Longitud de onda	Uso de comunicaciones
300 kHz – 3 MHz	MF	1 km – 100 m	Radiodifusión AM
3 MHz – 30 MHz	HF	100 m – 10 m	Onda corta (radioaficionados)
30 MHz – 300 MHz	VHF	10 m – 1 m	TV, Radio FM, Radio-llamadas
300 MHz – 3 GHz	UHF	1 m – 10 cm	Microondas, TV
3 GHz – 30 GHz	SHF	10 cm – 1 cm	Microondas Satélite

Tabla 1-2. Bandas de frecuencia empleadas en las comunicaciones.

### 1.6.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS

La existencia de ondas electromagnéticas, producidas por una corriente eléctrica oscilante de frecuencia alta, fue demostrada por primera vez por Heinrich Hertz en 1888. Estas ondas de energía electromagnética se conocen con el nombre de ondas de radio u ondas hercianas (o hertzianas); este último nombre en honor de descubridor.

Las ondas hercianas son fundamentalmente similares a las de la luz, pues ambas presentan características electromagnéticas.

## 1.6.2 ESPECTRO DE RADIOFRECUENCIAS

El espectro electromagnético se extiende sobre toda la gama de frecuencias utilizadas. En el apartado 1.4 se detallaron las bandas de frecuencias y los equipos y/o sistemas más característicos correspondientes a todo el espectro electromagnético.

En la tabla 1-2 se indican exclusivamente las bandas correspondientes al uso del espectro electromagnético para los sistemas de comunicaciones radioeléctricos. La propagación en cada una de estas bandas tiene características diferentes. Sin embargo, se puede decir que a medida que la frecuencia de la señal aumenta y consecuentemente la longitud de onda disminuye, las ondas tienden a comportarse de forma similar a las señales luminosas. Éstas buscan la trayectoria rectilínea entre las antenas transmisora y receptora.

## 1.6.3 NATURALEZA DE LAS ONDAS DE RADIO

Cuando se aplica una potencia de radiofrecuencia a una antena, los electrones contenidos en el metal comienzan instantáneamente a oscilar. Estos electrones en movimiento, constituyen una corriente eléctrica que produce la aparición de un campo magnético concéntrico al conductor (antena) y un campo electrostático cuyas líneas de fuerza son perpendiculares a las líneas de fuerza del campo magnético. Cuando la onda sinusoidal fluye a través del conductor de la antena, los campos eléctricos y magnéticos resultantes varían en forma y valor siguiendo paso a paso las variaciones de la corriente que les da origen.

La velocidad de las ondas de radio que viajan en el espacio libre es igual a la velocidad de la luz. Recordando la ecuación (1.33), que expresa la relación entre la **longitud de onda** y la **frecuencia**. Esta ecuación permite determinar, para una onda cualquiera y en el espacio libre, la longitud de onda cuando se conoce la frecuencia y, viceversa, la frecuencia cuando se conoce la longitud de onda. La longitud de onda es un parámetro importantísimo, dado que las dimensiones finales de las antenas están directamente relacionadas con la **longitud de onda** que corresponde a la frecuencia de emisión del transmisor.

## 1.7 PROPAGACIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO

Las ondas de radio, como se mencionó, se propagan básicamente en función de su frecuencia de emisión.

Las señales de radio se pueden propagar según los siguientes modos:

1. Propagación en línea recta.
2. Propagación por onda terrestre.
3. Propagación por onda espacial o ionosférica.

### 1. Propagación de línea recta o de alcance visual:

En los casos de las señales de frecuencia muy altas, la única manera de realizar la comunicación es que las antenas "puedan verse"; es decir, que puedan unirse mediante una línea

recta. Los obstáculos que se puedan interponer entre ellas afectarán a las señales según las frecuencias de operación.

## 2. Propagación por onda terrestre:

En este tipo de propagación se observa que las ondas terrestres mantienen contacto permanente con la superficie terrestre, desde la antena transmisora hasta la receptora. Como resultado de ello, su movimiento sobre el terreno provoca la aparición de corrientes eléctricas que debilitan la onda original a medida que la misma se aleja de la antena transmisora.

A una determinada distancia a partir de la antena transmisora, que depende de la potencia emitida y también de la frecuencia, la amplitud de la onda terrestre disminuye continuamente hasta que se anula. A medida que la longitud de onda disminuye, las corrientes inducidas en el terreno debilitan tanto la onda terrestre, que la pérdida total de energía provoca su desaparición. Por lo tanto, este tipo de propagación es exclusivamente utilizado en las frecuencias medias y altas.

## 3. Propagación por onda espacial o ionosférica:

Excepto para algunas comunicaciones locales, que pueden realizarse por onda terrestre, la mayoría de las comunicaciones comprendidas en las frecuencias que se extienden de 3 a 30 MHz, o banda de frecuencias altas (HF), se efectúan por onda espacial. Este tipo de onda de radio, emitida desde una antena transmisora, es refractada por la ionósfera y retorna a la tierra, como se observa en la figura 1-25.

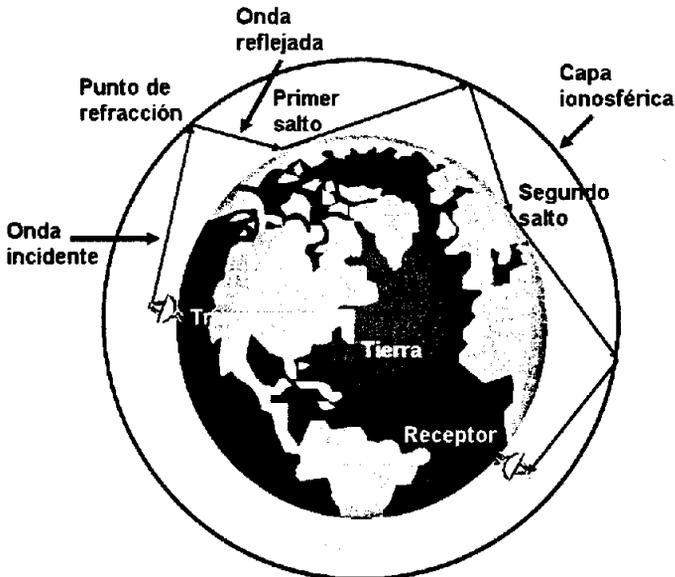


Figura 1-25. Refracción de las ondas de radio en la ionósfera.

## 1.7.1 CAPAS IONOSFÉRICAS

La ionósfera es una zona formada por las ondas electromagnéticas provenientes del sol y está conformada por las siguientes capas o regiones, figura 1-26:

- ☞ Región D.
- ☞ Capa E.
- ☞ Capa F1.
- ☞ Capa F2.

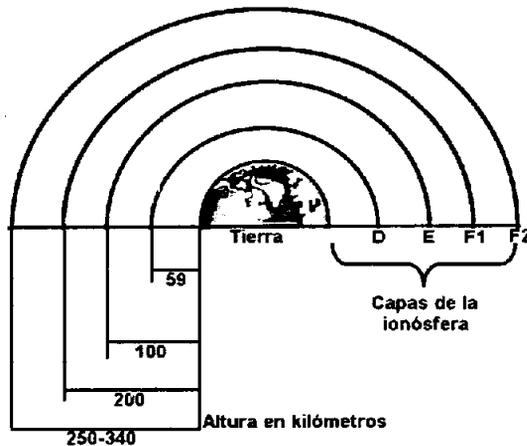


Figura 1-26. Estructura de la ionósfera.

Cuando una onda electromagnética, de longitud de onda correspondiente al ultravioleta, choca contra un átomo en la atmósfera, el resultado más probable es que algunos o varios electrones del átomo salten de un orbital interno a otro más externo, absorbiendo energía de la onda incidente. La adsorción de energía puede ser suficiente para desprender completamente al electrón de su átomo. Por lo que este último queda cargado positivamente y se conoce como **ion positivo**. Por lo tanto, las ondas ultravioletas del sol, al pasar a través de la atmósfera, crean pares de iones positivos y electrones libres. La densidad de iones depende fundamentalmente de la radiación solar, así como de la densidad de la atmósfera.

Las capas ionizadas (ionósfera) de la atmósfera son las inferiores formándose así un tamaño esférico alrededor de la superficie terrestre, cuyas condiciones de propagación son diferentes de las del resto de la atmósfera. Esto ocasiona que las ondas de radio que provengan de la Tierra con un cierto ángulo de incidencia, sean refractadas por las diferentes capas de la ionósfera y se pierdan en el espacio exterior.

Estas transmisiones son inestables al depender del comportamiento de la ionósfera. Sin embargo, este comportamiento puede predecirse con un determinado margen de error. La ionósfera es una zona de la atmósfera afectada por la radiación ultravioleta del sol, rayos cósmicos, materiales, etc. Laboratorios especializados en los distintos países informan sobre el

probable comportamiento de las capas ionosféricas; y en función de ese comportamiento se efectúan predicciones sobre la propagación de este tipo de ondas a fin de recomendar las frecuencias más convenientes para cada zona del planeta y para cada día del año.

### 1.7.2 REFRACCIÓN DE LAS ONDAS DE RADIO

Cuando se establece una comunicación de larga distancia mediante la onda espacial, ésta incide sobre las capas ionizadas de la ionósfera y es reflejada hacia la tierra nuevamente. El **ángulo de incidencia** es importante para que exista o no reflexión. En caso de que la misma ocurra, se dice que la onda es **reflejada** por la ionósfera. Cuando esto no ocurre, se dice que la onda es **refractada** y, por lo tanto, se pierde en el espacio exterior de la Tierra.

En la figura 1-27 se muestra una onda de radio **reflejada** hacia la Tierra cuando ingresa a la capa ionizada. La velocidad de la onda en el espacio libre, como ya se expresó, viaja aproximadamente a la velocidad de la luz.

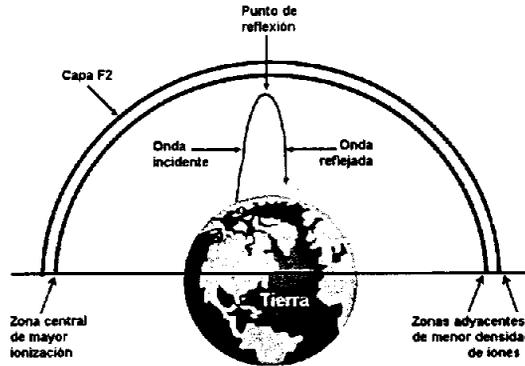


Figura 1-27. Refracción ionosférica.

### 1.7.3 PROPAGACIÓN EN LÍNEA RECTA O DE ALCANCE VISUAL

La propagación en línea recta se caracteriza porque la onda emitida desde la antena transmisora viaja en forma directa a la antena receptora sin tocar el terreno ni la ionósfera. Este tipo de radiación se utiliza principalmente en bandas de frecuencias muy elevadas (**VHF**) y frecuencias ultraelevadas (**UHF**), y superiores. Un ejemplo práctico de esta forma de transmisión lo constituyen los servicios de televisión (**TV**) y de radiodifusión de frecuencia modulada (**FM**).

En este tipo de propagación, las alturas de las antenas transmisora y receptora, y la distancia entre ellas tienen una importancia fundamental en la comunicación. Para comprender el principio de funcionamiento de la transmisión en línea recta, introduciremos los siguientes conceptos:

- a) Distancia al horizonte: es la distancia cubierta por una onda que se propaga en línea recta desde la antena transmisora hasta rozar tangencialmente la superficie de la Tierra.

b) Distancia de alcance visual: Es la máxima distancia a la cual pueden instalarse dos antenas, de alturas determinadas, sobre la superficie de la Tierra si se desea que se establezca entre ambas una comunicación en línea recta.

En la figura 1-28 se puede apreciar la distancia de alcance visual y distancia al horizonte. A partir del análisis de dicha figura, se puede determinar la distancia al horizonte mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia al horizonte} = 3,61 \sqrt{H} \quad \text{donde; H = Altura de la antena.} \quad \text{ecuación (1.35)}$$

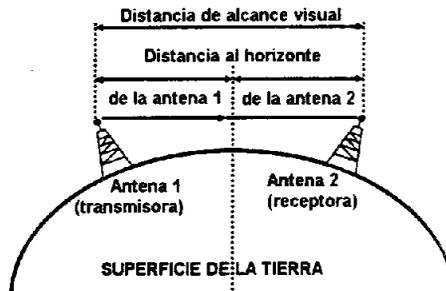


Figura 1-28. Distancia de alcance visual y distancia al horizonte.

En la figura 1-29 se muestra la forma en que se obtiene el valor de la ecuación (1.35). Sin embargo, se ha establecido en forma práctica, que el valor real de la máxima distancia de alcance visual directo es algo mayor que el calculado por la fórmula anterior, pues las ondas se van difractando<sup>1</sup> siguiendo la curvatura de la Tierra. Este fenómeno se debe a la estructura de la atmósfera, en la zona cercana a la superficie de la Tierra, que ocasiona la curvatura, ligeramente hacia abajo de las ondas, aumentando el alcance según la siguiente expresión:

$$\text{Distancia al horizonte} = 4,14 \sqrt{H} \quad \text{ecuación (1.36)}$$

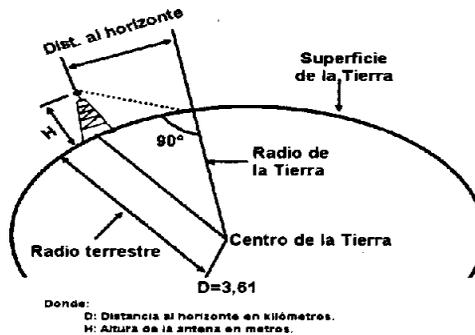


Figura 1-29. Cálculo geométrico de la distancia al horizonte para una antena de altura H.

<sup>1</sup> En términos prácticos, esto significa que las ondas se van curvando ligeramente siguiendo la curvatura terrestre.

En la figura 1-30 se puede observar el aumento de la distancia visual por efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas a causa de la difracción.

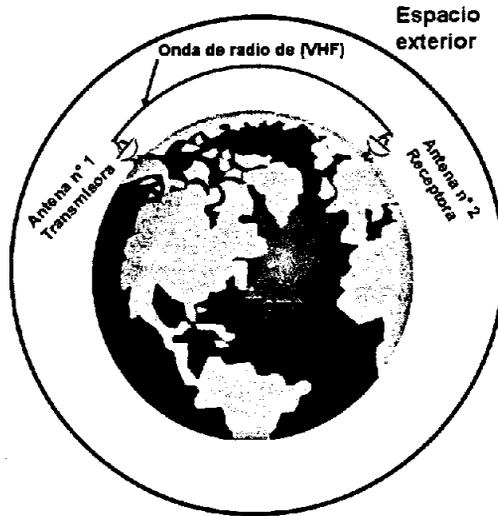


Figura 1-30. Efecto de la curvatura de las ondas electromagnéticas.

## 1.8 MICROONDAS

Sistema de comunicaciones por microondas:

“Sistema de telecomunicaciones que trabajan en la banda de frecuencias ultravioletas (UHF), y aún más altas, y utilizan un haz radioeléctrico como si fuera un rayo de luz para establecer un enlace punto a punto entre dos estaciones transreceptoras”.

Ambas deben estar en la misma visual, o en su defecto, deben utilizar estaciones repetidoras intermedias.

La curvatura de la tierra o la topografía del lugar, limita el alcance del haz directo. No obstante, empleando repetidores a distancias adecuadas, se llega a obtener circuitos de varios miles de kilómetros. Asimismo, este haz debe ser de frecuencia muy elevada. De esta manera, mediante la multiplexión del ancho de banda, es posible transmitir por el mismo haz, centenares de canales de comunicaciones.

### 1.8.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Los sistemas de microondas permiten establecer vínculos terrestres de telecomunicaciones, punto a punto, mediante haces longitudinales que conectan dos estaciones.

Los enlaces de muy largo alcance necesitan varios saltos para cubrir la distancia total. Las estaciones intermedias reciben el nombre de **estaciones repetidoras**; y pueden ser estas activas o

pasivas. Sus funciones básicas son la **recepción**, la **amplificación** o la **regeneración**, según se trate de señales analógicas o digitales, y la posterior **retransmisión** hacia la siguiente estación (retransmisora o terminal).

Actualmente, la totalidad de los enlaces de comunicaciones que se realizan utilizando este medio son totalmente digitales y contruidos con elementos activos de estado sólido.

La instalación de sistemas de microondas requiere siempre la autorización de los organismos de cada país que regulan el uso del espectro electromagnético. Dado el uso intensivo que se efectúa de este tipo de medio, especialmente en las grandes ciudades, la cantidad de frecuencias disponibles es escasa. Por esta razón, hoy en día se utilizan intervalos de frecuencia cada vez más altos, del orden de los GHz. Esto es posible gracias a que se construyen equipos para sistemas de microondas de estado sólido a frecuencias cada vez más elevadas.

En estos sistemas, cada enlace está separado, del anterior o del siguiente, por una distancia que normalmente oscila alrededor de los 50 km, en razón de la necesidad de que las antenas se **vean ópticamente**. Este hecho está limitado por la curvatura de la tierra y relacionado con las alturas de las antenas.

Sin embargo, a medida que se aumenta la frecuencia de transmisión, es necesario disminuir esta distancia a causa de la mayor atenuación que sufre la señal al propagarse. En la tabla 1-3 se muestran los saltos típicos para diferentes bandas de frecuencias.

Intervalo de frecuencias expresados en gigahertz	Longitud del salto expresados en kilómetros
1,5 a 2,5	60
4 a 6	50
7 a 8	45
11 a 13	25 a 35
15 a 20	10 a 20
30	5
40 a 60	2 a 0,5

Tabla 1-3. Distancia entre saltos de microondas en función de la frecuencia de operación.

De acuerdo con el tipo de señal que transportan, los sistemas de microondas se pueden clasificar como sigue:

- ☞ Microondas analógicas.
- ☞ Microondas digitales.

## 1.8.2 MICROONDAS ANALÓGICAS

Las microondas analógicas fueron las primeras que se instalaron y tenían la finalidad de transmitir canales telefónicos y de televisión. Si bien ya no se fabrican más, en un número grande de redes de telecomunicaciones aún están en servicio muchas instalaciones de microondas de este tipo. En la tabla 1-4 se especifican los rangos de frecuencia asignados según el ancho de banda a

utilizar. Cuanto más alta es la frecuencia de trabajo de los sistemas de microondas, mayor es la cantidad de canales que pueden ser obtenidos mediante los procedimientos de multiplexación.

Ancho de banda MHz	Banda asignada MHz
8,0	1850 a 1990
0,8	2130 a 2150
0,8	2180 a 2200
10,0	6575 a 6875
20,0	12 200 a 12 700

Tabla 1-4. Frecuencias usadas en los sistemas de microondas.

### 1.8.3 ESTACIONES REPETIDORAS

Las estaciones repetidoras se clasifican en pasivas o activas.

#### 1. Estaciones repetidoras pasivas:

Consiste en dos antenas parabólicas conectadas entre sí, por su parte posterior, mediante un trozo de guía de onda. No se amplifica la señal recibida, por lo cual no son necesarias fuentes de alimentación para su operación. Por esa razón, este tipo de estación repetidora es la más conveniente para ubicaciones geográficas de difícil acceso o expuestas a cambios rigurosos de tiempo. Existen también repetidores pasivos planos, que son de mayor rendimiento y están constituidos por una lámina de aluminio de aproximadamente 1.20 m x 1.80 m.

#### 2. Estaciones repetidoras activas:

Estas estaciones están constituidas por dos antenas (receptora y transmisora), y a diferencia de las pasivas, contienen circuitos electrónicos que amplifican la señal recibida antes de retransmitirla a la estación siguiente. Las estaciones repetidoras activas efectúan dos funciones esenciales:

- ☞ Deben suministrar la ganancia suficiente para compensar el debilitamiento de las señales a lo largo del trayecto de transmisión.
- ☞ Deben retransmitir la señal recibida a una frecuencia diferente a fin de disminuir la interferencia entre los distintos enlaces que componen el sistema.

### 1.8.4 MICROONDAS DIGITALES

Con el advenimiento de la transmisión de datos surgió la necesidad de adaptar las microondas a la transmisión de señales digitales. Para ello se utilizaron métodos de modulación, adecuados para señales digitales, bajo el nombre de **señales multinivel**. En la actualidad, casi todos los sistemas de microondas que se instalan son de características digitales.

Los métodos de modulación para señales digitales son los siguientes: **2 PSK, 4 PSK, 8 PSK, 16 QAM y 64 QAM**, y recientemente **128 QAM, 256 QAM y 512 QAM**. Las principales características de estos métodos son los siguientes.

Los métodos **PSK**, denominados **modulación por desplazamiento de fase**, consisten en la variación de la fase de la portadora, según se transmita un uno o un cero. En la figura 1-31 se ejemplifica el método de modulación **4 PSK**. En éste, la portadora puede tomar 4 fases diferentes que corresponderán a 4 secuencias binarias posibles.

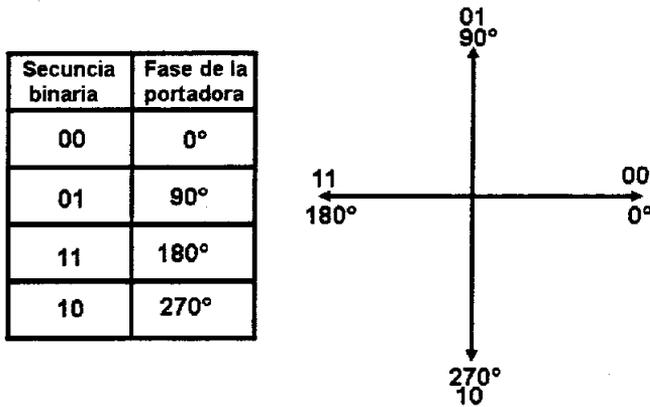


Figura 1-31. Método de modulación 4 PSK.

En el método **8 PSK** se toman 8 fases diferentes; y por último en los métodos **16 QAM** y **64 QAM** se varía la amplitud de dos portadoras, cuyas fases están desplazadas entre sí 90°. En los métodos **N QAM** se utiliza una combinación de **modulación por desplazamiento de fase** y **modulación por amplitud**.

En la tabla 1-5 se puede observar que a medida que se utilizan métodos de modulación más sofisticados, el ancho de banda necesario disminuye para una misma velocidad de transmisión. Por ejemplo, para un ancho de banda de 17,2 MHz, utilizando como método de modulación 4 PSK, la velocidad máxima de transmisión será de 34 Mbps. Sin embargo, si empleamos 16 QAM, manteniendo el mismo ancho de banda, la velocidad de transmisión aumenta hasta un valor del orden de los 100 Mbps.

Sistema de modulación	Ancho de banda necesario (MHz)			
	34 Mbps	68 Mbps 34 Mbps x 2	100 Mbps 34 Mbps x 3	140 Mbps 34 Mbps x 4
2 PSK	34,4	68,8	103,2	139,3
4 PSK	17,2	34,4	51,6	69,7
8 PSK	11,5	22,9	34,4	46,4
16 QAM	8,6	17,2	25,8	34,8
64 QAM	5,7	11,5	17,2	23,2

Tabla 1-5. Relación entre el método de modulación y el ancho de banda.

En la tabla 1-6 se puede observar los mismos resultados analizados desde otro punto de vista. Si deseamos obtener una velocidad de transmisión de 140 Mbps, la cantidad de bits por baudio transmitidos cambia para cada tipo de modulación y, por lo tanto, también cambia en el

ancho de banda que es necesario usar. A medida que la cantidad de bits por baudio aumenta, el ancho de banda necesario para llegar a la velocidad de 140 Mbps disminuye. Obsérvese que con 256 QAM, y un ancho de banda de solamente 14 MHz, se podrá llegar a transmitir a una velocidad de 140 Mbps.

Método de modulación	Número de bits por baudio	Ancho de banda necesario
2 PSK	1	140 MHz
4 PSK	2	70 MHz
8 PSK	3	47 MHz
16 QAM	4	35 MHz
32 QAM	5	28 MHz
64 QAM	6	23 MHz
128 QAM	7	20 MHz
256 QAM	8	14 MHz
512 QAM	9	10 MHz

Tabla 1-6. Rendimiento de los distintos modos de modulación.

Las microondas digitales, como todos los sistemas de este tipo, permiten la regeneración de los pulsos que por el sistema de comunicaciones son transmitidos. La regeneración de la señal posibilita mayor tolerancia al ruido y a las interferencias, dado que en cada repetidora de microondas se regenera nuevamente la señal digital. Por ello, las sucesivas adiciones de ruido y/o distorsión no se propagan, como ocurre en los sistemas analógicos, en los cuales no es posible regenerar la señal, sino solamente amplificarla.

### 1.8.5 CARACTERÍSTICAS DE LAS ANTENAS DE MICROONDAS

Las antenas usadas en la transmisión de señales de microondas pueden ser clasificadas en **omnidireccionales**, en el caso en que las mismas irradian energía en todas las direcciones con igual intensidad, o **direccionales**, cuando la energía transmitida es concentrada en un delgado haz dirigido hacia la antena receptora.

Las primeras son usadas en muy pocos casos por las pérdidas de potencia que implican. Por lo general, se emplean cuando se trata de estaciones centrales que deben transmitir a otras ubicadas en distintas direcciones.

En la mayoría de los casos las antenas que se usan son del tipo **directional**. De esta manera, se logran transmisiones con muy baja potencia, al concentrar la mayor parte de la energía en un haz estrecho, que depende de las características particulares de las antenas que se instalen.

Las antenas **direccionales** parabólicas están construidas de manera que proporcionen una **ganancia** y una **directividad** muy alta en una determinada dirección. Esta última se consigue mediante parábolas que concentran el haz de la señal transmitida. Cuanto mayor sean sus dimensiones, más estrecho será el haz, y más intensa será la señal en la antena receptora. Sin embargo, las grandes antenas aumentan el costo del sistema, aunque proporcionan mayor seguridad de funcionamiento.

Las antenas están compuestas por dos partes principales: el **reflector** y el **alimentador**, también llamado el **elemento activo**. El alimentador es el que recibe la señal del transmisor a través de la guía de onda e irradia las ondas electromagnéticas hacia el reflector que las concentra formando el haz. El reflector tiene la forma de un plato cuya curvatura está dada por una ecuación de segundo grado que recibe el nombre de una parábola, de allí su nombre de **reflector parabólico** (figura 1-32).

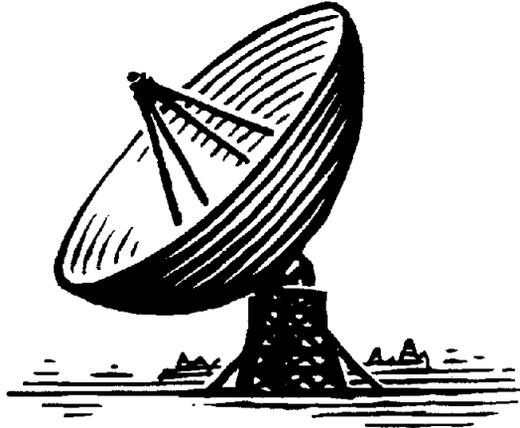


Figura 1-32. Antena parabólica.

## TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS

---

Hoy en día necesitamos disponer de movilidad en las comunicaciones y por ello, depender de cables es muy restringido a la hora de conseguir libertad de movimiento. Para evitarlo, surgen las tecnologías inalámbricas. Desde hace tiempo que las tecnologías inalámbricas están disponibles, pero sólo se utilizaban para la transmisión de voz: teléfonos inalámbricos. Los primeros sistemas inalámbricos para datos eran dependientes del fabricante y además muy lentos. Con los avances tecnológicos han surgido estándares para comunicar sistemas informáticos y dispositivos mediante ondas de radio o luz infrarroja, con los que la transmisión de datos es muy eficiente.

Actualmente hay disponibles una gran variedad de tecnologías de redes inalámbricas. Según su alcance podemos clasificarlas en:

### **1. Redes Inalámbricas de Área Personal WPAN:**

Cubren distancias de 10 a 100 metros. Estas soluciones están pensadas para interconectar los distintos dispositivos de un usuario. Por ejemplo, el ordenador con la impresora. Destacan las tecnologías: BLUETOOTH, HOMERF, ZIGBEE, IEEE 802.15, DECT (Digital European Cordless Telephony), INFRARROJOS (IrDA).

### **2. Redes Inalámbricas de Área Local WLAN:**

Cubren distancias de unos cientos de metros. Estas redes están pensadas para crear un entorno de red local entre ordenadores o terminales situados en un mismo edificio o grupos de edificios. Por ejemplo: WIFI, MESH NETWORKS, HIPERLAN.

### **3. Redes Inalámbricas de Área Metropolitana WMAN:**

Pretenden cubrir el área de una ciudad o entorno metropolitano. Son redes punto a multipunto, diseñadas para acceso a Internet y sustituyen al bucle de abonado local. Los protocolos LMDS (Local Multipoint Distribution Service, Servicio Local de Distribución Multipunto) o MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service, Servicio Multicanal de Distribución Multipunto) y WIMAX ofrecen soluciones de este tipo.

#### 4. Redes GLOBALES:

Algunas redes globales cuentan con la posibilidad de cubrir toda una región, país o grupo de países. Red global de primera generación "1G" (NMT, TMA 450, TMA 900, AMPS), de segunda generación "2G" (GSM, CDMA), "2.5G", es decir, una tecnología entre la segunda y tercera generación, su propósito es transmitir datos a alta velocidad (GPRS, IS-95B) y la tercera generación "3G" con un gran ancho de banda (UMTS). La evolución de estos sistemas ha originado que las instituciones encargadas de la normalización y estandarización hayan creado el sistema WAP con el fin de otorgarle a los sistemas móviles una mayor velocidad y utilidad, ya que con este protocolo es posible traducir los contenidos de la red Internet.

En los últimos años se ha producido un inmenso desarrollo de productos en el área de redes inalámbricas, permitiendo contar hoy con una amplia gama de alternativas de solución. Esto último nos enfrenta a la libertad de seleccionar las alternativas tecnológicas de redes que más se ajusten a nuestras necesidades y propósitos, de acuerdo a los proyectos que proponemos y llevamos a cabo. Sin embargo, para hacer uso de aquella libertad debemos conocer y comprender cada una de estas tecnologías.

#### 2.1 SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)

La idea de comunicaciones basadas en células aparece por primera vez en los laboratorios Bell en los Estados Unidos en el año 1970, apareciendo los primeros sistemas comerciales a principios de los '80. La situación que se vivía en los primeros años de la década de los 90 fue curiosa, ya que los sistemas hasta ese momento eran sistemas analógicos (la primera generación como se les conoce, en la que los sistemas predominantes eran el nmt-450 y nmt-900). Sin embargo, la nueva tecnología digital basada en células presentan un panorama un tanto desolador, ya que cada país había desarrollado su propia sistema, lo que implicaba algunos problemas de incompatibilidad muy importantes. Por un lado tenemos que la operatividad del equipo acababa donde terminaba los límites de cada país y por otro lado el mercado para cada tipo de equipo era muy limitado y estaba restringido al país en donde el dispositivo fuese a ser utilizado.

Para solucionar estos problemas en el año 1982 el CEPT (Conference of European Post and Telecommunications) creó el denominado Group Special Mobile o GSM para desarrollar un sistema basado en células de radio y que sirviese para todos los países europeos. Los objetivos perseguidos por este grupo eran los siguientes:

- ☞ Mejora en la eficiencia del espectro.
- ☞ Capacidad de hacer Roaming internacional de manera automática.
- ☞ Costos bajos.
- ☞ Alta calidad de la voz transmitida.
- ☞ Compatibilidad con otros sistemas.
- ☞ Posibilidad de ir añadiendo nuevos servicios a medida que el mercado lo vaya requiriendo.

En el año 1989 todas las responsabilidades que había tenido hasta ahora el CEPT se traspasan al ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que va a ser el encargado de regular desde este momento todos los aspectos de las comunicaciones a través de la tecnología

GSM. Los primeros sistemas comerciales basados en esta nueva red aparecen en el año 1991. En la tabla 2-1 se muestra en orden cronológico la historia exacta de los acontecimientos que derivaron en el sistema GSM que todos conocemos actualmente.

AÑO	SUCESO
1982	El CEPT crea el grupo GSM.
1985	Primeras recomendaciones del grupo GSM.
1986	Primeras pruebas de radio sobre GSM.
1987	Se elige el sistema TDMA como técnica de acceso al medio.
1988	Se valida el sistema GSM.
1989	Se traspasa las competencias del sistema GSM del CEPT al ETSI.
1989	Primeras especificaciones sobre GSM para desarrollar productos comerciales.
1990	Inclusión de la red GSM en el ámbito comercial.
1991	Inclusión de la red GSM en ciudades y aeropuertos.
1993	Cobertura GSM en autopistas e inicio de uso fuera de Europa.
1995	Cobertura en áreas rurales.

Tabla 2-1. Cronología de la historia del sistema GSM.

Hoy en día GSM es un estándar que no es utilizado solamente en Europa, ya que actualmente es usado en cientos de países en todo el mundo y el número de usuarios que hacen uso de él se ha venido duplicando de año en año. Europa del Este, Oriente, Asia, África, América y Oceanía son áreas donde existen sistemas GSM operativos. De igual modo el número de servicios que se han ido desarrollando sobre GSM han ido evolucionando con el paso del tiempo, los servicios que se van incorporando a GSM se llevan a cabo por el departamento MoU (Memorando of Understanding) que vienen a ser como un subgrupo del ETSI encargado de estos temas. Actualmente la mayor parte de los firmantes de MoU no pertenecen a países europeos, esta amplitud del mercado es la razón por la que las siglas GSM han tomado otra aceptación (Global System for Mobile Communications) que es diferente a la original de 1982.

### 2.1.1 ARQUITECTURA DE LA RED GSM

A diferencia de lo que sucede en la red telefónica fija, en la que el equipo de cada usuario está conectado a la red mediante un punto de acceso unívoco, en la red GSM, el usuario puede desplazarse por cualquier punto de la misma. Por tanto, los datos relativos al usuario deben ser memorizados en una base de datos que se puede consultar y actualizar desde cualquier punto de la red.

La característica de base del sistema GSM puede resumirse en términos de enlaces entre terminales, nodos de comunicación, la base de datos y la red, con el fin de identificar los equipos móviles, para estabilizar, controlar y terminar las conexiones y actualizar los datos de gestión. En todos los sistemas de telefonía móvil el factor que tiene mayor importancia en el proyecto del sistema es el espectro de frecuencia disponible (ancho de banda), de hecho el número de frecuencias radio asignado a estos servicios es limitado.

Para aprovechar al máximo el ancho de banda disponible, con el fin de revisar a más usuarios a la vez en un mismo sector, el sistema se estructura subdividiendo el área de servicio (service area) en zonas delimitadas llamadas celdas. Cada celda tiene una estación base (BS) que opera en un conjunto de canales de radio diferentes a los utilizados en las celdas adyacentes, para evitar interferencias. Este tipo de subdivisión permite la reutilización de las mismas frecuencias en celdas no adyacentes. La unión de las celdas, que en su conjunto utilizan todo el espectro radio disponible, se llama **cluster**.

Generalmente se utilizan formas regulares de celdas y por tanto de clusters para cubrir un área de servicio. Teóricamente las celdas se pueden imaginar con forma hexagonal, aunque en realidad su forma es irregular a causa de la no homogénea propagación de la señal de radio, debido principalmente a la presencia de obstáculos. Reduciendo el diámetro de las celdas la capacidad del sistema aumenta, aunque el uso de esta elección supone la disminución de la distancia de reutilización de las frecuencias, es decir, de la distancia entre dos celdas pertenecientes al mismo canal, lo que conlleva el aumento de la interferencia. Parece evidente que la capacidad del sistema, conforme al número de canales disponibles, está ligada a este tipo de interferencias y, por ello, el sistema GSM utiliza algunas técnicas, destinadas a minimizar dichas interferencias.

El estándar GSM utiliza la tecnología de acceso a división de frecuencia (FDMA) combinado con la de acceso a división de tiempo (TDMA), 8 canales vocales (full rate) o bien 16 (half rate) multiplexadas en un único canal de radio, junto a las informaciones de control de error, necesarias para disminuir la interferencia debida al ruido, y a las informaciones de sincronización y señalización.

### 2.1.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Las directrices que orientaron el desarrollo de las especificaciones GSM fueron las siguientes:

- ☞ Utilización de una banda común, reservada al GSM en el ámbito internacional.
- ☞ Estructura celular digital.
- ☞ Sistema de acceso múltiple TDMA de banda estrecha.
- ☞ Algoritmo de codificación de fuente de pequeña velocidad binaria.
- ☞ Control de potencia y control de transmisión/recepción.
- ☞ Arquitectura OSI.
- ☞ Señalización avanzada.

En cuanto a la arquitectura funcional de un sistema de comunicaciones móviles celular, GSM añade una función de autenticación basándose en un registro de identificación de equipo (RIE) y la información de la identidad del usuario computado en el centro de identificación de usuarios (CAU).

### 2.1.3 REUTILIZACIÓN DE FRECUENCIAS

La idea fundamental en que se basan los sistemas móviles celulares es la reutilización de los canales mediante la división del terreno en celdas continuas que se iluminan desde una estación base con unos determinados canales. La reutilización de frecuencias no es posible en

células contiguas, pero si en otras más alejadas. El número de veces que un canal puede ser reutilizado es mayor cuantas más pequeñas sean las células. La red celular se compone así de un conjunto de estaciones base desplegadas por el territorio a cubrir por el servicio y que están conectadas entre si o con centros de conmutación con acceso a la red telefónica pública, a la red RDSI o a otra red celular móvil. La estación base que recibe la señal móvil con un mayor nivel de potencia es la que queda asignada al mismo. Si por la movilidad del usuario, otra estación base recibe la señal procedente de la estación móvil con un nivel de potencia superior en 3 decibelios al que está recibiendo la estación que lo esta controlando se produce la conmutación del canal y la estación base a la que está conectada el equipo. Este procedimiento se llama Handover de potencia. El Handover es el proceso de pasar una llamada de un canal de voz en una celda a un nuevo canal en otra celda o en la misma, a medida que el usuario se mueve a través de la red. El manejo de estas transiciones es un factor vital para garantizar la continuidad de las comunicaciones tanto de voz como de imágenes y datos, caso en el que es muy critica la pérdida de información.

Asimismo, existe un Handover de calidad que se realiza de manera similar al anterior pero que en vez de considerar el nivel de señal para decidir sobre la conmutación de la estación base a la que está conectado un equipo o usuario considera la calidad de la señal radioeléctrica.

Cada celda en un sistema celular posee un transceptor base. La potencia de transmisión se controla cuidadosamente (hasta el punto que esto sea posible en tornos de comunicaciones con movilidad altamente variable) para permitir la comunicación dentro de la celda utilizando una frecuencia dada, a la vez que se limita la potencia en esa frecuencia que escapa de los límites de la celda, alcanzando así las adyacentes. El objetivo es usar la misma frecuencia en otras celdas cercanas, permitiendo de esta forma que la misma frecuencia pueda ser empleada en varias conversaciones simultáneamente. Generalmente se asigna entre 10 y 50 frecuencias a cada celda, en función del tráfico esperado. La cuestión esencial es determinar cuantas celdas debe haber entre dos celdas que utilizan la misma frecuencia para que estas dos no interfieran entre si.

A medida que más usuarios utilizan el sistema con el tiempo, el tráfico puede crecer hasta el punto de que no haya suficientes frecuencias asignadas a una celda para gestionar sus llamadas. Para hacer frente a esta situación se han utilizado una serie de aproximaciones, entre las cuales citamos las siguientes:

- a) **ADICIÓN DE NUEVOS CANALES:** Cuando un sistema se despliega en una región, lo común es que no todos los canales sean utilizados, de forma que el crecimiento y la expansión pueda ser gestionado ordenadamente mediante la adición de nuevos canales.
- b) **USO DE FRECUENCIAS PRESTADAS:** En el caso más simple, las celdas congestionadas pueden tomar prestadas frecuencias de las celdas adyacentes. Las frecuencias pueden también ser asignadas a las celdas dinámicamente.
- c) **DIVISIÓN DE CELDAS:** La distribución del tráfico y de las características topográficas no son uniformes en la práctica. Este hecho puede utilizarse para conseguir un aumento de la capacidad. Las celdas en zonas de alto uso pueden ser divididas en celdas más pequeñas. Generalmente, las celdas originales tienen un tamaño entre 6.5 y 13 Km., pudiendo ser divididas las más pequeñas. Sin embargo, las celdas de 1.5 Km. se encuentran cerca del límite práctico de tamaño como solución general.

El uso de celdas más pequeñas implica que el nivel de potencia debe ser reducido con objeto de mantener la señal dentro de la celda. Asimismo, a medida que el usuario se mueve cambia de una celda a otra, lo que requiere traspasar la llamada de un transceptor base a otro. Este proceso se denomina traspaso (handoff). A medida que las celdas son más pequeñas, estos traspasos son más frecuentes. La figura 2-1 indica esquemáticamente como pueden ser divididas las celdas para proporcionar más capacidad. Una reducción del radio en un factor  $F$  seduce el área de cobertura e incrementa el número de estaciones base que son necesarias en un factor  $F$ .

- d) **SECTORIZACIÓN DE CELDAS:** Con esta técnica, una celda se divide en una serie de sectores en forma de cuña, cada uno de los cuales dispone de su propio conjunto de canales. Se emplean generalmente 3 ó 6 sectores por celda, asignándose a cada uno de ellos un subconjunto distinto de los canales de la celda. En la estación base se emplean antenas bidireccionales enfocadas hacia cada sector.
- e) **MICRO-CELDAS:** A medida que las celdas se vuelven más pequeñas, las antenas se desplazan desde lugares como los tejados de edificios altos o colinas hasta puntos de menor altura, como los tejados de edificios más bajos o los laterales de los más altos, e incluso farolas, formando así micro celdas. Cada disminución del tamaño de una celda viene acompañada por una reducción de los niveles de potencia radiada de la estación base y de las unidades móviles. Las micro-celdas son útiles en las calles de las ciudades de zonas congestionadas, a lo largo de las autopistas y dentro de grandes edificios públicos.

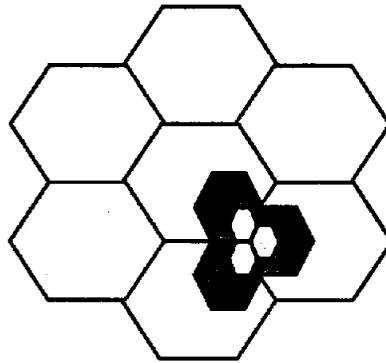


Figura 2-1. División de celdas.

## 2.1.4 SISTEMAS DE CELDAS

Existe la creencia de que las celdas utilizadas en los sistemas GSM son hexágonos puros regulares (figura 2-2), formando retículas que se agregan unas a otras sin limitaciones. Pero como se mencionó, la realidad es muy distinta, el objetivo de un sistema celular es reutilizar canales, pero al estar estos canales asociados a estaciones base, lo que en realidad se hace es repetir estación base. Se dice que una estación se repite cuando tiene la misma tabla de frecuencias que otra estación determinada.

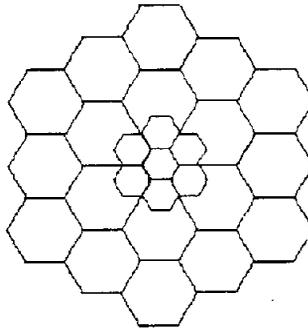


Figura 2-2. Celdas utilizadas en los sistemas GSM.

Interesa determinar cuantas estaciones como mínimo se necesitan para cubrir una superficie fijada. Pues bien, con tres tipos de estaciones base se puede conseguir este objetivo sin que queden enfrentadas dos estaciones del mismo tipo, es decir, que tengan un mismo grupo de frecuencias que otra estación determinada. Interesa determinar cuantas estaciones como mínimo se necesitan para cubrir una superficie determinada.

Pues bien, con tres tipos de estaciones base se puede conseguir ese objetivo sin que queden enfrentadas dos estaciones del mismo tipo, es decir que tengan un mismo grupo de frecuencias. En condiciones teóricas de terreno llano, las estaciones formarían retículos formando triángulos equiláteros, no obstante la teoría sobre celdas perfectamente hexagonales no se da en la realidad. Las bases se despliegan de forma irregular según el terreno, buscando un mínimo de zonas de sombra, entendiéndose por zonas de sombra que son aquellas que no están cubiertas por ninguna estación. El problema de la red está en determinar la ubicación idónea de las estaciones base para conseguir una mayor cobertura y minimizar las zonas de sombra.

Lo habitual de las estaciones base es que tengan un diagrama de radiación omnidireccional, es decir, que transmitan en todas las direcciones con la misma potencia y frecuencias. Si bien y para el mejor aprovechamiento del espectro y de la potencia radiada por las antenas, se puede sectorizar la radiación concentrando la potencia hacia un determinado sector. Se trata así de aprovechar la potencia enviada al usuario, dado que éste solo puede estar en un lugar determinado y la potencia enviada en otras direcciones se perdería inútilmente.

Con este sistema se obtiene un más eficiente uso del espectro en zonas de alta densidad de equipos móviles. En este caso la idea es que cada base alimente a tres antenas que radian cada una para un determinado sector en principio de  $120^\circ$ . Este es el caso más común de sectorización, si bien se utilizan además, otras configuraciones. El diagrama de radiación de estas antenas, al no ser uniforme, siendo más intensa en la bisectriz del sector y disminuyendo en los extremos.

En la práctica en zonas muy congestionadas por la demanda de comunicaciones móviles los sectores de  $120^\circ$  no son operativos. Normalmente se instalan seis antenas en cada estación base que suponen seis sectores de  $60^\circ$  cada uno en cuyo centro está la estación base de modo que si un móvil sale de un sector y entra en otro que pertenece a la misma estación no se produce "Handover" concebido éste como cambio de la estación base a la que esta conectado un equipo móvil, sino que cambia de asignación de antena (figura 2-3).

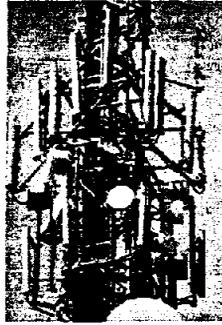


Figura 2-3. Antena de transmisión GSM.

### 2.1.5 COMPONENTES DE UNA RED GSM

El sistema de red GSM esta conformado de los siguientes componentes:

#### 1. Central de Conmutación de Telecomunicaciones Móviles (MTSO):

Es una central de conmutación encargada de todas las funciones de conmutación para las estaciones móviles situadas en su área de influencia (área MSC). Las principales diferencias de esta central respecto a una central de la red fija, consisten en que esta central debe tener también en cuenta el impacto de las funciones de asignación de los recursos radio y la naturaleza móvil de los usuarios. Por lo tanto este tipo de central implementa ciertos procedimientos adicionales a los de una central de red fija, como pueden ser por ejemplo la actualización de la posición de las estaciones móviles, y lo que tienen que ver con las funciones de traspaso de llamadas en curso, cuando los móviles se van desplazando entre las células de la red móvil.

#### 2. Unidad de Interfuncionamiento (UI):

Es una entidad funcional asociada con la central de conmutación móvil. Esta unidad es la encargada de proporcionar la funcionalidad necesaria para permitir el interfuncionamiento del sistema GSM con las redes fijas (RDSI, RTC, y RTPCP). Las funciones incluidas en esta unidad dependen por lo tanto de los servicios que se implementen y de las redes fijas a las que se conecten. Su principal cometido es convertir los protocolos utilizados en el sistema GSM a los utilizados en las redes fijas.

#### 3. Registró de Posición Base (HLR):

Es una base de datos cuya misión es la gestión de los usuarios móviles. Una red GSM puede tener uno o varios HLR, dependiendo del número de usuarios móviles, de la capacidad del equipo y de la organización de la red. El HLR almacena dos tipos de información:

- ☛ La información de suscripción de los abonados.
- ☛ La información de localización de los abonados, permitiendo de esta forma la función de seguimiento, es decir, la actualización automática de la posición del móvil para que se le pueda encaminar las llamadas que reciba.

Todas las funciones de administración de los abonados se realizan sobre esta base de datos. La información de suscripción de un abonado consta de los siguientes pasos:

- ☞ Dos números de identificación.
- ☞ El identificativo internacional de la estación móvil (IMSI).
- ☞ El número RDSI internacional de la estación (MSISDN).
- ☞ Servicios portadores y tele servicios que el usuario puede usar.
- ☞ Restricciones de servicios por ejemplo limitación de seguimiento.
- ☞ Servicios suplementarios que el usuario puede usar y las tablas de par metros necesarios para dichos servicios.
- ☞ Características del equipo móvil utilizado por el usuario.

#### **4. Centro de Autenticación (AUC):**

Es una base de datos, con la misión de controlar a los móviles que se encuentran en su área de influencia. Este área de influencia puede comprender una o varias MTSO. Cuando una estación móvil aparece en un área de localización lo primero que hace es iniciar un proceso de registro comunicando a la MTSO local su identidad. La MTSO comunica este registro hacia su Registro de Posición Visitado. Si el móvil no estaba ya registrado en otra área de localización dependiente también del mismo VLR es necesario enviar también esta información hacia el HLR del móvil, para indicarle que actualice su posición, y encamine las llamadas recibidas hacia el área donde se encuentra actualmente el móvil.

#### **5. Registro de Localización de Visitantes (VLR):**

El VLR contiene también la información necesaria para gestionar las llamadas originadas o recibidas por los móviles registrados en su base de datos. Su misión es almacenar la información dinámica relativa a los abonados de paso por la red. Esta información incluye los siguientes elementos:

- ☞ El identificativo internacional de la estación móvil (IMSI).
- ☞ El número RDSI internacional de la estación móvil (MSISDN).
- ☞ El identificativo temporal de la estación móvil (RMSI).
- ☞ El identificativo local de la estación móvil.
- ☞ El área de localización donde el móvil se ha registrado.

Esta información es intercambiada entre el HLR y el VLR. El VLR también puede contener los siguientes elementos:

- ☞ Parámetros de servicios suplementarios.
- ☞ Características técnicas de los equipos móviles.

#### **6. Registro de Identificación de Equipos (EIR):**

El Registro de Identificación de Equipos (EIR) se utiliza para almacenar las identidades de los equipos móviles clasificadas en tres tipos de listas:

- ☞ Lista blanca: contiene todos aquellos identificadores de equipos que han obtenido la homologación.
- ☞ Lista gris: contiene los identificadores de los equipos que es necesario localizar debido a alguna razón técnica.
- ☞ Lista negra: contiene los identificadores de los equipos robados o utilizados de forma ilegal y también la de aquellos equipos que no pueden acceder al sistema porque podrían producir graves problemas técnicos.

### 7. Centro de Operación y Mantenimiento (OMC):

Es un sistema de operación que se encarga de las funciones de explotación de una o varias entidades del sistema GSM. La entidad engloba la gestión administrativa de los usuarios y la gestión de los equipos. La gestión administrativa y comercial de la red se ocupa de los usuarios en términos de altas, modificaciones, bajas y facturación. Una buena parte de la gestión administrativa interactúa con la base de datos HLR.

### 8. Estación Base (BS):

La célula es la unidad básica para la cobertura por radio de un territorio, una Estación Base (BS) garantiza la cobertura radioeléctrica en una célula de la red. Proporciona el punto de entrada a la red a los usuarios presentes en su célula para recibir o para transmitir llamadas. Una estación base controla como máximo, ocho comunicaciones simultáneas. La superficie de una célula varía enormemente entre los espacios urbanos y los rurales. En los urbanos, donde la densidad de tráfico es importante, el tamaño de las células es pequeño para aumentar la capacidad de comunicación por unidad de superficie, el radio de una célula en este entorno puede llegar a su límite más bajo, impuesto por los costes de infraestructura y las condiciones de propagación de las ondas de radio. Por el contrario en los espacios rurales, la densidad de tráfico es mucho más pequeña y, por tanto, las dimensiones de las células son mucho mayores (30 km), siendo la potencia de los emisores la que determina el límite.

### 9. Centro de Gestión de Red (NMC):

Es un sistema de operación que constituye la máxima jerarquía dentro del sistema de explotación. De este centro dependen todos los demás centros de operación y mantenimiento.

#### 2.1.6 REGISTRO DEL EQUIPO EN LA RED

Si un equipo móvil desea obtener servicios desde una célula y, en particular, recibir llamadas en ésta, debe cerciorarse de que su usuario representado por la tarjeta SIM<sup>1</sup> se registra en el área de localización de dicha célula. El resultado del último intento de registro de almacena en la tarjeta SIM, así como la identidad del área de localización. Cuando el usuario se desplaza a un lugar con mejor cobertura en una célula perteneciente a otra área de localización, o cuando el usuario intenta obtener servicio en otra red, equipo debe registrar al usuario en esta nueva zona.

La información de registro de almacena en dos lugares diferentes de la infraestructura GSM: en el registro de Posición Base (HLR) y en el Registro de Posiciones de Visitantes (VLR)

<sup>1</sup> SIM (Subscriber Identity Module), Módulo de Identificación del Suscriptor.

que se encuentran en el Centro de Conmutación de Servicio Móvil (MTSO). De hecho, la misma información está disponible en tres lugares diferentes del sistema, siendo la tarjeta SIM el tercer lugar. Esta información puede cambiar y se necesitan una serie de procedimientos para guardar coherencia entre las tres entidades. La razón fundamental para el cambio del registro a otra base es cuando la estación móvil decide que el área de localización que mejor le sirve, por un mejor nivel de señal o menos interferencias, debe cambiar. Además de los registros debidos a cambios de área de localización, se define un registro periódico de manera que la estación móvil pueda notificar su presencia en la red a intervalos de tiempo determinados. Este registro periódico es un parámetro que determina el operador, pudiendo incluso eliminarlo, si es su deseo.

### 2.1.7 FUNCIONAMIENTO DE SISTEMAS CELULARES

La figura 2-4 muestra los principales elementos de un sistema celular. Aproximadamente en el centro de cada celda se encuentra la estación base (BS). Cada BS sostiene una antena, un controlador y una serie de transceptores para la comunicación sobre los canales asignados a dicha celda. El controlador se usa para gestionar el proceso de llamada entre la unidad móvil y el resto de la red. En un instante dado pueden estar activos una serie de usuarios móviles, moviéndose dentro de la celda y comunicándose con la BS. Cada BS se encuentra conectada con una central de conmutación de telecomunicaciones móviles (MTSO), de tal forma que una MTSO puede prestar servicios a múltiples BS. El enlace entre una MTSO y una BS es normalmente a través de cables, aunque un enlace inalámbrico es también posible.

La MTSO es la responsable de conectar las llamadas entre las unidades móviles esto lo hace con la ayuda de los sistemas (VLR) y el (HLR) para que sean reconocidos los usuarios asimismo la MTSO se encuentra también conectada con la red pública de telefonía o telecomunicaciones, de forma que es posible establecer conexiones entre un usuario fijo de la red pública y un usuario móvil en la red celular, también se encarga de asignar un canal de voz a cada llamada, realizar los trasposos y supervisar las llamadas para obtener la información pertinente para su facturación. El funcionamiento de un sistema celular se encuentra totalmente automatizado y no precisa de ninguna acción por parte del usuario excepto la realización y recepción de llamadas.

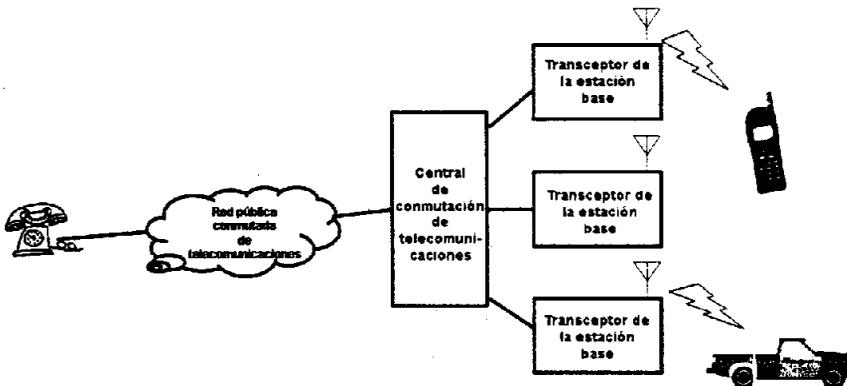


Figura 2-4. Estructura general de un sistema celular.

Existen dos tipos de canales disponibles entre la unidad móvil y la BS:

- a) **CANALES DE CONTROL:** Estos canales se usan para el intercambio de información concerniente al establecimiento y mantenimiento de las llamadas, así como el establecimiento de una relación entre la unidad móvil y la BS más cercana.
- b) **CANALES DE TRÁFICO:** Estos canales sustentan la conexión de voz o datos entre los usuarios.

A continuación se muestra un ejemplo de una llamada entre dos usuarios dentro de una misma MTSO:

**1. Inicialización de la unidad móvil:**

Cuando la unidad móvil es encendida, busca y selecciona el canal de control de establecimiento de mayor potencia (figura 2-5). Las celdas con bandas de frecuencia diferentes difunden periódicamente sobre distintos canales de establecimiento. El receptor selecciona el más potente y monitoriza. El efecto de este proceso es que la unidad móvil ha seleccionado automáticamente la antena de la BS de la celda dentro de la cual operará. A continuación tiene lugar, a través de la BS, una etapa de negociación entre la unidad móvil y la MTSO que controla la celda. Mediante esta negociación se identifica al usuario y se registra su localización. Este proceso de rastreo se repite periódicamente mientras que el usuario se encuentre activo con objeto de registrar el movimiento de la unidad. Si está entra en una nueva celda, entonces una nueva BS es seleccionada. Adicionalmente, la unidad móvil es supervisada para su localización.

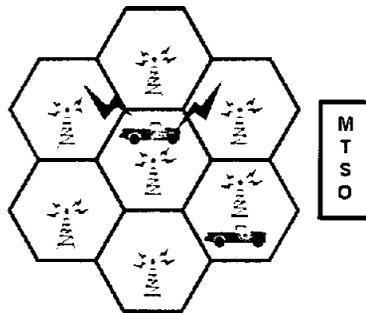


Figura 2-5. Monitorización de la señal de mayor potencia.

**2. Inicio de llamada desde móvil:**

Una unidad móvil origina una llamada enviando el número de la unidad a la que se llama a través del canal de establecimiento preseleccionado (figura 2-6). El receptor en la unidad móvil comprueba en primer lugar que el canal de establecimiento esté libre examinando la información en el canal de ida (procedente de la BS). Una vez que se detecta libre, la unidad móvil puede transmitir sobre el correspondiente canal de retorno (hacia la BS). La BS envía entonces la solicitud a la MTSO.

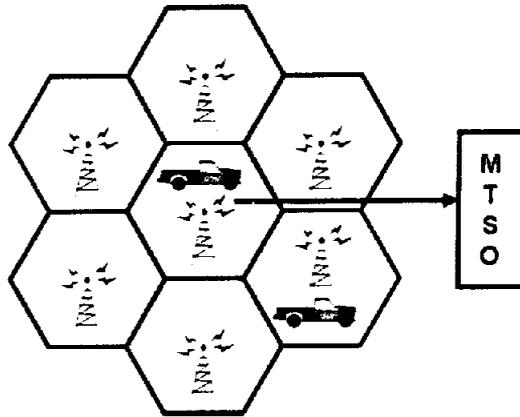


Figura 2-6. Solicitud de conexión.

**3. Localización:**

La MTSO intenta completar la conexión con la unidad a la que se llama. Para ello, la MTSO envía un mensaje de localización a cierta BS en función del número móvil al que se está llamando (figura 2-7). Cada BS transmite la señal de localización en el canal de establecimiento que tiene asignado.

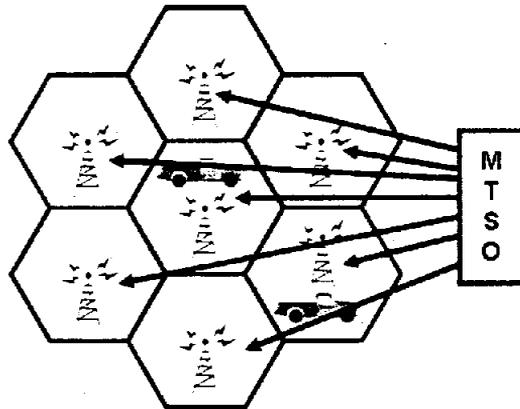


Figura 2-7. Localización.

**4. Aceptación de la llamada:**

La unidad móvil llamada reconoce su número en el canal de establecimiento que monitoriza y responde a la BS, la cual envía la respuesta a la MTSO. La MTSO establece un circuito entre la BS que llama y la que recibe la llamada. Al mismo tiempo, la MTSO selecciona un canal de tráfico disponible dentro de la celda de cada BS y notifica a las mismas, las cuales

informan a las dos unidades móviles involucradas (figura 2-8). Después que se realizó este proceso las dos unidades móviles sintonizan los respectivos canales que les han sido asignados.

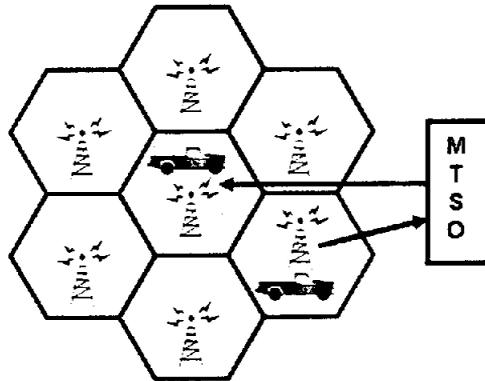


Figura 2-8. Aceptación de la llamada.

**5. Llamada en curso:**

Las dos unidades móviles intercambian señales de voz o datos mientras se mantiene la conexión, llevándose a cabo todo el proceso a través de sus respectivas BS y MTSO (figura 2-9).

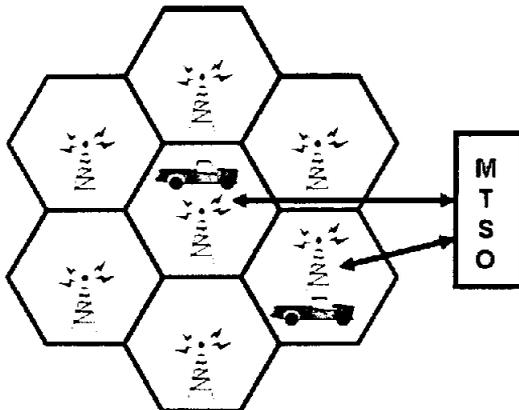


Figura 2-9. Llamada en curso.

**6. Traspaso:**

Si durante la conexión una de las unidades móviles se desplaza fuera del rango cubierto por la celda y entra en la zona de otra, el canal de tráfico tiene que cambiar a otro asignado a la BS en la nueva celda (figura 2-10). El sistema realiza este cambio sin interrumpir la llamada ni alertar al usuario.

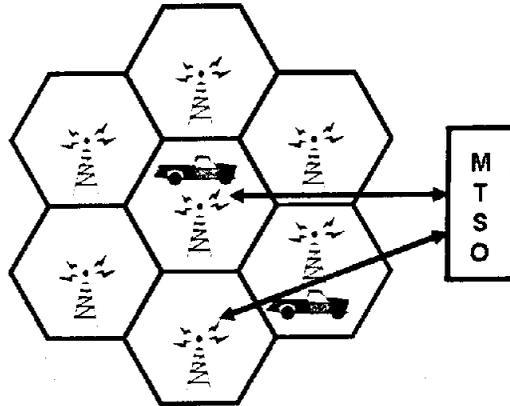


Figura 2-10. Traspaso.

Otras funciones que son realizadas por el sistema son las siguientes.

- a) **BLOQUEO DE LLAMADAS:** Si todos los canales de tráfico asignados a la BS más cercana se encuentran ocupados durante la etapa de inicio de la llamada, la unidad móvil repite el intento un número de veces preestablecido. Después de un cierto número de intentos fallidos se le devuelve al usuario el tono de ocupado.
- b) **TERMINACIÓN DE LLAMADAS:** Cuando uno de los dos usuarios cuelga, la MTSO recibe una notificación y libera en canal de tráfico entre las dos BS.
- c) **CORTE DE LLAMADAS:** Debido a interferencias o focos de señal débil en ciertas zonas, es posible que durante una conexión la BS no pueda mantener la potencia de la señal mínima requerida durante un determinado periodo de tiempo. En estas situaciones, el canal de tráfico hacia el usuario se corta y la MTSO es informada de este evento.
- d) **LLAMADAS HACIA/DESDE USUARIOS FIJOS Y REMOTOS:** Dado que la MTSO se encuentra conectada con la red conmutada pública de telecomunicaciones, puede establecer una conexión entre usuarios móviles en su zona y usuarios fijos a través de la red de telefonía. Más aun, la MTSO puede conectarse con otra MTSO remota a través de la red telefónica o mediante líneas dedicadas y establecer una conexión entre un usuario móvil en su zona y otro usuario móvil remoto.

### 2.1.8 BENEFICIOS Y SERVICIOS SUPLEMENTARIOS DEL SISTEMA GSM

El sistema GSM permite la conexión con la red conmutada (red de telefonía fija) y con la red RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) y permite ofrecer al usuario telefonía, transmisión de datos (hasta 96 kbps), conexión a sistemas de correo electrónico y envío y recepción de mensajes cortos desde un equipo móvil. Soporta igualmente otras prestaciones adicionales como, desvío de llamada, restricciones de llamadas entrantes o salientes, conferencias tripartitas, llamada en espera, entre otras. El equipo a su vez, ofrece prestaciones adicionales como marcación

abreviada o por voz, repetición del último número marcado y bloqueo del equipo. El tema de la seguridad ofrece en este servicio novedades importantes respecto a los sistemas de telefonía analógicos actuales, el uso de tarjeta de usuario para la autenticación de la validez de la llamada, encriptación que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del usuario) e imposibilidad de utilización de equipos robados mediante la asignación previa de un número de serie a cada móvil.

En su componente de radio se utiliza la banda de frecuencias de 900 MHz con el método TDMA, que proporciona 8 canales telefónicos en una misma señal portadora y una codificación de voz a 13 kbps, destinándose un octavo de tiempo a cada canal.

La tecnología GSM también ofrece servicios de telefonía tales como:

- ☞ Identificación del número entrante.
- ☞ Desvío de llamadas.
- ☞ Llamada en espera.
- ☞ Terminación de llamadas de usuarios ocupados.
- ☞ Grupos cerrados de usuarios.
- ☞ Tarificación.
- ☞ Mantenimiento de llamadas.
- ☞ Transferencia de llamadas.
- ☞ Multiconferencia.
- ☞ Prohibición de determinadas llamadas desde un equipo.
- ☞ Permite la emisión y recepción de mensajes cortos.

### 2.1.9 TARJETA SIM

La tarjeta SIM (Subscriber Identity Module) es un pequeño circuito impreso que se introduce en un equipo para que éste pueda ser conectado a una red GSM de telefonía móvil (figura 2-11). En la tarjeta SIM están grabados el número de móvil del usuario, las claves que impiden que otro usuario acceda al teléfono (los dos códigos de seguridad: el PIN y el PUK) y la agenda telefónica. Si el código PIN, que es modificable por el usuario, se introduce erróneamente 3 veces consecutivas, la tarjeta se bloquea, entonces es necesario utilizar el código PUK. Si se introduce la SIM en otro teléfono móvil, el usuario cambia de Terminal pero conserva el número de teléfono.

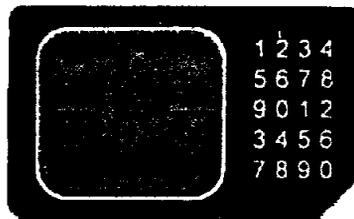


Figura 2-11. Tarjeta SIM.

En la tabla 2-2 se muestran algunos de los datos técnicos generales de las tarjetas SIM utilizadas en los teléfonos con tecnología GSM.

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
CPU	Tecnología CMOS, código de operación compatible con SAB 8051.
ROM	15 kbytes usuario + 2 Kbytes CMS
RAM	256 bytes.
EEPROM	8 kbytes ó 16 kbytes.
Página EEPROM	Flexible, de 1 a 32 bytes en operaciones de escritura y borrado.
Tensión de programación	Generada internamente.
Tiempo de programación EEPROM	3.5 ms, para escritura o borrado.
Modo ahorro de energía	Si
Características de seguridad	Sensores de alta/ baja tensión y baja frecuencia. Filtro de alta frecuencia.
Interfaz serie	Cuatro modos según ISO 7816-3: desde 9600 bps a 76800 bps.

**Tabla 2-2.** Datos técnicos de una tarjeta SIM.

Las características especiales propias de las tarjetas SIM son las siguientes:

**1. Seguridad:**

- ☞ Mecanismo de seguridad hardware en el componente.
- ☞ Protección de integridad de datos mediante bytes de redundancia lineal.
- ☞ Protección contra búsqueda extensiva.
- ☞ Zona de espejo de seguridad ante extracción indebida de la tarjeta.

**2. Flexibilidad:**

- ☞ Tarjeta multiplicación abierta: grado de profundidad de ficheros indefinido.
- ☞ Formato de tarjeta reversible: ID-1/PLUG-IN (patente F.N.M.T).
- ☞ Mecanismo de extensión del Sistema Operativo en EEPROM.
- ☞ Flexibilidad tras personalización: órdenes Crear-Cabecera/Crear-Datos.
- ☞ Extensión indefinida de ficheros.
- ☞ Parámetros de CHV configurables en personalización.
- ☞ Ocultación/Exposición de ficheros.

**3. Optimización en el espacio:**

- ☞ Extensión indefinida de ficheros.
- ☞ Opción de búsqueda extensiva de claves, para evitar repetición de ficheros de seguridad.
- ☞ Seudónimos, para evitar duplicidad de datos en distintos ficheros.

- ☞ **Garantía de tamaño mínimo para las aplicaciones.**
- ☞ **Optimización en el tiempo de vida, mediante el uso de ficheros de alta actualización.** De esta forma, el período de vida de la memoria de la tarjeta no se limita a las 100,000 actualizaciones garantizadas por el componente.
- ☞ **Herramientas:** se han desarrollado aplicaciones informáticas con el fin de realizar todo tipo de operaciones sobre las tarjetas SIM. Las más utilizadas y conocidas en la actualidad son los programas que permiten gestionar la agenda incluida en la tarjeta SIM.

### 2.1.10 SEGURIDAD

Una de las ventajas de la tecnología GSM es la amplia seguridad y confiabilidad que esta ofrece a los usuarios del servicio, es decir, cuando adquiere la suscripción de algún equipo, se otorga junto con el SIM dos códigos de seguridad que la red utiliza como contraseña para verificar si el usuario está autorizado a disfrutar del servicio telefónico de cualquiera de las empresas de las cuales haya adquirido el equipo. Los códigos de seguridad otorgados son:

- a) **PIN:** Es un código de cuatro cifras que evita que el teléfono sea utilizado por personas desautorizadas. Se deberá de introducir dicho código cuando se desee conectar por primera vez a la red, y cada vez que se encienda el equipo.
- b) **PUK:** Es un código de ocho cifras que se utiliza para desbloquear el SIM, la tercera vez que se introduce el código PIN incorrectamente, el SIM se bloqueará automáticamente. Solo se podrá desbloquear si se conoce el PUK o llamando al Centro de Atención a Clientes identificándose como el verdadero dueño del equipo.

### 2.2 PROTOCOLO DE APLICACIONES INALÁMBRICAS (WAP)

El Protocolo de Aplicaciones Inalámbricas o Wireless Application Protocol (WAP), permite la comunicación inalámbrica de un dispositivo móvil equipado con micro-browser o micro-navegador y un gateway conectado a Internet. Es un protocolo creado para acceder a Internet desde los teléfonos celulares. WAP es una tecnología que puede compararse fácilmente con los de la Internet, porque estos se basan en ellos. El protocolo incluye especificaciones para las capas de sesión y de transporte del modelo OSI, así como funcionalidades de seguridad. WAP también define un entorno de aplicaciones. WAP es escalable, permitiendo así a las aplicaciones disponer de las capacidades de pantalla y recursos de red según su necesidad y en una gran variedad de tipos de terminales. Los servicios podrán ser aplicables a pantallas de una sola línea o a terminales mucho más complejos. Como cualquier estándar, las ventajas son múltiples a la hora de desarrollar aplicaciones, fabricar terminales o estructurar la red. Con WAP se puede navegar por Internet, desde la pantalla de un móvil, y consultar una cuenta bancaria, comprar un billete de avión, reservar una habitación de hotel, leer el correo electrónico o jugar on-line con otras personas a miles de kilómetros.

La tecnología fue desarrollada y promovida por diversos fabricantes de móviles y operadores de telefonía. Ericsson, Nokia, Motorola y Phone.com (la antigua Unwired Planet) fundaron, en 1997 el WAP Forum, un órgano en el que hoy participan ya más de doscientas empresas de todo el mundo. En origen, se trataba de buscar una tecnología común a todos y

evitar una inminente «guerra de estándares» entre marcas, operadores y desarrolladores de tecnología. En efecto, varios fabricantes se movían ya en aquel momento, cada uno por su cuenta, en busca de soluciones que permitieran la portabilidad de datos. Superadas las diferencias iniciales surgió la primera versión de WAP, que no llegó a implantarse en teléfono alguno pero que sirvió para darse cuenta de la necesidad de mejorar diversas características. La versión 1.1, que es la actual, ha sido ya adoptada por el 75% de los fabricantes de móviles del mundo, cuyos nuevos modelos de teléfonos «con WAP» están a punto de irrumpir en el mercado.

### 2.2.1 ARQUITECTURA WAP

La pila de protocolos WAP comparte muchas características similares a las de Internet, por lo que a primera vista resulta muy familiar. WAP utiliza servidores Web HTTP 1.1 para proporcionar contenidos a través de Internet o intranets corporativas, reutilizando así toda la tecnología e infraestructura Web que actualmente existe. La arquitectura WAP está pensada para proporcionar un “entorno escalable y extensible para el desarrollo de aplicaciones para dispositivos de comunicación móvil”. Para ello, se define una estructura en capas, en la cual cada capa es accesible por la capa superior así como por otros servicios y aplicaciones a través de un conjunto de interfaces muy bien definidos y especificados. Este esquema de capas de la arquitectura WAP la podemos ver en la figura 2-12.

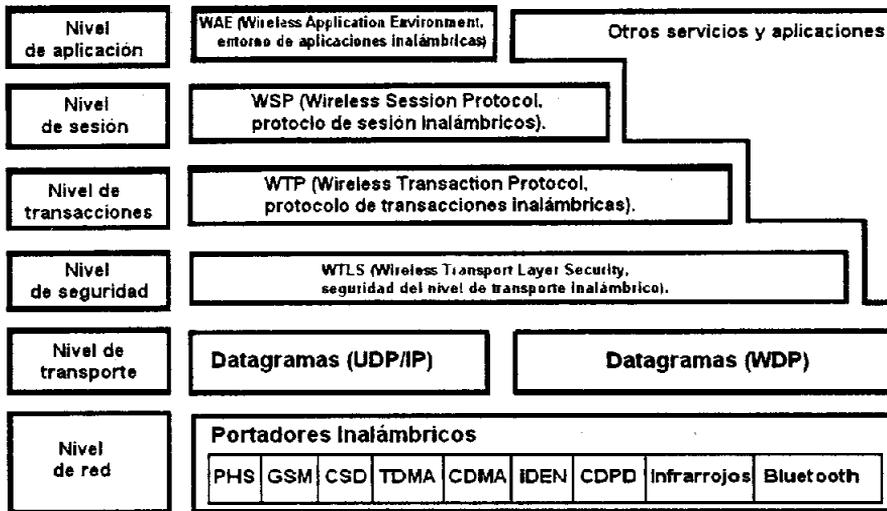


Figura 2-12. Arquitectura del protocolo WAP.

Las páginas se descargan codificadas en el canal de transporte que use WAP, siendo el micro navegador del móvil el que las decodifica. El lenguaje de contenido WML es similar al HTML y no es difícil adaptar páginas existentes HTML a páginas WML (llamadas decks en la nomenclatura WAP); en general una página WML es varias veces más pequeña en bytes que una página HTML. Aunque todavía no está muy desarrollado, el estándar WAP define también un lenguaje de programación específico, el WML script (similar al Javascript).

### 2.2.2 CAPA DE APLICACIÓN (WAE)

El WAE (Wireless Application Environment, entorno inalámbrico de aplicación) es un entorno de aplicación de propósito general basado en la combinación del World Wide Web y tecnologías de Comunicaciones Móviles. Este entorno incluye un micro navegador, del cual ya hemos hablado anteriormente, que posee las siguientes funcionalidades:

- ☞ Un lenguaje denominado WML (Wireless Markup Language, lenguaje inalámbrico de marcas) similar al HTML, pero optimizado para su uso en terminales móviles.
- ☞ Un lenguaje denominado WML Script, similar al JavaScript (esto es, un lenguaje para su uso en forma de Script).
- ☞ Un conjunto de formatos de contenido, que son un conjunto de formatos de datos bien definidos entre los que se encuentran imágenes, entradas en la agenda de teléfonos e información de calendario.

### 2.2.3 CAPA DE SESIÓN (WSP)

El WSP (Wireless Session Protocol, protocolo inalámbrico de sesión) proporciona a la Capa de Aplicación de WAP interfaz con dos servicios de sesión: Un servicio orientado a conexión que funciona por encima de la Capa de Transacciones y un servicio no orientado a conexión que funciona por encima de la Capa de Transporte (y que proporciona servicio de datagramas seguro o servicio de datagramas no seguro). Actualmente, esta capa consiste en servicios adaptados a aplicaciones basadas en la navegación Web, proporcionando las siguientes funcionalidades:

- ☞ Semántica y funcionalidades del HTTP/1.1 en una codificación compacta.
- ☞ Negociación de las características del Protocolo.
- ☞ Suspensión de la sesión y reanudación de la misma con cambio de sesión.

### 2.2.4 CAPA DE TRANSACCIONES (WTP)

El WTP (Wireless Transaction Protocol, protocolo inalámbrico de transacción) funciona por encima de un servicio de datagramas, tanto seguros como no seguros, proporcionando las siguientes funcionalidades:

- ☞ Tres clases de servicio de transacciones:
- ☞ Peticiones inseguras de un solo camino.
- ☞ Peticiones seguras de un solo camino.
- ☞ Transacciones seguras de dos caminos (petición-respuesta)
- ☞ Seguridad usuario-a-usuario opcional.
- ☞ Transacciones asíncronas.

### 2.2.5 CAPA DE SEGURIDAD (WTLS)

La WTLS (Wireless Transport Layer Security, capa inalámbrica de seguridad de transporte) es un protocolo basado en el estándar SSL, utilizado en el entorno Web para la provisión de seguridad en la realización de transferencias de datos. Este protocolo ha sido

especialmente diseñado para los protocolos de transporte de WAP y optimizado para ser utilizado en canales de comunicación de banda estrecha. Para este protocolo se han definido las siguientes características:

- ☞ Integridad de los datos: Este protocolo asegura que los datos intercambiados entre el equipo y un servidor de aplicaciones no ha sido modificada y no es información corrupta.
- ☞ Privacidad de los datos: Este protocolo asegura que la información intercambiada entre el equipo y un servidor de aplicaciones no puede ser entendida por terceras partes que puedan interceptar el flujo de datos.
- ☞ Autenticación. Este protocolo contiene servicios para establecer la autenticidad del equipo y del servidor de aplicaciones.

Adicionalmente, el WTLS puede ser utilizado para la realización de comunicación segura entre terminales, por ejemplo en el caso de operaciones de comercio electrónico entre terminales móviles.

### 2.2.6 CAPA DE TRANSPORTE (WDP)

El WDP (Wireless Datagram Protocol, protocolo inalámbrico de datagramas) proporciona un servicio fiable a los protocolos de las capas superiores de WAP y permite la comunicación de forma transparente sobre los protocolos portadores válidos.

Debido a que este protocolo proporciona un interfaz común a los protocolos de las capas superiores, las capas de Seguridad, Sesión y Aplicación pueden trabajar independientemente de la red inalámbrica que dé soporte al sistema.

### 2.2.7 MODELO DE FUNCIONAMIENTO DEL WAP

Se parte de una arquitectura basada en la arquitectura definida para el World Wide Web (WWW), pero adaptada a los nuevos requisitos del sistema. En la Figura 2-13 se muestra el esquema de la arquitectura WAP.

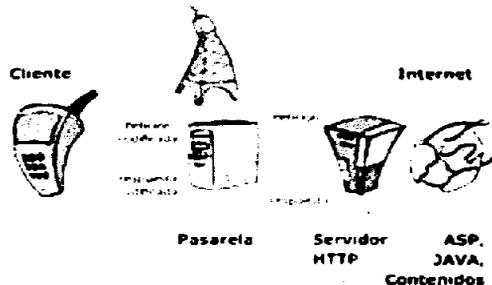


Figura 2-13. Modelo de funcionamiento del WAP.

Dado que un servidor Web de Internet convencional no es capaz de dialogar con un dispositivo móvil, se necesita la presencia de una pasarela WAP para que el teléfono celular pueda recuperar la información almacenada en el servidor. La pasarela (WAP gateway) recibe las peticiones del móvil que le llegan codificadas vía radio y las traduce de manera que sean comprendidas por el servidor, reenviándolas a través de una conexión Internet normal. Recíprocamente traduce las respuestas que le llegan del servidor, las codifica y se las transmite al móvil usando de nuevo el enlace de radio. De este modo, gracias a la pasarela WAP, es posible que el móvil visualice en su pantalla las páginas almacenadas en un servidor Web convencional.

Las siguientes fases se dan en una comunicación WAP con una conexión a una página en formato WML de un servidor de Internet:

- ☞ El usuario utiliza un dispositivo inalámbrico compatible WAP para solicitar la página WAP que quiera ver escribiendo con el teclado su dirección en su móvil.
- ☞ El micro-navegador<sup>1</sup> del dispositivo crea una petición con la dirección (URL<sup>2</sup>) de la página solicitada junto a la información sobre el abonado y lo envía todo al gateway<sup>3</sup> o pasarela WAP.
- ☞ El gateway examina la petición recibida convirtiéndola en una petición convencional de HTTP o HTTPs (para canales seguros SSL) y la reenvía al servidor Web.
- ☞ El servidor Web examina la petición y determina que información debe devolver. Como la pasarela ha convertido la información WAP a HTTP, esta petición puede circular por las redes convencionales buscando el servidor adecuado de forma transparente. Podría tratarse de una página estática, que simplemente se busca en el directorio adecuado y se sirve; o bien de una página generada de forma dinámica, utilizadas en general para consultas a bases de datos donde se encuentra almacenada la información de interés para el usuario.
- ☞ El servidor añade la cabecera HTTP o HTTPs pertinente al fichero estático o a la salida del programa que ha generado la página dinámica, enviándola de vuelta a la pasarela. Por lo tanto, el servidor WEB devuelve el resultado WAP empaquetado con apariencia HTTP.
- ☞ En el gateway se examina la respuesta del servidor, se valida el código WML en busca de errores y se genera la respuesta que se envía al móvil. Se comprueba si lo que ha empaquetado el servidor WEB y ha enviado a la pasarela WAP es realmente información codificada en un lenguaje que el dispositivo inalámbrico va a poder examinar (WML o WMLScript). Antes de enviar la petición al móvil, esta es compilada/comprimida para obtener mayor rendimiento en cuanto a velocidad de transmisión debido al limitado ancho de banda de la comunicación móvil actual.
- ☞ El micro-navegador examina la información recibida y si el código es correcto, la muestra en la pantalla del dispositivo.

Con este protocolo se accede a los contenidos WAP que se depositan en servidores WEB convencionales, aprovechando la infraestructura de Internet que ya existe. Es importante aclarar que los contenidos a los que se accede deben estar diseñados y creados para poder ser

<sup>1</sup> Un programa que permite al usuario desplazarse de uno a otro contenido.

<sup>2</sup> Universal/Uniform Resource Identifier o Identificador Uniforme/Universal de Recurso.

<sup>3</sup> Es un software capaz de conectarse a la red de telefonía móvil e Internet.

interpretados por los dispositivos WAP, la información debe suministrarse por los servidores WEB en formato WML y no en HTML.

Para conseguir consistencia en la comunicación entre la terminal móvil y los servidores de red que proporcionan la información, WAP define un conjunto de componentes estándar:

- ☞ Un modelo de nombres estándar. Se utilizan las URLs definidas en WWW para identificar los recursos locales del dispositivo (tales como funciones de control de llamada) y las URLs (también definidas en el WWW) para identificar el contenido WAP en los servidores de información.
- ☞ Un formato de contenido estándar, basado en la tecnología WWW.
- ☞ Unos protocolos de comunicación estándares, que permitan la comunicación del micro-navegador de la terminal móvil con el servidor Web en red.

En la figura 2-14 se muestra un ejemplo de un modelo global de funcionamiento de una red WAP. En este ejemplo, nuestra terminal móvil tiene dos posibilidades de conexión: a un proxy WAP, o a un servidor WTA. El primero de ellos, el proxy WAP traduce las peticiones WAP a peticiones Web, de forma que el cliente WAP (el terminal inalámbrico) pueda realizar peticiones de información al servidor Web. Adicionalmente, este proxy codifica las respuestas del servidor Web en un formato binario compacto, que es interpretable por el cliente. Por otra parte, el segundo de ellos, el Servidor WTA está pensado para proporcionar acceso WAP a las facilidades proporcionadas por la infraestructura de telecomunicaciones del proveedor de conexiones de red.

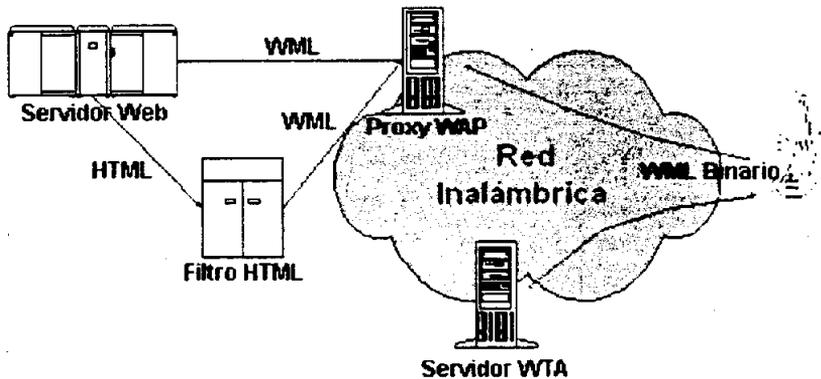


Figura 2-14. Ejemplo de una red WAP.

### 2.3 SERVICIOS GENERALES DE PAQUETES POR RADIO (GPRS)

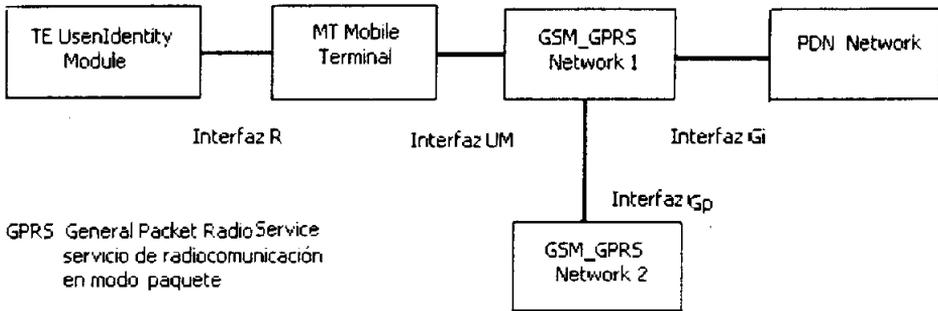
Aunque GSM es una tecnología que proporciona velocidades importantes para la transmisión de voz y datos (9.6 Kbps), al momento de querer enviar alguna imagen o video a través de los equipos hace que el equipo sea demasiado lento por tal motivo se evoluciono hacia la llamada 2.5G o GPRS buscando realizar transmisiones de datos en le entorno de la telefonía móvil de una forma más eficiente y rápida, de esta forma surge GPRS (General Packet Radio

Services), sistema que permite transmitir los datos en modo de paquete. Con GPRS, el canal de transmisión es compartido y además se pueden asignar varios canales de comunicación a un mismo usuario, de esta forma se consigue una transmisión más rápida y eficiente y se optimizan recursos por parte del operador. Con GPRS, se consigue mejorar considerablemente la velocidad de transmisión de datos respecto a la que se obtiene con GSM: hasta 171.2 Kbps en función del equipo utilizado y de la carga de la red, lo cual llevaría a multiplicar por varios dígitos las velocidades de GSM. Debe quedar claro que GPRS no sustituye a GSM, si no que es una tecnología complementaria que convive con GSM y mejora sustancialmente la capacidad de transmisión de datos en telefonía móvil. GPRS utiliza los recursos de radio de GSM, compartiendo sus estaciones base y sus frecuencias.

2.3.1 ARQUITECTURA GPRS

GPRS se muestra particularmente eficaz para transmisiones discontinuas de datos o transmisiones frecuentes de pequeños volúmenes de datos. Sin embargo, también es eficaz para transmisiones puntuales de grandes volúmenes de datos. Las aplicaciones multimedia permitirán acceder de forma rápida a servicios tales como páginas amarillas, descarga de tonos, logos, vídeos e imágenes.

La figura 2-15 presenta la arquitectura y las interfaces entre una red GSM-GPRS que proporciona un servicio en modo paquete y una red de transmisión en modo paquete. Cuando una red GPRS se interconecta con una red IP se comporta como una red IP, el punto Gi es la interfaz entre las dos redes de datos.



PDN Packet Data Network, red de paquetes

Figura 2-15. Arquitectura de un sistema GPRS y puntos de interfaz de referencia.

Generalmente, dos redes IP se interconectan a través de un router, el punto de referencia Gi entre una red Gateway GPRS Support Node (GGSN) y una red IP externa. Para la red IP externa, el GGSN es visto como un router (figura 2-16). Las capas L1 y L2 de las pilas lógicas, son específicas para el operador de red GSM-GPRS. En la Terminal MS encontramos, de abajo hacia arriba las siguientes capas lógicas:

- ☞ Capa física, que se descompone en dos subcapas funcionales.
- ☞ La subcapa RF gestiona las funciones de radio del equipo. Emite información recibida de la capa física. Descodifica las señales de radio recibidas de la estación base y las transfiere para su interpretación hacia la capa física.
- ☞ La capa física genera tramas que serán emitidas por la capa de radio; para las tramas recibidas de la red, detecta y corrige los errores de transmisión.
- ☞ La capa MAC o RLC (Radio Link Control) se encarga del enlace de radio entre el equipo y la estación base, es decir, los mecanismos de retransmisión en caso de error, la función de control de acceso a los recursos de radio cuando varios terminales compiten por ellos. El RLC puede solicitar la retransmisión de un bloque de datos.
- ☞ La capa superior SNDC (SubNetwork Dependant Convergente) controla la movilidad, el cifrado y la compresión de datos.

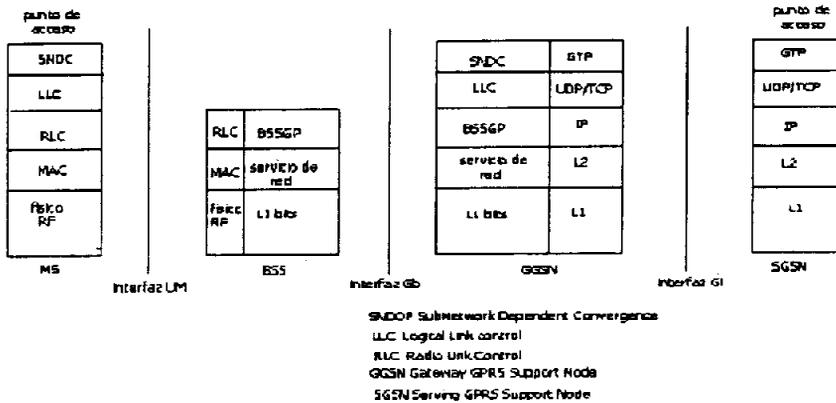


Figura 2-16. Pilas lógicas de un sistema GPRS.

El GGSN proporciona la funcionalidad de interconexión en el centro de comunicación (MSC) que permite comunicar con las otras redes de datos por paquetes exteriores a la red GSM. El GGSN enmascara a las redes de datos las especificaciones del GPRS. También gestionan la tarificación de los usuarios al servicio. El GGSN debe soportar el protocolo utilizando sobre la red de datos con la cual se interconectan. Los protocolos de datos soportados como estándar para un GGSN son IPV6, CLNP y X.25. El SGSN (Serving GPRS Support Node) proporciona la funcionalidad de servicios en el centro de conmutación (MSC) que permite controlar los servicios ofrecidos al usuario. El SGSN es la interfaz lógica entre el abonado GSM y una red de datos externa. Las principales misiones del SGSN son, por un lado, la gestión de los abonados móviles activos (actualización permanente de las referencias de un abonado y de los servicios utilizados) y, por otro, el reenvío de los paquetes de datos. Cuando un paquete de datos llega de una red PDN (Packet Data Network) externa a la red GSM, el GGSN recibe este paquete y lo transfiere al SGSN que retransmite hacia la estación móvil; para los paquetes salientes, es el SGSN el que los transmite hacia el GGSN.

El encaminamiento de cada paquete es independiente del que le precede o del que le sigue, durante la fase de conexión de un equipo en la red GSM, el intercambio de señalización es abundante, y para afrontar los inconvenientes del modo paquete, el GGSN guarda la información

de encaminamiento obtenida para encaminar el primer paquete hacia un equipo GSM. De esta forma, la ruta para los siguientes paquetes se selecciona a partir del contexto almacenado en el GGSN.

### 2.3.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE GPRS

El ofrecer el uso de nuevas tecnologías como GPRS aporta nuevas funcionalidades y ventajas a los usuarios potenciales de estos servicios.

- ☛ Con GPRS la velocidad de transmisión de datos podrá aumentar hasta 40 kbps con un máximo de 171.2 kbps, en donde la transmisión de datos utilizando telefonía móvil, se realiza en modo circuito con GSM a una velocidad de 9.6 kbps. La velocidad obtenida dependerá tanto del equipo utilizado como del estado de la red.
- ☛ En GPRS el tiempo de establecimiento de una sesión de datos será prácticamente inmediato y mucho menor que lo que suponía establecer una llamada de datos en GSM. Mientras que con GSM se pudiera tardar 15 segundos con GPRS se tarda 3 segundos.
- ☛ GPRS supondrá un cambio importante en el modo de facturar al cliente, pues se pasará de un modelo de tarifas por tiempo de conexión (pesos/min) a otro más flexible: facturación por volumen de información recibida/transmitida (pesos/kbytes).
- ☛ Se podrá ofrecer un elevado grado de seguridad a cualquier servicio GPRS, puesto que además de la seguridad tradicional de servicios móviles se tiene la seguridad añadida de permitir el alta individualizada en red (HLR) de un servicio determinado para un usuario concreto.
- ☛ GPRS permite que el usuario esté permanentemente conectado (always on) a los servicios de datos que utilice la tecnología. Esto y el modo de facturar hará que el usuario de servicios sobre GPRS disfrute funcionalidades como la mensajería instantánea, el "chat" o los servicios "push", sin preocuparse por tener una conexión establecida en todo momento ya que solo se establecerá una sesión al día, puesto que no se le cobrará por tiempo, sino por evento o información descargada.
- ☛ Simultaneidad de Voz/Datos: al mismo tiempo que se está disfrutando de un servicio sobre GPRS, el usuario podrá recibir o hacer llamadas de voz para luego retomar la sesión de datos GPRS en el punto que la dejó, dependiendo de las características del equipo, tipo y modelo.

### 2.4 SISTEMA UNIVERSAL DE TELECOMUNICACIONES MÓVILES (UMTS)

El Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (UMTS), desarrollado por ETSI (European Telecommunications Standards Institute) es el primer estándar mundial para la comunicación dispositivos móviles, el sistema nos permite una convergencia cada vez mayor entre la red Internet y la telefonía móvil, ofreciendo altas prestaciones multimedia y un acceso sin límites a la red Internet.

El sistema UMTS resulta de la necesidad de implantar una nueva generación de teléfonos móviles, debido en parte al gran número de usuarios de la tecnología GSM, lo que ha provocado la saturación de las frecuencias de radio que originalmente fueron asignadas al sistema GSM. Esto

originó que con el nuevo estándar se ampliara el espectro electromagnético disponible así como la capacidad de los equipos móviles proporcionando una mayor capacidad en la transferencia de datos y creación de nuevos servicios.

La tecnología digital empleada por el sistema UMTS se denomina WCDMA (Wide Code Multiple División Access). Esta tecnología transmite los datos en banda ancha y en varias frecuencias, siendo divididos en paquetes antes de la transmisión, los cuales son reunidos por el equipo antes de presentar la información en la pantalla. Actualmente en la tecnología GSM todas las llamadas se realizan en modalidad de conmutación de circuitos, es decir, cuando el usuario hace su llamada se establece un camino en la red y no se libera hasta el final de la comunicación. Por ese camino viaja la voz y los datos distinción entre ellos. En la tecnología UMTS las llamadas de voz y datos recorren el mismo camino en la red de acceso, pero se separan en la red de conmutación, donde hay una red para atender llamadas de voz, y otra para las llamadas de datos. Los elementos que gestionan estas llamadas son diferentes, y los lenguajes o protocolos que se utilizan también lo son.

Para que UMTS sea posible, es necesario crear una adecuada regularización y estandarización, asegurando la disponibilidad de licencias y asignando el espectro adecuado a cada operadora. La tecnología UMTS esta ideada como un sistema global y no será limitada a las redes móviles, esta previsto la integración de los componentes terrestres y vía satélite. Esto permitirá el roaming con otras redes a escala mundial, utilizando para ello satélites compatibles con UMTS. Estos satélites proporcionarán una cobertura a escala global, lo que está siendo estandarizado para asegurar la compatibilidad entre las redes terrestres y las redes vía satélite y de esta forma disponer de un Roaming bastante eficiente.

### 2.4.1 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE UMTS

El sistema UMTS está enfocado para una gran variedad de clientes y tipos de servicios, tanto en ambientes profesionales como domésticos, ofreciendo una gran calidad en los servicios y permitiendo la personalización por parte del usuario de los servicios ofrecidos por este sistema.

- ☞ El sistema UMTS mantendrá la compatibilidad con las redes GSM.
- ☞ Los usuarios de UMTS dispondrán de servicios de voz de alta calidad, junto con servicios de datos e información avanzada
- ☞ Gran capacidad en la transmisión de datos a alta velocidad, lo que permitirá emprender soluciones graficas y multimedia de gran calidad.
- ☞ La frecuencia para UMTS es de 2 GHz, las primeras versiones permitirán velocidades de transmisión de datos a 384 kbps y será posible transmitir datos a 2 Mbps en posteriores versiones.
- ☞ Estas velocidades junto al soporte del protocolo IP, harán posible el desarrollo de servicios multimedia interactivos y otras aplicaciones como videotelefonía y videoconferencia móvil. Lo que provocará un uso intensivo de la red Internet sin ningún tipo de límites.
- ☞ UMTS integra transmisión de datos en paquetes y por circuitos de conmutación de alta velocidad, con lo que se dispondrá de conexión permanente a la red, es decir, tendremos conectado permanentemente el teléfono y accederemos a la información cuando la necesitemos.

- ☞ Una consecuencia del punto anterior es la facturación por volumen de datos en lugar de facturación por el tiempo que estemos conectados.
- ☞ Velocidad adaptable, el ancho de banda de cada llamada se asigna de forma dinámica, con lo que se optimiza su uso y el funcionamiento será mucho más económico.
- ☞ El sistema está diseñado para usarse en todo el mundo, empleando tanto redes terrestres como enlaces por satélite.
- ☞ Como es un sistema único, el roaming es prácticamente instantáneo, con interrupciones mínimas en la comunicación, además, al cambiar de operador el usuario dispondrá de sus servicios originales, independientemente de la ubicación o modo de acceso a la red.

En términos generales, una de las directrices que con más fuerza está orientando la tecnología moderna de las comunicaciones es la tendencia hacia servicios de telecomunicaciones personales universales y acceso universal a las comunicaciones. El primero de los términos se refiere a la capacidad de una persona para identificarse fácilmente y usar, como un único abonado, cualquier sistema de comunicaciones en los dominios de un país, un continente, o incluso globalmente. El segundo concepto hace referencia a la capacidad de un usuario para utilizar su equipo en una variedad de entornos para conectarse a los servicios de información. Esta evolución en la computación personal involucrará, obviamente y de forma crucial, la presencia de comunicaciones inalámbricas. En la tabla 2-3 se puede apreciar a manera de resumen los principales parámetros técnicos de UMTS o WCDMA.

Ancho de banda del canal	5 MHz
Estructura del canal RF de ida	Expansión directa
Tasa de minibits	3,84 Mbps
Longitud de trama	10 ms
Número de ranuras/trama	15
Modulación de expansión	QPSK balanceado (ida) Canal dual QPSK (retorno) Circuito de expansión compleja
Modulación de datos	QPSK (ida) QPSK (retorno)
Detección coherente	Símbolos piloto
Multiplexación del canal de retorno	Canales de control y piloto multiplexados en tiempo Multiplexación I y Q para canales de datos y control
Multitasa	Diversas expansiones y multicódigo
Factores de expansión	4 a 256
Control de potencia	Bucle abierto y bucle cerrado rápido (1,6 kHz)
Expansión (ida)	Secuencias ortogonales de longitud variable para la separación de canales. Secuencias estrella (gold sequences) para la separación entre usuario y celda.
Expansión (retorno)	Igual que en el de ida, con distintos desplazamientos temporales en los canales i y Q.

Tabla 2-3. Parámetros técnicos de UMTS.

## 2.4.2 SERVICIOS QUE OFRECE UMTS

### 1. Acceso a Internet de Alta Velocidad:

Tendremos la posibilidad de utilizar la red de Internet con la interfaz a la que hoy estamos acostumbrados en las computadoras y con velocidades sustancialmente mayores a las actuales, que harán de este servicio una herramienta realmente eficaz.

### 2. Servicios de comunicación:

Se podrá incluir imágenes, gráficos, hojas de cálculo e incluso imágenes de video en tiempo real, chats, foros y servicios de mensajería unificada.

### 3. Servicios financieros:

Desde tu teléfono podrás realizar todo tipo de trámites bancarios, por ejemplo, pagar facturas, hacer transferencias, consultar el saldo, etc. Se podrá hacer todo tipo de operaciones con tus acciones, consultas, comprar y vender acciones y otros valores. Todo en un entorno gráfico que facilitará su utilización y ofrecerá la información de una forma más clara (figura 2-17).



Figura 2-17. Con UMTS se podrán realizar diversas tareas en tiempo real.

### 4. Servicios de ocio y entretenimiento:

La avanzada tecnología multimedia, las pantallas de alta resolución y la alta calidad de sonido que ofrecerá el sistema UMTS, será la que nos permita disfrutar de las siguientes aplicaciones:

- Enviar y recibir imágenes digitales de gran calidad captadas desde el propio equipo, y enviarlas a otro equipo UMTS que las recibirá de forma instantánea con sólo pulsar un botón del equipo (figura 2-18).



Figura 2-18. Mensajería a mayor velocidad.

- ☛ Posibilidad de juegos interactivos compartidos en red con otros jugadores. Con el teléfono móvil se podrá jugar con varias personas a la vez (figura 2-19).



Figura 2-19. Posibilidad de compartir un juego en la red.

#### 5. Educación a distancia:

Desde cualquier lugar, en cualquier momento se podrá recibir la educación que se adapte a sus necesidades. Se podrá recibir apuntes a través del equipo, informes del tema que se desee, cursos a distancia y asesoramiento de un tutor para realizar el curso elegido.

#### 6. Servicios de localización:

Basados en la localización automática de la persona o vehículo y la posibilidad de monitorización remota, estos servicios nos ofrecen múltiples posibilidades, desde servicios de salud y emergencia hasta servicios de tráfico:

- ☛ Servicios de Salud: Se podrá comunicar con el médico cuando se tenga duda sobre salud o no se encuentre bien de salud. Se podrá apreciar resultados médicos, radiografías, ecografías, y también permitirá al doctor tener control a distancia del estado de sus pacientes.
- ☛ Servicios de Tráfico: Con esta tecnología se podrá ver el tráfico existente en cualquier ciudad, gracias a las cámaras instaladas para tal fin.

### 2.5 WIRELESS FIDELITY (WIFI)

WiFi (Wireless Fidelity, fidelidad inalámbrica) es una marca registrada por la Wireless Ethernet Compatibility Alliance (WECA). La WECA que fue fundada por 3Com, Cisco, Intersil, Agere, Nokia y Symbol en agosto de 1999, tiene como misión certificar la interoperabilidad y compatibilidad entre diferentes fabricantes de productos wireless bajo el estándar IEEE802.11b, IEEE802.11a y IEEE802.11g.

Unos 1250 productos aproximadamente han recibido la certificación Wi-Fi® desde que fuera creada. La lista de miembros se ha incrementado hasta los 2000. Desde entonces Intermec, Microsoft e Intel han formado el comité de dirección de WECA. Aquellos dispositivos con el logotipo WIFI gozan de esa garantía de interoperatividad. El certificado Wi-Fi es la única seguridad de que un producto ha pasado rigurosas pruebas de interoperabilidad que aseguran que

productos compatibles de diferentes fabricantes pueden trabajar conjuntamente. En el logotipo se incorpora un código de colores SII que indica el protocolo (figura 2-20).



Figura 2-20. Logotipos de certificado WiFi indicado con SII.

### 2.5.1 ESTÁNDAR 802.11

El estándar IEEE 802.11 está orientado al desarrollo de Redes de Área Local inalámbricas con aplicación dentro de espacios interiores. Esto no ha sido impedimento de que existan aplicaciones WiFi más allá de su concepción inicial, llegándose incluso a pensar en la posibilidad de dar cobertura inalámbrica a áreas metropolitanas, cubriendo por entero una pequeña ciudad.

El hecho de utilizar una banda de frecuencias no regulada y la interoperación entre dispositivos de diversos fabricantes, junto con la reducción de precios, ha hecho que su aplicación y expectativas de uso se hayan desarrollado enormemente. La economía en el despliegue en este tipo de redes, así como el carácter de uso "libre" del espectro, ha hecho que algunos vean estas soluciones como una amenaza, o alternativa, al servicio de acceso Internet inalámbrico a través de tecnologías UMTS ofrecido por los operadores de redes móviles.

Tanto en Estados Unidos como en el resto del mundo, están apareciendo iniciativas para el desarrollo de las denominadas Public Wireless LAN (PWLAN). Bajo este tipo de uso del WiFi están apareciendo compañías denominadas WISP (Wireless Internet Service Provider), que ofrecen un servicio de acceso a Internet dentro de espacios de uso público como pueden ser hoteles, aeropuertos, restaurantes, etc.

La incorporación de WiFi a dispositivos de usuario como pueden ser ordenadores personales, PDAs, proyectores, etc., implica que la existencia de una complementariedad de acceso WiFi a las redes locales presente una gran ventaja, ya que muchos dispositivos se conectarán conservando su movilidad. Esta movilidad suele ser restringida a unas células de diámetro en torno a los 50 metros, pero también es posible solapar estas células de forma que la cobertura pueda crecer hasta cubrir las necesidades requeridas.

### 2.5.2 FAMILIAS DEL ESTÁNDAR 802.11

La especificación original de 802.11 preveía conexiones a velocidades de 1 ó 2 Mbps en la banda de los 2.4 GHz utilizando dos tipos de tecnología de espectro ensanchado (spread spectrum) por salto en frecuencia (FHSS) y secuencia directa (DSSS) (figura 2-21). El objetivo principal a la hora de utilizar el espectro ensanchado es transmitir ocupando una banda de frecuencias mayor de la requerida. Su creación se debe a investigaciones militares durante la Segunda Guerra Mundial, ya que de esta forma se evitaban ataques y escuchas. FHSS (salto en frecuencia) se basa en que transmite en diferentes frecuencias, produciéndose saltos de una otra de una forma aleatoria que es imposible predecir. Por contra, con DSSS (secuencia directa) se envían varios bits por cada bit de información real.

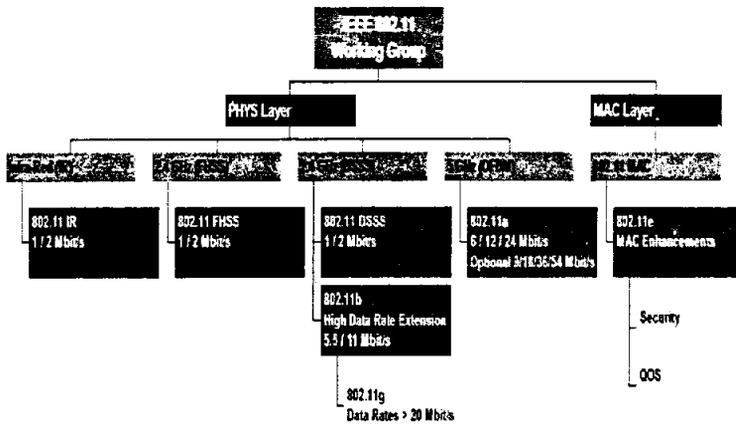


Figura 2-21. Grupo de trabajo IEEE 802.11.

### 2.5.3 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11b

En julio de 1999, la IEEE expande el 802.11 creando la especificación 802.11b, la cual soporta velocidades de hasta 11 Mbps, comparable a una Ethernet tradicional. La 802.11b utiliza la misma frecuencia de radio que el tradicional 802.11 (2.4 GHz). El problema es que al ser esta una frecuencia sin regulación, se podían causar interferencias con hornos microondas, teléfonos móviles y otros aparatos que funcionen en la misma frecuencia. Sin embargo, si las instalaciones 802.11b están a una distancia razonable de otros elementos, estas interferencias son fácilmente evitables. Además, los fabricantes prefieren bajar el costo de sus productos, aunque esto suponga utilizar una frecuencia sin regulación. La tabla 2-4 muestra las características del estándar 802.11b.

- ☞ Ventajas: Bajo coste, rango de señal muy bueno y difícil de obstruir.
- ☞ Inconvenientes: Baja velocidad máxima, soporte de un número bajo de usuarios a la vez y produce interferencias en la banda de 2.4 GHz.

802.11b	
Frecuencia longitud de onda	2.4 GHz (2.400-2.485 en Norte América).
Ancho de banda de datos	11 Mbps, 5 Mbps, 2 Mbps, 1 Mbps.
Medidas de seguridad	WEP (Wireless Equivalency Protocol) en combinación con espectro de dispersión directa.
Rango de Operación óptima	50 metros dentro, 100 metros afuera.
Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo	Computadoras portátiles, de escritorio, PDAs.

Tabla 2-4. Características IEEE 802.11b

• 2.5.4 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11a

Mientras se desarrollaba la 802.11b, la IEEE creaba una nueva extensión del estándar 802.11 denominada 802.11a. Debido a que la 802.11b ganó popularidad muy rápidamente, mucha gente cree que la 802.11a se creó después que ésta, aunque en realidad se desarrollaron a la vez.

Debido a su alto costo, la 802.11a suele utilizarse en redes de empresas, mientras que la 802.11b se usa más en redes domésticas.

La 802.11a soporta velocidades de hasta 54 Mbps y trabaja a 5 GHz. Comparada con la 802.11b, esta mayor frecuencia limita el rango de la 802.11a. Además, el trabajar en una frecuencia mayor significa que la señal de la 802.11a tiene una mayor dificultad para atravesar muros y objetos. Por otro lado, como la 802.11a y la 802.11b utilizan frecuencias distintas, ambas tecnologías son incompatibles entre ellas. Algunos fabricantes ofrecen híbridos 802.11a/b, aunque estos productos lo que tienen realmente son las dos extensiones implementadas. La tabla 2-5 muestra las características del estándar 802.11a.

- ☞ Ventajas: Velocidad máxima alta, soporte de muchos usuarios a la vez y no produce interferencias en otros aparatos.
- ☞ Inconvenientes: Alto costo, bajo rango de señal que es fácilmente obstruible.

802.11a	
Frecuencia longitud de onda	5 GHz.
Ancho de banda de datos	54 Mbps, 48 Mbps, 36 Mbps, 24 Mbps, 12 Mbps, 6 Mbps.
Medidas de seguridad	WEP, OFDM
Rango de Operación óptima	50 metros dentro, 100 metros afuera.
Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo	Computadoras portátiles, de escritorio, PDAs. Entornos privados o empresariales.

Tabla 2-5. Características IEEE 802.11a.

2.5.5 DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR PARA REDES WI-FI IEEE 802.11g

Entre 2002 y 2003 ha aparecido un nuevo estándar denominado 802.11g. Este nuevo estándar intenta aprovechar lo bueno de cada uno de los anteriores 802.11a y 802.11b. La 802.11g permite velocidades de hasta 54 Mbps y utiliza la banda de frecuencia de 2.4 GHz. Además, al trabajar en la misma banda de frecuencia, la 802.11g es compatible con la 802.11b, por lo que puntos de acceso 802.11g pueden trabajar en redes 802.11b y viceversa. La tabla 2-6 muestra las características del estándar 802.11g.

- ☞ Ventajas: Velocidad máxima alta, soporte de muchos usuarios a la vez, rango de señal muy bueno y difícil de obstruir.
- ☞ Inconvenientes: Alto costo y produce interferencias en la banda de 2.4 GHz.

802.11g	
Frecuencia longitud de onda	2.4 GHz.
Ancho de banda de datos	54 Mbps.
Medidas de seguridad	WEP, OFDM
Rango de Operación óptima	50 metros dentro, 100 metros afuera.
Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo	Computadoras portátiles, de escritorio, PDAs. Compatible hacia atrás con las redes 802.11b.

Tabla 2-6. Características IEEE 802.11g.

## 2.6 HIPERLAN

HiperLAN es otra tecnología pensada para redes inalámbricas de área local conocida como WLAN (figura 2-22). En 1996 el ETSI (European Telecommunications Standards Institute) consigue un estándar de red de área local inalámbrica vía radio, HiperLAN-1 a 24 Mbps en 5 Ghz. En el 2000 aparece el estándar HiperLAN-2 a 54 Mbps con OFDM también en la banda de 5 Ghz. La tabla 2-7 muestra las características de esta tecnología.



Figura 2-22. Logo HiperLAN-2.

HiperLAN-2	
Frecuencia longitud de onda	5 GHz. (5.15 – 2.3 GHz)
Ancho de banda de datos	6, 9, 12, 18, 27, 36 y 54 Mbps.
Medidas de seguridad	Un esquema de cifrado/descifrado de uso opcional.
Rango de Operación óptima	Máximo 150 metros.
Adaptado para un propósito específico o para un tipo de dispositivo	Voz, vídeo y comunicaciones de Internet.

Tabla 2-7. Características HiperLAN-2.

## 2.7 MESH NETWORKS

Mesh Networks también pertenece a las redes WLAN. Los inicios de las redes acopladas o redes Mesh como no militares. Son aquellas redes en las que se mezclan las dos topologías de las redes inalámbricas. Básicamente son redes con topología de infraestructura, pero que permiten unirse a la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del rango de cobertura de los puntos de acceso están dentro del rango de cobertura de alguna estación que directamente o indirectamente está dentro del rango de cobertura del punto de acceso. Para que esto sea posible es necesario contar con un protocolo de enrutamiento que permita transmitir la información hacia su destino con el mínimo número de saltos. Uno de los principales fabricantes de SW y HW para redes acopladas es LocustWorld.

## 2.8 WIMAX

WIMAX pertenece a las redes WMAN. WIMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es un estándar de transmisión inalámbrico de datos diseñado para ser utilizado en el área metropolitana proporcionando accesos en áreas de hasta 50 kilómetros hasta un máximo de 70 Mbps.

Integra la familia de estándares IEEE 802.16 y el estándar HyperMan del ETSI. El estándar inicial para Wimax se encontraba en la banda de frecuencias de 10-66 GHz y requería de torres. La nueva versión 802.16a, ratificada en marzo de 2003, utiliza una banda del espectro más estrecha y baja de 2-11 GHz, facilitando su regulación. Además como ventaja añadida no necesita de torres sino únicamente del despliegue de estaciones bases formadas por antenas emisoras/receptoras con capacidad para dar servicio unos 200 abonados que dan cobertura y servicio a edificios completos.

Esta tecnología está basada en OFDM y con 256 subportadoras puede cubrir un área de 48 kilómetros permitiendo la conexión sin línea de vista, es decir con obstáculos interpuestos, con capacidad para transmitir datos a una tasa de 75 Mbps.

El WIMAX Forum es un consorcio de empresas (inicialmente 67 y actualmente más de 100) dedicadas a diseñar los parámetros y estándares de esta tecnología, entre las que destaca Intel que está fabricando los chip para esta tecnología.

Las principales firmas de telefonía móvil están desarrollando también terminales capaces de conectarse a estas nuevas redes. Después de la fase de pruebas y estudios cuya duración prevista es de unos dos años, se espera comenzar a ofrecer servicios de conexión a Internet a 4 Mbps a partir de 2007, incorporando WIMAX a los ordenadores portátiles y PDAs.

## 2.9 HOME RF

La Radiofrecuencia Doméstica (Home Radio Frequency o HomeRF), esta soportada por más de 100 compañías que pertenecen al consorcio HomeRF (figura 2-23). Las redes de este tipo están diseñadas principalmente para su uso en ambientes domésticos. La base de estas redes es el protocolo de acceso compartido (Shared Wireless Access Protocol, protocolo de acceso inalámbrico compartido), que define las características para que la red inalámbrica sea capaz de soportar tanto tráfico de voz como de datos, siendo a su vez capaz de integrarse tanto con las redes de telefonía como con Internet. Esta tecnología es administrada por el grupo HRFWG (HomeRF Working Group, grupo de trabajo de radiofrecuencias domésticas), que engloba diferentes fabricantes y regula las características de la norma para evitar incompatibilidades en los elementos que se fabriquen y asegurar así la interoperatividad entre ellos.



Figura 2-23. Logotipo de HomeRF.

Este tipo de redes opera bajo la frecuencia de 2.4 GHz con transmisión por FHSS, y para las labores de seguridad cuenta con un identificador de red de 24-bits, encriptación de datos de 128-bits, y otras características adicionales de seguridad. Recientemente, el grupo HRFWG ha anunciado que está trabajando para aumentar la zona del espectro electromagnético hasta los 5 GHz, pero esto está aún por llegar y en algunos países el uso de dicha banda todavía no está regulado por la administración.

HomeRF se encarga de cubrir las necesidades de los usuarios domésticos, que podrán establecer una comunicación sin cables entre los diferentes dispositivos que incorporen este estándar, y dispositivos como un teléfono móvil, un ordenador personal o cualquier otro elemento electrónico del hogar que sea susceptible de comunicarse con otro que esté integrado en un red local personal (WPAN), permitiendo entre otras muchas cosas jugar en modo multijugador, control remoto de equipos, compartir impresoras, centralita de llamadas, etc. . El gran inconveniente de este tipo de topología es que no puede integrarse con otras soluciones de redes inalámbricas. No obstante, su sencillez de uso y manejo la convierten en una solución ideal para uso doméstico o pequeñas oficinas.

Actualmente se han conseguido conexiones de hasta 10 Mbps para distancias de 45 metros con la versión 2.0 y afirman que para la futura revisión 3.0 permitirá una velocidad de 40 Mbps además de una completa compatibilidad con la tecnología actual. En la actualidad el máximo número de dispositivos que se pueden conectar es de 127. En la figura 2-24 se observa como puede interactuar HomeRF con algunos dispositivos. La tabla 2-8 muestra sus características de funcionamiento.

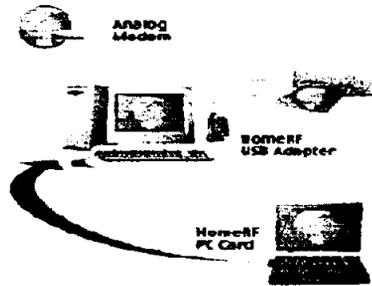


Figura 2-24. Red HomeRF.

HomeRF	
Tipo de conexión. Espectro Banda ISM 2.4 GHz.	Expansión de espectro (saltos de frecuencia).
Potencia de transmisión	100 milivatios (mW).
Velocidad de transferencia de datos	10 Mbps, hasta 45 metros.
Estaciones soportadas	Hasta 127 dispositivos por cada red.
Seguridad de datos	Algoritmo de cifrado Blowfish 'más de 1 trillón de códigos).

Tabla 2-8. Características de funcionamiento de HomeRF.

## 2.10 ASOCIACIÓN DE DATOS POR INFRARROJOS (IrDA)

La Asociación de Datos por Infrarrojo (IrDA), está creando y promoviendo estándares de interconexión y funcionamiento conjunto basados en infrarrojos de bajo costo que soportan un modelo punto a punto para usuarios que se desplazan. Los estándares IrDA soportan una amplia gama de dispositivos eléctricos, informáticos y de comunicaciones (figura 2-25).



Figura 2-25. Logotipo IrDA.

Esta tecnología se encuentra en muchos ordenadores portátiles, y en un creciente número de teléfonos celulares, sobre todo en los de fabricantes líderes como Nokia y Ericsson. Ofrece transferencia de datos inalámbrica punto a punto en su línea de visión, con un alcance de aproximadamente 1 ó 2 metros y velocidades de transferencia de datos de hasta 4 Mbps.

La conexión IrDA se realiza a través de puerto IR del ordenador, teléfono u ordenador portátil. Permite un funcionamiento continuo y bidireccional desde el punto de contacto hasta una distancia de 1 ó 2 metros. Existe también una versión de corto alcance y baja potencia que funciona a una distancia de unos 20 centímetros entre dispositivos de baja potencia y de 30 centímetros entre dispositivos de baja potencia y de potencia estándar, con un consumo de energía 10 veces menor. Las velocidades de transmisión son de hasta 4 Mbps, y la integridad de la información está protegida gracias al empleo de una comprobación cíclica de redundancia (CRC) a 32 bits.

Las aplicaciones actuales de IrDA incluyen la impresión de un documento directamente desde el notebook, la sincronización de directorios telefónicos y agendas electrónicas, el intercambio de tarjetas de visita entre ordenadores portátiles, envío y recepción de faxes o correo electrónico directamente desde un notebook a través de un teléfono celular o un teléfono público tradicional o el almacenamiento de registros bancarios desde cajeros automáticos haciendo una simple conexión punto a punto automática por infrarrojos. Los dispositivos futuros tendrán acceso a los sistemas domésticos de entretenimiento, seguridad y climatización automatizados, afirma la IrDA. El desarrollo de nuevas aplicaciones software permitirá el intercambio de archivos de información entre distintos tipos y marcas de ordenadores y dispositivos de comunicación, como computadoras de escritorio y portátiles, impresoras, aparatos de fax, nodos de red, módems de datos, teléfonos, cajeros automáticos, unidades móviles de mano (PDAs), agendas electrónicas y muchos otros dispositivos (figura 2-26).



Figura 2-26. Adaptador USB con infrarrojo.

• Para establecer una comunicación con éxito entre los dispositivos, IrDA requiere línea de visión directa entre los mismos. Esto puede crear situaciones complicadas a los usuarios que intenten alinear los puertos IR de varios dispositivos. Sin embargo, la línea de visión ofrece algunas ventajas de seguridad básica ya que establecer la comunicación requiere un esfuerzo coordinado.

Para solucionar el problema de la línea de visión, IrDA ha ampliado el alcance de su estándar para incluir una propuesta de Área de Infrarrojos (AIR). Los dispositivos existentes IrDA tienen un ángulo de haz de 30 grados y una estricta conectividad punto a punto. AIR lo aumentará hasta 120 grados, reemplazando la conectividad punto a punto de la IrDA existente con hasta 10 nodos de red. AIR también ofrecerá un mayor alcance: hasta 8 metros con una velocidad de transferencia de datos de 250 kbps. Se pueden alcanzar velocidades de transferencia de datos más elevadas dentro de un radio más pequeño, alcanzando velocidades de transferencia de datos máximas de 4 Mbps por debajo de los 4 metros.

## 2.11 ZIG-BEE

ZigBee es una alianza, sin ánimo de lucro, de 25 empresas, la mayoría de ellas fabricantes de semiconductores, con el objetivo de auspiciar el desarrollo e implantación de una tecnología inalámbrica de bajo costo. Destacan empresas como Invensys, Mitsubishi, Philips y Motorola que trabajan para crear un sistema estándar de comunicaciones, vía radio y bidireccional, para usarlo dentro de dispositivos de la domótica, automatización de edificios (inmótica), control industrial, periféricos de PC y sensores médicos.

ZigBee, conocido con otros nombres como "HomeRF Lite", es una tecnología inalámbrica con velocidades comprendidas entre 20 kbps y 250 kbps y rangos de 10 a 75 metros. Puede usar las bandas libres ISM de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (EU). Una red ZigBee puede estar formada por hasta 255 nodos los cuales tienen la mayor parte del tiempo el transceptor (transceiver) ZigBee dormido con objeto de consumir menos que otras tecnologías inalámbricas (figura 2-27).



Figura 2-27. Logotipo de ZigBee.

El objetivo es que un sensor equipado con un transceiver ZigBee pueda ser alimentado con dos pilas AA durante al menos 6 meses y hasta 2 años. Como comparativa la tecnología Bluetooth es capaz de llegar a 1 Mbps en distancias de hasta 10 metros operando en la misma banda de 2.4 GHz, sólo puede tener 8 nodos por celda y está diseñado para mantener sesiones de voz de forma continuada.

Los módulos ZigBee serán los transmisores inalámbricos más baratos jamás producidos de forma masiva. Con un costo estimado alrededor de los 2 euros dispondrán de una antena integrada, control de frecuencia y una pequeña batería. Al igual que Bluetooth, el origen del nombre es oscuro, pero la idea vino de una colmena de abejas merodeando alrededor de su panal y comunicándose entre ellas.

## 2.12 BLUETOOTH

Bluetooth es una frecuencia de radio de disponibilidad universal que conecta entre sí los dispositivos habilitados para Bluetooth situados a una distancia de hasta 10 metros (actualmente 100 metros). Permite conectar una computadora portátil o un dispositivo de bolsillo con otras computadoras portátiles, teléfonos móviles, cámaras, impresoras, teclados, altavoces e incluso un ratón de computadora (figura 2-28).



Figura 2-28. Logotipo Bluetooth.

Permite conectar de forma rápida y sencilla los dispositivos habilitados para Bluetooth entre sí y de este modo crear una red de área personal (PAN) en la que es posible combinar todas las herramientas de trabajo principales con todas las prestaciones de la oficina. El uso de una red de igual a igual Bluetooth permite intercambiar archivos en reuniones improvisadas con suma facilidad y ahorrar tiempo imprimiendo documentos sin necesidad de conectarse a una red fija o inalámbrica. Con Bluetooth, se puede hacer actividades de inmediato como imprimir un informe desde el escritorio mediante cualquier impresora habilitada para Bluetooth dentro del radio, sin cables, sin problemas y sin moverse siquiera.

En los capítulos 3 y 4 se explicará con el mayor detalle posible el protocolo Bluetooth haciendo especial énfasis en la especificación central y posteriormente comentando posibles escenarios de uso. En la tabla 2-9 se presenta un comparativo entre Bluetooth con otras tecnologías excluyendo los servicios y aplicaciones de cada tecnología.

Es importante destacar que una comparativa entre Bluetooth y otras tecnologías similares es difícil de conseguir, debido a que estas tecnologías difieren en su utilización y servicios entregados. Es por esto que la comparativa realizada sólo incluye campos más objetivos y medibles. Por lo que no se podría realizar una comparativa de servicios entre Bluetooth y WiFi, ya que por un lado WiFi usa un protocolo más rápido y requiere de un hardware más costoso para así cubrir distancias más grandes usando el mismo rango de frecuencia. Mientras que Bluetooth es un reemplazo para el cable, creando redes de área personal entre diferentes dispositivos y accesos de red, con lo cual se tienen distintos servicios ofrecidos.

Tecnología	Velocidad (máxima)	Rango (metros)	Máximos nodos	Costos (dólar americano, año 2004)
IrDA	4 Mbps	1, 2, 4.	2	\$ 5.00
Bluetooth	1 Mbps	10, 20, 100.	8 (+ 128 inactivos)	\$ 15.00
HomeRF	2 Mbps	50	127	\$ 30.00
DECT	128 kbps	50	8	\$ 40.00
IEEE 802.11b	11 Mbps	100	10	\$ 90.00
HiperLAN-2	54 Mbps	150	10	\$ 150.00

Tabla 2-9. Cuadro comparativo de la tecnología Bluetooth con otras tecnologías.

## TECNOLOGÍA BLUETOOTH

---

La necesidad de empresas de informática y de telecomunicaciones de desarrollar una interface abierta y de bajo costo para facilitar la comunicación entre dispositivos sin la utilización de cables, aprovechando la movilidad de los dispositivos inalámbricos, dio como resultado una tecnología cuyo nombre clave fue **Bluetooth**.

La tecnología Bluetooth es una solución inalámbrica económica, cómoda, fiable, fácil de usar y funciona a una distancia mayor que los infrarrojos sin necesidad de una línea de visión directa. Sólo la tecnología inalámbrica Bluetooth es lo suficientemente prometedora como para obtener el apoyo de una amplia base de fabricantes que representan todos los segmentos de los mercados de computadoras y comunicaciones.

En pocas palabras, la especificación Bluetooth es una especificación tecnológica global para dispositivos de comunicaciones y redes inalámbricas de bajo costo y pequeño formato entre computadoras, teléfonos móviles y otros dispositivos portátiles. Como tales, los dispositivos Bluetooth están ideados para reemplazar las conexiones de cable entre computadoras, periféricos y otros dispositivos electrónicos. Para transferir datos entre una computadora portátil y una PC, por ejemplo, se necesita normalmente un cable especial, una conexión infrarroja o un adaptador inalámbrico especial con antena integrada. Con la tecnología Bluetooth integrada en microchips, puede conectar dispositivos simplemente poniéndolos en marcha, así las ranuras de expansión de los aparatos portátiles y computadoras de escritorio permanecen disponibles para otros usos.

Al permitir que los abarrotados escritorios se libren de cables, los dispositivos Bluetooth liberan espacio de trabajo personal. Como el enlace inalámbrico en su versión 1.1 tiene un alcance de 10 metros, puede situar los periféricos virtualmente en cualquier sitio de una habitación u oficina sin considerar las longitudes de los cables.

Aunque el alcance de cada dispositivo Bluetooth es de aproximadamente 10 metros, con la versión 1.2 esta distancia se puede extender a unos 100 metros o utilizar amplificadores opcionales situados en lugares estratégicos de un edificio. La eliminación de cables también ofrece un entorno de trabajo más seguro, ya que no hay cables con los que la gente pueda tropezar y desenchufarlos. Al desprenderse de los cables, el entorno de trabajo parece más confortable y atractivo.

Además de eliminar el típico lío de cables, la tecnología inalámbrica Bluetooth también permite que los dispositivos se comuniquen unos con otros tan pronto como entran dentro del radio de acción, en lugar de requerir que el usuario abra una aplicación o pulse un botón para iniciar un proceso. De hecho, una de las principales ventajas de la especificación Bluetooth es que no necesita iniciarse: siempre está en funcionamiento, ejecutándose en segundo plano. Los dispositivos ni siquiera requieren estar en línea de visión para comunicarse entre sí. Al contrario que los infrarrojos, los dispositivos Bluetooth pueden penetrar muros y maletines. Esto significa que una agenda electrónica en su bolsillo podría transmitir un número telefónico al teléfono móvil de su maletín e iniciar una llamada.

Como se pueden enlazar de forma automática diferentes dispositivos entre sí cuando entran dentro del radio de acción, lo que se tiene realmente es una red de área personal (PAN, Personal Area Network). Entre las principales ventajas de la tecnología Bluetooth destaca la facilidad de instalación y utilización, pero además:

- ☞ Puede conectar diferentes dispositivos simultáneamente y transmitir voz y datos fácilmente y, facilita conexiones rápidas y seguras tanto en comunicaciones móviles como estacionarias.
- ☞ Compatibilidad mundial.
- ☞ Bajo costo y bajo consumo.
- ☞ Dispositivo de tamaño reducido.
- ☞ Se puede propagar a través de objetos y distintos materiales, es decir, no requiere línea de visión directa entre los dispositivos.
- ☞ Es gratis por trabajar en la banda de libre acceso, no es un servicio explotado por terceros.

Precisamente, para cumplir con los requerimientos de operación a nivel mundial, se seleccionó la banda ISM (Industrial, Científica y Médica), que va exactamente desde los 2.4 a los 2.4835 GHz., que soporta tanto voz como datos y cubre las limitaciones físicas de tamaño y bajo consumo de potencia.

### 3.1 ORÍGENES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

En 1994, Ericsson Mobile Communications, la compañía global de telecomunicaciones con base en Suecia, comenzó un estudio para investigar la viabilidad de una interfaz de radio de baja potencia y bajo costo entre teléfonos móviles y sus accesorios. El objetivo del estudio era hallar una forma de eliminar los cables entre teléfonos móviles y tarjetas PC-Card, auriculares y otros dispositivos. El estudio era parte de un proyecto más amplio que investigaba cómo diferentes dispositivos de comunicaciones se podrían conectar a la red celular a través del teléfono móvil. La compañía determinó que el último enlace en ese tipo de conexión debería ser un enlace de radio de corto alcance. A medida que progresaba el proyecto, se hizo evidente que las aplicaciones de un enlace de radio de corto alcance eran virtualmente ilimitadas.

El trabajo de Ericsson en esta área atrajo la atención de IBM, Intel, Nokia y Toshiba. Estas compañías formaron el **Grupo de Interés Especial** conocido como **SIG Bluetooth** en mayo de 1998, grupo que había aumentado a más de 1500 compañías en abril de 2000, más rápido que el crecimiento de cualquier otro consorcio inalámbrico. Las compañías desarrollaron

conjuntamente la especificación Bluetooth 1.0, que vio la luz en julio de 1999. La especificación consiste en dos documentos: el núcleo fundamental, que proporciona especificaciones de diseño; y el perfil fundamental, que proporciona las directrices para interoperabilidad. El documento del núcleo especifica componentes tales como la radio, la banda base, el gestor de enlace, el protocolo de descubrimiento de servicios, el nivel de transporte y la interoperabilidad con diferentes protocolos de comunicaciones. El documento del perfil especifica los protocolos y procedimientos requeridos para los distintos tipos de aplicaciones Bluetooth.

A las cinco compañías fundadoras del SIG Bluetooth se les unieron 3Com, Lucent, Microsoft y Motorola para formar el llamado «grupo de promotores». El objetivo del grupo de promotores es dirigir los esfuerzos del SIG Bluetooth, creando un forum para mejorar la especificación Bluetooth y espurcionando un mecanismo para las pruebas de interoperabilidad.

### **3.11 ¿DE DÓNDE VIENE EL NOMBRE?**

Los ingenieros de Ericsson denominaron Bluetooth a la nueva tecnología inalámbrica para honrar a un rey vikingo danés del siglo X. Harald Bluetooth reinó desde 940 a 985 y se le atribuye no sólo la unificación de ese país, sino también la adopción del cristianismo<sup>1</sup>.

En esa época, los daneses vivían en pequeñas comunidades bajo la autoridad de jefes locales, algunos de los cuales aterrizaron las ciudades costeras de Europa con sus incursiones piratas vikingas para conseguir esclavos y botín. Durante siglos, los daneses habían venerado a los dioses Thor y Odin. A medida que el cristianismo dominaba Europa, la lucha entre cristianos y paganos se extendió por las áreas ocupadas por los daneses.

La historia dice que Harald era el hijo del rey Gorm El Viejo de Dinamarca y de Thyra (o Tyra), que se decía que era la hija de un noble inglés. Cuando llevaba unos 25 años de reinado, el sacerdote alemán Poppo impresionó a Harald sujetando una pieza de metal al rojo vivo con sus manos desnudas sin producirse ninguna herida. Poppo explicó que su fe en Dios le protegía, lo que convenció a Harald de los poderes del cristianismo. La aceptación del cristianismo por el rey Harald y su subsiguiente bautismo hizo mucho para aliviar las luchas religiosas en Dinamarca.

Los objetivos de la tecnología inalámbrica Bluetooth son también la unificación y la armonía: específicamente, el permitir a diferentes dispositivos que se comuniquen a través de un estándar ampliamente aceptado para la conectividad inalámbrica. Resulta un tanto chusco, pero así es como el personal de marketing de Ericsson explica la selección del nombre «Bluetooth».

### **3.2 LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH**

La tecnología Bluetooth comprende una solución integrada consistente en hardware, software y requerimientos de interoperabilidad. El conjunto de especificaciones Bluetooth desarrollado por Ericsson y otras compañías responde a las necesidades de conectividad

---

<sup>1</sup> El nombre de Harald era en realidad Blåtand, que puede traducirse más o menos al inglés como «Bluetooth» (en castellano, «diente azul»). Esto no tiene nada que ver con el color de sus dientes: algunos dicen que nunca se los limpiaba. Blåtand hacía referencia, de hecho, al cabello muy moreno de Harald, cosa que era bastante inusual para los vikingos. Entre otros estados vikingos también estaban Noruega y Suecia, en lo que reside la conexión con Ericsson (literalmente Eric's son, el hijo de Eric) y su elección del nombre de Bluetooth para su tecnología inalámbrica.

inalámbrica de corto alcance para redes *ad hoc*<sup>1</sup> (figura 3-1). El protocolo de banda base de Bluetooth es una combinación de conmutación de circuitos y de paquetes, lo que la hace apropiada tanto para voz como para datos.

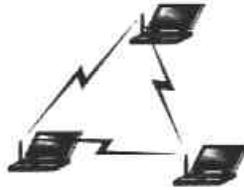


Figura 3-1. Red Ad Hoc.

La tecnología inalámbrica Bluetooth se implementa en transceptores de corto alcance diminutos y de bajo costo en los dispositivos móviles disponibles hoy en día, ya sea integrada directamente en tarjetas de expansión existente o añadida mediante dispositivos adaptadores, como una tarjeta PC-Card insertada en una PC portátil (figura 3-2). En potencia, esto puede hacer que los dispositivos que utilicen la especificación Bluetooth sean la tecnología inalámbrica más barata de implementar.



Figura 3-2. Pc-Card inalámbrica Bluetooth de IBM, para PCs Think Pad.

Una vez que los chips Bluetooth (figura 3-3), lleguen a fabricarse en serie, se espera que sumen tan sólo 5 dólares al costo del producto en el que estén integrados.

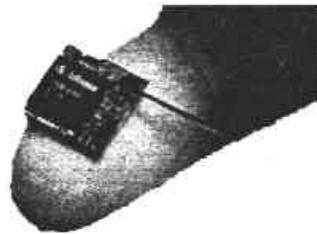


Figura 3-3. Chip Bluetooth

La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza la banda de radio ISM mundialmente disponible y que no requiere licencia, de 2.4 GHz. Las bandas ISM (Industrial, Scientific, Medical;

<sup>1</sup> Las redes *Ad hoc* están formadas por nodos móviles (inalámbricos) que pueden estar conectados entre sí arbitrariamente y de manera dinámica.

aplicaciones industriales, científicas y médicas) incluyen los rangos de frecuencia entre 902 - 928 MHz y 2.4 - 2.484 GHz, que no requieren una licencia de operador otorgada por las autoridades reguladoras de telecomunicaciones (figura 3-4). El uso de una banda de frecuencias común significa que puede llevar dispositivos que utilicen la especificación Bluetooth virtualmente a cualquier parte del mundo, y serán capaces de enlazar con otros dispositivos similares, independientemente de qué país esté visitando.

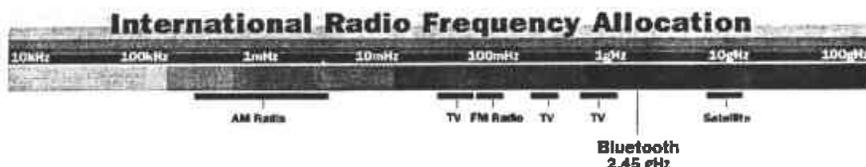


Figura 3-4. Localización de la radiofrecuencia de la tecnología Bluetooth.

Uno de los objetivos comunes compartidos por el IEEE y el SIG Bluetooth es impulsar el uso de las redes de área personal (PAN, Personal Area Networks) inalámbricas. El grupo de trabajo 802.15 del IEEE tiene como punto de mira la creación de estándares que proporcionen la base para un amplio rango de dispositivos de consumo interoperables, estableciendo estándares universalmente aceptados para las comunicaciones digitales inalámbricas.

El objetivo del grupo del trabajo 802.15 es crear un estándar de consenso que tenga amplias aplicaciones en el mercado y resuelva de forma eficaz el tema de la coexistencia con otras soluciones de red inalámbricas. Mientras que las tecnologías LAN inalámbricas de IEEE 802.11 han sido diseñadas específicamente para dispositivos que se hallen dentro o en los alrededores de la oficina o el hogar, los dispositivos que utilicen redes PAN inalámbricas IEEE 802.15 y la tecnología inalámbrica Bluetooth podrán ser usados en cualquier país por personas viajando en coches, aviones y barcos. La tabla 3-1 resume las características de funcionamiento de los productos Bluetooth que trabajan en el rango de 2.4 GHz.

Característica/Función	Funcionamiento
Tipo de conexión	Expansión de espectro (saltos de frecuencia)
Espectro	Banda ISM de 2.4 GHz
Potencia de transmisión	1 milivatio (mW); 100 (mW)
Velocidad de datos total	1 Mbps utilizando saltos de frecuencia
Alcance	Hasta 10 metros: 100 metros
Estaciones soportadas	Hasta ocho (8) dispositivos por piconet
Canales de voz	Hasta tres (3)
Seguridad de datos	Para autenticación, una clave de 128 bits; para cifrado, el tamaño de la clave es configurable entre 8 y 128 bits.
Direccionamiento	Cada dispositivo tiene una dirección MAC de 48 bits que se utiliza para establecer una conexión con otro dispositivo.

Tabla 3-1. Características de funcionamiento de los productos Bluetooth.

### 3.2.1 TOPOLOGÍA BLUETOOTH

Los dispositivos dentro de una piconet juegan dos papeles: el de maestro o el de esclavo como se puede observar en la figura 3-5. El maestro es el dispositivo de una piconet cuyo reloj y secuencia de saltos se utilizan para sincronizar a todos los demás dispositivos (es decir, los esclavos) de la piconet. La unidad que lleva a cabo el procedimiento de búsqueda y establece una conexión es, de manera predeterminada, el maestro de la conexión. Los esclavos son unidades de la piconet que se sincronizan con el maestro mediante su reloj y su secuencia de saltos.

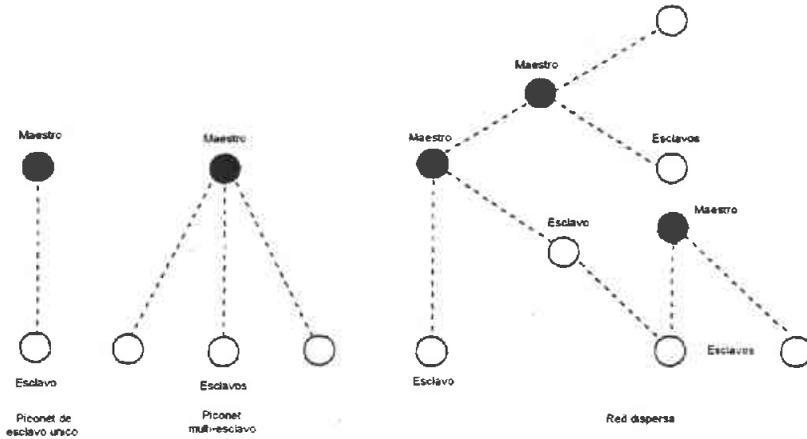


Figura 3-5. Posibles topologías de dispositivos Bluetooth en red, donde cada dispositivo es maestro o esclavo.

La topología Bluetooth se puede describir más acertadamente como una estructura de piconets múltiples. Dado que la especificación Bluetooth soporta tanto conexiones punto a punto como punto a multipunto, se pueden establecer y enlazar varias piconets en una topología llamada de red dispersa (scatternet) siempre que surja la necesidad (figura 3-6).

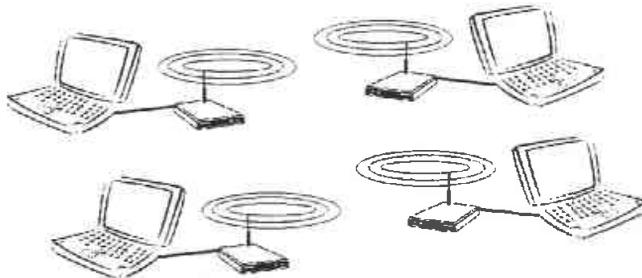


Figura 3-6. Mediante el uso de la tecnología Bluetooth, se pueden unir los dispositivos en un entorno de colaboración, estableciendo una conexión en una piconet.

Las piconets no están coordinadas, y los saltos de frecuencia suceden de forma independiente. Se pueden establecer y enlazar a voluntad varias piconets, donde cada una se identifica por una secuencia de saltos de frecuencia diferente. Todos los usuarios que participan en la misma piconet se sincronizan con la correspondiente secuencia de salto. Aunque no se permite la sincronización de diferentes piconets en la banda ISM, las unidades que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth pueden participar en diferentes piconets gracias a una multiplexación por división del tiempo (IDM). Esto permite a una unidad participar de forma secuencial en diferentes piconets, estando activa en sólo una piconet cada vez.

Mediante su protocolo de descubrimiento de servicios, la especificación Bluetooth permite una visión más amplia de la creación de redes, incluyendo la creación de redes de área personal, donde todos los dispositivos presentes en la vida de una persona pueden comunicarse y trabajar conjuntamente. Los sistemas de seguridad se encargan de que un grupo de dispositivos Bluetooth que se halle en un lugar público, como una terminal de aeropuerto o una estación de tren, no comiencen repentinamente a hablarse unos a otros.

El SIG Bluetooth tiene la intención de hacer evolucionar la tecnología para proporcionar mayores anchos de banda y distancias, incrementando de esa manera las plataformas y aplicaciones potenciales utilizadas en el emergente nicho de mercado de las redes de área personal. La tecnología inalámbrica Bluetooth puede evolucionar para soportar aplicaciones de transmisión inalámbrica de datos que trabajen en el rango de los 5 GHz, soportando conexiones de dispositivos que se hallen hasta a 100 metros de distancia.

### 3.3 MÉTODO DE TRANSMISIÓN

Al igual que otras tecnologías de comunicación, la tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza las comunicaciones serie para transmitir datos en forma binaria (ceros y unos). Un dispositivo inalámbrico Bluetooth hace esto sobre un enlace de radiofrecuencia (RF), pero la comunicación serie de datos se usa también sobre infrarrojos, igual que sobre enlaces de cobre y de fibra óptica. Las comunicaciones serie suponen la transmisión de datos de forma secuencial, con los unos y ceros uno detrás de otro a través del enlace con el dispositivo remoto. Este modo de transferencia de información se aplica tanto a comunicaciones de datos síncronas como asíncronas. Las comunicaciones en paralelo, por otra parte, transmiten múltiples bits a la vez, con cada bit viajando por su hilo asignado dentro de un cable.

Como dice el término, la transmisión serie es un método de enviar/recibir datos bit a bit de forma secuencial. Muchos de nosotros estamos familiarizados con los puertos serie RS-232 de las computadoras, que se utilizan para conectarse con un módem externo a velocidades de hasta 20 Kbps, o los nuevos puertos USB (Universal Serial Bus, bus serie universal) de alta velocidad para conectar otros periféricos, como escáneres de documentos, a velocidades de hasta 12 Mbps. Pero la transmisión serie no sólo se utiliza para conectar dispositivos locales entre sí. Son la base de todas las comunicaciones de datos que tienen lugar en redes de área local (LAN, local area networks) y redes de área extensa (WAN, wide area networks), y en el medio físico que haya en ellas, ya sea hilo de cobre, fibra óptica, o una tecnología inalámbrica infrarroja o basada en radio.

Los dispositivos Bluetooth transmiten datos a otros dispositivos en serie sobre conexiones inalámbricas, de forma síncrona o asíncrona, dependiendo de la aplicación. Pero los procesos

internos en los dispositivos Bluetooth utilizan una combinación de transmisión serie y paralelo, la figura 3-7 muestra una comparación de estas transmisiones.

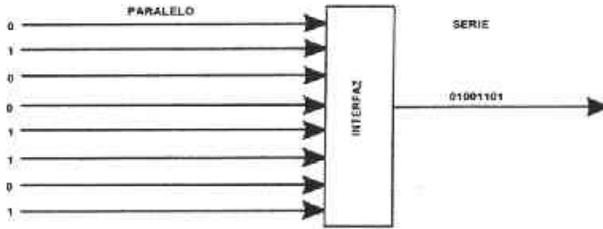


Figura 3-7. Comparación de las transmisiones serie y paralelo.

Por ejemplo, en el cifrado de datos para una transmisión serie sobre un enlace inalámbrico, el dispositivo Bluetooth emplea un proceso de cifrado de flujo que carga cuatro entradas en paralelo a un generador de claves de datos, que utiliza esta información para formular una clave para los datos útiles (figura 3-8). El generador de flujos de claves envía la clave de datos en serie al codificador, donde se cifra antes de enviarse por el enlace inalámbrico, también en serie. Los dispositivos de envío y recepción utilizan esta clave para establecer una autenticación mutua, de forma que en subsiguientes mensajes la transmisión sería segura. Sólo con la clave correcta podrán las dos estaciones desbloquear los datos recibidos.

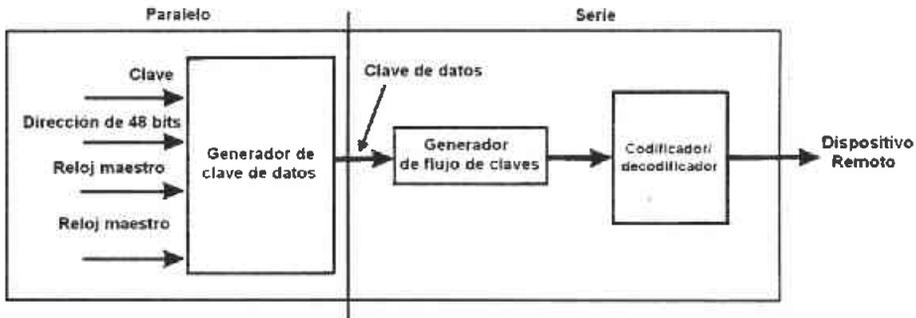


Figura 3-8. En el nivel de componente, la tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza una combinación de procesos serie y paralelo para generar y enviar una clave de datos, que se utiliza para establecer una autenticación mutua entre dos dispositivos y garantizar una transmisión segura de datos sobre el enlace inalámbrico.

### 3.3.1 TRANSMISIÓN ASÍNCRONO Y SÍNCRONO

El problema con la transmisión de datos en serie es cómo sincronizar el receptor con el emisor para que el receptor pueda detectar el comienzo de cada nuevo carácter en el flujo de bits que se le presenta. Sin sincronización, el receptor no podrá interpretar correctamente el flujo de bits entrante. Hay dos aproximaciones a la transmisión serie de datos que resuelven el problema de la sincronización: transmisión asíncrona y síncrona. La especificación Bluetooth soporta ambas.



bits extra para arranque y parada, con lo que el número total de bits enviados sube a 10 000. Los 2 000 bits extra equivalen a enviar 250 caracteres más por el enlace.

La tecnología inalámbrica Bluetooth soporta un canal asíncrono que ofrece una velocidad de datos de casi 1 Mbps. El enlace asíncrono sin conexión (ACL, asynchronous connectionless link) ofrece tráfico de datos con un mecanismo optimizado, pero sin garantía de entrega. El enlace ACL soporta conexiones con conmutación de paquetes y punto a multipunto, que suelen utilizarse para datos. Si se detectan errores en el dispositivo receptor, se envía una notificación en la cabecera del paquete de retomo, por lo que sólo se necesitan retransmitir los paquetes perdidos o corruptos.

El enlace ACL puede funcionar de forma simétrica o asimétrica. Simétrica significa que el enlace ofrece la misma velocidad de datos en la dirección de envío que en la de recepción. Asimétrica significa que el enlace ofrece una velocidad de datos diferente en cada dirección. Para las conexiones simétricas, la velocidad máxima de datos es de 433.9 Kbps en ambas direcciones, envío y recepción. Para conexiones asimétricas, la velocidad de datos máxima es de 723.2 Kbps en una dirección y 57.6 Kbps en la dirección opuesta.

La especificación de tecnología inalámbrica Bluetooth también soporta un enlace síncrono orientado a la conexión (SCO, synchronous connection-oriented). Este tipo de enlace ofrece conexiones punto a punto, con conmutación de circuitos, que suelen utilizarse para tráfico de voz, datos y multimedia utilizando un ancho de banda reservado. Los enlaces SCO son simétricos, y ofrecen el mismo ancho de banda tanto en la dirección de envío como en la de recepción.

Al no tener necesidad de bits de arranque-parada, la transmisión síncrona confía en una sincronización exacta entre los dispositivos emisor y receptor para dar sentido a los unos y ceros del flujo de datos en la decodificación. Si ambos dispositivos utilizan el mismo reloj, puede haber una transmisión con la seguridad de que el flujo de datos será interpretado fielmente por el receptor. Para prevenirse contra la pérdida de sincronización, periódicamente se pone en sincronización el receptor con el transmisor por medio del uso de bits de control insertados en el flujo de datos.

En el método de transmisión síncrona, los datos no se envían como bytes individuales acotados por bits de arranque-parada, sino como paquetes en franjas de tiempo reservadas que se establecen entre dispositivos específicos emisores y receptores. La transmisión síncrona suele hacer un uso del ancho de banda mucho más eficiente que la transmisión asíncrona, aunque sólo sea porque el campo de datos es mucho más grande que los campos de control. Otra ventaja de la transmisión síncrona es que la estructura de paquetes permite un fácil manejo de la información de control. Hay una posición natural, normalmente al inicio del paquete, o por medio del uso de un mensaje de configuración, como en el caso de la arquitectura Bluetooth, para cualquier código especial que se necesite para transportar los parámetros de temporización y especificar las franjas temporales reservadas.

### 3.3.2 MODULACIÓN

La especificación Bluetooth especifica tres canales síncronos de 64 Kbps cada uno, la misma cantidad de ancho de banda utilizada para transportar conversaciones de voz sobre líneas T digitales o servicios RDSI sobre la RTGC (Red Telefónica General de Conmutación). A

diferencia del caso de los datos, los paquetes que llevan voz nunca pueden retransmitirse, porque el retardo resultante sería perjudicial para el hablante y el oyente. La especificación Bluetooth especifica el uso de dos esquemas de codificación de voz: modulación por impulsos codificados (PCM, Pulse Code Modulation) y modulación por delta de pendiente continuamente variable (CVSD, Continuously Variable Slope Delta). De las dos, CVSD es más inmune a las interferencias y por tanto mejor para las comunicaciones de voz sobre un enlace inalámbrico. La elección de PCM o CVSD la hacen los gestores de enlace de cada dispositivo Bluetooth, que negocian el esquema de codificación más apropiado para la aplicación.

Para valorar CVSD, resulta útil compararla con PCM. De forma breve, PCM muestrea las amplitudes cambiantes de la forma de onda analógica 8000 veces por segundo y asigna a cada punto de la forma de onda muestreada un valor expresado como una palabra de 8 bits, es decir, 1 byte (figura 3-10)<sup>1</sup>. Muestreando de esta manera la forma de onda analógica, se puede capturar la voz de una persona y representarla en formato digital. El flujo de datos resultante se envía por el enlace en forma de pulsos eléctricos que representan ceros y unos. En el dispositivo receptor, se decodifica esta información para conseguir una aproximación muy cercana a la forma de onda analógica original, lo que da como resultado un diálogo inteligible para el oyente.

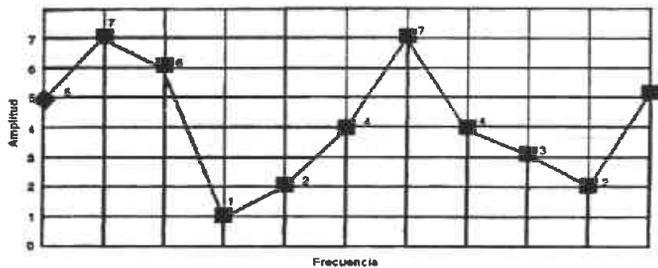


Figura 3-10. La modulación por impulsos codificados (PCM) muestra la forma de onda analógica constantemente cambiando 8000 veces por segundo. Los valores resultantes se codifican luego en palabras de 8 bits.

CVSD funciona de una forma diferente, y es que la longitud de las muestras es de sólo 1 bit, en lugar de los 8 bits utilizados en PCM. Con una palabra digital tan pequeña, se pueden enviar muchas más muestras en el mismo ancho de banda, de manera que la transmisión es más inmune a interferencias. Pero las palabras de 1 bit no pueden medir el volumen. En lugar de representar el cambio en altura de la señal analógica, el bit de muestreo utilizado en CVSD sólo indica un cambio en la pendiente o en lo abrupto, de la curva.

La modulación CVSD es un método de digitalizar una señal hablada que se aprovecha del hecho de que las señales de voz no cambian abruptamente. En lugar de muestrear la amplitud de la señal hablada 8000 veces por segundo y codificar los valores resultantes como palabras de 8 bits, como en PCM, CVSD sólo utiliza palabras de 1 bit, cada una de las cuales señala un cambio en la pendiente de la «curva» de la señal analógica.

<sup>1</sup> Con PCM el muestreo de la forma de onda analógica se realiza 8000 veces por segundo, con cada valor representado por 8 bits. Esto da como resultado una velocidad de transmisión de 4000 bits por segundo, ó 64 Kbps, que es el tamaño de un canal de voz básico en un enlace digital, sea el enlace una conexión cableada o inalámbrica.

• Básicamente, el modulador CVSD es un convertidor analógico-digital de 1 bit. La salida de este codificador de 1 bit es un flujo de bits en serie, con cada bit representando un aumento o disminución de la amplitud de la señal, que se calcula como función del histórico de muestreo reciente. El número de muestras pasadas (es decir, bits) que se utilizan para realizar una predicción es de tres. Con sólo una palabra de 1 bit, se pueden enviar muchas más muestras en el mismo ancho de banda, lo que hace que CVSD sea muy resistente.

El modulador, o convertidor, CVSD está incorporado en varios conjuntos de chips Bluetooth comerciales, que se hallan integrados en dispositivos de consumo como teléfonos móviles y asistentes PDA. El convertidor CVSD consiste en una pareja codificador-decodificador, con el decodificador conectado como parte del bucle de realimentación. El codificador recibe una señal de audio limitada en banda y la compara con la salida analógica del decodificador. El resultado de la comparación es una cadena en serie de unos y ceros, cada uno de los cuales indica si la amplitud de la muestra de audio de banda limitada está por encima o por debajo de la señal decodificada. Cuando se encuentra un grupo de tres bits idénticos, la pendiente de la aproximación analógica generada aumenta en la dirección respectiva, hasta que se interrumpe la cadena de bits idénticos. El decodificador CVSD realiza la operación inversa al codificador y regenera la señal de audio.

CVSD posee varios atributos que lo hacen adecuado para la codificación digital de habla. Las palabras de un bit eliminan la necesidad de complejas secuencias de tramado. Con su resistente comportamiento en presencia de bits de error, las funciones de detección y corrección de errores son innecesarias. Otros esquemas de codificación de habla pueden necesitar un motor de procesamiento digital de la señal (DSP, digital signal processing) y componentes extra para la conversión analógica-digital/digital-analógica. Otra ventaja de CVSD es que el algoritmo de codificación/decodificación, incluyendo los filtros de entrada y salida, se puede integrar en un solo sustrato de silicio. Incluso con esta sencillez, CVSD tiene la suficiente flexibilidad como para permitir cifrado digital para conversaciones seguras.

Por último, CVSD puede funcionar en una amplia gama de velocidades de datos. Ideado en 1970, CVSD se ha ido utilizando con éxito desde 9.6 Kbps a 64 Kbps. Mientras que la calidad de audio a 9.6 Kbps está notablemente limitada, todavía es claro. A velocidades de datos de 24 Kbps a 48 Kbps la calidad de audio es aceptable, y por encima de 48 Kbps es comparable a la voz telefónica normal. Todos estos atributos hacen a CVSD atractivo para los sistemas de comunicación inalámbricos, en particular Bluetooth.

Aunque puede haber errores incluso con CVSD, la voz nunca puede retransmitirse a causa del retardo que eso acarrearía. Por eso, cuando hay errores, aparecen en el dispositivo receptor simplemente como ruido de fondo. Este ruido aumenta a medida que aumentan los bits de error. Pero para distancias limitadas y comunicación punto a punto de voz en un entorno Bluetooth, CVSD se comporta muy bien.

### **3.3.3 EXPANSIÓN DE ESPECTRO**

La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza una técnica de codificación llamada expansión de espectro, un método de comunicaciones inalámbricas que toma una señal de banda estrecha y la expande en una porción más amplia de la banda de frecuencias de radio disponible. Entre otras ventajas, la señal resultante es muy resistente a interferencias y más segura contra intercepciones.

• La misma tecnología se utiliza en teléfonos inalámbricos y redes de área local (LAN) inalámbricas. Además, muchos servicios celulares utilizan CDMA (Code Division Multiple Access, acceso múltiple mediante división por códigos), una técnica de modulación y acceso que se basa en el concepto de expansión de espectro.

En los últimos años, los sistemas CDMA han conseguido una amplia aceptación global por parte de los operadores inalámbricos. Esta técnica difiere de la utilizada para transmitir voz y datos sobre las redes de TDMA (Time Division Multiple Access, acceso múltiple por división del tiempo), que asignan a cada usuario un espacio en el tiempo dentro de una estrecha banda del espectro. Mientras que la tecnología inalámbrica Bluetooth hace uso de la tecnología de expansión de espectro, también utiliza un derivado de TDMA, llamado TDD (Time Division Duplexing, duplexación por división del tiempo), para proporcionar las franjas temporales utilizadas para la comunicación de voz y datos.

La patente en Estados Unidos de la tecnología de expansión de espectro la tenían de forma conjunta la actriz Hedy Lamarr y el compositor musical George Antheil (figura 3-11).



**Hedy Lamarr and George Antheil. Photo of Hedy Lamarr courtesy of the Academy of Motion Picture Arts & Sciences. Photo of George Antheil courtesy of the Estate of George Antheil.**

**Figura 3-11.** La actriz Hedy Lamarr (1914-2000), co-desarrolladora de la tecnología de expansión de espectro.

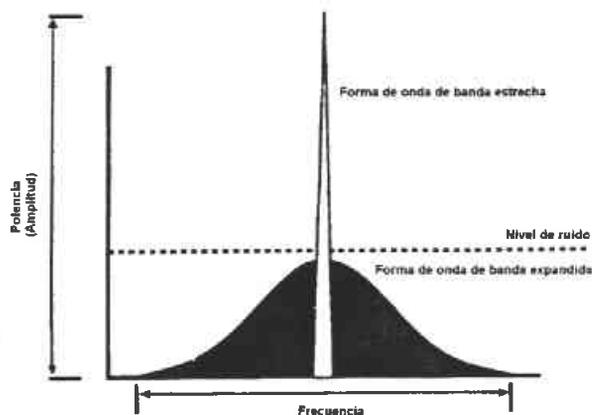
Su patente de un «Sistema de Comunicaciones secretas», realizada en 1942, se basaba en el concepto de saltos de frecuencia, donde las teclas de un piano representaban las diferentes frecuencias y los desplazamientos de frecuencia utilizados en música<sup>1</sup>.

Durante la Segunda Guerra Mundial, a Lamarr le habían intrigado los misiles radiocontrolados y el problema de la facilidad para interferir la señal de guiado. Descubrió que si se podía hacer que la señal saltara de una frecuencia a otra muy rápidamente, como cuando se

<sup>1</sup> En 1942, no existía la tecnología para la implementación práctica de la expansión del espectro. Cuando por fin estuvo disponible el transistor, la marina utilizó la idea en la tecnología de teléfonos móviles para mantener privadas las conversaciones. En la época en la que la Marina utilizó la idea, la patente original había expirado y Lamarr y Antheil nunca recibieron el pago de ningún derecho de patente por su idea.

cambian emisoras en una radio, y tanto el emisor como el receptor cambiaban en el mismo orden y al mismo tiempo, la señal nunca podía ser bloqueada sin saber exactamente cómo y cuándo cambiaba la frecuencia. Aunque la idea de los saltos de frecuencia no se podía implementar debido a las limitaciones de tecnología en esa época, finalmente se convirtió en la base de las comunicaciones celulares.

La expansión de espectro es una técnica de codificación digital en la que se toma una señal de banda estrecha y se «expande» sobre un espectro de frecuencias (figura 3-12). La operación de codificación aumenta el número de bits transmitidos y expande el ancho de banda utilizado. Utilizando el mismo código de expansión que el transmisor, el receptor correlaciona y devuelve la señal expandida a su forma original. El resultado es una tecnología de transmisión de datos inalámbricos muy robusta, que ofrece unas considerables ventajas de funcionamiento respecto a sistemas de radio convencionales de banda estrecha.



**Figura 3-12.** La expansión de espectro transmite toda la señal sobre un ancho de banda mucho mayor que el requerido para la transmisión estándar de banda estrecha. El aumento del rango de frecuencias permite que se transmitan más componentes de la señal, lo que resulta en una reconstrucción más exacta de la señal original en el dispositivo receptor.

Una de las ventajas de la expansión de espectro es que la señal expandida tiene una densidad de potencia mucho menor. Esta baja densidad de potencia, expandida sobre el ancho de banda del transmisor, proporciona resistencia a una serie de condiciones que pueden afectar a los sistemas de radio de banda estrecha, incluyendo:

- ☞ Interferencias. Condición en la que se interrumpe una transmisión a causa de fuentes externas, como el ruido emitido por varios dispositivos electromecánicos, o a causa de fuentes internas como la diafonía.
- ☞ Interferencia intencionada. Condición en la que una señal más fuerte se sobrepone a una señal más débil, causando una interrupción en las comunicaciones de datos.
- ☞ Trayecto múltiple. Condición en la que la señal original se distorsiona tras reflejarse en un objeto sólido.
- ☞ Intercepción. Condición en la que usuarios no autorizados capturan señales intentando averiguar su contenido.

Los sistemas de radio convencionales de banda estrecha transmiten y reciben en una frecuencia específica que es sólo lo suficientemente amplia como para transmitir la información, ya sea voz o datos. Al asignar a los usuarios diferentes canales de frecuencias, confinar las señales a límites de ancho de banda especificados, y restringir la potencia que se puede utilizar para modular las señales, se puede evitar la indeseada diafonía, es decir, las interferencias entre usuarios diferentes. Estas reglas, impuestas por las agencias reguladoras de cada país, son necesarias porque cualquier aumento en la tasa de modulación amplía el ancho de banda de la señal de radio, lo cual aumenta la posibilidad de diafonía.

La principal ventaja de las ondas de radio con expansión de espectro es que se pueden manipular las señales para que se propaguen bastante bien por el aire, a pesar de las interferencias electromagnéticas, eliminando virtualmente la diafonía. En la modulación por expansión de espectro, se expande la potencia de una señal sobre una banda de frecuencias mayor. Esto resulta en una señal más firme, que es menos susceptible a las interferencias de sistemas de radio similares, ya que éstos también están expandiendo sus señales, pero con diferentes algoritmos de expansión.

La expansión de espectro tiene dos modos de funcionamiento: saltos de frecuencia y secuencia directa. Los saltos de frecuencia expanden la señal «haciendo saltar» la señal de banda estrecha sobre toda la banda de radio en función del tiempo. La secuencia directa expande su señal toda a la vez sobre la banda de radio al completo. Aunque la tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza el modo de expansión de espectro mediante saltos de frecuencia, es interesante contrastarlo con el mecanismo de secuencia directa para apreciar sus ventajas.

### 3.3.4 SECUENCIA DIRECTA

En la expansión por secuencia directa, la energía de radio se expande por una porción mayor de la banda que la realmente necesaria para los datos. Esto se hace rompiendo cada bit de datos en múltiples sub-bits llamados *chips*, para crear una tasa de modulación mayor. Esta tasa se consigue multiplicando la señal digital por una secuencia de expansión (chipping sequence). Si la secuencia de expansión es de 10, por ejemplo, y se aplica a una señal que transporta datos a 300 Kbps, el ancho de banda resultante será 10 veces más amplio. La cantidad de expansión depende del número de chips por cada bit de información.

Como la modulación de datos amplía la portadora de radio a anchos de banda cada vez mayores a medida que se incrementa la velocidad de datos, esta tasa de expansión de 10 veces la velocidad de datos genera una portadora de radio 10 veces más amplia de lo que sería si sólo hubiera datos. El concepto subyacente a esta técnica es que una señal con expansión de espectro que tenga un código de expansión exclusivo para dicha señal no puede crear las características espectrales exactas de otra señal codificada mediante expansión. Utilizando el mismo código que el transmisor, el receptor puede correlacionar y devolver la señal a su forma original, mientras que otros receptores con diferentes códigos no pueden.

Esta característica de la expansión de espectro hace posible construir y hacer funcionar múltiples redes en la misma ubicación. Al asignar a cada una un código de expansión exclusivo, todas las transmisiones pueden compartir la misma banda de frecuencias y seguir siendo independientes unas de otras. Las transmisiones de una red aparecen ante la otra como ruido aleatorio y son filtradas porque los códigos de expansión no coinciden.

Esta técnica de expansión podría dar como resultado una relación señal-ruido más débil, ya que el proceso de expansión disminuye la potencia de la señal en cualquier frecuencia. Normalmente, una relación señal-ruido baja daría como resultado paquetes de datos dañados que necesitarían retransmitirse. Sin embargo, la ganancia de procesamiento del correlador del receptor encargado de devolver la señal a su estado original, recupera la pérdida de potencia cuando la señal se contrae a su ancho de banda original, aunque no la refuerza más allá de lo que se habría recibido si la señal no se hubiera expandido.

En Estados Unidos, las autoridades reguladoras han establecido unas reglas para los transmisores de secuencia directa. Cada señal ha de tener 10 o más chips. Esta regla limita en la práctica la velocidad de datos de los emisores a 2 Mbps en la banda de 902 MHz y a 8 Mbps en la banda de 2.4 GHz. El número de chips está directamente relacionado con la inmunidad de la señal a las interferencias. En una zona con muchas interferencias de radio, los usuarios habrán de reducir la tasa de transferencia para limitar con éxito las interferencias.

### **3.3.5 SALTOS DE FRECUENCIA**

La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza la versión de saltos de frecuencia de la expansión de espectro, que supone el salto del transmisor de una frecuencia a la siguiente con una velocidad de saltos específica de acuerdo con una secuencia de código pseudoaleatoria. El orden de las frecuencias seleccionadas por el transmisor se toma de un grupo predeterminado impuesto por la secuencia de código. Por ejemplo, el transmisor puede tener un patrón de salto que vaya de la tercera frecuencia a la duodécima, a la quinta, y así sucesivamente por todo el intervalo de frecuencias. El receptor no pierde de vista estos cambios. Como sólo el receptor deseado conoce el patrón de saltos del transmisor, sólo ese receptor puede entender los datos transmitidos.

Las autoridades reguladoras de Estados Unidos ordenan que los sistemas con expansión de espectro mediante saltos de frecuencia no pasen más de 0,4 segundos en cualquier canal cada 20 segundos, o 30 segundos en la banda de 2.4 GHz. Más aún, deben saltar entre al menos 50 canales en la banda de 900 MHz, y 75 canales en la banda de 2.4 GHz. Estas reglas reducen la posibilidad de colisiones de paquetes en áreas con múltiples transmisores de salto de frecuencia. El estándar Bluetooth especifica una velocidad de 1,600 saltos por segundo entre 79 frecuencias.

Todas las unidades Bluetooth participan en una piconet, con todas las unidades compartiendo un canal común. Una piconet puede soportar hasta ocho dispositivos interconectados, con un maestro y hasta siete esclavos. Esta relación continúa mientras dura la conexión de la piconet. Las unidades que participan en una piconet están sincronizadas desde el punto de vista del tiempo y de los saltos en el mismo canal.

Todas las unidades Bluetooth tienen un reloj de sistema interno que determina la temporización y los saltos que utiliza su transceptor. El reloj del maestro determina la sincronización y los saltos de frecuencia en el canal de una piconet. Cuando se establece la piconet el reloj maestro se comunica con los esclavos. Cada esclavo agrega un desplazamiento a su reloj interno para sincronizarse con el reloj maestro. Como los relojes funcionan con independencia, se han de actualizar regularmente dichos desplazamientos.

Otros transmisores con saltos de frecuencia situados en las cercanías utilizarán diferentes patrones de saltos y velocidades de salto mucho más lentas que los dispositivos Bluetooth. Si los

transmisores que no utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth intentarían incidentalmente utilizar la misma frecuencia en el mismo momento, el paquete de datos transmitido por uno o ambos dispositivos se verá corrompido debido a la colisión, por lo que se necesitará la retransmisión de los paquetes de datos afectados; se enviará otra vez un nuevo paquete de datos en el siguiente ciclo de saltos de cada transmisor.

Aunque la posibilidad de que dispositivos que utilicen la tecnología inalámbrica Bluetooth interfieran con los que no, pero que comparten la misma banda de 2.4 GHz, es mínima, algunos fabricantes están preocupados, por lo que han pedido a la FCC (autoridad reguladora de EE.UU.) nuevas directrices que proporcionen más separación entre los protocolos rivales que trabajan en la banda de 2.4 GHz. El SIG Bluetooth y el IEEE reconocen el potencial de esas interferencias de señal y están trabajando conjuntamente para conseguir que sus tecnologías coexistan. El impacto de cualquier cambio se debe considerar tanto para los teléfonos portátiles como para otros dispositivos como hornos de microondas, altavoces inalámbricos y sistemas de seguridad, que también comparten esta banda.

### 3.3.6 ENLACES FÍSICOS

Los dispositivos inalámbricos Bluetooth utilizan dos tipos de enlaces, el orientado a conexión y el sin conexión; específicamente, se denominan enlaces sincrónico orientado a la conexión (SCO, Synchronous Connection-Oriented) y asíncrónico sin conexión (ACL, Asynchronous Connectionless).

#### 1. Enlaces SCO:

El enlace SCO es un enlace punto a punto entre un maestro y un esclavo en una piconet. El maestro mantiene el enlace SCO utilizando franjas reservadas a intervalos regulares. El enlace ACL es un enlace punto a multipunto entre el maestro y todos los esclavos que participan en una piconet. En las franjas no reservadas para uno o más enlaces SCO, el maestro puede establecer un enlace ACL por cada franja con cualquier esclavo, incluyendo el/los ya ocupado/s en un enlace SCO.

El enlace SCO es un enlace simétrico punto a punto entre el maestro y uno o más esclavos específicos. El enlace SCO suele soportar información ligada al tiempo, como conversaciones de voz. Como el enlace SCO reserva franjas, se le considera una conexión de conmutación de circuitos entre el maestro y el esclavo. El maestro establece el enlace SCO enviando un mensaje de establecimiento vía el protocolo gestión de enlace (LM, Link Management). Este mensaje contiene los parámetros de tiempo y especifica las franjas reservadas.

El maestro puede soportar hasta tres enlaces SCO al mismo esclavo o a diferentes esclavos en una piconet. Un esclavo puede soportar hasta tres enlaces SCO del mismo maestro, o dos enlaces SCO si éstos se originaron en maestros diferentes. Como los paquetes transportados por enlaces SCO contienen información sensible desde el punto de vista temporal, nunca se retransmiten si hay errores.

El maestro envía paquetes al esclavo por los enlaces SCO a intervalos regulares, contados en franjas, en las franjas reservadas para la comunicación. Al esclavo siempre se le permite responder con un paquete en la siguiente franja esclavo-maestro, a menos que la franja maestro-

esclavo anterior estuviera dirigida a un esclavo diferente. Si el esclavo no detecta su propia dirección en la cabecera del paquete, todavía se le permite devolver un paquete en la franja reservada.

**2. Enlaces ACL:**

En las franjas no reservadas para enlaces SCO, el maestro puede intercambiar paquetes con cualquier esclavo por cada franja. El enlace ACL ofrece una conexión de conmutación de paquete entre el maestro y todos los esclavos activos que participan en una piconet. El enlace ACL soporta tanto servicios síncronos como asíncronos pero entre un maestro y un esclavo sólo puede haber activo un enlace ACL. Para la mayor parte de los paquetes ACL, se aplica la retransmisión de paquetes para asegurar la integridad de los datos.

Se permite que un esclavo devuelva un paquete ACL en la franja esclavo-maestro sólo si el maestro se ha dirigido a él en la franja maestro-esclavo precedente. Si el esclavo no detecta su propia dirección en la cabecera del paquete, no se le permite transmitir. A los paquetes ACL que no están dirigidos a un esclavo específico se les considera paquetes de difusión dirigidos a todos los esclavos. Si no hay datos que enviar a través del enlace ACL y no se requiere sondeo, no tiene lugar ninguna transmisión.

**3.3.7 PAQUETES BLUETOOTH**

La especificación Bluetooth define el uso de dos tipos de paquetes: SCO y ACL. Los paquetes SCO se utilizan en los enlaces asíncronos para voz, y se encaminan al puerto de voz de ES (entrada/salida) síncrono. No incluyen un mecanismo de comprobación de errores y nunca se retransmiten, porque el retardo disminuiría la calidad de la voz.

Los paquetes ACL se utilizan en el enlace asíncrono. La información transportada puede ser datos del usuario o datos de control. Como los datos transportados sobre un enlace asíncrono no son sensibles a los retardos, puede que los paquetes incluyan un mecanismo de control de errores y se puede utilizar la retransmisión para corregir aquellos paquetes que se han corrompido durante la transmisión.

El formato general de los paquetes (figura 3-13) utilizado en la tecnología inalámbrica Bluetooth consiste en tres partes: código de acceso, cabecera y carga útil.

72 bits	54 bits	0-27 45 bits
<b>Código de acceso</b>	<b>Cabecera</b>	<b>Carga útil</b>

Figura 3-13. Formato general de paquetes especificado para la tecnología inalámbrica Bluetooth.

**3.3.8 CÓDIGO DE ACCESO**

Cada paquete comienza con un código de acceso, que se utiliza para propósitos de señalización. Los campos del código de acceso consisten en un preámbulo, una palabra de

sincronización y una cola (figura 3-14). El preámbulo indica la llegada de un paquete al receptor. La palabra de sincronización se utiliza para sincronizar el tiempo con el receptor. El receptor realiza una correlación con la palabra de sincronización contenida en el código de acceso, lo que da como resultado un mecanismo de señalización muy robusto. La cola se agrega a la palabra de sincronización tan pronto como una cabecera de paquete aparece después del código de acceso. El número de bits en el código de acceso puede variar, dependiendo de si le sigue la cabecera de un paquete. Si le sigue, el código de acceso tiene una longitud de 72 bits; si no, sólo de 68 bits.

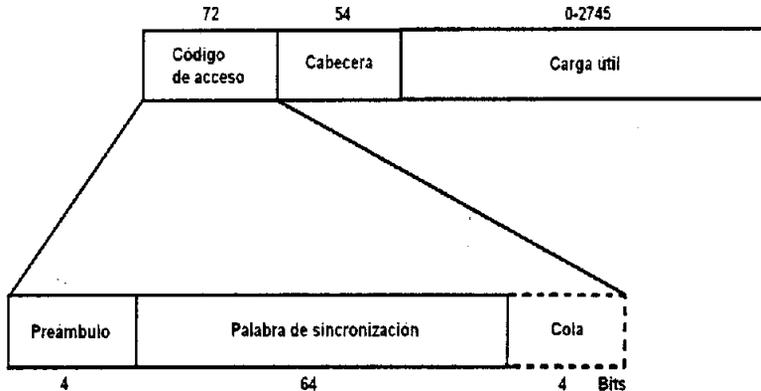


Figura 3-14. El código de acceso se utiliza para la señalización entre dispositivos Bluetooth.

Las funciones ofrecidas por el código de acceso pueden variar, dependiendo del modo de funcionamiento del dispositivo Bluetooth. Así, hay tres tipos de códigos de acceso:

**1. Código de acceso al canal (CAC, Channel Access Code):**

El código de acceso al canal identifica a una piconet. Este código se incluye en todos los paquetes intercambiados en el canal de la piconet. Todos los paquetes enviados en la misma piconet comienzan con el mismo código de acceso al canal.

**2. Código de acceso a dispositivo (DAC, Device Access Code):**

El código de acceso a dispositivo se utiliza para procedimientos especiales de señalización, como la función de busca y la respuesta a la misma. La función de busca implica la transmisión de una serie de mensajes con el objetivo de establecer un enlace de comunicaciones con una unidad activa dentro del área de cobertura. Cuando esa unidad responde, se puede establecer el enlace de comunicaciones.

**3. Código de acceso de indagación (IAC, Inquiry Access Code):**

Hay dos tipos de códigos de acceso de indagación: general y dedicado. Un código de acceso de indagación general es común a todos los dispositivos. Se utiliza para descubrir otras

unidades Bluetooth que estén dentro del radio de acción. El código de acceso de indagación dedicado es común para un grupo dedicado de unidades Bluetooth que comparten una característica común. Se utiliza para descubrir sólo dichas unidades Bluetooth dedicadas que estén dentro del radio de acción.

### 3.3.9 CABECERA

Si se utiliza, la cabecera contiene información de control de enlace (LC, link control) y consiste en seis campos, con un total de 18 bits (figura 3-15):

1. Dirección de miembro activo (3 bits)
2. Tipo (4 bits)
3. Flujo (1 bit) -
4. Petición de repetición automática (1 bit), ARQ (Automatic Repeat Request)
5. Número de secuencia (1 bit), SEQN (Sequence Number)
6. Comprobación de error de cabecera (8 bits), HEC (Header Error Check)

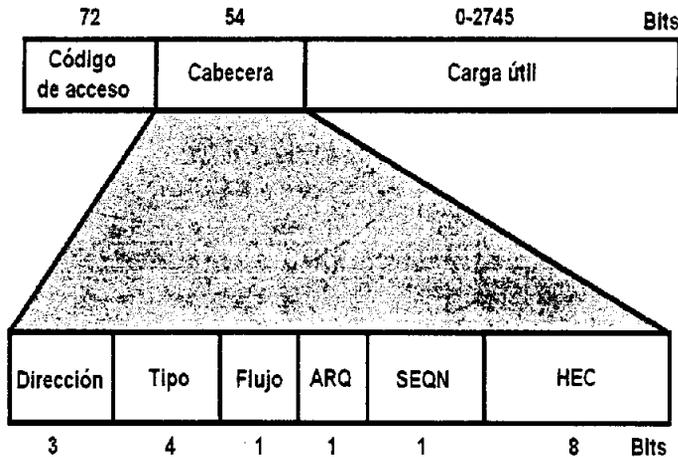


Figura 3-15. El formato de la cabecera de un paquete consta de seis campos.

#### 1. Dirección de miembro activo:

Este campo de 3 bits se utiliza para distinguir entre los miembros activos que participan en la piconet. En una piconet, se conectan uno o más esclavos a un solo maestro. Para identificar por separado cada esclavo, se asigna a cada esclavo una dirección temporal de 3 bits para utilizarse cuando esté activo. Los paquetes que se intercambian entre el maestro y el esclavo llevan la dirección de miembro activo de ese esclavo. En otras palabras, la dirección del esclavo se utiliza tanto en paquetes maestro-esclavo como en paquetes esclavo-maestro. Se reserva una dirección todo ceros para difundir paquetes del maestro a todos los esclavos. Los esclavos que son desconectados o *aparcados* pierden sus direcciones y se les debe asignar una de nuevo cuando vuelven a entrar en la piconet.

## 2. Tipo:

Este campo de 4 bits se utiliza como código que especifica el tipo de paquete. La interpretación de este código depende del tipo de enlace asociado con el paquete: o un enlace SCO o un enlace ACL. Hay cuatro tipos diferentes de paquetes SCO y siete tipos diferentes de paquetes ACL. El código de tipo también indica el número de franjas que ocupará el paquete actual. Esto permite a los receptores a los que no se dirige que se abstengan de escuchar el canal durante el tiempo que duren el resto de franjas.

## 3. Flujo:

Este campo de 1 bit se utiliza para el control del flujo de paquetes por el enlace ACL. Cuando el búfer del receptor para el enlace ACL está lleno, se devuelve una señal de «parada» para detener la transmisión de datos. La señal de parada sólo se aplica a los paquetes ACL. Los paquetes que incluyen únicamente información de control del enlace o los paquetes SCO pueden seguir recibándose. Cuando se vacía el búfer del receptor, se devuelve una señal de «continuar». Cuando no se reciben paquetes, o la cabecera del paquete tiene un error, se presupone una señal «continuar».

## 4. Petición de repetición automática:

Este campo de 1 bit se emplea para informar al dispositivo transmisor de una transferencia con éxito de datos útiles. El éxito de la recepción se comprueba por medio de un código de redundancia cíclica (CRC). La notificación devuelta puede ser en forma de confirmación positiva (ACK, positive acknowledgment) o confirmación negativa (NAK, negative acknowledgment). Si los datos útiles se recibieron en el orden correcto, se devuelve una señal ACK, Y si no, se devuelve una señal NAK. Cuando no se recibe ningún mensaje de ninguna clase, se supone un NAK. El ACK/NAK viene incluido en la cabecera del paquete de retorno. El CRC es un método matemático de asegurarse de la exactitud de los datos. La función matemática se calcula antes de que se transmita el paquete al dispositivo original y es función del contenido del paquete. Este valor se compara con un valor recalculado de la función en el dispositivo de destino. Si los dos valores coinciden, se devuelve una señal ACK. Si no coinciden, se devuelve una señal NACK.

## 5. Número de secuencia:

Este campo de 1 bit proporciona un esquema de numeración secuencial para poner el flujo de paquetes de datos en el orden correcto cuando alcancen el dispositivo receptor. Por cada nuevo paquete transmitido que contiene datos con un valor CRC, se invierte el bit de número de secuencia para filtrar las retransmisiones al llegar al dispositivo de destino. Si hay una retransmisión debido a la falta de una confirmación ACK, el destino recibe el mismo paquete dos veces. La comparación del número de secuencia de los paquetes consecutivos quiere decir que se pueden descartar las retransmisiones correctamente recibidas.

## 6. Comprobación de error de cabecera:

Este campo de 8 bits se utiliza para comprobar la integridad de la cabecera. Después de inicializarse el generador HEC, se calcula un valor de comprobación de error de cabecera (HEC,

Header Error Check) para los bits de la cabecera. El receptor inicializa su circuito HEC para que pueda interpretar el valor. Si el valor HEC no coincide, se ignora el paquete entero.

### 3.3.10 CARGA ÚTIL

La parte final del formato general de paquete es la carga útil. En la carga útil, hay dos tipos de campos: el campo de voz (síncrono) y el campo de datos (asíncrono). Los paquetes ACL sólo tienen campo de datos y los paquetes SCO sólo tienen campo de voz. La excepción es el paquete de voz y datos (DV, Data Voice), que tiene ambos. El campo de datos se compone de tres segmentos: cabecera de datos, cuerpo de los datos, y un código CRC (figura 3-16).

#### 1. Cabecera de datos:

Sólo los campos de datos tienen una cabecera de datos. Esta cabecera tiene uno o dos bytes de largo y especifica el canal lógico, controla el flujo en los canales lógicos y tiene un indicador de longitud de la carga útil. El indicador de longitud indica el número de bytes (es decir, palabras de 8 bits) en el cuerpo de los datos, excluyendo la cabecera de datos y el código CRC.

#### 2. Cuerpo de los datos:

El cuerpo de los datos incluye la información del usuario. La longitud del cuerpo de los datos se indica en el campo de longitud contenido en la cabecera de datos.

#### 3. Generación del código CRC:

Tras inicializarse el generador CRC, se calcula el código de redundancia cíclica de 16 bits sobre la información que se ha de transmitir y luego se adjunta a la información.

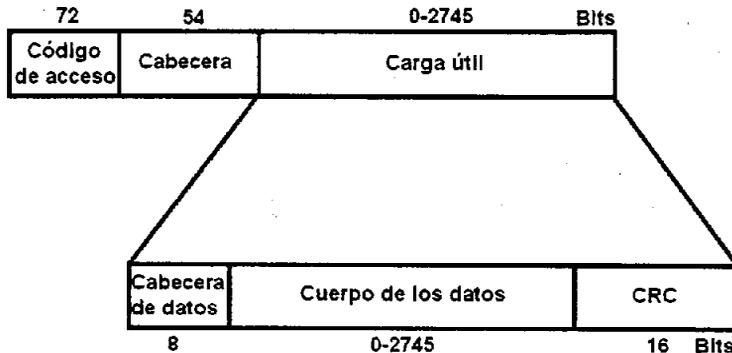


Figura 3-16. La carga útil de un paquete ACL se compone de tres campos.

### 3.3.11 CANALES LÓGICOS

Los canales lógicos aluden a los diferentes tipos de canales que pueden existir sobre un enlace físico específicamente sobre el enlace ACL o el SCO.

En el sistema Bluetooth, se definen cinco canales lógicos para control e información del usuario:

1. Control de enlace (LC, Link Control).
2. Gestor de enlace (LM, Link Manager).
3. Usuario asíncrono (UA, User Asynchronous).
4. Usuario isócrono (UI, User Isochronous).
5. Usuario síncrono (US, User Synchronous).

El LC y LM son canales de control que se utilizan en el nivel de control de enlace y en el nivel de gestor de enlace, respectivamente. Los canales de usuario UA, UI, y US se utilizan para transportar información del usuario asíncrona, isócrona y síncrona, respectivamente. El canal LC se transporta en la cabecera del paquete; todos los demás canales se transportan en la carga útil del paquete. Los canales LM, UA y UI se indican en el campo de Canal Lógico (Logical Channel) de la cabecera de datos. El canal US sólo es transportado por el enlace SCO; los canales UA y UI son normalmente transportados por los enlaces ACL, aunque también pueden ser transportados por los datos en el paquete DV sobre el enlace SCO. El canal LM puede ser transportado tanto por el enlace SCO como por el ACL.

#### 1. Control de enlace:

El canal LC está colocado en la cabecera del paquete. Este canal transporta información de control del enlace de bajo nivel, como la petición de repetición automática, el control de flujo y la caracterización de la carga útil. El canal LC es transportado en todos los paquetes que tienen una cabecera de paquete. El resto de canales están asignados a la carga útil.

#### 2. Gestor de enlace:

El canal de control LM transporta información de control intercambiada entre los gestores de enlace del maestro y uno o más esclavos.

#### 3. Usuario asíncrono:

El canal UA transporta datos de usuario asíncronos. Estos datos se pueden transmitir en uno o más paquetes de banda base.

#### 4. Usuario isócrono:

El canal de datos UI se soporta sincronizando de forma precisa los paquetes de inicio en niveles superiores. Este tipo de canal lógico se utiliza para información ligada con el tiempo, como audio comprimido sobre un enlace ACL.

#### 5. Usuario síncrono:

El canal US transporta datos transparentes de usuario síncronos. Este canal se transporta sobre el enlace SCO. El canal US sólo puede ser asignado a los paquetes SCO. El resto de canales se asignan a los paquetes ACL, o al paquete DV SCO. Los canales LM, UA y UI pueden interrumpir al canal US si contienen información de mayor prioridad.

### 3.4 LA ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO BLUETOOTH

Los protocolos son una forma consensuada en la que los dispositivos intercambian información. Para cada tipo de tecnología de red, incluyendo la de la especificación Bluetooth, hay un conjunto de protocolos o reglas que definen exactamente cómo se pasan los mensajes por el enlace. El protocolo define el formato de esos mensajes, incluyendo qué partes se reservan para cosas como la dirección, el control de errores y los datos de usuario.

Si no hubiera protocolos comúnmente aceptados, una red no podría funcionar correctamente, ya que los fabricantes de hardware y los desarrolladores de software harían las cosas a su manera. El resultado sería productos propios que no podrían comunicarse entre sí en la misma red. Hasta que en los últimos años de los 60 comenzó el trabajo en lo que luego se convirtió en el protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol, protocolo de control de transmisión/protocolo Internet), las computadoras se basaban en plataformas propietarias, con lo que diferentes plataformas no podían intercambiar información en una red. Hoy, prácticamente todas las computadoras de cualquier tipo y modelo incluyen una pila TCP/IP, por lo que pueden trabajar entre sí cuando se conectan a Internet. A través de la pila TCP/IP común instalada en todas las computadoras, pueden intercambiar información entre sí y acceder a diversos servicios de forma sencilla y rápida.

A mediados de los 70's, las organizaciones internacionales de estandarización se aplicaron a la tarea de desarrollar un modelo de referencia genérico llamado OSI (Open Systems Interconnection, interconexión de sistemas abiertos). Este modelo proporciona un marco de trabajo útil para visualizar el proceso de comunicación y para comparar productos en términos de conformidad con los estándares y potencial de interoperación.

Esta estructura de niveles no sólo ayuda a los usuarios a visualizar el proceso de comunicación; también ofrece a los fabricantes un medio para segmentar y asignar diversos requerimientos de comunicaciones dentro de un formato funcional. Esto puede reducir gran parte de la confusión que se asocia normalmente a la compleja tarea de permitir el adecuado establecimiento de comunicaciones.

#### 3.4.1 INTERCONEXIÓN DE SISTEMAS ABIERTOS (OSI)

La organización internacional de estandarización ISO (International Standards Organization) dictó el modelo de referencia OSI en 1974. El objetivo del modelo de siete niveles era separar las diversas funciones de red para fomentar la interoperabilidad entre los productos de diferentes fabricantes.

En la tabla 3-2 se muestra un resumen de la referencia OSI. Cada nivel aporta unas funciones de protocolo que en conjunto aseguran un intercambio transparente de información libre de errores entre varios dispositivos interconectados.

Desde que apareció, el modelo de referencia OSI ha influenciado el desarrollo de todas las tecnologías abiertas de red, incluyendo la tecnología inalámbrica Bluetooth. Incluso aunque la arquitectura Bluetooth tiene su propia pila de protocolos de cuatro niveles, reutiliza los protocolos

existentes en los niveles superiores. La reutilización de protocolos ayuda a adaptar las aplicaciones existentes (heredadas) para que funcionen con la tecnología inalámbrica Bluetooth.

Nivel OSI	Descripción	Funciones incluidas
Aplicación	Define la forma en la que las aplicaciones interactúan con la red.	Correo electrónico, transferencia de archivos, emulación de terminal.
Presentación	Define la forma en la que los datos se formatean, se presentan, se convierten y se codifican.	Traducción de códigos de caracteres, conversión de datos, compresión de datos, cifrado de datos.
Sesión	Define el procedimiento para establecer, mantener y desconectar un enlace comunicaciones entre dispositivos de una red.	Sincronización de datos, búsqueda de nombres, autenticación, registro.
Transporte	Define los procedimientos para garantizar una transmisión de datos fiable.	Ensamblado/desensamblado de paquetes, comprobación de errores en los paquetes, secuenciamiento de paquetes, solicitudes retransmisión.
Red	Define los procedimientos para encaminar datos a través de sistemas intermedios hasta el nodo de destino correcto.	Traducción de la dirección física/lógica, calidad de servicio, elección de ruta.
Enlace de datos	Valida la integridad del flujo de datos entre un nodo y otro, sincronizando los bloques de datos y controlando el flujo de datos.	Ensamblado/desensamblado de tramas, comprobación de errores de tramas, retransmisión de tramas.
Físico	Define las características físicas y eléctricas del medio a través del cual se transmiten los datos en forma de unos y ceros.	Cableado (incluyendo la definición de los terminales para los conectores de los cables), interfaces de red, señalización de transmisión/recepción, detección de errores de señalización en el medio físico.

Tabla 3-2. Resumen del modelo OSI de siete niveles.

### 3.4.2 LA PILA DE PROTOCOLOS BLUETOOTH

Al igual que OSI, la especificación Bluetooth utiliza un sistema de niveles en su arquitectura de protocolos. Y, también al igual que OSI, el objetivo final de la especificación Bluetooth es permitir que las aplicaciones escritas de acuerdo con la especificación puedan interoperar entre sí. La interoperabilidad se logra cuando las aplicaciones situadas en dispositivos separados se ejecutan sobre pilas de protocolos idénticas. Cada aplicación distinta utiliza una pila de protocolos diferente. Independientemente de la aplicación específica, la pila de protocolos asociada utiliza unos niveles Bluetooth de enlace de datos y físico comunes, en la figura 3-17 se puede observar la pila de protocolos.

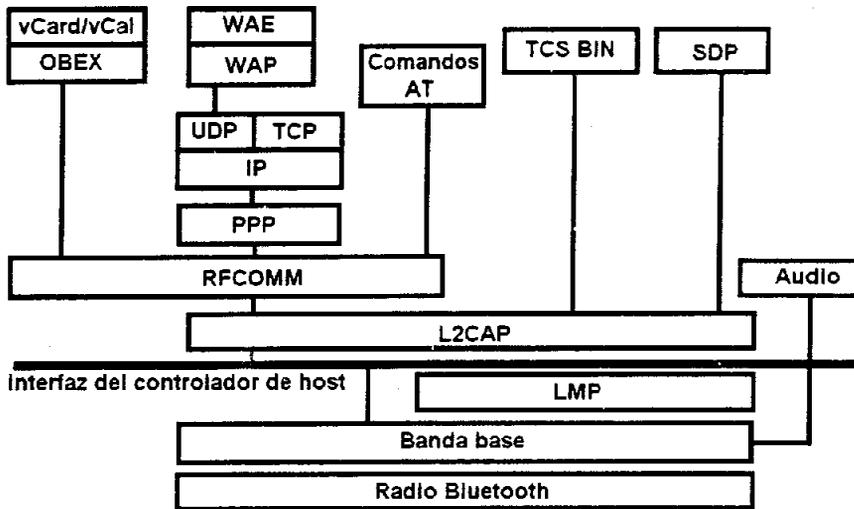


Figura 3-17. Las aplicaciones interoperables que soportan los modelos de uso de Bluetooth se construyen encima de esta pila de protocolos Bluetooth.

No todas las aplicaciones utilizan todos los protocolos de la pila de protocolos Bluetooth; en su lugar, pueden ejecutarse sobre una o más porciones verticales de la pila, aprovechándose de un servicio en particular para soportar la aplicación principal. Los protocolos también pueden tener otras relaciones entre sí. Por ejemplo, protocolos como L2CAP (Logical Link Control and Adaptation Layer, nivel de adaptación y control del enlace lógico) y TCS BIN (Telephony Control Specification Binary, especificación de control de telefonía - binario) pueden utilizar LMP (Link Manager Protocol, protocolo de gestor de enlace) cuando hay una necesidad de controlar el enlace.

La pila completa de protocolos comprende tanto protocolos específicos de la tecnología inalámbrica Bluetooth, por ejemplo LMP y L2CAP, como protocolos como OBEX (Object Exchange Protocol, protocolo de intercambio de objetos), UDP (User Datagram Protocol, protocolo de datagramas de usuario) y WAP (Wireless Application Protocol, protocolo de aplicaciones inalámbricas), que pueden ser utilizados con muchas otras plataformas. Al diseñar los protocolos de la pila de protocolos Bluetooth, en lugar de reinventar la rueda, sencillamente se reutilizaron en los niveles superiores los protocolos existentes para propósitos distintos. Esta manera de hacer las cosas no sólo aceleró el desarrollo de la especificación Bluetooth, sino que también facilitó la adaptación de aplicaciones heredadas para que funcionaran con la tecnología inalámbrica Bluetooth, y ayudó a asegurar un funcionamiento correcto y una interoperabilidad de estas aplicaciones.

Al ser la especificación Bluetooth abierta, permite que muchas aplicaciones ya desarrolladas por los fabricantes se aprovechen inmediatamente de los sistemas hardware y software que cumplan con la especificación Bluetooth. Esta apertura también posibilita que los fabricantes implementen libremente sus propios (propietarios) o comúnmente utilizados protocolos de aplicación encima de los protocolos específicos de la tecnología inalámbrica

Bluetooth. Así, la especificación abierta expande enormemente el número de aplicaciones nuevas y heredadas que pueden aprovecharse por completo de las capacidades que ofrece la tecnología inalámbrica Bluetooth.

La pila de protocolos Bluetooth se compone de cuatro niveles. Los niveles y los protocolos que incluyen se resumen en la tabla 3-3.

Nivel de protocolo Bluetooth	Componentes de la pila de protocolos
Protocolos fundamentales de Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>Banda base.</b></li> <li>-<b>LMP</b> (Link Manager Protocol, protocolo de gestor de enlace).</li> <li>-<b>L2CAP</b> (Logical Link Control and Adaptation Protocol, protocolo de adaptación y control del enlace lógico).</li> <li>-<b>SDP</b> (Service Discovery Protocol, protocolo de descubrimiento de servicios).</li> <li>-<b>PPP</b> (protocolo punto a punto).</li> </ul>
Protocolo de sustitución de cable	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>RFCOMM</b> (Radio Frequency Communication, comunicación por radiofrecuencia)</li> </ul>
Protocolos de control de telefonía	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>TCS BIN</b> (Telephony Control Specification Binary, especificación de control de telefonía -binario).</li> <li>-<b>Comandos AT.</b></li> </ul>
Protocolos adoptados	<ul style="list-style-type: none"> <li>-<b>UDP</b> (User Datagram Protocol, protocolo de datagramas de usuario) / <b>TCP</b> (Transmission Control Protocol, protocolo de control de transmisión / <b>IP</b> (Internet Protocol, protocolo Internet).</li> <li>-<b>OBEX</b> (Object Exchange Protocol, protocolo de intercambio de objetos).</li> <li>-<b>WAP</b> (Wireless Application Protocol, protocolo de aplicaciones inalámbricas)</li> <li>-<b>vCard</b></li> <li>-<b>vCalendar</b></li> <li>-<b>IrMC</b> (Infrared Mobile Communications, comunicaciones móviles por infrarrojos).</li> <li>-<b>WAE</b> (Wireless Application Environment, entorno de aplicaciones inalámbricas).</li> </ul>

Tabla 3-3. Resumen de protocolos y niveles de la pila de protocolos de Bluetooth.

La especificación Bluetooth también define una interfaz de controlador de host (HCI, Host Controller Interface), que ofrece una interfaz de comandos al controlador de banda base y al gestor de enlace, y acceso a los registros de estado del hardware y de control. En la figura 3-17, la interfaz HCI está situada por debajo de L2CAP, pero puede estar también por encima de L2CAP.

Juntos, el nivel de sustitución de cable, el nivel de control de telefonía y el nivel de protocolos adoptados forman una serie de protocolos orientados a la aplicación que permiten a las aplicaciones ejecutarse sobre los protocolos fundamentales de Bluetooth. Como la especificación Bluetooth es abierta, se pueden acoplar protocolos adicionales como HTTP

(HyperText Transfer Protocol, protocolo de transferencia de hipertexto) y FTP (File Transfer Protocol, protocolo de transferencia de archivos) de forma interoperable por encima de esos protocolos de transporte específicos de la especificación Bluetooth, o encima de los protocolos orientados a la aplicación mostrados anteriormente en la figura 3-17.

### 3.4.3 PROTOCOLOS FUNDAMENTALES DE BLUETOOTH

Los protocolos fundamentales son específicos de la tecnología inalámbrica Bluetooth, habiendo sido desarrollados por el SIG Bluetooth. RFCOMM y el protocolo TCS BIN también fueron desarrollados por el SIG Bluetooth, pero se basan en estándares existentes: ETSI TS 07.10 y la Recomendación ITU-T Q.931, respectivamente. Los protocolos fundamentales, más la radio Bluetooth (como se muestra en la figura 3-17), son requeridos por la mayoría de dispositivos Bluetooth, mientras que el resto de protocolos sólo se utilizan cuando se necesitan.

#### 1. Banda base:

El nivel de banda base permite el enlace físico de RF entre unidades Bluetooth dentro de una piconet. Como los sistemas RF Bluetooth utilizan la tecnología de expansión de espectro por saltos de frecuencia, donde los paquetes se transmiten en franjas de tiempo predefinidas por frecuencias predefinidas, este nivel utiliza procedimientos de averiguación y localización para sincronizar la frecuencia de saltos de transmisión y los relojes de los diferentes dispositivos Bluetooth.

Este nivel proporciona los dos tipos diferentes de enlaces físicos, con sus correspondientes paquetes de banda base: síncrono orientado a la conexión (SCO, Synchronous Connection-Oriented) y asíncrono sin conexión (ACL, Asynchronous Connectionless), que se pueden transmitir de forma multiplexada sobre el mismo enlace RF. Los paquetes ACL sólo se utilizan para datos, mientras que un paquete SCO puede contener sólo audio o una combinación de audio y datos. Todos los paquetes de audio y de datos pueden ofrecerse con diferentes niveles de corrección de errores, y se pueden cifrar para asegurar la confidencialidad. Además, a los mensajes de control y de gestión de enlace se les asigna un canal especial a cada uno.

Los paquetes que contienen datos de audio se pueden transferir entre uno o más dispositivos Bluetooth, haciendo posible la existencia de varios modelos de uso. Los datos de audio en los paquetes SCO se encaminan directamente hacia y desde la banda base, y no pasan por L2CAP. El modelo de audio es relativamente sencillo dentro de la especificación Bluetooth; dos dispositivos Bluetooth cualesquiera pueden enviar y recibir datos de audio entre ellos simplemente abriendo un enlace-audio.

#### 2. Protocolo de Gestor de Enlace (LMP):

LMP es el responsable de la configuración y control del enlace entre dispositivos Bluetooth, incluyendo el control y negociación del tamaño de los paquetes de banda base. También se utiliza para la seguridad: autenticación y cifrado; generación, intercambio y comprobación de las claves de cifrado y de enlace. LMP también controla los modos de administración de energía y los ciclos de trabajo del dispositivo de radio Bluetooth, y los estados de conexión de una unidad Bluetooth dentro de una piconet.

El gestor de enlace del lado receptor filtra e interpreta los mensajes LMP, por lo que nunca pasan a los niveles superiores. Los mensajes LMP tienen una prioridad más elevada que los datos de usuario. Si un gestor de enlace necesita enviar un mensaje, no se verá retrasado por el tráfico L2CAP. Además, los mensajes LMP no se confirman explícitamente, ya que el canal lógico ofrece un enlace suficientemente fiable, lo que hace a las confirmaciones innecesarias.

### 3. Protocolo de Adaptación y Control del Enlace Lógico (L2CAP):

El protocolo de adaptación y control del enlace lógico (L2CAP) soporta la multiplexación de protocolos de nivel superior, la segmentación y reensamblado de paquetes, y los mecanismos de calidad de servicio (QoS, Quality of Service). L2CAP permite que protocolos y aplicaciones de nivel superior transmitan y reciban paquetes de datos de hasta 64 kilobytes de longitud. Aunque el protocolo de banda base ofrece los tipos de enlace SCO y ACL, L2CAP está definido sólo para enlaces ACL y no hay planeado soporte para enlaces SCO. Los canales con calidad de voz para aplicaciones de audio y telefonía suelen funcionar sobre enlaces SCO de banda base. Sin embargo, los datos de audio pueden ensamblarse en paquetes y enviarse utilizando protocolos de comunicación que funcionen sobre L2CAP.

### 4. Protocolo de Descubrimiento de Servicios (SDP):

Los servicios de descubrimiento son un elemento importante en la arquitectura Bluetooth ya que proporcionan la base para todos los modelos de uso. Por medio de SDP, se puede consultar la información de los dispositivos, los servicios que ofrecen y las características de dichos servicios. Habiendo localizado los servicios disponibles en las cercanías, el usuario puede elegir cualquiera de ellos. Después de eso, se puede establecer una conexión entre dos o más dispositivos Bluetooth.

## 3.4.4 PROTOCOLOS DE SUSTITUCIÓN DE CABLE

La especificación Bluetooth incluye dos protocolos que suministran señalización de control a través de enlaces inalámbricos, emulando el tipo de señalización que normalmente se asocia con los enlaces por cable.

### 1. RFCOMM:

RFCOMM es un protocolo de emulación de línea serie basado en un subconjunto del estándar TS 07.10 del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI, European Telecommunications Standards Institute), que también se utiliza para los dispositivos de comunicaciones GSM (Global System for Mobile, sistema global para móviles). El ETSI es una organización sin ánimo de lucro que elabora los estándares de telecomunicaciones que se utilizan en Europa.

El protocolo RFCOMM proporciona una emulación de los puertos serie RS-232 sobre el protocolo L2CAP. Este protocolo de «sustitución de cable» emula las señales de control y datos RS-232 sobre la banda base, proporcionando ambas capacidades de transporte a los servicios de niveles superiores que utilizan el cable serie como mecanismo de transporte. RFCOMM soporta aplicaciones que hacen uso del puerto serie de un dispositivo. En una configuración simple, el segmento de comunicaciones es un enlace Bluetooth de un dispositivo a otro (figura 3.-18).

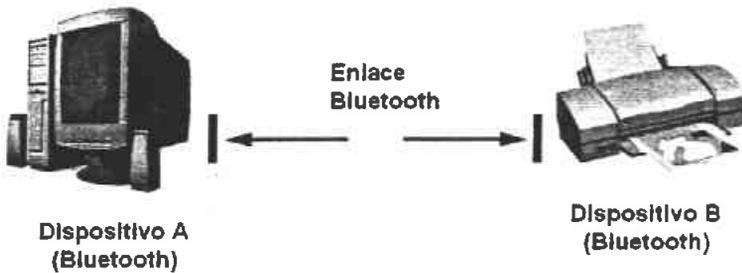


Figura 3-18. RFCOMM se utiliza para implementar una conexión directa entre dos dispositivos Bluetooth, como una computadora y una impresora.

Donde el segmento de comunicaciones es otra red, se utiliza la tecnología inalámbrica Bluetooth para la ruta entre el dispositivo y un dispositivo de conexión a la red, como un módem. RFCOMM sólo se ocupa de la conexión entre dispositivos Bluetooth en el caso de una conexión directa, o entre el dispositivo Bluetooth y un módem en el caso de una red. RFCOMM puede soportar otras configuraciones, como módulos que se comunican vía tecnología inalámbrica Bluetooth por un lado y ofrecen una interfaz de cable por el otro, como se puede observar en la figura 3-19. Estos dispositivos no son realmente un módem, pero ofrecen un servicio similar. Un ejemplo sería un punto de acceso de una LAN que admita dispositivos Bluetooth, permitiendo que se conecten dispositivos de mano a la red de la empresa.

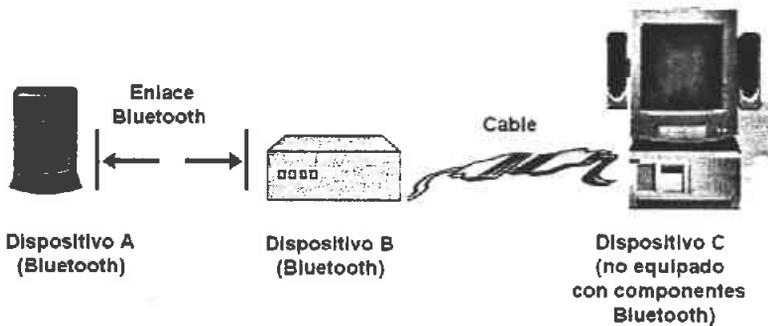


Figura 3-19. RFCOMM tal y como se utiliza para soportar un dispositivo Bluetooth (PDA) y un dispositivo sin tecnología inalámbrica Bluetooth (un concentrador de red de una empresa) a través de un dispositivo intermedio (punto de acceso de una LAN).

## 2. Protocolos de Control de Telefonía:

TCS Binary o TCS BIN es un protocolo orientado a bit que define la señalización de control de llamada para establecer llamadas de voz y datos entre dispositivos Bluetooth. También define los procedimientos de gestión de movilidad para manejar grupos de dispositivos TCS Bluetooth. TCS BIN se basa en la Recomendación Q.931 emitida por la Unión Internacional de

Telecomunicación (ITU-T), una agencia de las Naciones Unidas que coordina los estándares para redes y servicios de telecomunicación globales. Q.931 es la especificación ITU-T para el control básico de llamadas bajo RDSI (Red Digital de Servicios integrados).

Además de TCS BIN, el SIG Bluetooth ha definido un conjunto de comandos AT que definen cómo pueden controlarse un módem y un teléfono móvil en varios modelos de uso. Los comandos AT están basados en las recomendaciones ITU-T V.250 y ETS 300 916 (GSM 07.07). En cuanto a los servicios de fax, se especifican los comandos por medio de una de las siguientes implementaciones:

- ☞ Fax Clase 1.0 TIA-578-A e ITU T.31 Clase de Servicio 1. 0.
- ☞ Fax Clase 2.0 TIA-592 e ITU T.32 Clase de Servicio 2. 0.
- ☞ Fax Clase de Servicio 2; no hay un estándar del sector.

### 3.4.5 PROTOCOLOS ADOPTADOS

Como hemos dicho previamente, la especificación Bluetooth emplea varios protocolos existentes, que se reutilizan para diferentes propósitos en los niveles superiores. Esto permite que las aplicaciones más antiguas funcionen con la tecnología inalámbrica Bluetooth y ayuda a asegurar un correcto funcionamiento e interoperabilidad de estas aplicaciones con aplicaciones más modernas diseñadas específicamente para dispositivos Bluetooth.

### 3.4.6 PPP

La especificación Bluetooth utiliza el protocolo PPP desarrollado por el IETF (Internet Engineering Task Force, Grupo Especial de Ingeniería Internet). Este estándar define cómo se transmiten los datagramas IP sobre enlaces serie punto a punto. Si accede a Internet con un módem vía teléfono, o con un encaminador sobre una línea dedicada, estará utilizando dichos enlaces. Los datagramas son simplemente las unidades de datos que se transportan sobre el enlace por medio de un mecanismo optimizado, pero sin garantía de entrega. PPP tiene tres componentes principales:

#### 1. Encapsulación:

PPP proporciona un método de encapsular los datagramas sobre enlaces serie. Ofrece un protocolo de encapsulación sobre enlaces síncronos orientados a bit y enlaces asíncronos con ocho bits de datos y sin paridad. Estos enlaces deben ser dúplex, pero pueden ser tanto dedicados como de conmutación de circuitos. PPP utiliza el protocolo HDLC (High-Level Data-Link Control, control de alto nivel de enlaces de datos) como base para la encapsulación. La encapsulación PPP también ofrece el multiplexado simultáneo de diferentes protocolos de nivel de red sobre el mismo enlace. Proporciona una solución común para una fácil conexión entre una amplia variedad de máquinas host, puentes y encaminadores.

#### 2. Protocolo de Control de Enlace (LCP, link control protocol):

PPP ofrece un protocolo de control de enlace para asegurar su portabilidad a una amplia variedad de entornos. LCP se utiliza para alcanzar un acuerdo automático de las opciones de

formato de encapsulación, para gestionar la variación en los límites de los tamaños de los paquetes, para autenticar la identidad de la otra parte del enlace, para determinar cuándo un enlace funciona correctamente y cuándo ya no existe, para detectar un enlace cerrado en bucle y otros errores de configuración comunes, y para finalizar el enlace.

### 3. Protocolos de Control de Red:

Los enlaces punto a punto tienden a agravar muchos problemas relacionados con los protocolos de red. Por ejemplo, la asignación y gestión de las direcciones IP, un problema incluso en entornos LAN, es especialmente difícil sobre enlaces punto a punto por conmutación de circuitos, como en el caso de los servidores de módem de acceso telefónico. Estos problemas son resueltos por una familia de protocolos de control de red, que gestionan las necesidades específicas de sus respectivos protocolos de nivel de red.

En las redes inalámbricas Bluetooth, PPP se ejecuta sobre RFCOMM para implementar enlaces serie punto a punto, digamos entre un dispositivo móvil y un punto de acceso a una LAN. La implementación de redes PPP es un medio de llevar paquetes IP hacia el nivel PPP y situarlos en la LAN, dándole al usuario acceso al correo electrónico de la empresa, por ejemplo.

#### 3.4.7 TCP/UDP/IP

La IETF es quien ha definido los protocolos TCP, UDP e IP que se utilizan para comunicaciones a través de Internet. Como tales, se encuentran entre la familia de protocolos más utilizada del mundo. Estos protocolos se incluyen en numerosos dispositivos, entre ellos todos los modelos de computadoras de escritorio y portátiles, así como minicomputadoras, grandes sistemas y supercomputadoras. De manera creciente, también se está equipando a las impresoras, computadoras de mano y teléfonos móviles con estos protocolos.

#### 1. Protocolo Control de Transmisión (TCP):

TCP es un protocolo fiable extremo a extremo, orientado a la conexión, que encaja en una jerarquía de niveles de protocolos que soporta aplicaciones multirred. TCP envía los datos que se le entregan en forma de datagramas IP o paquetes al proceso apropiado en el host receptor. Entre otras cosas, TCP define los procedimientos para fragmentar los datos en paquetes, recomponerlos en el orden correcto para reconstruir los datos originales en el extremo receptor y emitir peticiones de retransmisión para sustituir los paquetes perdidos o dañados. Como los paquetes suelen tomar rutas diferentes hacia su destino a través de Internet, llegan en momentos distintos y sin ninguna secuencia. Todos los paquetes se almacenan temporalmente hasta que llegan los últimos, para poder ponerlos en el orden correcto. Si un paquete llega dañado, se descarta y se reenvía otro en respuesta a una petición de retransmisión.

#### 2. Protocolo de Datagramas de Usuario (UDP):

Mientras que TCP ofrece una entrega garantizada, UDP simplemente pasa mensajes individuales a IP para su transmisión con un mecanismo optimizado, pero sin garantía de entrega. Como IP en sí misma no es fiable, no hay ninguna garantía de que la entrega se pueda efectuar. Sin embargo, UDP resulta muy útil para ciertos tipos de comunicaciones, como consultas rápidas a bases de datos. Por ejemplo, el sistema de nombres de dominio DNS (Domain Name System)

consiste en un conjunto de bases de datos distribuidas, que proporcionan un servicio de traducción entre los nombres de dominio en lenguaje corriente y sus direcciones IP. Para mensajería simple entre aplicaciones y este tipo de recursos de red, UDP resulta adecuado.

### 3. Protocolo Internet (IP):

El protocolo IP transporta datagramas entre diferentes redes a través de encaminadores que procesan paquetes desde un sistema autónomo (AS, Autonomous System) a otro. Cada dispositivo en el AS tiene una dirección IP exclusiva. El protocolo IP añade su propia cabecera y una suma de comprobación, para asegurarse de que los datos son encaminados correctamente. Este proceso se ve ayudado por la presencia de mensajes de actualización de encaminamiento, que mantienen las tablas de direcciones actualizada en cada encaminador. Se utilizan varios tipos de mensajes de actualización, dependiendo del conjunto de subredes incluidas en un dominio de gestión. Las tablas de encaminamiento enumeran los diversos nodos de las subredes, así como los caminos entre los nodos. Si el paquete de datos es demasiado grande para que lo acepte el nodo de destino, el nivel superior TCP lo segmentará en paquetes más pequeños.

La implementación de estos estándares por la especificación Bluetooth permite la comunicación con cualquier otro dispositivo conectado a Internet. El dispositivo Bluetooth, ya sea un dispositivo celular de mano o un punto de acceso a una LAN, por poner un ejemplo, se utiliza entonces como puente a Internet. TCP, IP y PPP se utilizan para todos los escenarios de uso de puentes Internet y también se utilizarán para OBEX en versiones futuras de la especificación Bluetooth. UDP, IP y PPP también están disponibles como transporte para el protocolo WAP.

#### 3.4.8 PROTOCOLO OBEX

OBEX es un protocolo de nivel de sesión desarrollado originalmente con el nombre de IrOBEX por la asociación IrDA (Infrared Data Association, asociación de datos por infrarrojos). Su objetivo es soportar el intercambio de objetos de forma simple y espontánea. Por ejemplo, el protocolo OBEX define un objeto lista de carpetas, que se utiliza para explorar los contenidos de las carpetas en un dispositivo remoto. Como tal, OBEX ofrece la misma funcionalidad básica que el protocolo HTTP, pero de forma mucho más simple. Al igual que HTTP, OBEX se basa en el modelo cliente-servidor y es independiente del mecanismo de transporte.

En mayo de 1999, OBEX se convirtió en el primer protocolo común para las dos especificaciones inalámbricas: Bluetooth e infrarroja. Al adoptar modelos de uso común y luego explotar las ventajas únicas de cada tecnología, la combinación de Bluetooth e infrarrojos da lugar a los únicos estándares inalámbricos de corto alcance que pueden cumplir con necesidades de los usuarios que van desde la transmisión de voz inalámbrica a la transferencia de datos a alta velocidad (16 Mbps).

Un ejemplo de cómo se puede usar en la práctica el protocolo OBEX vía un teléfono móvil que soporte la tecnología inalámbrica Bluetooth o infrarroja proviene de Nokia. El 9110 Communicator de la compañía soporta una conexión infrarroja y el protocolo IrOBEX para el intercambio de objetos (en la actualidad varios modelos soportan enlaces Bluetooth y OBEX). La aplicación de intercambio de objetos de Nokia posibilita la captura de documentos en un escáner de mano como el Hewlett-Packard Capshare 910, los transmite al Communicator a través de una

conexión infrarroja IrOBEX, y los reenvía a otros dispositivos en forma de fax o de adjunto de correo electrónico.

El usuario desliza el dispositivo de mano (figura 3-20) sobre cualquier trozo de papel, desde una tarjeta de visita a un contrato, o incluso un bloc para reuniones. Luego, al pulsar un botón, se envía la copia electrónica a una computadora o PC de mano, donde se la puede editar, o compartir por medio de correo electrónico o fax electrónico. El usuario puede incluso obtener copias en papel de inmediato, enviando el documento de forma inalámbrica a una impresora equipada con infrarrojos. El HP CapShare tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 50 páginas de texto de tamaño carta, 15 páginas de gráficos o 150 páginas de blocs de reuniones.



**Figura 3-20.** El Capshare 910 de Hewlett-Packard es un escáner de mano que puede enviar documentos a teléfonos móviles a través de una conexión IrOBEX, y remitirlos a otros dispositivos en forma de fax o de adjunto de correo electrónico.

### 3.4.9 PROTOCOLO DE APLICACIONES INALÁMBRICAS (WAP)

WAP es una especificación para enviar y leer mensajes y contenido de Internet en pequeños dispositivos inalámbricos, como teléfonos celulares equipados con pantallas de texto. Los servicios comunes de información preparados para WAP son las noticias, cotizaciones de bolsa, informes meteorológicos, horarios de vuelo y notas de prensa corporativas. Unas páginas especiales llamadas portales WAP están formateadas especialmente para ofrecer información y servicios. Los periódicos como el Universal y el Reforma se encuentran entre los proveedores de contenido que ofrecen noticias para su distribución a teléfonos celulares, dispositivos PDA inalámbricos y computadoras de mano. El comercio electrónico y el correo electrónico también se encuentran entre los servicios preparados para WAP a los que se puede acceder con estos dispositivos.

Normalmente, estos dispositivos tendrán pantallas muy pequeñas, por lo que se debe distribuir el contenido con un formato «sin adornos». Además, las restricciones en el ancho de banda de los servicios celulares actuales hacen que el contenido deba ser optimizado para su distribución a dispositivos de mano. Para obtener la información de esta manera, se elaboran los sitios Web con una versión reducida del lenguaje HTML., denominada WML (Wireless Markup Language, lenguaje de composición para tecnología inalámbrica).

La fortaleza de WAP reside en que abarca múltiples estándares de enlace por aire y, dentro de la tradición Internet, permite a los publicadores de contenido y desarrolladores de aplicaciones despreocuparse del mecanismo de distribución específico. Al igual que Internet, la arquitectura

WAP se define principalmente en términos de protocolos de red, formatos de contenido y servicios compartidos. Esta aproximación lleva a una arquitectura flexible cliente-servidor, que se puede implementar de varias maneras, pero que también proporciona interoperabilidad y portabilidad a los interfaces de red. La pila de protocolos WAP se muestra en la figura 3-21.

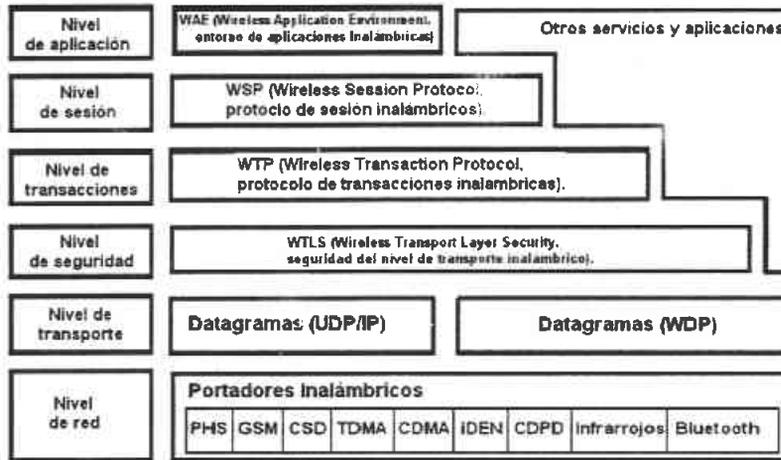


Figura 3-21. La pila de protocolos WAP.

WAP soluciona el problema del uso de estándares Internet, tales como HTML, HTTP, TLS y TCP, a través de redes móviles. Estos protocolos son poco eficientes, necesitando que se envíe una gran cantidad de datos principalmente basados en texto. El contenido Web escrito con HTML no puede normalmente representarse de forma eficaz en las pequeñas pantallas de los teléfonos móviles de bolsillo y la navegación entre pantallas no resulta fácil con una sola mano.

Más aún, HTTP y TCP no están optimizados para los problemas de cobertura intermitente, largos retardos y un ancho de banda limitado que se asocian con las redes inalámbricas. HTTP envía sus cabeceras y comandos en un formato de texto ineficaz, en lugar de en formato binario comprimido. Los servicios inalámbricos que utilizan estos protocolos suelen ser lentos, costosos y difíciles de utilizar. El estándar de seguridad TLS, asimismo, es problemático, pues se han de intercambiar muchos mensajes entre el cliente y el servidor. Con los retardos de la transmisión inalámbrica, este tráfico de ida y vuelta da como resultado tiempos de respuesta muy largos para el usuario.

WAP ha sido optimizado para resolver todos estos problemas. Utiliza la transmisión binaria para una mayor compresión de los datos, y está optimizado para largos retardos y un ancho de banda bajo-medio. Las sesiones WAP resuelven el problema de la cobertura intermitente y pueden funcionar sobre una amplia variedad de transportes inalámbricos, utilizando IP donde sea posible y otros protocolos optimizados donde IP no es posible. El lenguaje WML utilizado para el contenido WAP hace un uso óptimo de las pantallas pequeñas y permite una navegación sencilla con una mano sin un teclado completo; es inherentemente escalable, yendo

desde pantallas de texto de dos líneas a las pantallas gráficas de los teléfonos inteligentes y los comunicadores.

Hay un par de cosas para las que WAP resulta bueno en el entorno Bluetooth: la distribución de información y el procesamiento transparente. Respecto a la distribución de información, un cliente WAP que utilice la tecnología inalámbrica Bluetooth puede descubrir la presencia de un servidor WAP utilizando el protocolo de descubrimiento de servicios (SDP). En el momento de descubrir un servicio, se determina la dirección del servidor WAP; cuando el cliente obtiene la dirección, establece una conexión con el servidor y puede acceder a la información o al servicio ofrecido por ese servidor según un esquema de suscripción o de extracción.

El cifrado y autenticación para seguridad entre cliente y servidor vienen dados por el protocolo de seguridad del nivel de transporte inalámbrico (WTLS), que es importante para salvaguardar la confidencialidad del comercio electrónico y las aplicaciones de procesamiento transparente.

El procesamiento transparente es la capacidad de acceder a una computadora y controlar su funcionamiento desde un dispositivo móvil. Una aplicación de procesamiento transparente podría implicar un quiosco en un aeropuerto, un centro comercial o cualquier otro lugar público, que permita al dispositivo móvil consultar información, comprar bienes o adquirir entradas. La razón por la que el SIG Bluetooth utiliza la pila WAP para el procesamiento transparente es para poder reutilizar las aplicaciones software desarrolladas para el entorno de aplicaciones inalámbricas (WAE).

### 3.4.10 FORMATOS DE CONTENIDO

**vCard** y **vCalendar** son especificaciones abiertas desarrolladas originariamente por el consorcio Versit<sup>1</sup> y controladas ahora por el consorcio IMC (Internet Mail Consortium, Consorcio de Correo Internet); IETF está ahora encargado del desarrollo posterior de dichas especificaciones. **vCard** y **vCalendar** definen el formato de una tarjeta de visita electrónica, y de las entradas de un calendario personal y la información de citas, respectivamente, **vCard** y **vCalendar** no definen ningún mecanismo de transporte, sino solamente el formato en el que se transportan los datos entre los dispositivos.

#### 1. vCALENDAR:

**vCalendar** define un formato independiente del transporte y de la plataforma para intercambiar información de calendario y de citas de forma sencilla, automática y coherente. Captura la información de eventos y de tareas utilizada normalmente por aplicaciones como los gestores de información personal (PIM. Personal Information Manager) y los planificadores para grupos de trabajo. Los programas que utiliza **vCalendar** pueden intercambiar datos importantes sobre eventos para que se puedan programar reuniones con cualquiera que tenga un programa preparado para **vCalendar** (figura 3-22).

<sup>1</sup> El consorcio Versit es una iniciativa global de IBM, Siemens y Lucent Technologies, que persigue la eliminación de barreras de comunicación y colaboración desarrollando y fomentando especificaciones abiertas multiplataforma para un amplio abanico de productos de informática y telefonía.

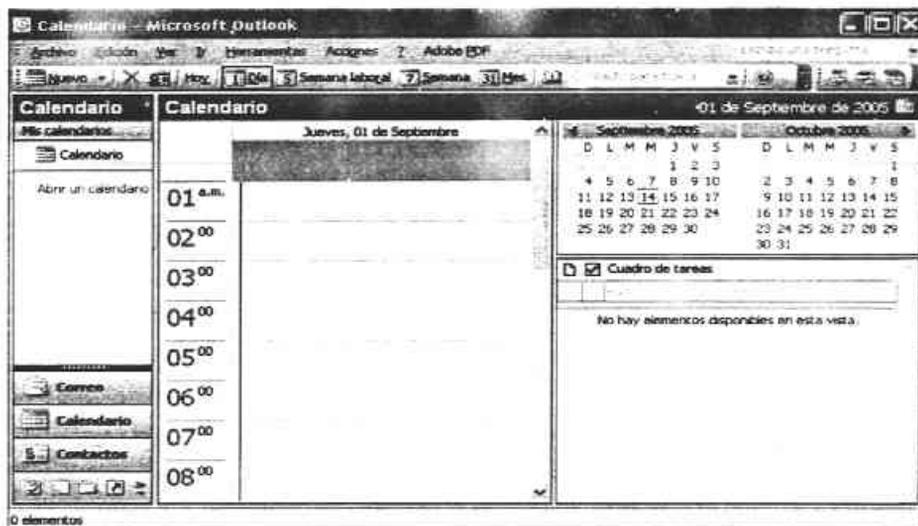


Figura 3-22. La interfaz vCalendar tal y como se ve desde dentro de Microsoft Outlook, mostrando paneles separados para las tareas diarias (izquierda), resumen mensual (arriba derecha) y el bloc de tareas (abajo derecha).

vCalendar, que ofrece un formato simple y coherente para la captura e intercambio de eventos y acciones, ayuda a simplificar la tarea diaria de programar reuniones o citas. El conjunto fundamental de propiedades de vCalendar incluye características avanzadas como adjuntos, recordatorios de audio y correo electrónico, y clasificación de eventos. Entre los objetos que se pueden adjuntar a un evento se encuentran la tarjeta de visita electrónica de la remitente, llamada vCard. Además, la especificación vCalendar proporciona interoperabilidad entre las diversas aplicaciones de calendario y de agenda, para facilitar la planificación de reuniones o citas a través de Internet, intranets privadas o extranets compartidas. Con su adopción por parte del SIG Bluetooth, las funciones de vCalendar se pueden llevar a cabo entre dispositivos cercanos dentro de una piconet.

## 2. vCARD:

vCard es la especificación para tarjetas de visita electrónicas desarrollada originalmente por el consorcio Versit, junto con vCalendar. La responsabilidad de desarrollar y fomentar vCard también recae ahora en el consorcio IMC. vCard se utiliza en aplicaciones como correo Internet, correo de voz, exploradores Web, telefonía, centros de atención de llamadas, videoconferencia, dispositivos PIM y PDA, buscapersonas, fax y tarjetas inteligentes. La información de vCard va más allá de un simple texto, y puede incluir elementos como imágenes, logotipos de empresas e hipervínculos a páginas Web.

Las tarjetas vCard incluyen información de directorio de gran importancia, como el nombre, las direcciones (del trabajo, de casa, de correo), los números de teléfono (del hogar, del trabajo, del fax, del móvil, de voz, de datos, de video), las direcciones de correo electrónico y enlaces a contenido Web (figura 3-23).

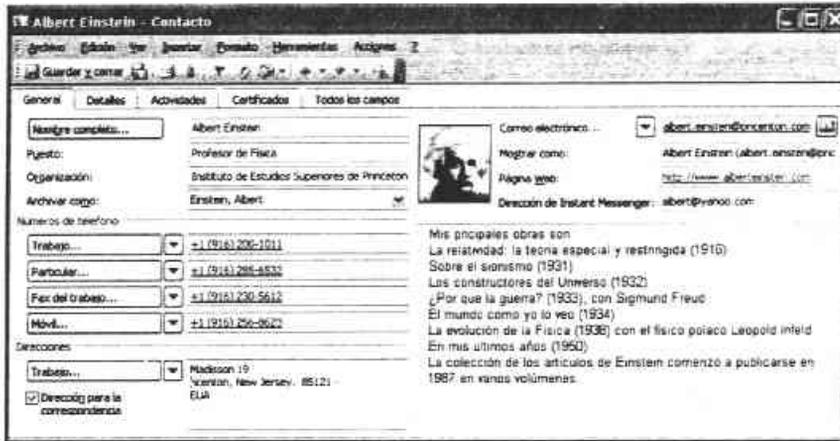


Figura 3-23. La interfaz vCard permite al usuario introducir diversa información de utilidad, que se divide en las categorías de información personal, hogar, negocios, conferencias e identificaciones digitales.

Todas las tarjetas vCard también pueden contener gráficos e información multimedia, incluyendo fotografías, logotipos de empresa y fragmentos de audio. La información geográfica y de la zona horaria en las tarjetas vCard permite a los demás saber cuándo pueden llamar. Las tarjetas vCard también soportan múltiples idiomas.

La especificación vCard es independiente del mecanismo de transporte y del sistema operativo, de manera que el usuario puede instalar un software preparado para vCard en cualquier computadora. Los diferentes programas tienen maneras diferentes de almacenar las tarjetas vCard: algunos programas permiten que se pueda arrastrar y soltar un icono vCard sobre los programas; otros requieren que se guarde en disco la tarjeta vCard y luego se importe al programa deseado; y otros pueden detectar automáticamente cuándo se está accediendo a una vCard y le preguntan al usuario si desea abrirla inmediatamente o guardarla en disco.

Ya no hay necesidad de intercambiar manualmente tarjetas de visita; introduzca la información en una computadora portátil y después vuelva a retransferirla en uno o más dispositivos. La tarjeta vCard hace posible el intercambio de información de tarjetas de visita simplemente entrando en una sala de reuniones y emitiéndola a través de enlaces Bluetooth o de infrarrojos entre organizadores electrónicos de mano, dispositivos PDA y computadoras portátiles de cualquier fabricante. En segundos, todos los participantes en la reunión pueden tener esta información vital almacenada en sus directorios favoritos. Más tarde, se puede utilizar para hacer una llamada telefónica, enviar un fax o correo electrónico, o incluso iniciar una videoconferencia.

### 3.5 PERFILES GENERALES DE BLUETOOTH

El SIG Bluetooth ha identificado varios modelos de uso, cada uno de los cuales está acompañado por un «perfil». Los perfiles definen los protocolos y características que soporta un modelo de uso particular. Si dispositivos de distintos fabricantes cumplen con la misma especificación de un perfil Bluetooth, podemos esperar que interactúen correctamente entre ellos cuando se utilicen para un servicio y un uso particular.

Un perfil define los mensajes específicos y los procedimientos usados para implementar una característica. Algunas características son obligatorias, otras son opcionales y algunas pueden ser condicionales. Todas las características están definidas de manera relacionada, es decir, que si una característica se halla implementada, debe estarlo de una manera específica. Esto asegura que la misma característica trabaje de la misma forma en cada dispositivo, independientemente del fabricante.

Cuatro perfiles generales son usados en los diferentes modelos de uso: el Perfil de acceso genérico (GAP, Generic Access Profile), el Perfil de puerto serie (SPF Serial Port Profile), el Perfil de aplicación de descubrimiento de servicios (SDAP Service Discovery Application Profile) y el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP, Generic Object Exchange Profile).

### 3.5.1 PERFIL DE ACCESO GENÉRICO

El Perfil de acceso genérico define los procedimientos generales para descubrir dispositivos Bluetooth, así como los procedimientos de gestión de enlace para establecer una conexión entre ellos. Así, el principal propósito de este perfil es describir el uso de los niveles inferiores de la pila de protocolos Bluetooth: el control de enlace LC y el protocolo de gestión de enlace LMP. También están definidos en este perfil los procedimientos relacionados con la seguridad, en cuyo caso entran en juego los niveles más altos: L2CAP, RFCOMM y OBEX.

Además, el perfil contempla los requisitos de formato comunes para los parámetros accesibles desde la interfaz de usuario. En otras palabras, el Perfil de acceso genérico describe cómo deben comportarse los dispositivos mientras se encuentran en los estados de espera y de establecimiento de la conexión. Esto garantiza, a su vez, que siempre se puedan establecer enlaces y canales entre dispositivos Bluetooth. Si los dispositivos operan de acuerdo con varios perfiles simultáneamente, el perfil GAP describe los mecanismos para gestionarlos todos.

El perfil GAP define los procedimientos generales para descubrir las identidades, nombres y capacidades básicas de otros dispositivos Bluetooth que se encuentren en «modo descubrible». Un dispositivo en el modo descubrible está listo para aceptar conexiones y solicitudes de servicios desde otro dispositivo. Incluso si dos dispositivos Bluetooth no comparten una aplicación común, deben ser capaces de comunicarse entre ellos para determinar esto. Cuando dos dispositivos comparten la misma aplicación, pero pertenecen a fabricantes distintos, la capacidad para establecer una conexión no debe verse impedida porque los fabricantes hayan utilizado nombres diferentes para las capacidades básicas Bluetooth en el nivel de interfaz de usuario, o porque sus productos implementen los procedimientos básicos en una secuencia diferente.

Los dispositivos Bluetooth que no cumplan cualquier otro perfil Bluetooth deben, al menos, cumplir con el perfil GAP. Esto asegura la interoperabilidad básica y la coexistencia entre todos los dispositivos Bluetooth, independientemente del tipo de aplicación que soporten. Los dispositivos que cumplan otro perfil Bluetooth pueden utilizar adaptaciones de los procedimientos genéricos, tal como se especifiquen en ese perfil. Sin embargo, deben seguir siendo compatibles con el perfil GAP en el nivel de los procedimientos genéricos (figura 3-24).

Si un fabricante declara que su producto cumple el perfil GAP, todas las capacidades obligatorias del perfil deben estar soportadas tal como se describen en la especificación Bluetooth. Esto también se aplica a todas las capacidades opcionales y condicionales para las cuales el

fabricante diga que están soportadas. Todas las capacidades (obligatorias, opcionales y condicionales) que el fabricante diga que están soportadas están sujetas a verificación como parte del programa de certificación Bluetooth.

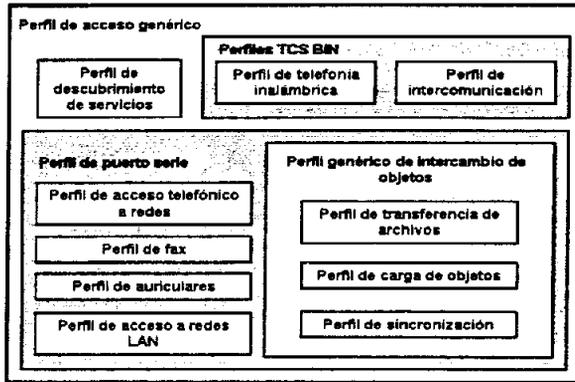


Figura 3-24. Relación entre el perfil de acceso genérico y el resto de perfiles y modelos de uso Bluetooth.

A continuación se explican los parámetros comunes que los dispositivos Bluetooth deben soportar para interactuar en el nivel de procedimientos genéricos.

- a) **NOMBRES DE DISPOSITIVO:** El perfil GAP permite que los dispositivos Bluetooth tengan nombres descriptivos de hasta 248 bytes de longitud. Sin embargo, no puede asumirse que un dispositivo remoto sea capaz de manejar el número máximo de caracteres del nombre de un dispositivo Bluetooth. Si el dispositivo remoto tiene una capacidad limitada de visualización, como es típico en la mayoría de los teléfonos móviles, sólo permitirá, por ejemplo, los 20 primeros caracteres.
- b) **PIN BLUETOOTH:** El PIN Bluetooth (número de identificación personal) es utilizado como primer paso en la autenticación de dos dispositivos Bluetooth que no hayan intercambiado previamente claves de enlace para establecer una relación de confianza. El PIN es utilizado en el procedimiento de emparejamiento (posteriormente explicado) para generar la clave de enlace inicial usada para una posterior autenticación. El PIN puede ser introducido en el nivel de interfaz de usuario, pero también puede ser almacenado en el dispositivo si no tiene una interfaz de usuario suficiente para introducir y visualizar dígitos.
- c) **CLASE DE DISPOSITIVO:** Durante el procedimiento de descubrimiento de dispositivos, un parámetro llamado «Clase de dispositivo» es transmitido desde el dispositivo remoto, indicando el tipo de dispositivo que es y los tipos de servicios que soporta. O el usuario inicia el procedimiento de acoplamiento introduciendo el PIN, o se pedirá al usuario que lo introduzca durante el proceso de establecimiento de la conexión, dado que los dispositivos no compartían previamente una clave de enlace común. En el primer caso, se dice que el usuario está realizando un «acoplamiento» (bonding) y en el segundo caso se dice que el usuario está realizando una «autenticación».

- d) MODOS DE DESCUBRIMIENTO:** Los dispositivos Bluetooth pueden estar en el modo descubrible o en el modo no descubrible. Hay dos modos descubribles: limitado y general. Cuando un dispositivo está en el modo descubrible limitado, se pone a sí mismo en estado disponible (para los otros dispositivos) solamente durante un período de tiempo limitado, mientras se dan unas determinadas condiciones temporales o para un suceso determinado. El dispositivo se pone en estado disponible pasando periódicamente a un «estado de exploración» en el que comprueba la aparición de ciertos tipos de códigos de indagación. En tales ocasiones, puede responder a otro dispositivo Bluetooth que realice una indagación limitada utilizando un código especial denominado código de acceso de indagación limitada (LIAC, Limited Inquiry Access Code).

Cuando un dispositivo está en el modo descubrible general, se encuentra disponible continuamente y puede responder a otro dispositivo Bluetooth que realice una indagación general utilizando otro código especial llamado código de acceso de indagación general (GIAC, General Inquiry Access Code). Sin embargo, un dispositivo puede estar solamente en un modo descubrible cada vez: o limitado, o general. Incluso cuando un dispositivo Bluetooth sea descubrible, puede ser incapaz de responder a una indagación debido a otras actividades de banda base que se estén produciendo en ese momento. Cuando un dispositivo Bluetooth está en modo no descubrible, no responde a ningún tipo de indagación.

- e) MODOS DE CONECTIVIDAD:** Con respecto a la busca, un dispositivo Bluetooth puede estar tanto en modo conectable como en modo no conectable. La busca es un procedimiento que implica la transmisión de una serie de mensajes con el objetivo de configurar un enlace de comunicación con una unidad activa situada dentro del área de cobertura. Cuando un dispositivo Bluetooth está en modo conectable, se coloca a sí mismo en un estado de «exploración de busca». Si recibe un mensaje de busca, puede responder. Cuando un dispositivo Bluetooth está en modo no conectable, no llega a entrar en el estado de exploración de busca. Como no puede recibir mensajes de busca, no responde a los mismos.
- f) MODOS DE EMPAREJAMIENTO:** El emparejamiento es un procedimiento de inicialización por el cual dos dispositivos que se están comunicando por primera vez crean una clave de enlace común que será utilizada para la posterior autenticación. Para la primera conexión, el emparejamiento requiere que el usuario introduzca un código de seguridad Bluetooth o PIN. Los dispositivos Bluetooth deben estar o en modo emparejable o en modo no emparejable. Cuando un dispositivo Bluetooth está en modo emparejable, acepta el emparejamiento (es decir, la creación de acoplamientos) iniciado por el dispositivo remoto, mientras que en el modo no emparejable no lo acepta.
- g) MODOS DE SEGURIDAD:** Hay tres modos de seguridad para los dispositivos Bluetooth. Cuando un dispositivo Bluetooth está en el modo de seguridad 1, no inicia nunca un procedimiento de seguridad. Cuando un dispositivo Bluetooth está en el modo de seguridad 2, no inicia ningún procedimiento de seguridad antes de recibir una solicitud de establecimiento de canal o antes de iniciar el mismo un procedimiento de establecimiento de canal.

• Que se inicie un procedimiento de seguridad o no depende de los requisitos de seguridad del servicio o canal solicitado. Al menos, un dispositivo Bluetooth en el modo de seguridad 2 debe clasificar los requisitos de seguridad de sus servicios en términos de autorización, autenticación y cifrado. (Desde la perspectiva de un dispositivo remoto, el modo de seguridad 1 es un caso especial del modo de seguridad 2, en el que ningún servicio tiene registrados requisitos de seguridad).

Cuando un dispositivo Bluetooth está en el modo de seguridad 3, inicia los procedimientos de seguridad antes de enviar un mensaje indicando que la configuración del enlace está completa. Un dispositivo Bluetooth en el modo de seguridad 3 puede rechazar la solicitud de conexión basándose en configuraciones internas (por ejemplo, que sólo se permita la comunicación con dispositivos pre-emparejados).

### 3.5.2 PERFIL DE PUERTO SERIE

Cuando la tecnología inalámbrica Bluetooth se utiliza para sustituir al cable, se emplea el Perfil de puerto serie (SPP) para el canal resultante orientado a conexión. Este perfil está construido sobre el Perfil de acceso genérico y define cómo deben configurarse los dispositivos Bluetooth para emular una conexión a través de un cable serie utilizando RFCOMM, un protocolo de transporte sencillo que emula los puertos serie RS-232 entre dos dispositivos homólogos (figura 3-25). RFCOMM se utiliza para el transporte de los datos de usuario, de las señales de control de módem y de los comandos de configuración. La sesión RFCOMM se ejecuta sobre un canal L2CAP. Las aplicaciones de ambos dispositivos son normalmente aplicaciones heredadas que esperan que la comunicación tenga lugar a través de un cable serie, que es el que emula el perfil.

Cualquier aplicación heredada puede ser ejecutada sobre cualquiera de los dos dispositivos, utilizando el puerto serie virtual como si un cable serie físico con señalización de control RS-232, estuviese conectando los dos dispositivos. Sin embargo, ya que las aplicaciones heredadas no son conscientes de los procedimientos Bluetooth para establecer cables series emulados, pueden necesitar la ayuda de una aplicación auxiliar que utilice la especificación Bluetooth a ambos lados del enlace. La especificación Bluetooth no indica los requisitos de estas aplicaciones auxiliares, ya que el interés principal del SIG Bluetooth es la interoperabilidad. Se supone que el proveedor de soluciones ofrecerá alguna aplicación auxiliar para establecer un puente entre los dos entornos.

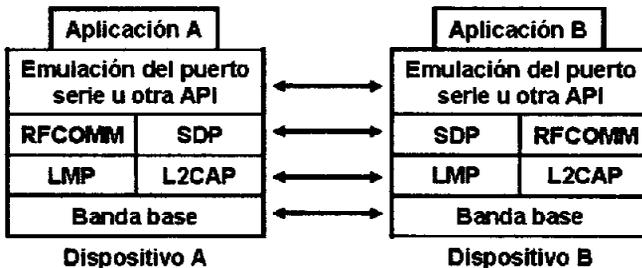


Figura 3-25. Modelo de protocolo para una conexión mediante cable serie emulado.

En una configuración de puerto serie simple, en la que haya dos computadoras conectadas mediante el cable serie emulado (figura 3-26), un dispositivo toma la iniciativa para crear una conexión con el otro dispositivo. Este dispositivo se llama Iniciador, mientras que el dispositivo al que se le solicita la conexión se denomina Aceptador. Cuando el Iniciador inicia el establecimiento del enlace, se realizan procedimientos de descubrimiento de servicios para establecer la conexión de cable serie emulado.

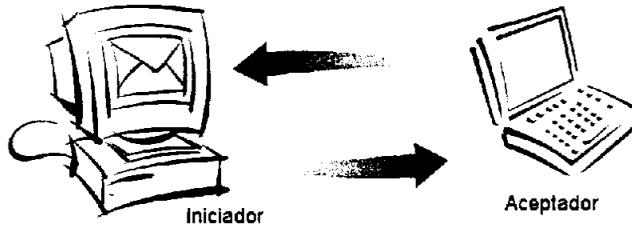


Figura 3-26. Dos computadoras, una jugando el papel de Iniciador y otra el de Aceptador para establecer una conexión de cable serie emulado.

Bajo este perfil, se soportan velocidades de datos de hasta 128 Kbps. Aunque la especificación Bluetooth describe una conexión de puerto serie emulado simple entre dos dispositivos en una configuración punto a punto, nada evita que haya varias instancias del SPP ejecutándose de forma concurrente en el mismo dispositivo para soportar varias conexiones. En tales casos, los dispositivos pueden incluso tomar los dos papeles de Iniciador y Aceptador al mismo tiempo. No hay papeles maestro-esclavo fijos en este perfil, ya que se supone que ambos dispositivos son homólogos.

El soporte para características de seguridad (autorización, autenticación y cifrado) es opcional. Sin embargo, un dispositivo debe soportar los procedimientos de seguridad correspondientes si es requerido para ello desde un dispositivo homólogo. Si se desea usar características de seguridad, los dos dispositivos serán emparejados durante la fase de establecimiento de la conexión. El acoplamiento no se usa explícitamente en el Perfil de puerto serie, por lo que el soporte para acoplamiento es opcional.

En la especificación Bluetooth hay descritos tres procedimientos de nivel de aplicación, que son necesarios para establecer una conexión de cable serie emulado entre dos dispositivos.

### 1. Establecimiento del Enlace/Configuración de la Conexión Serie Virtual:

Este procedimiento describe los pasos necesarios para establecer una conexión con un puerto serie emulado de un dispositivo remoto.

- Enviar una solicitud utilizando el protocolo de descubrimiento de servicios SDP, para determinar el número de canal del servidor RFCOMM correspondiente a la aplicación del dispositivo remoto. Si hay disponible algún tipo de capacidad de navegación, el usuario puede hacer una selección entre los puertos (o servicios) disponibles en el dispositivo homólogo. Si el usuario conoce exactamente con qué

servicio quiere contactar, sólo es necesario buscar los parámetros correspondientes, utilizando el identificador de clase de servicio asociado con ese servicio.

- ☞ Como opción, el dispositivo remoto puede ser requerido para que se autentifique; también el cifrado puede activarse de manera opcional.
- ☞ Solicitar un canal L2CAP nuevo a la entidad RFCOMM remota.
- ☞ Iniciar una sesión RFCOMM en el canal L2CAP.
- ☞ Iniciar una conexión de enlace de datos nueva sobre la sesión RFCOMM, utilizando el número de canal del servidor (mencionado en el paso 1).

Cuando este procedimiento está completo, la conexión de cable serie virtual está lista para ser usada por las aplicaciones de ambos dispositivos. Si ya existe una sesión RFCOMM entre los dispositivos cuando se establece una nueva conexión de enlace de datos, la nueva conexión se establece sobre la sesión RFCOMM existente, en cuyo caso los pasos 3 y 4 son innecesarios.

## **2. Aceptación del Enlace/Establecimiento de la Conexión Serie Virtual:**

Este procedimiento requiere que el Aceptador realice los pasos siguientes:

- ☞ Proporcionar autenticación si es requerido para ello y, si se produce la correspondiente solicitud, activar el cifrado.
- ☞ Aceptar la indicación de establecimiento de un nuevo canal desde L2CAP.
- ☞ Aceptar el establecimiento de una sesión RFCOMM en ese canal.
- ☞ Aceptar una nueva conexión de enlace de datos sobre la sesión RFCOMM.

Si el usuario que solicita el puerto serie emulado necesita seguridad y los procedimientos aún no han sido llevados a cabo, el último paso puede desencadenar una solicitud local para autenticar al dispositivo remoto e iniciar el cifrado.

## **3. Almacenamiento del Registro de Servicio en la Base de Datos SDP Local:**

Todos los servicios/aplicaciones accesibles a través de RFCOMM deben tener un registro de servicio SDP que incluya los parámetros necesarios para acceder al correspondiente servicio/aplicación. Esto requiere una base de datos de servicios y la capacidad para responder a consultas SDP. Para soportar aplicaciones heredadas que se ejecuten sobre puertos serie virtuales, el registro de servicios es realizado por una aplicación auxiliar, la cual asiste al usuario en la configuración del puerto.

### **3.5.3 PERFIL DE APLICACIÓN DE DESCUBRIMIENTO DE SERVICIOS**

El Perfil de aplicación de descubrimiento de servicios (SDAP) describe las características y procedimientos utilizados para descubrir servicios registrados en otros dispositivos Bluetooth y obtener información acerca de esos servicios. Como se espera que el número de servicios que puedan proporcionarse sobre enlaces Bluetooth crezca, los procedimientos estandarizados ayudarán a los usuarios a localizarlos e identificarlos.

En este perfil, como en el Perfil de puerto serie explicado anteriormente, sólo se utilizan canales orientados a conexión. Además, no se utilizan difusiones L2CAP.

Antes de que cualesquiera dos dispositivos equipados con tecnología inalámbrica Bluetooth puedan comunicarse entre ellos, deben ser encendidos e inicializados. La inicialización puede requerir que se proporcione un PIN para la creación de una clave de enlace que se empleará para la autorización del dispositivo y el cifrado de los datos. Después, tiene que crearse un enlace, lo que puede requerir el descubrimiento de la dirección de dispositivo Bluetooth de la otra unidad mediante un proceso de indagación, y la realización de una busca del otro dispositivo.

Incluido en la pila de protocolos Bluetooth está el protocolo de descubrimiento de servicios SDP, el cual es utilizado para localizar los servicios disponibles en o mediante los dispositivos situados dentro del radio de acción de un dispositivo Bluetooth. Una vez que el enlace ha sido creado, se pueden localizar los servicios y uno o más de ellos pueden entonces ser seleccionados a través de la interfaz de usuario. Aunque SDP no está directamente implicado en el acceso a un determinado servicio, facilita el acceso solicitando a la pila Bluetooth local que acceda al servicio deseado. A diferencia de otros perfiles, donde las interacciones de descubrimiento de servicios son el resultado de la necesidad de establecer un servicio de transporte como RFCOMM, o un escenario de uso como la transferencia de archivos, este perfil requiere que el descubrimiento de servicios sea invocado específicamente por el usuario.

SDP soporta las siguientes indagaciones de servicios:

- a) Búsqueda según la clase de servicio
- b) Búsqueda según los atributos de los servicios
- c) Navegación por los servicios

El Perfil de descubrimiento de servicios define los papeles de los dispositivos Bluetooth en términos de un dispositivo local (LocDev) y un dispositivo remoto (RemDev). Un LocDev es el dispositivo que inicia el procedimiento de descubrimiento de servicios. Para llevar esto a cabo, debe contener al menos la parte cliente de la arquitectura SDP Bluetooth. Un LocDev contiene la aplicación de descubrimiento de servicios (SrvDscApp), que permite al usuario iniciar los descubrimientos de servicios y mostrar los resultados de estos descubrimientos de servicios.

Un RemDev es cualquier dispositivo que participe en el proceso de descubrimiento de servicios respondiendo a la indagación de servicios generada por un dispositivo local. Para cumplir esto, debe contener al menos la parte servidor de la arquitectura SDP Bluetooth. Un RemDev contiene una base de datos de registros de servicios, que la parte de servidor de SDP consulta para responder a las solicitudes de descubrimiento de servicios.

Los papeles de LocDev o RemDev para los dispositivos Bluetooth no son permanentes ni exclusivos de un dispositivo u otro. Por ejemplo, un RemDev puede tener instalado la aplicación SrvDspApp y también un cliente SDP, y un LocDev puede tener un servidor SDP. De esta forma, un dispositivo puede ser un LocDev para una determinada transacción SDP y actuar como un RemDev para otra transacción SDP.

La relación de «maestro» y «esclavo» no está impuesta a los dispositivos que participan en el perfil de descubrimiento de servicios; en otras palabras, un dispositivo local no se considera un dispositivo maestro Bluetooth ni el dispositivo remoto un dispositivo esclavo Bluetooth. El descubrimiento de servicios puede ser iniciado tanto por un dispositivo maestro como por uno esclavo, siempre que sean miembros de la misma piconet. Al mismo tiempo, un esclavo en una

piconet puede iniciar un descubrimiento de servicios en una nueva piconet, mientras que notifique al dispositivo maestro de la piconet original que no estará disponible, posiblemente entrando en el modo operativo «de retención» hasta que finalice.

La figura 3-27 muestra los protocolos Bluetooth y las entidades soportadas implicadas en el perfil de descubrimiento de servicios.

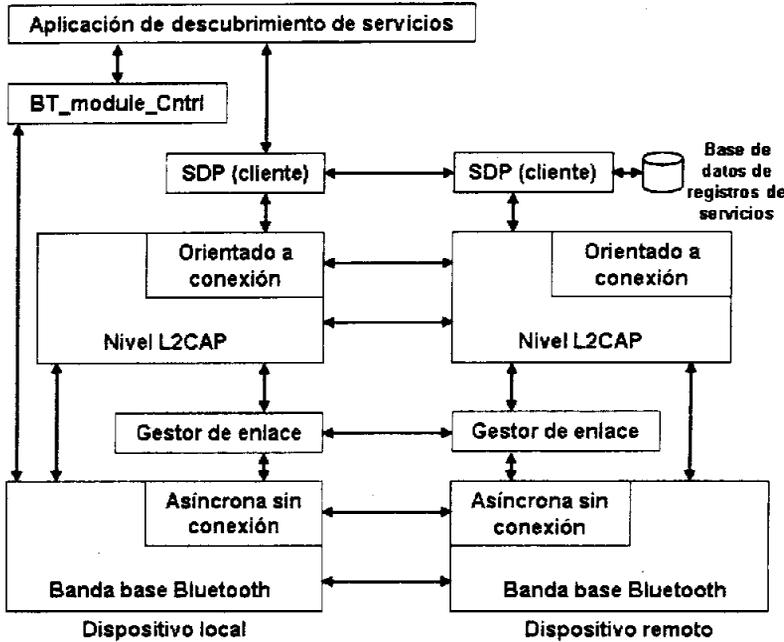
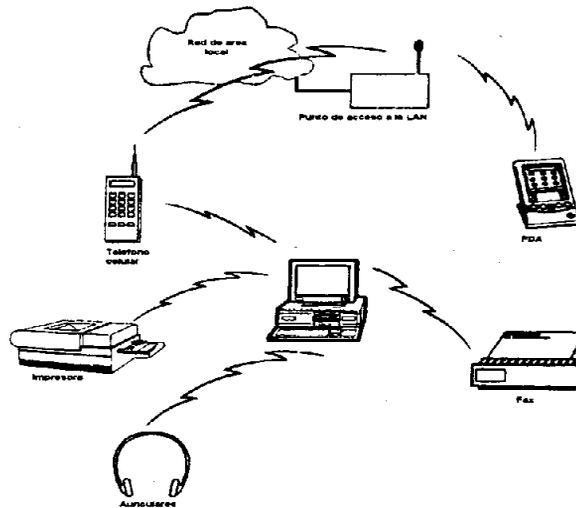


Figura 3-27. Pila de protocolos Bluetooth para el perfil de descubrimiento de servicios.

La aplicación de descubrimiento de servicios comunica con la banda base a través de la función Bluetooth de control de módulo, la cual le indica al módulo Bluetooth que entre en varios modos de operación de búsqueda. La aplicación de usuario de descubrimiento de servicios en el dispositivo local se comunica con el cliente SDP Bluetooth para enviar indagaciones de servicios y recibir respuestas a las indagaciones de servicios desde los servidores SDP de uno o más dispositivos remotos (figura 3-28). El protocolo SDP utiliza el servicio de transporte orientado a conexión de L2CAP, que a su vez emplea los enlaces asíncronos sin conexión (ACL) de la banda base para transmitir por el aire las unidades de datos de protocolo (PDU) del protocolo SDP.

El perfil de descubrimiento de servicios no requiere el uso de autenticación y/o cifrado para las transacciones SDP. Si cualquiera de los dispositivos implicados utiliza estas medidas de seguridad, el descubrimiento de servicios sólo se realiza para el subconjunto de dispositivos que sean capaces de pasar los procesos de autenticación y cifrado. En otras palabras, cualesquiera medidas de seguridad que puedan tener lugar en las transacciones SDP están determinadas realmente por aquellas que ya tengan lugar en el enlace Bluetooth.



**Figura 3-28.** Escenario Típico de descubrimientos de servicios en el que una computadora (centro) envía indagaciones de servicios desde los servidores SDP de uno o más de los dispositivos.

Con la aplicación de descubrimiento de servicios, *SrvDscApp*, el dispositivo local es capaz de pasar a los estados de indagación o de busca. Asimismo, un dispositivo remoto que tenga servicios que quiera poner a disposición de otros dispositivos (por ejemplo, una impresora, un punto de acceso a LAN, una pasarela RTGC, etc.) es capaz de pasar a los modos de exploración de indagaciones y/o exploración de busca. Como hemos indicado, ya que la aplicación *SrvDscApp* también puede realizar indagaciones de servicios sobre dispositivos remotos ya conectados, no es imprescindible que un dispositivo local sea siempre el maestro de la conexión con un dispositivo remoto, ni que un dispositivo remoto sea siempre el esclavo de una conexión con un dispositivo local.

Hay varias alternativas para implementar el descubrimiento de servicios. Por ejemplo, el usuario de un dispositivo local puede proporcionar información para la búsqueda del servicio deseado a través de la aplicación de descubrimiento de servicios. Esta aplicación busca entonces los dispositivos mediante el procedimiento de indagación Bluetooth. Para cada dispositivo descubierto, el dispositivo local conectará con él, realizará cualquier configuración del enlace que sea necesaria mediante el Perfil de acceso genérico, y entonces buscará los servicios deseados. Alternativamente, se puede realizar una indagación de dispositivos antes de que el usuario introduzca los datos para la búsqueda de servicios.

En ambos casos, la búsqueda, la creación de enlace y el descubrimiento de servicios se realizan, todos ellos, sobre un dispositivo remoto cada vez; el dispositivo local no realiza una busca de otro dispositivo remoto antes de finalizar la búsqueda de servicios sobre el dispositivo remoto anterior y, si es necesario, desconectarse de él.

Sin embargo, el descubrimiento de servicios también puede implementarse sobre un máximo de siete dispositivos al mismo tiempo. En este caso, el dispositivo local bajo control de la

aplicación de descubrimiento de servicios realiza una busca de todos los dispositivos remotos, crea enlaces con todos ellos y después consulta al mismo tiempo todos los dispositivos conectados en busca de los servicios deseados.

A continuación se resumen las características de la aplicación de descubrimiento de servicios:

- ☞ Las indagaciones Bluetooth son activadas después de una solicitud de usuario para la búsqueda de servicios.
- ☞ Para cualquier dispositivo remoto nuevo descubierto tras una indagación, la aplicación SrvDsc.App finaliza el descubrimiento de servicios y corta el enlace con el primer dispositivo antes de intentar una conexión con el siguiente dispositivo remoto.
- ☞ Para cualquier dispositivo remoto ya conectado, el dispositivo local no se desconecta después del descubrimiento de servicios.

Otra característica de la aplicación de descubrimiento de servicios es que el usuario puede elegir un modo de operación de confianza o de no confianza. Esto significa que el usuario puede decidir si la aplicación SrvDsc.App permitirá conexiones solamente con dispositivos de confianza, o con cualquier dispositivo remoto recién descubierto que únicamente requiera un emparejamiento.

Cuando un dispositivo local realiza una búsqueda de descubrimiento de servicios, puede hacerlo frente para tres tipos de dispositivos remotos:

- a) **DISPOSITIVOS DE CONFIANZA:** Son dispositivos que no están conectados actualmente con el dispositivo local, pero que ya tienen establecida una relación de confianza con él.
- b) **DISPOSITIVOS DESCONOCIDOS (nuevos):** Son dispositivos no confiables que no están conectados actualmente con el dispositivo local.
- c) **DISPOSITIVOS CONECTADOS:** Son los dispositivos que ya están conectados con el dispositivo local.

Para descubrir dispositivos remotos de confianza o desconocidos (nuevos), la aplicación de descubrimiento de servicios activa los procesos Bluetooth de indagación y/o busca. Para los dispositivos remotos conectados, sólo es necesaria la busca. Para realizar su tarea, la aplicación de descubrimiento de servicios debe tener acceso a la dirección de dispositivo Bluetooth de las unidades situadas en las proximidades del dispositivo local, sin importar si estos dispositivos han sido localizados mediante un proceso de indagación Bluetooth o ya estaban conectados al dispositivo local. Por tanto, el controlador de módulo Bluetooth de un dispositivo local mantiene la lista de dispositivos situados en las proximidades y la pone a disposición de la aplicación de descubrimiento de servicios.

El Perfil de descubrimiento de servicios contempla tres procedimientos Bluetooth: descubrimiento de dispositivos, descubrimiento de nombres de dispositivos y descubrimiento de servicios. Los dos primeros no requieren la intervención del host, mientras que el tercero sí. La

figura 3-29 resume las principales fases de intercambio de mensajes durante la ejecución de este perfil.

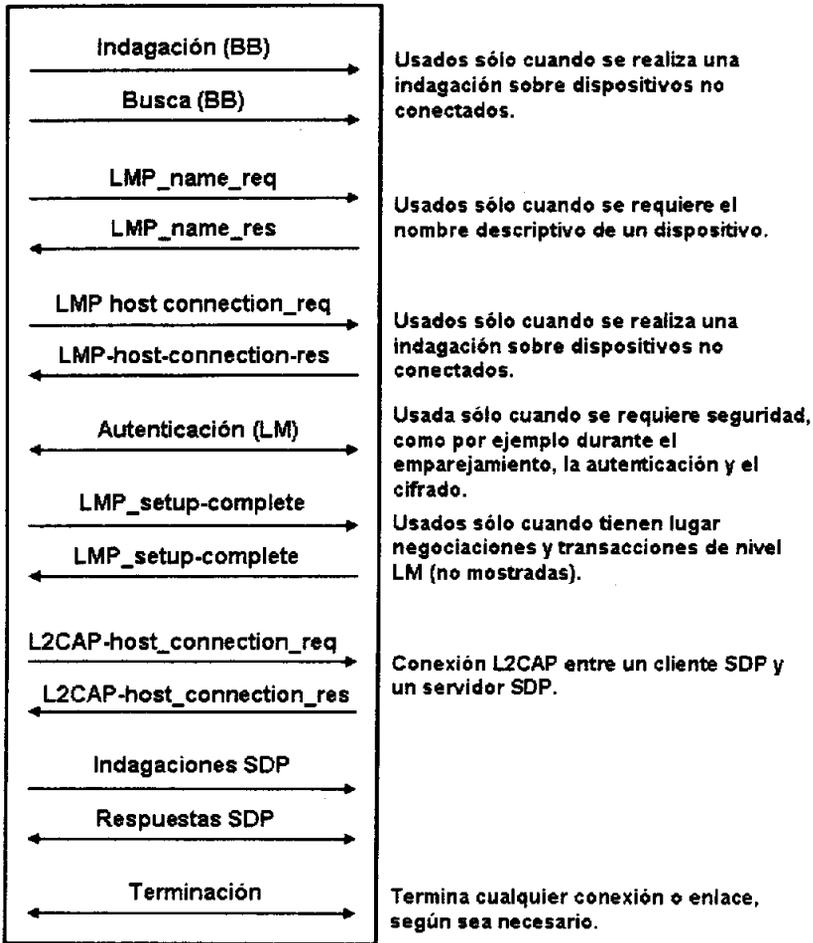


Figura 3-29. Resumen de los procesos Bluetooth en los que se apoya el perfil de descubrimiento de servicios.

No todos los procedimientos están presentes al mismo tiempo, ni todos los dispositivos necesitan pasar cada vez por todos ellos. Por ejemplo, si no se requiere autenticación, la fase de autenticación no será ejecutada. Si la aplicación de descubrimiento de servicios necesita indagar qué servicios tiene un dispositivo remoto concreto, al cual el dispositivo local ya está conectado, puede que no se ejecuten los procedimientos de indagación y busca. La figura también muestra las condiciones bajo las que determinadas fases se ejecutan o no.

### 3.5.4 PERFIL GENÉRICO DE INTERCAMBIO DE OBJETOS (GOEP)

El perfil GOEP define cómo deben soportar los dispositivos Bluetooth los modelos de uso de intercambio de objetos, incluyendo el Perfil de transferencia de archivos, el Perfil de carga de objetos y el Perfil de sincronización, que serán explicados en el siguiente capítulo junto con otros modelos de uso. Los dispositivos más comunes que hacen uso de estos modelos son los ordenadores portátiles, equipos PDA, teléfonos inteligentes y teléfonos móviles que utilicen componentes inalámbricos Bluetooth.

La especificación GOEP proporciona interoperabilidad genérica para los perfiles de aplicación que utilicen capacidades de intercambio de objetos (OBEX) y define los requisitos de interoperabilidad de los niveles inferiores de protocolo (por ejemplo, banda base y LMP) para los perfiles de aplicación (figura 3-30).

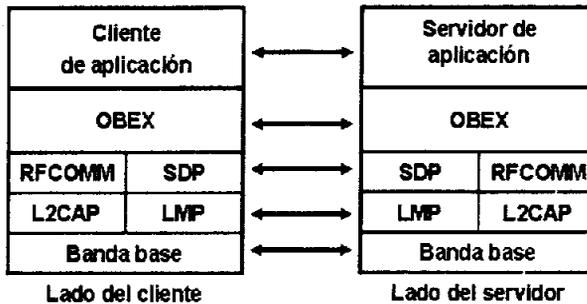


Figura 3-30. Modelo de protocolos para el Perfil genérico de intercambio de objetos.

OBEX proporciona servicios de intercambio de objetos similares a los del protocolo HTTP utilizado en la World Wide Web. Sin embargo, OBEX funciona para esa gran cantidad de dispositivos que no pueden permitirse los importantes recursos requeridos por un servidor HTTP, y también está pensado para dispositivos con modelos de uso diferentes a los de la Web. El uso principal de OBEX es para soportar aplicaciones de «carga» o de «descarga», permitiendo la implementación de comunicaciones eficientes y oportunas entre dispositivos portátiles en entornos dinámicos.

OBEX no está limitado a escenarios de conexión rápida —transferencia-desconexión. También permite sesiones en las que las transferencias tienen lugar a lo largo de un periodo de tiempo, manteniendo la conexión incluso cuando ésta esté inactiva. Esto significa que OBEX puede utilizarse para realizar tareas complejas tales como transacciones de bases de datos y sincronización. Fue diseñado para ser fácil de utilizar por las aplicaciones y proporcionar interoperabilidad entre plataformas. Es compacto, flexible, ampliable, minimiza el consumo de recursos en los dispositivos pequeños y permite establecer fácilmente la correspondencia con los protocolos Internet de transferencia de datos.

El Perfil genérico de intercambio de objetos proporciona tres características. El uso de otras características, como la configuración del directorio actual, debe ser definido por los perfiles de aplicación que las requieran.

### 1. Establecimiento de una Sesión de Intercambio de Objetos (OBEX):

Esta característica se utiliza para establecer la sesión de intercambio de objetos entre el cliente y el servidor. Antes de que se establezca una sesión, no pueden intercambiarse datos útiles entre el cliente y el servidor. El uso de las operaciones OBEX para establecer una sesión OBEX se describe más adelante.

### 2. Carga de un Objeto de Datos:

Esta característica se utiliza si es necesario transferir datos desde el cliente hacia el servidor. El objeto de datos se carga en el servidor utilizando la operación PUT del protocolo OBEX. Los datos pueden ser enviados en uno o más paquetes OBEX.

### 3. Descarga de un Objeto de Datos:

Esta característica se utiliza si es necesario transferir datos desde el servidor hacia el cliente. El objeto de datos se descarga desde el servidor utilizando la operación GET del protocolo OBEX. Los datos pueden ser enviados en uno o más paquetes OBEX.

## 3.5.5 OPERACIONES OBEX

Las operaciones especificadas por el protocolo OBEX son Connect, Disconnect, Put, Get, Abort y SetPath. Los perfiles de aplicación que utilizan GOEP deben especificar cuáles de estas operaciones están soportadas para proporcionar la funcionalidad definida en los perfiles de aplicación.

La especificación IrOBEX no define cuánto tiempo debe esperar un cliente una respuesta a una solicitud OBEX, sino solamente que debe transcurrir un período de tiempo razonable entre una solicitud y una respuesta antes de cancelar automáticamente la operación. La especificación Bluetooth sugiere un período de tiempo razonable de 30 segundos o más.

Si el cliente y el servidor utilizan autenticación, su inicialización debe realizarse antes de que se pueda establecer la primera conexión OBEX. Esto puede realizarse en cualquier instante antes de la primera conexión OBEX, pero necesita la intervención del usuario tanto en el dispositivo cliente como en el servidor.

La autenticación se realiza utilizando una contraseña OBEX, que puede ser igual que un código PIN Bluetooth. Incluso si el usuario introduce el mismo código para la autenticación del enlace y la autenticación OBEX, deben ser introducidos por separado. Después de que se introduzca la contraseña OBEX tanto en el cliente como en el servidor, dicha contraseña se almacena en cada uno de ellos para su uso posterior.

La conexión OBEX puede realizarse con o sin autenticación, pero como mínimo todos los perfiles de aplicación que usen el perfil GOEP deben soportar una sesión OBEX sin autenticación. La figura 3-31 ilustra cómo se establece una sesión OBEX utilizando la operación CONNECT. La solicitud CONNECT indica una necesidad de conexión y también puede indicar qué servicio es utilizado.

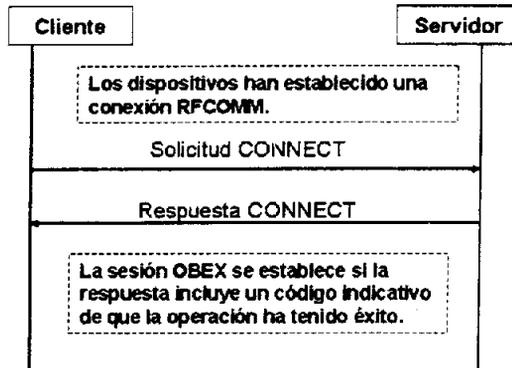


Figura 3-31. Operación CONNECT para establecer una sesión OBEX sin autenticación.

Aunque el esquema de autenticación OBEX usado en el cliente y el servidor está basado en HTTP, no soporta todas sus características y opciones. En GOEP, se utiliza la autenticación OBEX para autenticar al cliente y al servidor. La figura 3-32 describe el establecimiento de una sesión OBEX con autenticación.

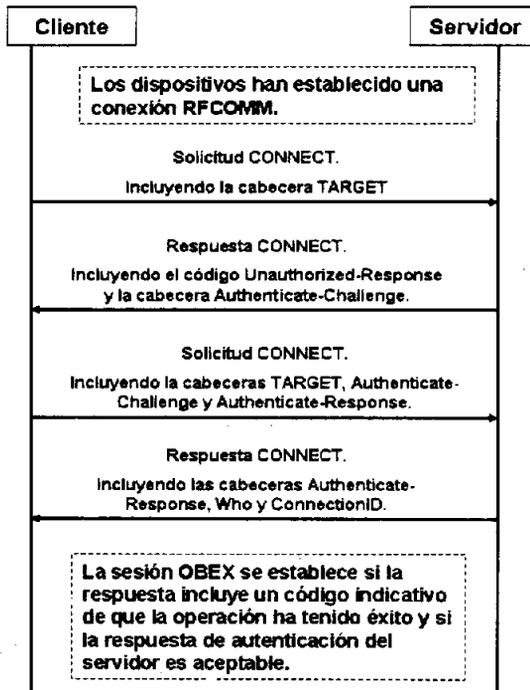


Figura 3-32. Establecimiento de una sesión OBEX con autenticación.

### 3.6 SEGURIDAD EN LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

Las señales Bluetooth pueden ser interceptadas fácilmente, como cualquier otro tipo de señal inalámbrica. Por lo tanto, la especificación Bluetooth requiere la integración de mecanismos de seguridad para prevenir las escuchas y los intentos de falsificar el origen de los mensajes, lo que se denomina **suplantación**. Concretamente, hay disponibles características de seguridad de nivel de enlace que implementan mecanismos de autenticación y cifrado. La autenticación previene la suplantación y los accesos a datos y funciones críticas, mientras que el cifrado protege la confidencialidad del enlace<sup>1</sup>.

Además de estas funciones de nivel de enlace, el esquema de saltos de frecuencia utilizado con la señal de espectro extendido, así como el rango de transmisión limitado de los dispositivos que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth, también dificultan la escucha. Sin embargo, el proporcionar autenticación y cifrado en el nivel de enlace, si sólo se fuerza la seguridad en ese nivel se hace imposible un acceso sencillo a modelos de uso de tipo público, tal como el descubrimiento de servicios y el intercambio virtual de tarjetas de negocios.

#### 3.6.1 INTERFERENCIAS

La expansión de espectro permite combatir las interferencias procedentes de otros dispositivos que también trabajan en la banda de 2.4 GHz del espectro de radio, que no requiere licencia, incluyendo las de los hornos de microondas y otros aparatos utilizados en el hogar, así como algunas redes locales inalámbricas utilizadas en la oficina. En lugar de permanecer en una frecuencia, cada dispositivo de expansión de espectro salta 1,600 veces por segundo entre 79 frecuencias distintas. El dispositivo que inicia la conexión le dirá al otro dispositivo que secuencia de saltos utilizar. Si hay demasiadas interferencias en una frecuencia, la transmisión se pierde durante sólo un milisegundo. Para aumentar la fiabilidad, el sistema puede enviar cada bit de datos por triplicado. El resultado es que varias docenas de personas en una habitación pueden utilizar dispositivos Bluetooth sin interferencias significativas.

Las interferencias son una preocupación primordial en entornos corporativos, en los que puede que se estén utilizando redes LAN inalámbricas. La tecnología inalámbrica Bluetooth utiliza la misma tecnología de expansión de espectro que las LAN inalámbricas basadas en el estándar 802.11 y ambas trabajan en el mismo espectro de radio de 2.4 GHz. Aunque el enlace inalámbrico utilizado por los dispositivos Bluetooth trabaja sobre distancias más cortas que las utilizadas en las redes locales tipo 802.11, ocasionalmente ambas pueden ocupar el mismo espacio. Cuando una conexión Bluetooth colisiona con una conexión LAN inalámbrica, una o ambas conexiones pueden verse interferidas, dando como resultado un error de transmisión. Cuando esto sucede, los esquemas de corrección de errores tanto en la LAN como en los enlaces Bluetooth corregirán los errores bit. El uso de diferentes secuencias de saltos de frecuencia minimiza la posibilidad de una interferencia, como lo hace el mecanismo de expansión en toda la banda de frecuencias.

El grupo SIG Bluetooth especifica que: las radiaciones procedentes de los dispositivos que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth no son mayores que las de los teléfonos inalámbricos estándar. El módulo Bluetooth no interferirá ni causará ningún daño a los equipos de redes de

<sup>1</sup> Aunque la señal inalámbrica puede ser interceptada con escáneres especiales, el cifrado hace que los datos sean ininteligibles.

telecomunicaciones públicas o privadas, ni pondrá en peligro la seguridad del consumidor que utilice el equipo o a los que se hallen dentro del alcance de funcionamiento de los dispositivos Bluetooth.

### **3.6.2 MODOS DE SEGURIDAD**

La especificación Bluetooth define tres modos de seguridad que cubren la funcionalidad y la aplicación de los dispositivos.

#### **1. Modo 1:**

El modo 1 hace referencia a la ausencia de seguridad y es utilizado cuando los dispositivos no tienen aplicaciones críticas. En este modo, los dispositivos desactivan las funciones de seguridad de nivel de enlace, siendo útiles para acceder a bases de datos que contengan información no sensible. El intercambio de tarjetas de negocios y calendarios (es decir, vCard y vCalendar) son ejemplos típicos de transferencia de datos no seguros.

#### **2. Modo 2:**

El modo 2 proporciona seguridad de nivel de servicio, permitiendo procedimiento de acceso más versátil, especialmente para aplicaciones que se ejecutan en paralelo, las cuales pueden tener cada una diferentes requisitos de seguridad.

#### **3. Modo 3:**

El Modo 3 proporciona seguridad de nivel de enlace, donde el gestor de enlace (LM) impone una seguridad de nivel común para todas las aplicaciones en el momento de configurar la conexión. Aunque menos flexible, este modo obliga a un nivel de seguridad común y es más fácil de implementar que el Modo 2.

### **3.6.3 NIVEL DE ENLACE**

Todas las funciones de seguridad de nivel de enlace están basadas en el concepto de claves de enlace, las cuales son números aleatorios de 128 bits almacenados individualmente para cada par de dispositivos. La autenticación no requiere la intervención del usuario; implica un esquema de desafío/respuesta entre cada par de dispositivos que emplea una clave de enlace secreta común de 128 bits, un desafío de 128 bits y una respuesta de 32 bits. Consecuentemente, este esquema se utiliza para autenticar dispositivos, no usuarios. Cada vez que los mismos dos dispositivos se comunican a través de un transmisor Bluetooth, se utiliza la clave de enlace para autenticación y cifrado, sin importar la topología de la piconet.

El tipo más seguro de clave de enlace es una clave combinada, deriva de los datos proporcionado por ambos dispositivos remotos. Para transmitir, es necesaria una clave temporal, que no se utiliza para autenticación, pero evita la escucha desde fuera de la piconet. Únicamente los miembros de la piconet comparten esta clave temporal. La primera vez que dos dispositivos intentan comunicarse, se utiliza un procedimiento de inicialización denominado emparejamiento

para crear una clave de enlace común de una forma segura. La manera estándar de hacer esto supone que el usuario tiene acceso a ambos dispositivos a la vez.

Para la primera conexión, el emparejamiento requiere que el usuario introduzca un código de seguridad Bluetooth de hasta 16 bytes (o 128 bits) en los dispositivos emparejados. Sin embargo, cuando se realiza esto manualmente, la longitud del código normalmente es mucho más corta. Aunque a menudo la gente denomina PIN (Personal Identification Number, número de identificación personal) al código de seguridad Bluetooth, no es un código que el usuario deba memorizar para mantenerlo en secreto, ya que se utiliza una sola vez. Si, por alguna razón, una clave de enlace es borrada y debe repetirse el emparejamiento inicial, el usuario puede introducir de nuevo cualquier código de seguridad Bluetooth que desee. En el caso de requisitos de baja seguridad, es posible tener un código prefijado en los dispositivos que no tengan interfaz de usuario para permitir el emparejamiento. Según la especificación Bluetooth, el procedimiento de emparejamiento es como sigue:

- ☛ Se genera un número aleatorio como clave de inicialización común a partir del código de seguridad Bluetooth introducido por el usuario en los dispositivos emparejados, el cual se utiliza una vez y luego se descarta.
- ☛ Mediante autenticación, el código de seguridad Bluetooth es comprobado para ver si es el mismo en los dispositivos emparejados.
- ☛ Se genera un número aleatorio de 128 bits como clave de enlace común y se almacena temporalmente en los dispositivos emparejados. Mientras que esta clave de enlace esté almacenada en ambos dispositivos, no es necesario repetir el emparejamiento, en cuyo caso solo se implementa el procedimiento normal para autenticación.

El cifrado para el enlace de banda base no necesita de la intervención del usuario. Después de una autenticación con éxito y de la obtención de la clave de enlace actual, se genera una nueva clave de cifrado a partir de la clave de enlace para cada sesión de comunicación. La longitud de la clave de cifrado varía entre 8 y 128 bits, dependiendo del nivel de seguridad deseado. La longitud de cifrado máxima está limitada por la capacidad del hardware.

### 3.6.4 NIVEL DE CONFIANZA

Con el Modo de seguridad 2 es posible definir niveles de seguridad para dispositivos y servicios. Los dispositivos tienen dos niveles de **confianza**, los cuales determinan el nivel de acceso a los servicios. Un dispositivo de confianza es uno que tiene una relación fija (emparejamiento) y disfruta de acceso sin restricciones a todos los servicios. Un dispositivo no confiable es uno que no tiene ninguna relación fija permanente, y por lo tanto, no es de confianza.

Puede haber casos en los que el dispositivo tenga una relación fija, pero aún no sea de confianza. En estos casos, el acceso a los servicios está restringido. Una posible variación de este esquema consiste en configurar el nivel de confianza de un dispositivo de manera que pueda acceder a un servicio específico o a un grupo de servicios. Los requisitos para autorización, autenticación y cifrado se establecen independientemente, de acuerdo con el tipo de acceso a un servicio que deba tener el dispositivo:

- ☞ Para servicios que requieren autorización y autenticación, el acceso automático sólo está garantizado a dispositivos de confianza, mientras que todos los demás dispositivos deben pasar por una autorización manual.
- ☞ Hay servicios que requieren solamente autenticación.
- ☞ Hay otros servicios disponibles para todos los dispositivos.

Una aproximación a la seguridad podría incluir un gestor de seguridad, el cual es consultado durante el establecimiento de la conexión. El gestor de seguridad concede el acceso basándose en el nivel de confianza del dispositivo y del nivel de seguridad del servicio. Ambos niveles se toman de bases de datos internas.

### 3.6.5 NIVEL DE SEGURIDAD

La especificación Bluetooth incluye numerosas características de seguridad. Además de su alcance limitado y la utilización de saltos de frecuencia, que hace que la interpretación de la señal sea de entrada extremadamente difícil, la especificación Bluetooth emplea funciones de nivel de enlace, como la autenticación y cifrado. Además, la tecnología inalámbrica Bluetooth incluye la generación de una clave de sesión que se puede cambiar en cualquier momento durante una conexión. Incluso en el caso improbable de que un hacker pueda interceptar una conexión, no podrá permanecer en la piconet mucho tiempo.

La seguridad es importante no sólo para asegurar la privacidad de los mensajes y archivos a medida que viajan por el aire, sino también para asegurar la integridad de las transacciones de comercio electrónico. De igual manera, la especificación Bluetooth también ofrece una arquitectura de seguridad flexible, que hace posible garantizar el acceso a dispositivos y servicios confiables, sin proporcionar acceso a otros dispositivos y servicios no fiables. El nivel de seguridad de un servicio está definido en la especificación Bluetooth por tres atributos:

#### 1. Necesidad de autorización:

El acceso está garantizado automáticamente sólo a los dispositivos de confianza (es decir, aquellos dispositivos marcados en la base de datos de dispositivos), o a dispositivos no de confianza después de un procedimiento de autorización. La autorización requiere siempre autenticación para verificar que el dispositivo remoto es el correcto.

#### 2. Necesidad de autenticación:

Antes de conectarse a una aplicación, el dispositivo remoto debe ser autenticado.

#### 3. Necesidad de cifrado:

El enlace debe cambiarse al modo cifrado antes de que sea permitido el acceso al servicio.

Esta información de los atributos está almacenada en la base de datos de servicios del gestor de seguridad. Si no ha tenido lugar ningún proceso de registro, se utiliza un nivel de seguridad predeterminado. Para una conexión saliente, el valor predeterminado es necesidad de autenticación.

### 3.6.6 ARQUITECTURA DE SEGURIDAD BLUETOOTH

La arquitectura de seguridad Bluetooth permite el acceso selectivo a servicios, de manera que pueda estar garantizado el acceso a algunos servicios y ser denegado a otros. La arquitectura soporta políticas de seguridad para dispositivos que tengan algunos servicios que se comuniquen con dispositivos remotos cambiantes, para aplicaciones tales como transferencia de archivos e intercambio de tarjetas de negocios. El acceso concebido a un servicio en estos dispositivos no implica el acceso a otros servicios existentes en el dispositivo, y no garantiza automáticamente un acceso futuro o controlado a los servicios del dispositivo. Una característica de la arquitectura de seguridad Bluetooth es que se evita en todo lo posible la intervención del usuario para acceder a los servicios. La intervención del usuario se necesita únicamente para permitir a los dispositivos acceso limitado a los servicios o para establecer una relación de confianza con algún dispositivo, permitiendo acceso ilimitado a sus servicios.

La arquitectura de seguridad Bluetooth tiene en cuenta la multiplexación de protocolos en y por encima de L2CAP, particularmente RFCOMM. Los demás protocolos no son específicos de la arquitectura Bluetooth y algunos pueden tener sus propias características de seguridad. La arquitectura de seguridad permite a diferentes protocolos imponer el cumplimiento de las políticas de seguridad. Por ejemplo L2CAP impone el cumplimiento de la política de seguridad Bluetooth para telefonía inalámbrica, RFCOMM impone el cumplimiento de política de seguridad Bluetooth para el acceso telefónico a redes y OBEX utiliza su propia política de seguridad para la transferencia de archivos y la sincronización.

La arquitectura puede trabajar completamente en el Modo de seguridad 2 del Perfil de Acceso Genérico, especialmente teniendo en cuenta que no hay cambios en las funciones LMP y de banda base para autenticación y cifrado. La autenticación y el cifrado están configurados para el nivel de banda base. Los niveles inferiores no son consistentes de la seguridad de nivel de aplicación/servicio, y la política de cumplimiento de los requisitos de autenticación, autorización o cifrado puede ser diferente para los papeles de cliente y de servidor.

### 3.6.7 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ARQUITECTURA

La arquitectura de seguridad proporciona un marco de seguridad flexible que dicta cuándo implicar a un usuario (por ejemplo, para proporcionar un PIN) y qué acciones necesitan efectuar los niveles de los protocolos Bluetooth inferiores para soportar los controles de seguridad deseados. La arquitectura de seguridad Bluetooth está construida sobre las características de seguridad de nivel de enlace del sistema Bluetooth. La arquitectura general de seguridad Bluetooth se muestra en la figura 3-33.

El componente clave de la arquitectura de seguridad Bluetooth es el gestor de seguridad, el cual es responsable de realizar las tareas siguientes:

- ☞ Almacenar la información relacionada con la seguridad de los servicios.
- ☞ Almacenar la información relacionada con la seguridad de los dispositivos.
- ☞ Responder a las solicitudes de acceso de la implementación del protocolo o de la aplicación.
- ☞ Forzar la autenticación y/o cifrado antes de conectar con la aplicación.

- ☞ Iniciar o procesar los datos de entrada procedentes de una entidad externa de control de seguridad ESCE (External Security Control Entity), es decir, el usuario del dispositivo, para establecer relaciones de confianza de nivel del dispositivo.
- ☞ Iniciar el emparejamiento y solicitar la introducción de un PIN por parte del usuario. La introducción de un PIN también puede ser realizada por una aplicación.

Típicamente, un ESCE representa una entidad con la autoridad y el conocimiento para tomar decisiones sobre cómo proceder de manera coherente con la arquitectura de seguridad Bluetooth. La entidad puede ser un usuario de un dispositivo o una utilidad ejecutada en nombre del usuario y basada en políticas de seguridad preprogramadas. En el último caso, la utilidad puede residir dentro o fuera de un dispositivo concreto que utilice la tecnología inalámbrica Bluetooth.

Un gestor de seguridad centralizado permite una implementación sencilla de políticas de acceso flexibles, ya que las interfaces, protocolos y otras entidades se mantienen simples y están limitadas a procedimientos de pregunta/respuesta y de registro. Las políticas para control de acceso están encapsuladas en el gestor de seguridad, de manera que la implementación de políticas más complejas no afecta a la implementación de las otras políticas. Las implementaciones pueden decidir dónde se realiza la tarea de registro: en la aplicación misma, o en una entidad gestora general responsable de establecer la ruta dentro d la pila de protocolos y/o de registrar el servicio durante la fase de descubrimiento de servicios.

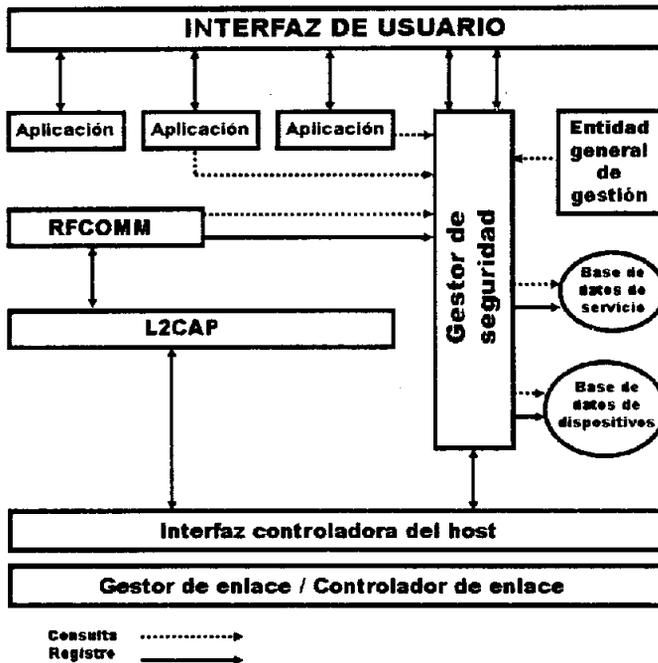


Figura 3-33. Arquitectura de seguridad Bluetooth.

## MODELOS DE USO Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

---

El estándar Bluetooth define dos tipos de perfiles, uno de ellos describe las especificaciones técnicas principales, mientras que el otro define los perfiles específicos para aplicaciones, estos últimos aseguran la interoperabilidad de dispositivos Bluetooth entre fabricantes.

Bluetooth forma parte de las tecnologías creadas para proveer comunicación inalámbrica en áreas de uso personal. Sin embargo, su uso va más allá de la eliminación de cables, ya que es lo suficientemente flexible para permitir la creación de aplicaciones que abren un mundo con límite en la imaginación. Bluetooth por sí mismo ofrece aplicaciones nativas de las cuales, las más comunes, permiten la transferencia de archivos entre dispositivos móviles, la comunicación de voz con dispositivos manos libres, la conectividad de equipos periféricos como teclados, impresoras, monitores, etc. y el control de electrodomésticos como refrigeradores y hornos de microondas.

De acuerdo con SIG Bluetooth, actualmente existe una amplia gama de productos comerciales que abarcan áreas como audio y video, dispositivos periféricos, dispositivos médicos, equipo de oficina y cómputo, dispositivos y accesorios portátiles de comunicación, aparatos de medición y juegos, entre otros.

Las aplicaciones de Bluetooth son muy variadas y permiten cambiar radicalmente la forma en la que los usuarios interactúan con los teléfonos móviles y otros dispositivos. Dentro del campo de la tecnología, su aplicación es inmediata ya que permite una comunicación fácil, instantánea, en cualquier lugar y su costo es bajo.

La aplicación de esta tecnología se puede percibir desde la implementación de una red inalámbrica hasta la posibilidad de transferir una fotografía de una cámara a un móvil para enviarla por correo electrónico o transferirla a la impresora para imprimirla en ausencia de cables.

Desde el punto de vista profesional, la aplicación más práctica, es la posibilidad de montar una red inalámbrica en salas o entornos que ofrezcan dificultades para montar una LAN

convencional. Para ello se utiliza un punto de acceso y cada puesto lleva instalado una PC Card con esta tecnología.

Entre otras aplicaciones, Bluetooth permite conectar cámaras de vigilancia, servir con mandos a distancia, permite utilizar un teléfono celular como inalámbrico para abrir puertas, conectar electrodomésticos, pasar ficheros MP3 del móvil al PC y por supuesto, para conectar todo tipo de dispositivos a Internet formando puntos de acceso.

También encuentra aplicación en la industria de automotriz, por ejemplo, un kit para automóviles, que proporciona la funcionalidad de microteléfono inalámbrico con capacidad de manos libres, pero con la peculiaridad de que se integra con otro tipo de funciones del propio vehículo, como son: el desbloqueo de las puertas, o los sistemas de diagnóstico del ordenador de abordo. En medicina para monitorización de los enfermos sin necesidad de tener cables conectados a su cuerpo, automatización del hogar, lector de código de barras, etc.

Motorola considera la tecnología inalámbrica Bluetooth como una mejora para las ferias de muestras. Para preparar su visita a la feria, el usuario carga sus preferencias de información de productos en su computadora de mano. A medida que va paseando por la feria, su computadora de mano detecta otros dispositivos que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth e intercambia información con ellos de forma selectiva.

Asimismo, un expositor puede recoger información de contacto de su dispositivo, de manera que pueda, por ejemplo, enviarle folletos de sus productos a su oficina o realizar una llamada de preventa. De igual forma, su dispositivo puede extraer información de contacto del dispositivo del expositor, para volver a contactarle si la información del expositor no llega de modo oportuno.

Esta breve explicación de como puede utilizarse la tecnología inalámbrica Bluetooth es sólo un apunte para introducir que, como toda nueva tecnología, lo que determina su éxito o su fracaso depende de la utilidad y aceptación que tenga por parte de los usuarios de la misma, y esto sólo se consigue si se dispone de un número importante de aplicaciones disponibles que aporten sentido práctico y útil a la tecnología.

### 4.1 PERFILES BLUETOOTH PARA MODELOS DE USO

Como se estableció en el capítulo anterior, el SIG Bluetooth ha identificado varios modelos de uso, cada uno de los cuales tiene un «perfil» que lo soporta y que define los protocolos y características que los modelos de uso imponen a la implementación.

Esta dependencia se muestra en la figura 4-1 donde, por ejemplo, el Perfil de intercomunicación define los protocolos y procedimientos que deberán usar los dispositivos que implementen la parte de intercomunicación del modelo de uso llamado «teléfono 3 en 1», conocido también como la aplicación de «radioteléfono» de la tecnología inalámbrica Bluetooth.

Como se indica en la figura 4-1, el Perfil de intercomunicación es dependiente del Perfil de acceso genérico (GAP).

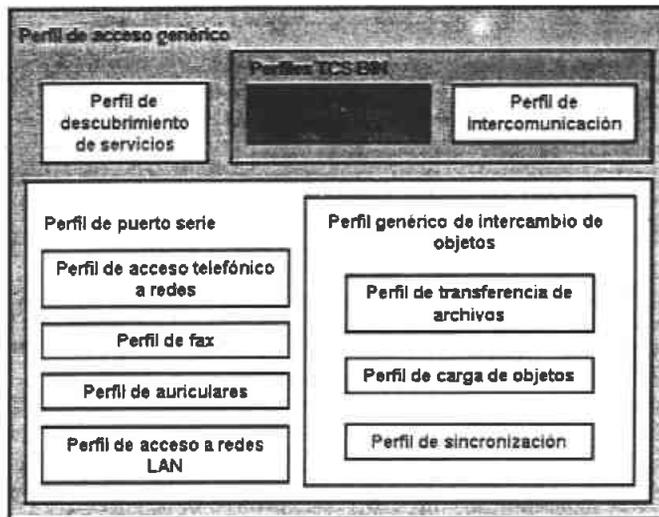


Figura 4-1. El perfil de intercomunicación es dependiente del Perfil de acceso genérico.

#### 4.1.1 PERFIL DE INTERCOMUNICACIÓN

El Perfil de intercomunicación soporta el uso de escenarios que requieren un enlace vocal directo entre dos dispositivos Bluetooth, tales como dos usuarios de teléfonos celulares que establezcan una conversación sobre una conexión Bluetooth. Aunque la llamada sea una conexión directa de teléfono a teléfono utilizando solamente la tecnología inalámbrica Bluetooth, el enlace se establece empleando señalización basada en telefonía. El codificador/decodificador (códec) de voz utilizado puede usar modulación por impulsos codificados (PCM) o modulación delta de pendiente continuamente variable (CVSD). La negociación de la calidad de servicio (QoS) es opcional.

En el modelo de protocolos de intercomunicación, las interfaces etiquetadas con A, B y C se utilizan para los siguientes propósitos (figura 4-2):

- ☞ El elemento Control de llamada utiliza la interfaz A con el control de sincronización de la conversación para conectar y desconectar las rutas de comunicación vocal.
- ☞ La interfaz B distribuye mensajes TCS sobre el canal L2CAP orientado a conexión (punto a punto).
- ☞ La interfaz C es usada por el elemento de Control de llamada para controlar directamente el gestor de enlace, con el propósito de establecer y liberar enlaces síncronos orientados a conexión (SCO).

Para propósitos de inicialización, también controla directamente los elementos de control de enlace/banda base para habilitar la indagación, la busca, la exploración de indagaciones y la exploración de busca.

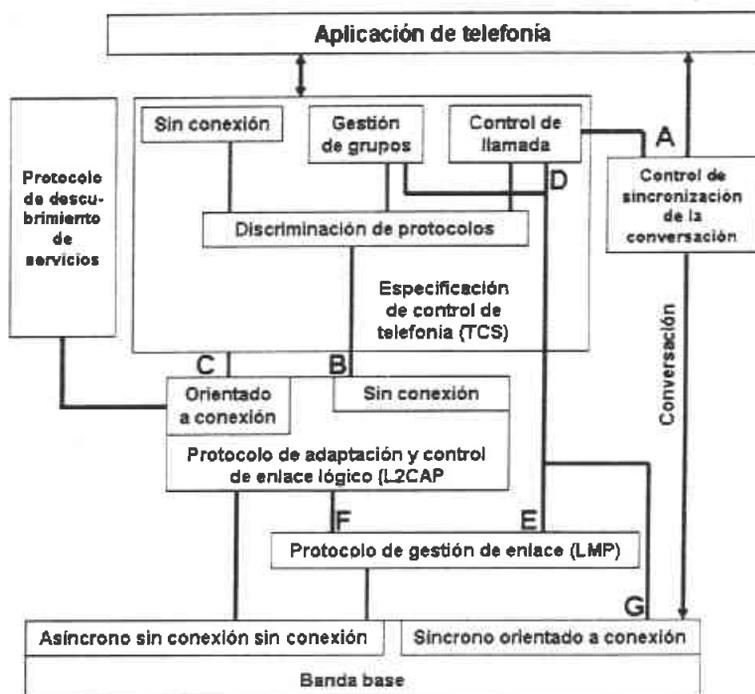


Figura 4-2. Diagrama de bloques del modelo de protocolos para intercomunicación.

La figura 4-3 muestra una configuración típica de dispositivos que hacen uso del perfil de intercomunicación. Ya que el modelo de uso de intercomunicación es completamente simétrico, no hay papeles específicos definidos para cada dispositivo. Un dispositivo que soporta el Perfil de intercomunicación se denomina, generalmente, terminal (TL).

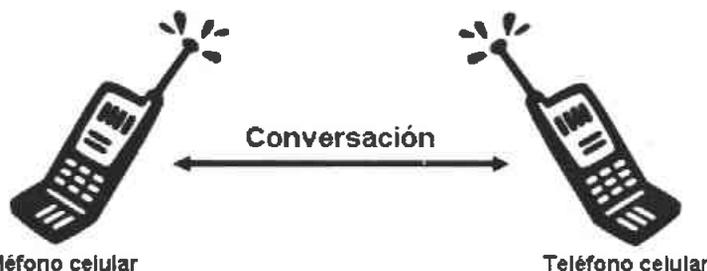


Figura 4-3. Configuración de un sistema de dos dispositivos que hacen uso del Perfil de intercomunicación.

Varias interacciones tienen lugar cuando una terminal quiere establecer una intercomunicación con otro terminal. Si el iniciador de la llamada de comunicación no tiene la

dirección Bluetooth del aceptador, debe obtenerla utilizando el procedimiento de descubrimiento de dispositivos descrito en el Perfil de acceso genérico. Dado que el Perfil de intercomunicación no impone un modo de seguridad particular, si los usuarios de ambos dispositivos (iniciador/aceptador) desean seguridad en la ejecución de este perfil, debe ejecutarse el procedimiento de autenticación del Perfil de acceso genérico para crear una conexión segura.

Es responsabilidad del iniciador el establecimiento del enlace y del canal, de acuerdo con lo establecido por el Perfil de acceso genérico. Dependiendo de los requisitos de seguridad impuestos por los usuarios de ambos dispositivos, puede realizarse la autenticación y puede habilitarse el cifrado. Cuando la llamada de intercomunicación está establecida, puede tener lugar una conversación bidireccional entre los usuarios de los terminales. Cuando alguno de los usuarios «cuelga», la llamada de intercomunicación finaliza y el canal y el enlace son liberados.

### 4.1.2 PERFIL DE TELEFONÍA INALÁMBRICA

Además de la aplicación de intercomunicación, el modelo de uso de teléfono 3 e 1 puede soportar telefonía sólo inalámbrica o servicios de telefonía inalámbrica disponibles a través de un PC multimedia, ampliando así la utilidad de la tecnología inalámbrica Bluetooth en entornos residenciales o de pequeñas empresas. El Perfil de telefonía inalámbrica define los procedimientos para, y las características asociadas con, la realización de llamadas a través de la estación base y la realización de llamadas de intercomunicación directa entre dos terminales. También resulta adecuado para acceder a servicios complementarios proporcionados por la RTGC (Red Telefónica General de Conmutación) externa. Este modo de operación permite a los teléfonos celulares utilizar la tecnología inalámbrica Bluetooth como una portadora de corto alcance para acceder a servicios RTGC a través de una estación base de teléfono inalámbrico, que es uno más de los varios dispositivos que pueden actuar como «pasarela» a la RTGC.

Para llevar a cabo todo esto, el Perfil de telefonía inalámbrica hace uso de la banda base Bluetooth, del protocolo de gestión de enlace, de L2CAP del protocolo de descubrimiento de servicios y de la especificación de protocolos de control de telefonía (TCS-Binary). Como se indica en la figura 4-4, el Perfil de telefonía inalámbrica es dependiente del Perfil de acceso genérico.

En el Perfil de telefonía inalámbrica, las interfaces etiquetadas desde A hasta G (véase la figura 4-2) se utilizan para los siguientes propósitos:

- ☞ Igual que en el Perfil de intercomunicación, el elemento Control de llamada utiliza la interfaz A con el control de sincronización de la conversación para conectar y desconectar las rutas de conversación internas.
- ☞ La interfaz B es usada por la pasarela para enviar (y por la terminal para recibir) los mensajes de difusión TCS-Binary.
- ☞ La interfaz C se usa para distribuir todos los mensajes TCS que son enviados sobre un canal L2CAP punto a punto síncrono orientado a conexión (SCO).
- ☞ La interfaz D es utilizada por el elemento Control de llamada para controlar directamente el gestor de enlace (LM) con el propósito de establecer y liberar los enlaces SCO.

- ☛ La interfaz E es utilizada por los procedimientos de Gestión de grupos para controlar las funciones del gestor de enlace durante la inicialización y para la gestión de claves.
- ☛ La interfaz F no se utiliza dentro del Perfil de telefonía inalámbrica.
- ☛ La interfaz G es usada por los procedimientos de Gestión de grupos para controlar directamente el gestor de enlace y la banda base con el fin de habilitar las indagaciones, la busca, la exploración de indagaciones y la exploración de busca.

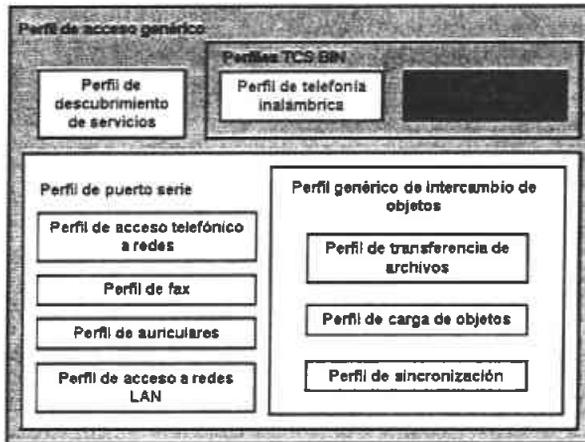


Figura 4-4. Relación de dependencia de telefonía inalámbrica con respecto al Perfil de acceso genérico.

Como hemos mencionado, hay definidos dos papeles para los dispositivos que interactúan bajo los procedimientos descritos en el Perfil de telefonía inalámbrica: pasarela y terminal. En este perfil, se utilizan tanto canales orientados a conexión como canales sin conexión. Los canales sin conexión son utilizados para difundir información desde la pasarela hacia los terminales. Únicamente la pasarela puede utilizar los canales sin conexión para el envío de información.

La pasarela actúa como un extremo terminal desde la perspectiva de la red externa y maneja todas las comunicaciones dirigidas hacia dicha red. La pasarela es el punto de interfaz respecto a las llamadas externas, lo cual significa que gestiona todas las solicitudes de establecimiento de llamada desde y hacia la red externa. Entre los tipos de dispositivos que pueden actuar como pasarelas están las estaciones base domésticas RTGC o RDSI, las pasarelas GSM y las pasarelas vía satélite.

Las pasarelas pueden clasificarse en dos tipos: aquellas que soportan varios terminales activos simultáneamente y aquellas que sólo soportan una terminal activo. El último tipo de pasarelas no permite recibir llamadas en varios terminales a la vez, ni que haya varias llamadas activas, ni servicios que impliquen más de una terminal a la vez.

El papel de terminal corresponde al terminal inalámbrico del usuario, que puede ser un teléfono inalámbrico, un teléfono en modo dual celular/inalámbrico o un PC multimedia. El Perfil de telefonía inalámbrica soporta una topología compuesta por una pasarela y un número pequeño de terminales, como se muestra en la figura 4-5.

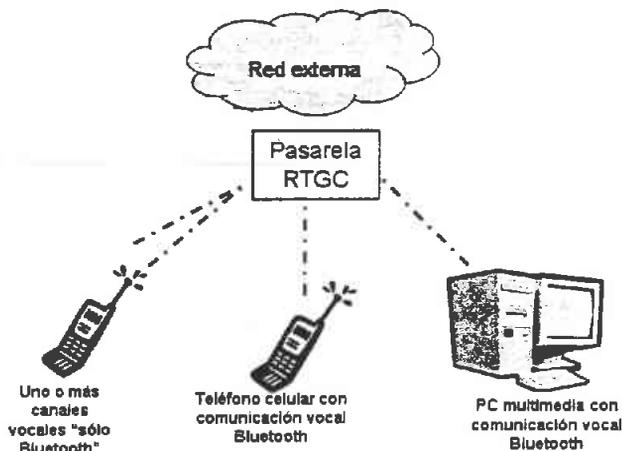


Figura 4-5. Configuración típica de un sistema para una pasarela y una serie de dispositivos terminales en el perfil de telefonía inalámbrica.

Las situaciones típicas de llamada siguientes están descritas en el Perfil de telefonía inalámbrica:

- ☞ Conexión con la pasarela para que las llamadas entrantes puedan ser encaminadas hacia la terminal y puedan realizarse llamadas salientes.
- ☞ Realización de una llamada desde una terminal hacia un usuario de la red a la que está conectada la pasarela.
- ☞ Recepción de una llamada desde la red a la que está conectada la pasarela.
- ☞ Realización de llamadas directas entre dos terminales, en cuyo caso se trata de una llamada de intercomunicación.
- ☞ Utilización de servicios suplementarios proporcionados por la red externa, mediante señalización por tonos multifrecuencia (DTMF) y rellamadas basadas en registro (es decir, colgado rápido de línea).

Normalmente, la pasarela es el maestro de la piconet en el Perfil de telefonía inalámbrica. De esta manera, controla el modo de consumo de los terminales y pueden difundir información hacia los mismos. La pasarela es lo más conservadora posible a la hora de decidir en qué modo de consumo colocar a las terminales. Cuando una terminal no está realizando tareas de señalización, la pasarela lo coloca en un modo de bajo consumo.

De acuerdo con la especificación Bluetooth, el modo de bajo consumo recomendado se denomina modo «de aparcamiento». Este modo es bastante eficiente desde el punto de vista del consumo de energía, permite conseguir unos tiempos de establecimiento de la llamada razonable y permite realizar difusiones hacia las terminales asociadas a la piconet. Los parámetros del modo de bajo consumo elegidos por la pasarela son tales que la terminal siempre puede volver al estado activo en 300 milisegundos. Si la pasarela puede ahorrar energía durante una llamada, puede utilizar el modo de escucha selectiva. Una terminal también puede solicitar ser puesto en el modo de escucha selectiva.

Una terminal que se encuentre fuera del radio de acción de una pasarela intentará controlarla, realizando para ello búsquedas periódicas. Una pasarela dedica mucha de su capacidad libre para exploraciones de busca, con el fin de que la localicen lo antes posible las terminales que entren dentro del rango de cobertura de la pasarela.

Cuando una terminal ha realizado con éxito una busca de una pasarela, la pasarela le solicita una conmutación de papeles maestro-esclavo cuando la terminal se conecta. Si la terminal rechaza la solicitud, la pasarela lo puede desconectar. Una terminal que no acepte las solicitudes de conmutación de papeles maestro-esclavo no tendrá garantizado el servicio.

La pasarela entra en modo activo cada vez que llega una llamada entrante o cuando una terminal quiere realizar una llamada saliente. Se utilizan los canales L2CAP para todas las señalizaciones de control TCS, la voz es transportada utilizando enlaces SCO y la negociación de la calidad de servicio es opcional. Para propósitos de seguridad, los terminales y la pasarela emplean procedimientos de autenticación y todos los datos de usuario son cifrados antes de su transmisión. Para facilitar la comunicación segura entre unidades inalámbricas, la comunicación está restringida a los miembros del grupo inalámbrico de usuarios, WUG (Wireless User Group). La pasarela siempre actúa como maestro del grupo WUG.

### 4.1.3 PERFIL DE AURICULARES

El Perfil de auriculares define los protocolos y procedimientos para el modelo de uso conocido como «auricular de última generación», que pueden ser implementados en dispositivos tales como teléfonos celulares y ordenadores personales. El auricular puede actuar como entrada de audio e interfaz de salida de un dispositivo, con el propósito de incrementar la libertad de movimiento del usuario al mismo tiempo que se mantiene la confidencialidad de la llamada. El auricular debe ser capaz de enviar comandos AT y recibir códigos de respuesta. Esta capacidad permite al auricular responder a llamadas entrantes y terminarlas sin que el usuario tenga que manipular físicamente el teclado del teléfono.

La figura 4-6 muestra la dependencia del Perfil de auriculares tanto con respecto al Perfil de puerto serie como con respecto al Perfil de acceso genérico. La figura 4-7 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de auriculares.

Respecto a la figura 4-7, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación Bluetooth del estándar GSM TS 07.10 para emulación del puerto serie y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios Bluetooth. Para todos estos protocolos/entidades, el Perfil de puerto serie es el estándar base y todos los requisitos enunciados en el Perfil de puerto serie son de aplicación, excepto donde el Perfil de auriculares indique explícitamente que se requiere algún cambio.

El Control de auricular es la entidad responsable de la señalización de control específica de los auriculares y está basado en comandos AT. En este perfil se asume que el Control de auricular tiene acceso a algunos procedimientos de niveles inferiores, tales como el establecimiento de enlaces síncronos orientados a conexión (SCO). El nivel de emulación del puerto de audio es la entidad que emula el puerto de audio en un teléfono celular o en un PC, y el controlador de audio es el software controlador existente en los auriculares.

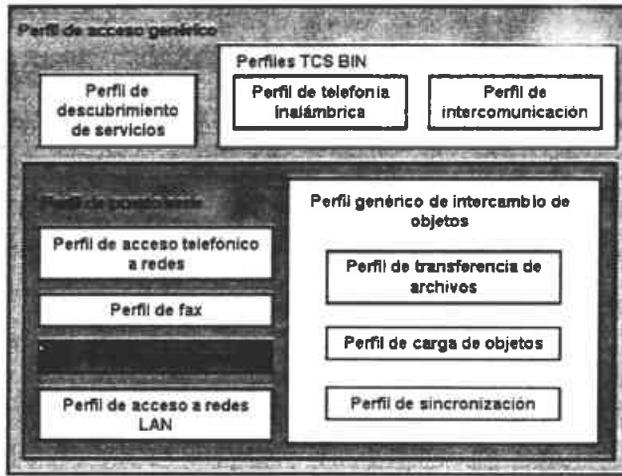


Figura 4-6. El perfil de auricular es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del perfil de acceso genérico.

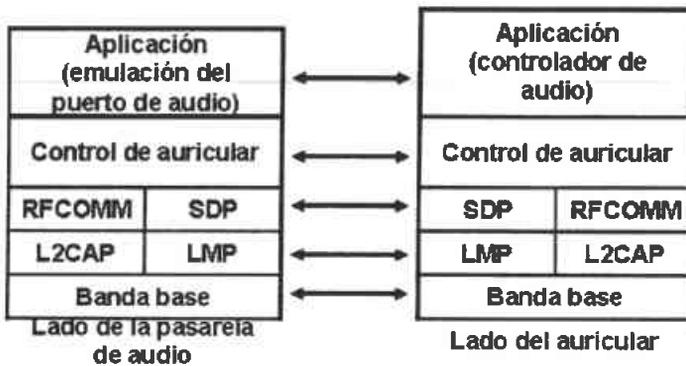


Figura 4-7. Protocolos y entidades usados en el Perfil de auriculares.

Hay dos papeles de dispositivo definidos en el Perfil de auriculares. La pasarela de audio actúa como pasarela tanto para el audio de entrada como para el de salida. Dispositivos típicos que actúan como pasarelas de audio son los teléfonos celulares y los equipos PC. El auricular actúa como mecanismo de entrada y salida de audio remotas para la pasarela de audio. El Perfil de auriculares requiere que ambos dispositivos soporten enlaces SCO.

Un auricular puede ser capaz de utilizar los servicios de una pasarela de audio sin que exista una conexión segura; se deja a la responsabilidad del usuario imponer los mecanismos de seguridad en los dispositivos que soporten autenticación y/o cifrado. Si se utilizan autenticación y/o cifrado de banda base, los dos dispositivos tienen que crear una conexión segura utilizando el procedimiento de autenticación del perfil GAP. Este procedimiento puede incluir la introducción de un código PIN y la creación de claves de enlace. Ya que el auricular será normalmente un

dispositivo con una interfaz de usuario limitada, probablemente se utilice el PIN prefijado del auricular durante el procedimiento de autenticación del perfil GAP.

Un enlace ha sido establecido cuando se inicia o recibe una llamada. Esto requiere realizar una busca del otro dispositivo y puede requerir, como opción, realizar un desaparcamiento del mismo. No hay papeles maestro-esclavo fijos que se apliquen al auricular o a la pasarela de audio. La pasarela de audio y el auricular proporcionan emulación de puerto serie a través de RFCOMM. La emulación de puerto serie se utiliza para transportar los datos de usuario, las señales de control del módem y los comandos AT desde el auricular hacia la pasarela de audio. Los comandos AT son analizados por la pasarela de audio y las respuestas son devueltas al auricular.

#### 4.1.4 PERFIL DE ACCESO TELEFÓNICO A REDES

El perfil de acceso telefónico a redes define los protocolos y procedimientos utilizados por dispositivos tales como módems, teléfonos celulares para implementar el modelo de uso llamado «puente Internet». Algunos de los escenarios posibles para este modelo son el uso de un teléfono celular como módem inalámbrico para conectar una computadora a un servidor de acceso telefónico a Internet, o el uso de un teléfono celular o un módem para recibir datos en una computadora.

La figura 4-8 muestra la dependencia del perfil de acceso telefónico a redes tanto con respecto al Perfil de puerto serie como con respecto al Perfil de acceso genérico. La figura 4-9 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de acceso telefónico a redes.

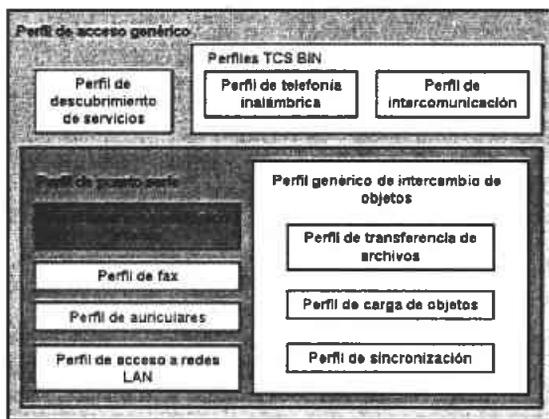


Figura 4-8. El Perfil de acceso telefónico a redes es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico.

En la figura 4-9, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación Bluetooth del estándar GSM TS 07.10 y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios de Bluetooth. La marcación y el control son los comandos y procedimientos utilizados para la marcación y control automáticos sobre el enlace serie asíncrono proporcionado por los niveles inferiores.

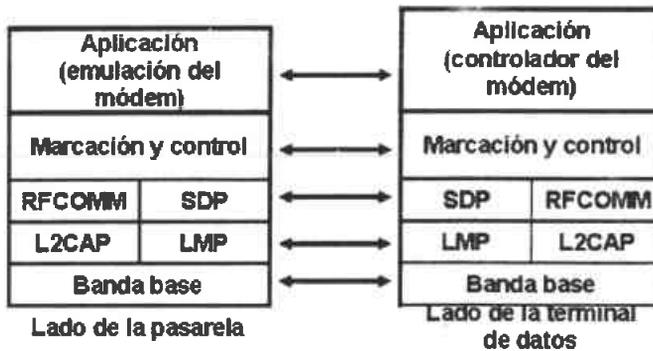


Figura 4-9. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de acceso telefónico a redes.

El nivel de emulación de módem es la entidad que emula el módem y el controlador de módem es el software controlador existente en la terminal de datos. Para todos estos protocolos/entidades el Perfil de puerto serie es el estándar base y todos los requisitos enunciados en el Perfil de puerto serie son de aplicación, salvo donde el Perfil de acceso telefónico a redes enuncie explícitamente alguna excepción. En este perfil el nivel de aplicación tiene acceso a algunos procedimientos de niveles inferiores, como el establecimiento de un enlace síncrono orientado a conexión (SCO).

Hay dos papeles de dispositivo definidos en el Perfil de acceso telefónico a redes: la pasarela y la terminal de datos. La pasarela es el dispositivo que proporciona acceso a la red pública. Dispositivos típicos que pueden actuar como pasarelas serían los teléfonos celulares y los módems. La terminal de datos es el dispositivo que utiliza los servicios de acceso telefónico a redes proporcionados por la pasarela. Dispositivos típicos que pueden actuar como terminales de datos serían los PC portátiles y de escritorio.

Antes de que los servicios de una pasarela puedan ser utilizados por primera vez por una terminal de datos, los dos dispositivos tienen que realizar una inicialización, lo que supone el intercambio de un código PIN, la creación de claves de enlace y la implementación del descubrimiento de servicios. Debe establecerse un enlace antes de que puedan iniciarse o recibirse llamadas y esto requiere realizar una busca del otro dispositivo. Es responsabilidad de la terminal de datos iniciar el establecimiento del enlace. No hay papeles maestro-esclavo fijos para la pasarela y las terminales de datos.

La pasarela y la terminal de datos proporcionan emulación del puerto serie utilizando el Perfil de puerto serie. La emulación del puerto serie es utilizada para transportar los datos de usuario, las señales de control del módem y los comandos AT entre la pasarela y la terminal de datos. Entonces, la pasarela analiza los comandos AT y devuelve las respuestas a la terminal de datos. Se utiliza un enlace SCO para transportar los datos, así como una realimentación de audio opcional durante el establecimiento de la llamada.

Para autenticación y cifrado, se utilizan los mecanismos de banda base y LMP, según el Perfil de acceso genérico. La seguridad se consigue autenticando a la otra parte durante el establecimiento de la llamada y cifrando todos los datos de usuario antes de su transmisión.

4.15 PERFIL DE FAX

El Perfil de fax define los protocolos y procedimientos utilizados por aquellos dispositivos que implementan la parte de fax del modelo de uso llamado «puntos de acceso a datos en redes de área extensa». Un teléfono celular o un módem que utilicen la tecnología inalámbrica Bluetooth pueden ser usados por una computadora como módem-fax inalámbrico para enviar y recibir mensajes de fax. Como se indica en la figura 4-10, el Perfil de fax es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico. La figura 4-11 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de fax.

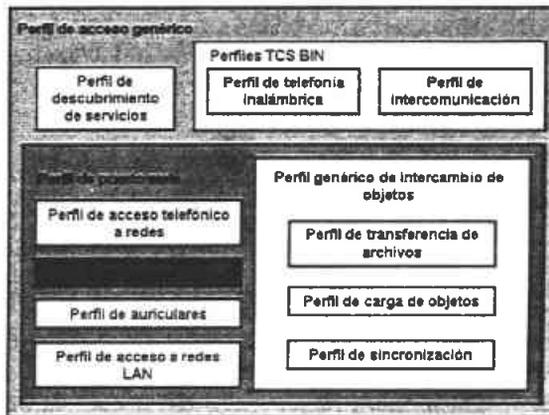


Figura 4-10. El perfil de fax es dependiente tanto del Perfil de puerto de serie como del perfil de acceso genérico.

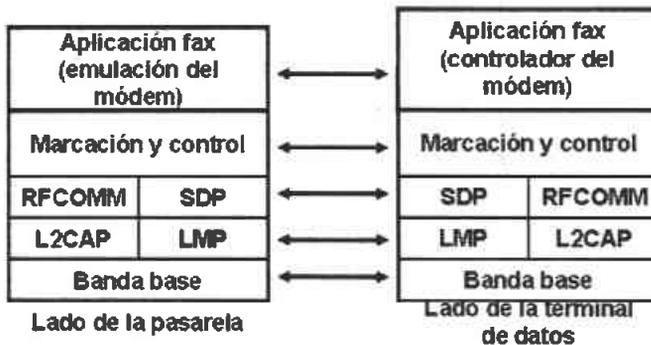


Figura 4-11. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de fax.

En la figura 4-11, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación Bluetooth de GSM TS 07.10 para proporcionar la emulación de puerto serie y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios de Bluetooth. Para todos estos protocolos/entidades, el Perfil de puerto serie es el

estándar base y son válidos todos los requisitos enunciados en el Perfil de puerto serie, a menos que se indique lo contrario explícitamente en el Perfil de fax.

El nivel de marcación y control define los comandos y procedimientos para la marcación y control automáticos del enlace serie asíncrono proporcionado por los niveles inferiores. El nivel de emulación del módem es la entidad responsable de emular el módem y el controlador del módem es el software controlador existente en la terminal de datos. En este perfil el nivel de aplicación tiene acceso a algunos procedimientos de los niveles inferiores, tal como el establecimiento de enlaces síncronos orientados a conexión (SCO).

Los dos papeles de dispositivo definidos por el Perfil de fax son los mismos que los definidos en el Perfil de acceso telefónico a redes. La pasarela es el dispositivo que proporciona los servicios de fax y entre los dispositivos típicos que pueden actuar como pasarelas se encuentran los teléfonos celulares y los módems. La terminal de datos es el dispositivo que utiliza los servicios de fax proporcionados por la pasarela. Podemos citar como dispositivos típicos que actúan como terminales de datos los PC de escritorio y los portátiles.

Aunque no hay papeles maestro-esclavo fijos definidos para los dispositivos en el Perfil de fax, el establecimiento de enlace es iniciado siempre por la terminal de datos. Cuando una terminal de datos necesita utilizar los servicios de fax de una pasarela y no tiene la dirección Bluetooth de la misma, debe obtenerla mediante el procedimiento de descubrimiento de dispositivos descrito en el Perfil de acceso genérico.

El Perfil de fax especifica el uso de una conexión segura para todos los datos de usuario, con autenticación y cifrado, utilizando los mecanismos de cifrado de banda base/LMP descritos en el Perfil de acceso genérico.

Cuando se establece la llamada de fax, la pasarela y la terminal de datos proporcionan la emulación de puerto serie mediante el Perfil de puerto serie. La pasarela emula un módem conectado al puerto serie. Para la emulación RS-232 se utiliza el perfil de puerto serie y la emulación de módem la proporciona RFCOMM ejecutándose por encima del Perfil de puerto serie. La emulación de puerto serie se utiliza para transportar los datos de usuario, las señales de control del módem y los comandos AT entre la pasarela y la terminal de datos. Entonces, la pasarela analiza los comandos AT y devuelve las respuestas al terminal de datos. Puede utilizarse un enlace SCO opcional para transportar realimentación de audio. Una vez finalizada la llamada de fax, el canal y el enlace serán liberados también.

### 4.1.6 PERFIL DE ACCESO A LAN

El Perfil de acceso a LAN define cómo pueden acceder a los servicios de una LAN los dispositivos que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth, utilizando el protocolo punto a punto (PPP) sobre RFCOMM, y cómo pueden utilizarse los mismos mecanismos PPP para conectar en red dos dispositivos utilizando la tecnología inalámbrica Bluetooth. En este modelo de uso, varias terminales de datos utilizan un punto de acceso a LAN (LAP, LAN Access Point) como conexión inalámbrica a una red de área local. Una vez conectados, los terminales de datos operan como si ellos estuviesen conectados a la LAN mediante una conexión de acceso telefónico a redes, y pueden acceder a todos los servicios proporcionados por la LAN.

PPP es un estándar de la IETF utilizado ampliamente como medio de acceso a redes. Proporciona autenticación, cifrado, compresión de datos y soporte para múltiples protocolos. Aunque PPP es capaz de soportar varios protocolos de red (por ejemplo IP, IPX, etc.), el Perfil de acceso a LAN no obliga al uso de ningún protocolo en particular. El Perfil de acceso a LAN simplemente define cómo se soporta PPP para proporcionar acceso a LAN a un único dispositivo Bluetooth, acceso a LAN a múltiples dispositivos Bluetooth y comunicación PC a PC utilizando Conexiones PPP sobre una emulación de cable serie.

Como se muestra en la figura 4-12, el Perfil de acceso a LAN es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico. La figura 4-13 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de acceso a LAN.

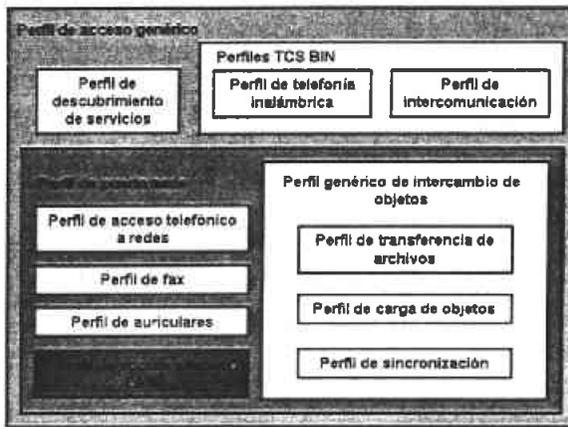


Figura 4-12. El Perfil de acceso a LAN es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico.

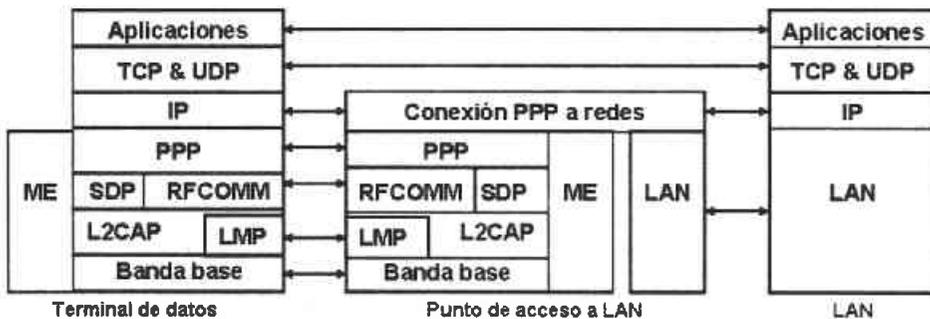


Figura 4-13. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de acceso a LAN.

Respecto a la figura 4-13, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación Bluetooth de GSM TS 07.10 y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios de Bluetooth. En este perfil hay una

entidad de gestión (ME, Management Entity) que coordina los procedimientos durante la inicialización, configuración y gestión de la conexión. La Conexión PPP a redes es el medio de tomar paquetes IP hacia/desde el nivel PPP y colocarlos en la LAN.

El Perfil de acceso a LAN especifica dos papeles de dispositivo: el punto de acceso a LAN (LAP) y la terminal de datos. El LAP proporciona acceso a redes como, por ejemplo, Ethernet, Token Ring y Fibre Channel, y también a módems de cable, Firewire, USB y productos para redes domésticas. El LAP proporciona los servicios de un servidor PPP. La conexión PPP se realiza sobre RFCOMM, que se utiliza para transportar los paquetes PPP y proporcionar control de flujo para los datos PPP.

La terminal de datos es el dispositivo que utiliza los servicios del LAP. Entre los dispositivos típicos que pueden actuar como terminales de datos se encuentran las computadoras portátiles, las computadoras de escritorio y los equipos PDA. La terminal de datos es un cliente PPP; como tal, establece una conexión PPP con un LAP a fin de obtener acceso a la LAN. Este perfil supone que el LAP y la terminal de datos tienen cada uno una única radio Bluetooth.

Una terminal de datos debe encontrar un LAP dentro del rango de cobertura de radio, que le proporcione el servicio PPP/RFCOMM/L2CAP. El usuario puede utilizar una aplicación para encontrar y seleccionar un LAP adecuado. Si no existe ningún enlace físico de banda base, la terminal de datos solicitará un enlace de banda base físico con el LAP seleccionado. En algún momento tras el establecimiento del enlace físico, los dispositivos realizarán una autenticación mutua, en la que cada dispositivo insistirá en que se utilice cifrado en el enlace.

Cuando la terminal de datos establece una conexión PPP/RFCOMM/L2CAP, el LAP puede, como opción, utilizar un mecanismo de autenticación PPP apropiado, tal como el protocolo CHAP (Challenge Handshake Authentication Protocol). Por ejemplo, el LAP puede enviar un desafío al usuario de la terminal de datos para que se identifique a sí mismo, con lo que la terminal de datos debe proporcionar un nombre de usuario y una contraseña. Si se utilizan estos mecanismos y la terminal de datos falla al identificarse, entonces se romperá el enlace PPP.

Usando los mecanismos PPP apropiados, se negocia una dirección IP válida entre el punto de acceso a LAN y la terminal de datos. El tráfico IP podrá entonces fluir a través de la conexión PPP. En cualquier instante, tanto la terminal de datos como el punto de acceso a LAN pueden finalizar la conexión PPP.

### 4.1.7 PERFIL DE TRANSFERENCIA DE ARCHIVOS

El Perfil de transferencia de archivos soporta el modelo de uso de transferencia de archivos, el cual ofrece la capacidad de transferir objetos de datos de un dispositivo Bluetooth a otro. Estos dispositivos serán normalmente computadoras, teléfonos inteligentes o equipos PDA. Los tipos de objetos incluyen, entre otros, hojas de cálculo Excel (.xls), presentaciones PowerPoint (.ppt), archivos de audio (.wav), archivos de imagen (.jpg o .gif) y archivos de Microsoft Word (.doc). Este modelo de uso también ofrece a los usuarios la capacidad de navegar por los contenidos de las carpetas del dispositivo remoto. Pueden crearse carpetas nuevas y borrar otras y se pueden transferir carpetas enteras, directorios o flujos de información multimedia entre los dispositivos.

Como se muestra en la figura 4-14, el Perfil de transferencia de archivos depende tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico, pero utiliza el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) como perfil base para definir los requisitos de interoperabilidad de los protocolos necesarios para las aplicaciones. La figura 4-15 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de transferencia de archivos.

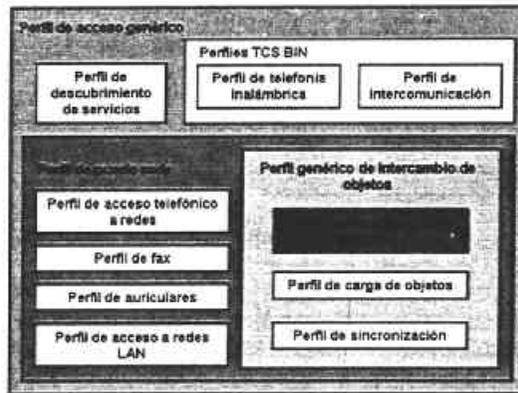


Figura 4-14. El Perfil de transferencia de archivos es dependiente tanto del Perfil de puerto como del Perfil de acceso genérico, pero utiliza el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) como perfil base.

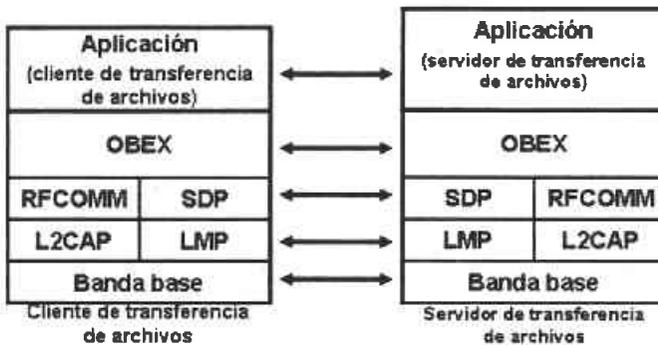


Figura 4-15. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de transferencia de archivos.

En la figura 4-15, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación Bluetooth de GSM TS 07.10 y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios Bluetooth. OBEX es la adaptación Bluetooth del protocolo de intercambio de objetos por infrarrojos IrOBEX, estandarizado por la asociación IrDA.

El Perfil de transferencia de archivos especifica dos papeles de dispositivo: cliente y servidor. El dispositivo cliente inicia la operación, que carga y descarga objetos en y desde el

servidor. El dispositivo servidor es el dispositivo Bluetooth remoto que proporciona un servidor de intercambio de objetos y la capacidad de navegación a través de las carpetas, utilizando el formato de listado de carpetas OBEX. Está permitido que los servidores admitan carpetas y archivos de sólo lectura, lo que les capacita para restringir la creación y borrado de carpetas/archivos.

Es necesario el soporte de autenticación y cifrado en el nivel de enlace, pero su uso en la práctica es opcional. Del mismo modo, también se requiere soporte para autenticación OBEX, pero su uso es opcional. El Perfil de transferencia de archivos no obliga a que el servidor o el cliente entren en ningún modo descubrible o conectable automáticamente, incluso si pueden hacerlo. En el lado del cliente, siempre es necesaria la intervención del usuario final para iniciar la transferencia de archivos. También se requiere el soporte de acoplamiento, pero su uso es opcional.

Quando el cliente desea seleccionar un servidor, el usuario coloca el dispositivo cliente en el modo de transferencia de archivos. Se muestra al usuario una lista de servidores que pueden soportar el servicio de transferencia de archivos, para que elija uno. La conexión a un servidor puede requerir que el usuario introduzca una contraseña para autenticación. Si se requiere tanto autenticación en el nivel de enlace como autenticación OBEX, se le solicitan al usuario dos contraseñas. Si el cliente requiere autenticación del servidor, el servidor solicita al usuario que introduzca una contraseña. Después de completar la conexión, incluyendo cualquier procedimiento de autenticación, se muestra la carpeta raíz del servidor.

La primera presentación tiene la carpeta raíz seleccionada como carpeta actual. El usuario puede elegir entonces una carpeta como carpeta actual y se mostrará el contenido de esa carpeta. Para enviar un archivo desde el cliente al servidor, el usuario selecciona un archivo en el cliente y activa la función de carga de objeto; el objeto será transferido a la carpeta actual del servidor. Para descargar un archivo desde el servidor, el usuario selecciona un archivo de la carpeta actual del servidor y activa la función de descarga de objeto; el usuario será informado del resultado de la operación. Para borrar un archivo del servidor, el usuario selecciona el archivo en la carpeta actual del servidor y activa la función de borrado de objeto; el usuario será informado del resultado de la operación. Para crear una carpeta nueva en el servidor, el usuario activa la función de creación de carpeta; esta función solicitará al usuario que introduzca un nombre para la carpeta. Cuando la operación se haya completado, se creará una carpeta nueva dentro de la carpeta actual del servidor.

Los clientes proporcionan las funciones de transferencia de archivos al usuario a través de la interfaz de usuario. Un ejemplo de interfaz de usuario para transferencia de archivos es el visor de árboles de archivos de Microsoft Windows, que permite al usuario navegar a través de carpetas y archivos. Utilizando dicho visor, el usuario puede navegar a través de los archivos de otro PC que aparezca en el entorno de red, y manipular dichos archivos. Las siguientes funciones están disponibles a través de la interfaz de usuario:

- a) **SELECCIONAR SERVIDOR:** Permite al usuario seleccionar el servidor en una lista de posibles servidores y establecer una conexión con él.
- b) **NAVEGAR POR LAS CARPETAS:** Proporciona una imagen de la jerarquía de carpetas del servidor, incluyendo los archivos de las carpetas, y permite desplazarse a

través de la jerarquía de carpetas del servidor para seleccionar la carpeta actual. La carpeta actual es donde se cargan los objetos y/o desde donde son descargados.

- e) **DESCARGAR OBJETO:** Permite al usuario copiar un archivo o una carpeta desde el servidor hacia el cliente.
- d) **CARGAR OBJETO:** Permite al usuario copiar un archivo o carpeta desde el cliente hacia el servidor.
- e) **BORRAR OBJETO:** Capacita al usuario para borrar un archivo o una carpeta del servidor.
- f) **CREAR CARPETA:** Capacita al usuario para crear una carpeta nueva en el servidor.

La aplicación para transferencia de archivos proporciona tres funcionalidades principales:

### 1. Navegación por las carpetas:

La navegación en un almacén de objetos implica la visualización del contenido de las carpetas y el establecimiento de la carpeta actual.

### 2. Transferencia de objetos:

El transferir carpetas requiere transferir todos los objetos almacenados en una carpeta, incluyendo otras carpetas; el proceso de transferir una carpeta puede requerir asimismo que se creen nuevas carpetas.

### 3. Manipulación de objetos:

La manipulación de objetos incluye el borrar carpetas y archivos de un servidor, y crear carpetas nuevas en un servidor.

## 4.1.8 PERFIL DE CARGA DE OBJETOS

El Perfil de carga de objetos define los requisitos de aplicación para soportar el modelo de uso «carga de objetos» entre dispositivos Bluetooth. El perfil hace uso del Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) para definir los requisitos de interoperabilidad de los protocolos necesarios para las aplicaciones. Algunos de los dispositivos más comunes que pueden utilizar el modelo de uso de carga de objetos son los PC portátiles, equipos PDA y teléfonos móviles.

El Perfil de carga de objetos permite a un dispositivo Bluetooth cargar un objeto en la carpeta de entrada de otro dispositivo Bluetooth. El objeto puede ser una tarjeta de visita o una cita. El dispositivo también puede descargarse una tarjeta de visita desde otro dispositivo Bluetooth. Dos dispositivos Bluetooth pueden intercambiar tarjetas de visita entre sí, en cuyo caso una carga de una tarjeta de visita va seguida de la descarga de otra tarjeta de visita.

Como se muestra en la figura 4-16, el Perfil de carga de objetos depende tanto del Perfil de acceso genérico como del Perfil de puerto serie, pero utiliza el Perfil genérico de intercambio

de objetos (GOEP) como perfil base para definir los requisitos de interoperabilidad de los protocolos necesarios para las aplicaciones. La figura 4-17 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de carga de objetos.

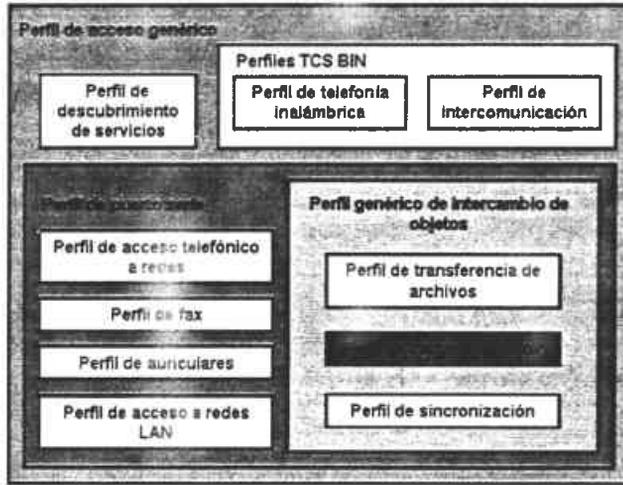


Figura 4-16. El Perfil de carga de objetos es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico, utiliza, sin embargo, el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) como perfil base.

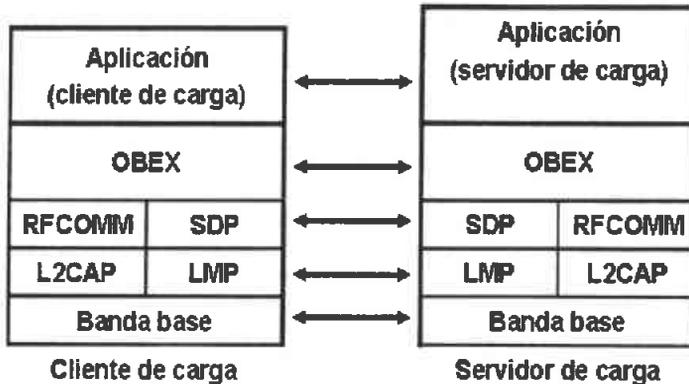


Figura 4-17. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de carga de objetos.

Respecto a la figura 4-17, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras que LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación de GSM TS 07.10 para la especificación Bluetooth y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios Bluetooth. OBEX es la adaptación para la especificación Bluetooth del protocolo para intercambio de objetos por infrarrojos (IrOBEX) estandarizado por la asociación IrDA.

El Perfil de carga de objetos especifica dos papeles de dispositivo: servidor de carga y cliente de carga. El servidor de carga es el dispositivo que proporciona un servidor de intercambio de objetos. El cliente de carga es el dispositivo cliente que carga y descarga objetos en y desde un servidor de carga.

En este perfil, se requiere soporte para autenticación y cifrado en el nivel de enlace, pero su uso en la práctica es opcional. La autenticación OBEX no se utiliza. El Perfil de carga de objetos no obliga a que el servidor o el cliente entren automáticamente en ningún modo descubrible o conectable, aunque puedan hacerlo. En el lado del cliente de carga, siempre es necesaria la intervención del usuario final para iniciar una carga de objetos, la obtención de una tarjeta de visita o el intercambio de tarjetas de visita.

El soporte para acoplamiento es obligatorio, aunque su uso es opcional. Hay tres funciones diferentes asociadas con el Perfil de carga de objetos:

### **1. Carga de Objeto:**

La función de carga de objeto inicia el proceso que carga uno o más objetos en un servidor de carga.

### **2. Descarga de Tarjeta de Visita:**

La función de descarga de tarjeta de visita inicia el proceso que obtiene la tarjeta de visita desde un servidor de carga.

### **3. Intercambio de Tarjetas de Visita:**

La función de intercambio de tarjetas de visita inicia el proceso que intercambia tarjetas de visita con un servidor de carga.

Las tres funciones son activadas por el usuario, y no se realizan automáticamente sin la intervención del usuario. Cuando el usuario selecciona una de estas funciones, se lleva a cabo un procedimiento de indagación para generar una lista de los dispositivos disponibles en las proximidades. El procedimiento de indagación utilizado es conforme con el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP).

Cuando un cliente de carga quiere enviar un objeto a un servidor de carga, el usuario coloca el dispositivo en el modo de intercambio de objetos. El usuario selecciona la función de carga de objetos en el dispositivo y se muestra en el dispositivo cliente una lista de servidores de carga que pueden soportar el servicio de carga de objetos (si se solicita autenticación, el usuario deberá introducir un PIN Bluetooth en algún momento). El usuario selecciona entonces un servidor de carga al cual enviar el objeto. Si el dispositivo elegido no soporta el servicio de carga de objetos, se le indica al usuario que elija otro dispositivo. Cuando se recibe un objeto en el servidor de carga, normalmente se pregunta al usuario si desea aceptar o rechazar el objeto.

Cuando se entra en el modo de intercambio de objetos, el servidor de carga coloca el dispositivo en el modo descubrible limitado, de acuerdo con el Perfil de acceso genérico. Los dispositivos públicos que quieran ser visibles todo el tiempo, o los dispositivos que no puedan

ofrecer una interfaz de usuario para habilitar el modo de intercambio de objetos, usan el modo descubrible general en lugar del modo descubrible limitado. Normalmente, el modo será activado y desactivado por el usuario.

Cuando un cliente de carga quiere obtener una tarjeta de visita desde un servidor de carga, el usuario coloca el dispositivo en el modo de intercambio de objetos. El usuario selecciona la función de descarga de tarjetas de visita en el dispositivo y se visualiza en el dispositivo cliente una lista de servidores de carga que podrían soportar el servicio de carga de objetos (como en el caso anterior, si se solicita autenticación el usuario deberá introducir un PIN Bluetooth en algún instante). El usuario selecciona entonces un servidor de carga al que enviar la tarjeta de visita. Si el dispositivo seleccionado no soporta el servicio de carga de objetos, se le solicitará al usuario que elija otro dispositivo. Algunos dispositivos pueden pedir al usuario que acepte o no la solicitud para descargar la tarjeta de visita en el dispositivo del usuario.

Cuando un cliente de carga quiere intercambiar tarjetas de visita con un servidor de carga, el usuario coloca el dispositivo en el modo de intercambio de objetos. El usuario selecciona entonces la función de intercambio de tarjetas de visita en el dispositivo y se muestra al usuario una lista de servidores de carga que podrían soportar el servicio de carga de objetos (como en los dos casos anteriores, si se solicita autenticación, el usuario tendrá que introducir un PIN Bluetooth en algún punto del proceso). El usuario selecciona entonces un servidor de carga con el que intercambiar las tarjetas de visita. Si el dispositivo seleccionado no soporta el servicio de carga de objetos, se le solicita al usuario que seleccione otro dispositivo.

Cuando un cliente de carga intenta el intercambio de tarjetas de visita con el servidor de carga, el usuario del servidor de carga puede ser consultado para que acepte o rechace la tarjeta de visita ofrecida por el cliente de carga. Algunos dispositivos también pueden preguntar al usuario si acepta o no que se descarguen tarjetas de visita desde su dispositivo.

### 4.1.9 PERFIL DE SINCRONIZACIÓN

El Perfil de sincronización define los requisitos para los protocolos y procedimientos utilizados por las aplicaciones que proporcionan el modelo de uso de «sincronización». Los dispositivos más comunes que implementan este modelo de uso son los PC portátiles, equipos PDA y teléfonos móviles. El modelo proporciona sincronización dispositivo a dispositivo de programas de gestión de información personal (PIM, personal Information Management). La información que manejan estos programas consiste normalmente en una agenda de teléfonos, calendario, mensajes y notas de información; esta información debe ser transferida y procesada por los dispositivos utilizando unos protocolos y formatos comunes. El modelo de uso también incluye el uso de un teléfono móvil o un PDA por parte de una computadora para iniciar la sincronización automáticamente cuando alguno de los dispositivos entra dentro del rango de cobertura de la computadora.

Como se muestra en la figura 4-18, el Perfil de sincronización depende del Perfil de acceso genérico y del Perfil de puerto serie, pero utiliza el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) como perfil base para definir los requisitos de interoperabilidad de los protocolos necesarios para las aplicaciones. La figura 4-19 muestra los protocolos y entidades utilizados en el Perfil de sincronización.

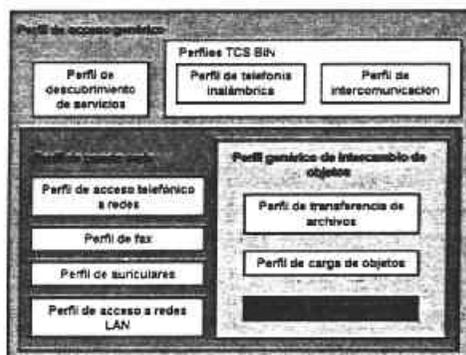


Figura 4-18. El Perfil de sincronización es dependiente tanto del Perfil de puerto serie como del Perfil de acceso genérico, pero utiliza el Perfil genérico de intercambio de objetos (GOEP) como perfil base.

Con respecto a la figura 4-19, la banda base corresponde al nivel 1 de OSI, mientras LMP y L2CAP corresponden al nivel 2 de OSI. RFCOMM es la adaptación de GSM TS 07.10 para la especificación Bluetooth y SDP es el protocolo de descubrimiento de servicios de Bluetooth. OBEX es la adaptación para Bluetooth del protocolo de intercambio de objetos por infrarrojos IrOBEX, estandarizado por la asociación IrDA.

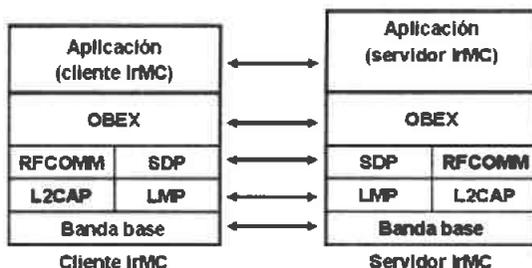


Figura 4-19. Protocolos y entidades utilizados en el Perfil de sincronización.

El Perfil de sincronización especifica dos papeles de dispositivo: el cliente IrMC y el servidor IrMC. El dispositivo cliente IrMC contiene un motor de sincronización y también carga y descarga datos PIM en y desde el servidor IrMC. Normalmente, el dispositivo cliente IrMC es un PC de escritorio o un portátil. Sin embargo, debido a que el cliente IrMC también debe proporcionar funciones para recibir el comando de inicialización de la sincronización, también actúa temporalmente como servidor. El dispositivo servidor IrMC proporciona un servicio de intercambio de objetos; típicamente, este dispositivo es un teléfono móvil o un PDA. Si el servidor IrMC también proporciona las funciones para iniciar el proceso de sincronización, actúa también temporalmente como cliente.

En el Perfil de sincronización, debido a que tanto el cliente IrMC como el servidor IrMC pueden actuar en el papel del otro temporalmente, ambos pueden iniciar el establecimiento de enlace y de canal, esto es, crear un enlace físico entre ellos. Este perfil no obliga a que ni el

servidor ni el cliente IrMC entren automáticamente en ningún modo descubrible o conectable, incluso si pueden hacerlo. Esto significa que puede ser necesaria la intervención del usuario final en ambos dispositivos cuando, por ejemplo, se inicia la sincronización en el dispositivo cliente IrMC.

Los dos modos asociados con el Perfil de sincronización son la sincronización de inicialización y la sincronización general. En el modo de sincronización de inicialización, el servidor IrMC está en modo descubrible limitado o en modo descubrible general y en los modos conectable y emparejable. El cliente IrMC no entra en el modo de sincronización de inicialización en este perfil. La especificación Bluetooth recomienda que el cliente IrMC utilice el procedimiento de indagación limitado cuando esté descubriendo al servidor IrMC.

Tanto el cliente como el servidor IrMC pueden entrar en el modo de sincronización general. En este modo, el dispositivo está en modo conectable. Para el servidor IrMC, este modo se usa cuando el cliente IrMC se conecta al servidor e inicia la sincronización después del emparejamiento. Para el cliente IrMC, este modo se utiliza cuando el servidor IrMC inicia la sincronización. Los dispositivos no están obligados a entrar en estos modos automáticamente sin intervención del usuario, incluso si son capaces de hacerlo.

Cuando un cliente IrMC quiere sincronizarse con un servidor IrMC por primera vez, el dispositivo servidor IrMC debe estar en el modo de sincronización general. En caso contrario, el usuario debe activar este modo en el dispositivo. Una vez en el modo de sincronización general, el usuario activa una aplicación de sincronización, tras lo cual se visualiza una lista de dispositivos dentro del rango de cobertura del cliente IrMC. El usuario selecciona un dispositivo al que conectarse y con el que sincronizarse. Si se alerta al usuario de que el dispositivo elegido no soporta la característica de sincronización, deberá seleccionar otro de los dispositivos posibles. Después, se solicita un código PIN Bluetooth al usuario, que debe ser introducido en ambos dispositivos. Si se utiliza la autenticación OBEX, el usuario introduce la contraseña de autenticación OBEX en ambos dispositivos. Después de finalizar estos pasos, se procesa la primera sincronización y, normalmente, se informa al usuario del resultado.

Las veces siguientes, una vez realizado el acoplamiento, se llevan a cabo los siguientes pasos. Se asume que el dispositivo servidor IrMC se encuentra en el modo de sincronización general. Si el dispositivo no está en este modo, el usuario debe activar este modo en el dispositivo. El usuario del cliente IrMC selecciona la función de sincronización en el dispositivo, o bien otro suceso desencadena el inicio de la sincronización en el cliente IrMC. La sincronización es procesada y se informa al usuario del resultado.

Cuando un servidor IrMC quiere iniciar la sincronización, y una vez realizados el acoplamiento y la posible inicialización OBEX, se llevan a cabo los siguientes pasos. El cliente IrMC debe estar en el modo de sincronización general sin intervención del usuario, porque de otro modo esta operación no es posible. El usuario elige la función de comando de sincronización en el servidor IrMC y se inicia la sincronización con el cliente IrMC. En el dispositivo servidor IrMC, el usuario habrá configurado anteriormente a qué cliente IrMC quiere enviar el comando de sincronización. La sincronización es procesada y se informa al usuario de los resultados.

Cuando se desea una sincronización automática de un servidor y un cliente IrMC, y una vez realizados el acoplamiento y la inicialización OBEX, se llevan a cabo los siguientes pasos. El

servidor IrMC entra dentro del rango de cobertura del cliente IrMC. El cliente lo detecta e inicia la sincronización sin ninguna notificación al usuario. El servidor IrMC debe estar constantemente en el modo de sincronización general, de manera que el cliente IrMC pueda detectar la presencia del servidor en las proximidades (desde el punto de vista de radiofrecuencia). La sincronización es procesada y se informa al usuario de los resultados.

Las unidades activas en el modelo de uso de sincronización deben soportar tres funciones: sincronización, comando de sincronización y sincronización automática. La sincronización Bluetooth debe soportar al menos una de las siguientes clases de aplicación:

- ☛ Sincronización de agendas telefónicas.
- ☛ Sincronización de calendarios.
- ☛ Sincronización de mensajes.
- ☛ Sincronización de notas.

Para conseguir la interoperabilidad de nivel de aplicación, hay definidos formatos de contenido específicos (es decir, vCard, vCalendar, vMessage y vNote), los cuales son dependientes de las clases de aplicación. Las clases de aplicación soportadas deben estar identificadas en términos de su almacenamiento de datos en la base de datos de descubrimiento de servicios del servidor IrMC.

La función de comando de sincronización permite al dispositivo cliente IrMC trabajar temporalmente como un servidor y recibir un comando de sincronización desde el servidor IrMC que, en este caso, actúa temporalmente como un cliente. El comando de sincronización ordena al cliente IrMC que inicie la sincronización con el servidor IrMC. Después de enviar el comando de sincronización y obtener la respuesta, el servidor IrMC termina la sesión OBEX y la conexión RFCOMM de enlace de datos. Esta función debe ser soportada obligatoriamente por el cliente IrMC, pero puede estar soportada de manera opcional por el servidor IrMC.

Con una función conocida como sincronización automática, el cliente IrMC puede iniciar la sincronización cuando el servidor IrMC entre dentro del rango de cobertura del cliente IrMC. En el nivel de banda base, esto significa que el cliente IrMC realiza una busca del servidor IrMC a intervalos regulares y, cuando detecta que el servidor IrMC está dentro de su rango de cobertura, el cliente IrMC puede comenzar la sincronización. El soporte de esta función es opcional para el cliente IrMC, pero obligatorio para el servidor IrMC. Esto significa que el servidor IrMC debe tener la capacidad de ponerse a sí mismo en el modo de sincronización general, de manera que no salga de este modo automáticamente.

### 4.2 APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA INALÁMBRICA BLUETOOTH

La especificación Bluetooth permite conectarse a una amplia gama de dispositivos informáticos y de telecomunicaciones de una forma sencilla y simple, sin necesidad de comprar, llevar o conectar cables. Ofrece oportunidades de realizar conexiones rápidas ad-hoc, y hace posible las conexiones automáticas entre dispositivos. Eliminará virtualmente la necesidad de adquirir cableado adicional o especializado para conectar dispositivos individuales. Como la tecnología inalámbrica Bluetooth se puede utilizar para una gran variedad de propósitos, también reemplaza a múltiples tipos de conexiones de cable con un solo enlace de radio.

Bluetooth no sólo está pensado para conectar periféricos a los ordenadores. Sus posibilidades son amplias en todos aquellos campos en los que las distancias sean cortas y la información a transmitir no sea excesiva.

### 4.2.1 PRESENTACIONES

Hacer una presentación con PowerPoint, por ejemplo, ya no requerirá un lío de cables entre el proyector, el portátil y la impresora. Simplemente tendrá que colocar el portátil cerca del proyector, encender ambos, y esperar unos instantes a que se comuniquen los parámetros de funcionamiento necesarios. A través del mismo enlace de radio, el portátil podría enviar peticiones de impresión a una impresora cercana, permitiendo la distribución de material de referencia para los asistentes. Para grupos pequeños, se puede enviar la presentación a los portátiles de los asistentes que utilicen la tecnología inalámbrica Bluetooth. Esto permitiría que las reuniones se celebraran en cualquier habitación, sin necesidad de una pantalla de proyección, controles de iluminación especiales, o disposiciones especiales de asientos.

### 4.2.2 ESCANEADO DE TARJETAS

Con un escáner de tarjetas de visita que utilice la especificación Bluetooth, puede escanear tarjetas en su propia computadora o en cualquier otra computadora que se halle dentro del enlace de radio, sin tener que pasar por la molestia de conectar, desconectar y volver a conectar cables entre los equipos. Como puede que el escáner de tarjetas de visita no se utilice con mucha frecuencia, se puede conseguir un ahorro de costo significativo compartiendo el dispositivo de forma inalámbrica entre un grupo de usuarios.

### 4.2.3 TRABAJO EN GRUPO

Con un software especial que convierte a los portátiles, computadoras de mano, o dispositivos con Windows CE que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth en un bloc de dibujo, puede utilizar un lápiz como dispositivo de entrada para hacer anotaciones o dibujar en archivos Word, mensajes de correo electrónico, fotografías JPEG o cualquier aplicación basada en Windows (figura 4-20). En lugar de reunir a gente en un sitio y que todo el mundo esté con lápiz y papel, las marcas que haga con su lápiz en un dispositivo se transmitirán a través de conexiones inalámbricas y permanentes a los otros dispositivos, permitiendo el trabajo en grupo entre una serie de usuarios. Los cambios permanecen en pantalla, lo que permite que el documento modificado se guarde en cada dispositivo, o se adjunte un mensaje de correo electrónico.



Figura 4-20. Lápiz Digital de Nokia. Se puede hacer un dibujo o escribir para después enviarlo vía Bluetooth a un dispositivo móvil compatible.

#### 4.2.4 SINCRONIZACIÓN DE DATOS

Un truco interesante que pueden realizar los dispositivos Bluetooth es el envío de mensajes a dispositivos apagados o en modo de reposo. Por ejemplo, cuando un teléfono móvil recibe un mensaje, puede enviarlo a una computadora portátil, incluso aunque esta última se halle metida en un maletín y apagada. Desde luego, esta tecnología también puede utilizarse para sincronizar datos entre dispositivos, con lo que nos aseguramos de tener la última versión disponible, independientemente de dispositivo hayamos elegido (figura 4-21).



Figura 4-21. Cuando los dispositivos Bluetooth se configuran correctamente, se pueden comunicar y sincronizar archivos sin necesidad de órdenes explícitas.

La sincronización automática puede ser realmente un ahorro de tiempo. Cuando haya acabado de agregar información a su computadora de mano en su casa, todo lo que tiene que hacer es ir a trabajar a su despacho en la empresa para cargar esos archivos en su PC de escritorio. Cuando se marche de la oficina, cualquier archivo nuevo que se haya agregado a su PC de escritorio se copiará automáticamente a la computadora de mano. Cuando llegue a casa por la noche, la computadora de mano cargará automáticamente la nueva información en su portátil tan pronto como los dos dispositivos entren dentro del radio de acción. No tiene que hacer nada: el enlace simplemente se produce de manera automática. Con la sincronización automática, ya no hay ninguna confusión sobre qué archivo está en qué equipo: la especificación Bluetooth garantiza que tenga la información más actualizada, independientemente de qué dispositivo utilice en un momento dado.

#### 4.2.5 SINCRONIZACIÓN REMOTA

La sincronización también funciona entre los dispositivos de múltiples usuarios enlazados mediante RTGC. Digamos que se ha cambiado de hora una importante reunión mientras estábamos de viaje. De vuelta a la oficina, nuestro jefe nos envía los cambios desde una estación

de trabajo a nuestro móvil, que se conecta automáticamente con la agenda y actualiza la cita. La próxima vez que encendamos nuestra agenda, ésta nos alertará inmediatamente del cambio.

Al eliminar las conexiones físicas, la especificación Bluetooth elimina la diferencia entre informática móvil y fija: los dispositivos están «conectados» dondequiera que se hallen. En un tren, por ejemplo, la tecnología inalámbrica Bluetooth le permitiría conectar un portátil o una computadora de mano a Internet vía un teléfono móvil en su maletín, mientras que en la oficina, el enlace se realizaría a través de un punto de acceso que ofrezca una conexión inalámbrica a la LAN de la empresa.

### 4.2.6 IMPRESIÓN

Considere escenarios aún más lejanos: con la tecnología inalámbrica Bluetooth, su cámara digital podría enviar una fotografía directamente a su impresora. O, segundos después de que haya hecho una foto a sus hijos en el zoológico, la cámara digital podría enviar la imagen al móvil de su bolsillo, el cual luego podría enviar la foto adjunta a un correo electrónico a casa de sus parientes y amigos (figura 4-22).

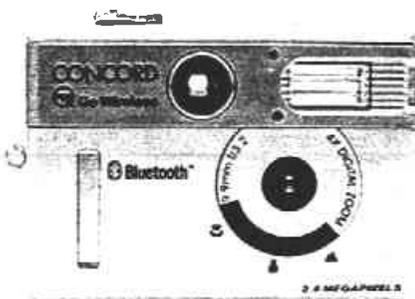


Figura 4-22. Cámara digital Concord. Permite transferir inmediatamente las fotografías a una gran variedad de aparatos electrónicos equipados con la tecnología Bluetooth.

### 4.2.7 SISTEMAS INCORPORADOS EN AUTOMÓVILES

La especificación Bluetooth permite a una gama de dispositivos digitales compartir información de forma inalámbrica dentro de un automóvil: desde teléfonos móviles y buscapersonas a computadoras de mano y otros dispositivos.

Entre las compañías que ofrecen esos sistemas se halla Johnson Controls. El dispositivo TravelNote Connect de esa compañía es una grabadora digital TravelNote modificada que integra tecnología inalámbrica Bluetooth. TravelNote es un dispositivo digital de grabación/reproducción que se puede integrar en el cuadro de control de un vehículo. Permite al pasajero del asiento delantero grabar, guardar y reproducir mensajes de «recordatorio». Al agregar un componente con tecnología inalámbrica Bluetooth, el dispositivo puede hacer cosas tales como conseguir un número telefónico del teléfono portátil y marcarlo automáticamente, de forma que el conductor no tenga que apartar sus manos del volante. Cuando se establece la conexión, el componente Bluetooth crea un enlace inalámbrico de voz con el teléfono celular, proporcionando capacidad manos libres al hablante (figura 4-23).



**Figura 4-23.** Espejo retrovisor para automóvil que integra tecnología manos libres Bluetooth. Simplemente se coloca delante del espejo que viene integrado de serie en el automóvil y se dispondrá, de un potente kit manos libres.

Este producto y otros similares de otros fabricantes tienen la capacidad de hacer de cada teléfono móvil un teléfono con manos libres en un futuro próximo, sin complicadas modificaciones o costosas instalaciones en el interior de un vehículo. Como todos los dispositivos que utilizan la tecnología inalámbrica Bluetooth pueden hablar con otro dispositivo similarmente equipado, se pueden mezclar y emparejar productos para su uso en el vehículo, independientemente del modelo, marca, fabricante o sistema operativo.

#### 4.2.8 PLATAFORMAS DE COMUNICACIÓN

Las plataformas de comunicación del futuro combinarán una serie de tecnologías y características en un solo dispositivo, incluyendo navegación por Internet, mensajería, imágenes, aplicaciones y servicios dependientes de la localización, telefonía móvil, gestión de información personal y aplicaciones empresariales. Con estos dispositivos móviles de información integrados, podrá aprovecharse plenamente de las comunicaciones Internet y multimedia móviles, incluyendo voz, datos e imágenes (figura 4-24).



**Figura 4-24.** Receptor GPS Bluetooth, contiene software con capacidades de navegación mediante funciones avanzadas como las indicaciones de voz.

Ericsson se halla entre las compañías que ofrecerán plataformas de comunicación integradas capaces de soportar transferencia de datos de alta velocidad, voz a tres bandas y acceso a Internet. La interfaz de usuario está basada en un formato VGA, que Ericsson piensa que es el tamaño ideal para los dispositivos y aplicaciones de comunicaciones. El dispositivo tiene una pantalla táctil a color, que permite una navegación fácil, entrada de datos mediante un dispositivo apuntador y reconocimiento de escritura. Con un receptor GPS integrado, la plataforma ofrece información de su posición. Con los componentes Bluetooth y de infrarrojos integrados, la plataforma puede comunicarse de forma inalámbrica con otros dispositivos, redes y aplicaciones de terceros.

#### 4.2.9 LIBROS ELECTRÓNICOS

Ahora que los libros electrónicos se están haciendo populares, puede adquirir títulos en la Web, en librerías en línea, y descargarlos a su computadora de escritorio o al portátil. Básicamente, su computadora se convierte en una biblioteca electrónica en la que puede seleccionar volúmenes específicos para llevárselos en sus viajes de vacaciones o de negocios. Por medio de un programa de biblioteca que gestiona los títulos en su computadora, puede transferir cualquier volumen electrónico (así como sus propios documentos) a un dispositivo especial de lectura llamado libro electrónico o «ebook», que se conecta a una estación de acoplamiento enlazada por cable a su computadora. El ebook es un dispositivo portátil alimentado por baterías que pesa tan sólo 627 gramos. Tiene una iluminación trasera blanca para facilitar la lectura de los textos. Cuando se mejoren estos ebooks con la tecnología inalámbrica Bluetooth, podrá transferir títulos preseleccionados entre los dispositivos simplemente colocando el ebook dentro del alcance de la computadora en la que esté su biblioteca (figura 4-25).



Rocketbook

Figura 4-25. Rocketbook de la empresa Gemstar.

#### 4.2.10 VIAJES

Si viaja frecuentemente en avión, la especificación Bluetooth le ofrece algunas ventajas para conseguir boletos. Puede llegar al aeropuerto y comprar un boleto simplemente pasando junto a una terminal inalámbrica, que confirma su identidad, emite un boleto electrónico y lo

factura a su tarjeta de crédito. Ya no habrá necesidad de que un auxiliar de vuelo visite a los pasajeros y les pida que apaguen sus dispositivos electrónicos. Después de que la petición sea difundida, el dispositivo maestro Bluetooth de la aeronave apagará automáticamente todos los dispositivos electrónicos durante el despegue y el aterrizaje.

Tras aterrizar en la ciudad de destino, se sube al autobús de la agencia de alquiler de coches en el aeropuerto. Su reserva se transmite automáticamente a la base de datos de la agencia de alquiler de coches, donde se verifica su validez, de manera que el conductor del autobús le podrá dejar junto al coche que le hayan preasignado. Cuando entra en el coche de alquiler, equipado con dispositivos con tecnología inalámbrica Bluetooth, se le pide a su computadora de mano o teléfono móvil su reserva de hotel, y el sistema de posicionamiento global (GPS, Global Positioning System) le ofrece en pantalla la ruta hasta su hotel. Cuando entra en el vestíbulo, se efectúa el registro automáticamente, y el número de su habitación y la llave electrónica se transfieren automáticamente a su dispositivo Bluetooth. Cuando se aproxima a su habitación con las maletas en la mano, la puerta se abre automáticamente. Más tarde, si no se duerme enseguida, puede leer un rato en su ebook.

### 4.2.11 ENTRETENIMIENTO DOMÉSTICO

Si piensa que todo esto es imposible, Microsoft prevé el día en el que pueda comprar una TV digital equipada con Bluetooth que le llamará cuando su equipo de fútbol favorito esté a punto de comenzar un partido y le preguntará si desea grabar el partido (figura 4-26).



Figura 4-26. Adaptador Bluetooth para televisión digital.

En el hogar, hay multitud de aplicaciones para la tecnología inalámbrica Bluetooth. Imagine una simple pizarra electrónica equipada con un transceptor Bluetooth y una pantalla táctil. La pizarra es delgada, ligera y sencilla de utilizar, con un avanzado menú de iconos. La pizarra electrónica no sólo controla todos los dispositivos de entretenimiento del hogar, sino que también controlará los nuevos que se puedan adquirir en el futuro, poniendo fin a la proliferación de mandos a distancia por infrarrojos.

#### 4.2.12 SISTEMAS DE PAGO

Utilizando la tecnología inalámbrica Bluetooth, también será posible enlazar teléfonos móviles y otros dispositivos de mano de forma inalámbrica con surtidores de gasolina, de forma que cuando un conductor llene su depósito, se le restará el importe del combustible de la cuenta de su tarjeta de crédito, a través del dispositivo portátil del cliente. La tecnología inalámbrica Bluetooth se podría utilizar de manera similar para entradas de cine, tickets de estacionamiento y otras compras diarias en pabellones, evitando molestias a los consumidores y disminuyendo los costos de las transacciones para las compañías (figura 4-27).



Figura 4-27. En Europa, se están utilizando móviles con tecnología Bluetooth, para dar a los usuarios la posibilidad de comprobar sus cuentas bancarias y sus transacciones, y transferir fondos o pagar facturas.

#### 4.2.13 ESCÁNERES

La tecnología inalámbrica Bluetooth también fomenta el desarrollo de productos completamente nuevos. Por ejemplo, el fabricante sueco C Tech ofrece su C Pen, un denominado «recolector móvil de información», que es un cruce entre una computadora de mano y un escáner de texto (figura 4-28). El dispositivo captura texto o gráficos vía un diminuto escáner, y almacena información en su memoria integrada de 8 MB. El C Pen ofrece un conjunto de características similares a una computadora de mano. Por ejemplo, una característica permite al usuario escanear una tarjeta de visita, línea a línea, y luego cargarla en una base de datos de contactos de Microsoft Outlook. Unos diccionarios bilingües le permiten, por ejemplo, traducir del inglés al español y viceversa.



Figura 4-28. Escáner C Pen, puede escanear cualquier tipo de documento.

### 4.2.14 IMPOSICIÓN DE COMPORTAMIENTOS

Los dispositivos inalámbricos Bluetooth se pueden combinar con otras tecnologías para ofrecer posibilidades completamente nuevas, como el poder bajar automáticamente el volumen del timbre o apagar los teléfonos móviles cuando un usuario entre en zonas de silencio. La conveniencia y beneficios potenciales de los teléfonos móviles son indiscutibles, pero la casi omnipresencia de esa tecnología está provocando acaloradas discusiones acerca de cuándo y dónde deberían utilizarse. Con más de 80 millones de abonados sólo en los Estados Unidos, es inevitable que algún teléfono móvil suene en una reunión, servicio religioso o acontecimiento de ocio, causando una interrupción. Se puede utilizar la tecnología inalámbrica Bluetooth para obligar a un uso correcto de los teléfonos móviles en áreas de silencio designadas, permitiendo a los usuarios que tengan sus móviles a mano sin comprometer su buena educación, mientras los cines y organizadores de reuniones pueden ofrecer la atmósfera tranquila que desean sus clientes.

BlueLinx Inc., una innovadora empresa del mercado inalámbrico con base en Charlotte, NC, ofrece una herramienta que evita que los teléfonos suenen con un volumen elevado en iglesias, cines y restaurantes. El dispositivo Q-zone patentado por la compañía utiliza la tecnología inalámbrica Bluetooth para crear áreas específicas en las que los dispositivos suenan a menor volumen. Q-zone cambia automáticamente la configuración de los teléfonos móviles y otros pequeños dispositivos electrónicos para que utilicen un volumen de llamada menor o una vibración silenciosa al entrar en áreas específicas, y retorna a la configuración anterior después de que se hayan marchado los usuarios. Funciona a través de una serie de pequeños nodos instalados por toda la zona de silencio, que forman una red inalámbrica de corto alcance que permite la comunicación directa entre los distintos dispositivos (figura 4-29).

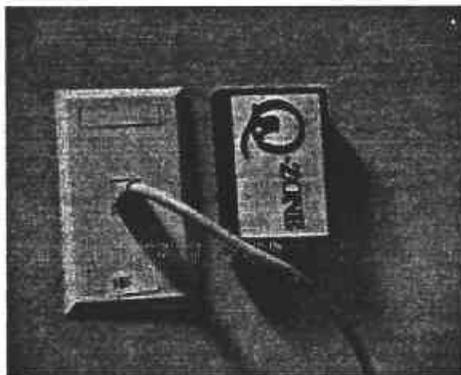


Figura 4-29. Q-zone, permite el control de volumen de los móviles.

### 4.2.15 COMERCIO ELECTRÓNICO MÓVIL

La tecnología inalámbrica Bluetooth jugará un papel preponderante en el comercio electrónico. Pronto podrá evitar la cola de los comercios para pagar, o acceder a Internet en cualquier parte mediante su teléfono móvil para hacer un pedido y pagar mercancías y servicios. Mientras que algunos, teléfonos móviles ya tienen tarjetas inteligentes (es decir, módulos de identidad del abonado, o módulos SIM, por Subscriber Identity Module) que pueden almacenar

dinero electrónico (figura 4-30), en realidad nadie desea pasar por la molestia de quitarlos del teléfono para que los lea una terminal punto de venta. Los componentes Bluetooth permitirán que pueda leerse la tarjeta inteligente mientras está en el teléfono o computadora de mano (figura 4-31).



Figura 4-30. SIM de abonado. Dentro de la tarjeta hay un SIM desmontable, puede encajar en cualquier tipo de teléfono móvil.



Figura 4-31. Socket Communication ofrece una gama de tarjetas insertables para ciertas computadoras de mano con Windows CE. Además de componentes Bluetooth, hay tarjetas insertables para acceso inalámbrico a la Web.

Ericsson y Visa International se hallan entre las compañías que desarrollan soluciones de pago para la compra de mercancías y servicios por Internet a través de dispositivos móviles, incluyendo teléfonos móviles y computadoras de mano. Específicamente, las dos compañías quieren ofrecer varias soluciones de pago que utilicen diversos estándares abiertos complementarios, como la especificación Bluetooth y el protocolo WAP (Wireless Application Protocol, protocolo de aplicaciones inalámbricas), así como los protocolos SET (Secure Electronic Transactions, transacciones electrónicas seguras) y Europay-Maestro-Card-Visa (EMV), para dirigirse a diferentes segmentos de mercado.

El monedero electrónico de Ericsson, que incorpora la tecnología inalámbrica Bluetooth, es una solución de pago para el comercio electrónico móvil. El monedero inalámbrico, que puede servir como sustituto del monedero convencional de monedas y billetes, contiene múltiples lectores de tarjetas inteligentes. Una tarjeta inteligente insertada en el monedero puede comunicarse con un dispositivo móvil que utilice componentes inalámbricos Bluetooth. Se puede utilizar el dispositivo móvil para comprar por Internet, de manera que la tarjeta inteligente apropiada que haya en el monedero electrónico se utilice para el pago.

Un ejemplo de un nuevo servicio hecho posible por esta tecnología es la promoción dirigida de entradas de conciertos o cines. Este servicio hará posible que a los abonados de teléfonos móviles se les notifique un acontecimiento antes de que se agoten las entradas. El usuario puede comprar entradas al momento por Internet por medio de un teléfono móvil capaz de navegar por la Web y que soporte WAP. Las entradas se envían entonces electrónicamente al teléfono, donde se guardan en una tarjeta inteligente. Cuando el usuario llega al cine, las entradas electrónicas de la tarjeta inteligente se presentan mediante una conexión inalámbrica Bluetooth que se establece con la terminal punto de venta del cine.

### 4.2.16 JAVA Y BLUETOOTH

La mayoría de los actuales dispositivos móviles se basan en plataformas propietarias, como Windows CE de Microsoft o PalmOS, y no pueden compartir controladores de aplicaciones o periféricos. Esta situación no presagia nada bueno para la aceptación de la especificación Bluetooth, ya que una de las ventajas principales de la tecnología son las redes ad hoc formadas por dispositivos que se puedan encontrar de forma espontánea. Java, de Sun, es la plataforma más portátil, ya que su código se ejecuta en todos los sistemas y redes que soporten la máquina virtual Java (Java Virtual Machine o JVM). Los compiladores Java generan código para la JVM, no para una computadora o sistema operativo específicos. Esto hace de forma automática a todos los programas Java aplicaciones multiplataforma. Este método de implantación del código también hace que Java sea la más adecuada para los dispositivos fijos con restricciones de memoria, equipados con la tecnología inalámbrica Bluetooth.

Hay otras dos razones convincentes para utilizar Java en sistemas fijos: para lograr conectividad con un sistema en el nivel de aplicación y para mejorar el proceso de desarrollo de software. En el primer caso, Java ofrece un entorno seguro para la provisión de servicios. La posibilidad de descargarse código por Internet de forma segura y ejecutarlo localmente es la razón principal para utilizar Java. En esta era de comercio electrónico, los servicios pueden estar localizados en cualquier parte de la Web; tener la posibilidad de satisfacer las demandas de los clientes a un costo muy bajo es un ingrediente esencial para el éxito de una compañía en este sector tan competitivo.

En el segundo caso, el equipo de desarrollo de software de la compañía se beneficia de un lenguaje de programación elegante para todo tipo de código, desde controladores hasta aplicaciones. Mientras que Java no convertirá a nadie en un experto en software fijo, puede hacer a los diseñadores de firmware tanto veteranos como noveles más productivos. La reutilización del código facilita el desarrollo rápido, con lo que los sistemas fijos son más sencillos de probar y más rápidos de implantar.

### 4.3 EL MERCADO DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

Desde su introducción, el sector ha dado la bienvenida a la tecnología inalámbrica Bluetooth como el desarrollo más significativo en las comunicaciones inalámbricas en 20 años. Pronto la gente en todo el mundo disfrutará de la comodidad, velocidad y seguridad de las conexiones inalámbricas instantáneas. Para cumplir con estas expectativas, es probable que los componentes Bluetooth se integren en cientos de millones de teléfonos móviles, PC, portátiles y una amplia gama de otros dispositivos electrónicos en los próximos años.

De acuerdo con la firma de investigación de mercados IDC, la tecnología inalámbrica Bluetooth se integró en más de 100 millones de dispositivos en los EE.UU y casi 450 millones en todo el mundo en el 2004. Además, la tecnología avanzará más allá de los dispositivos obvios, como portátiles y dispositivos de mano, hacia una variedad de otros dispositivos como impresoras, cámaras digitales y otros dispositivos de consumo. Una gran variedad de teléfonos móviles están entre los primeros en adoptar la especificación Bluetooth. Las impresoras comenzaron a integrarse a la tecnología inalámbrica Bluetooth desde el 2002. En la actualidad diversas compañías han lanzado a la venta varios dispositivos equipados con Bluetooth y anuncian que la tecnología inalámbrica Bluetooth será una característica integrada en más de 670 millones de productos en todo el mundo durante el 2005.

### 4.3.1 ADAPTADOR USB BLUETOOTH

El adaptador USB Bluetake BT007Si Bluetooth satisface ciertamente a aquellos usuarios que están fastidiados por el limitado espacio para ubicar dispositivos periféricos (figura 4-32).

La tecnología inalámbrica incorporada Bluetooth permite que la computadora se comuniquen con otros dispositivos Bluetooth libremente y sin esfuerzo alguno. Además, el adaptador USB BT007Si Bluetooth también incluye un software Bluetooth para ejecutar aplicaciones inalámbricas como transferencia de archivo, acceso a redes PAN y LAN, acceso telefónico a redes, etc. Además el Perfil de Bluetooth llamado "Dispositivo de interface humana (HID)", "Perfil avanzado de distribución de audio (A2DP)", y "Perfil básico de imagen (BIP)" están incluidos para permitir que su computadora use un teclado y ratón Bluetooth, auriculares estéreo, y reciba imágenes directamente desde teléfonos celulares Bluetooth.



**Figura 4-32.** Adaptador USB con Bluetooth. Con una distancia de conexión inalámbrica de 100 metros. Mediante estos adaptadores, las computadoras con conexión USB se convierten en equipos compatibles Bluetooth.

### 4.3.2 AUTO-ESTÉREO/MANOS LIBRES BLUETOOTH

El Belson 12100BT es un radio CD-MP3 con capacidades de comunicación inalámbrica Bluetooth se integra a la perfección con un teléfono móvil compatible. Además de escuchar la radio o reproducir nuestra música favorita grabada en discos compactos convencionales o MP3 (CD-R/CD-RW), se podrá atender, cómodamente y con total seguridad, las llamadas telefónicas mientras conducimos. Solo se tendrá que activar el contacto en el vehículo para que el sistema empiece a funcionar (figura 4-33). El sistema manos libres que lleva integrado este radio CD se encarga de monitorizar, una vez emparejado con el teléfono, tanto las llamadas entrantes como salientes. Durante la comunicación, la música se atenúa automáticamente hasta un nivel de

seguridad para permitirnos escuchar con claridad a nuestro interlocutor por los altavoces del sistema de sonido. En ese momento el control de volumen del auto estéreo pasa a administrar el nivel de volumen mientras atendemos la llamada. Nada más se termina la conversación, el Belson 12100BT retorna a las funciones típicas de un radio CD. El Belson 12100BT dispone además de un micrófono externo donde van integrados los mandos de control de las funciones manos libres. La capacidad de memoria permite tener emparejados simultáneamente hasta 3 terminales. Es posible además retomar el último número marcado para realizar una nueva llamada o transferirlas del sistema manos libres al teléfono en el momento que quiera salir del coche.



Figura 4-33. Auto-Estéreo con sistema de manos libres con tecnología Bluetooth.

### 4.3.3 AURICULARES

Auriculares Hi-Fi Deportivos Bluetooth i-PHONO BT420 de la marca Bluetake. Son tanto simples como cómodos de usar. Haciendo uso del Perfil de Distribución de Audio Avanzado Bluetooth (A2DP), permite disfrutar de la música estéreo inalámbrica que se esté reproduciendo en un walkman, o reproductor MP3/MD/CD, Pocket PC, Tablet PC, etc. habilitado para Bluetooth A2DP (figura 4-34).



Figura 4-34. Los auriculares i-PHONO, también se pueden utilizar con cualquier teléfono móvil que admita los perfiles de manos libres de Bluetooth.

Además de la aplicación de audio estéreo inalámbrica, los auriculares Hi-Fi Deportivos Bluetooth pueden ser usados para comunicaciones manos-libres con cualquier teléfono móvil que soporte un Micrófono Bluetooth o perfiles Manos-libres. Al disfrutar de la música, puede recibir o hacer llamadas fácilmente a través del micrófono integrado plegable y la tecnología innovadora incluida "auto-conexión". Cuando tenga una llamada entrante o saliente, puede escuchar el tono del timbre en los auriculares, por lo que no perderá ninguna llamada aunque esté escuchando música con los auriculares.

• 4.3.4 ÁLBUM DIGITAL

El Álbum de Imágenes digital de Nokia LP-1 tiene una capacidad de almacenamiento de hasta 20 GB gracias a su disco duro integrado, sólo hay que tomar una foto con un teléfono móvil o cámara digital compatible y transmitirla al Álbum de Imágenes a través de infrarrojos, tecnología inalámbrica Bluetooth, una interface USB o mediante una tarjeta MultiMediaCard (MMC) o SD. Una vez almacenadas las imágenes digitales, videos o mensajes en el Nokia LP-1, podrás verlos en la pantalla del televisor en modo de imágenes en miniatura, pantalla completa o secuencia de imágenes. Con el práctico interface gráfico de usuario puedes organizar también el contenido de la forma que prefieras. Además, el contenido almacenado en el Nokia LP-1 Álbum de Imágenes se puede volver a transmitir sin problemas al teléfono móvil o la cámara digital compatible (figura 4-35).



Figura 4-35. Álbum digital LP-1 de Nokia. Permite enviar las imágenes almacenadas a otros dispositivos que soporten la tecnología inalámbrica Bluetooth

Otra interesante posibilidad que presenta este equipo es la de imprimir directamente mediante Bluetooth nuestras imágenes favoritas a una impresora equipada con esta tecnología sin necesidad de una PC u otro equipo adicional. La visualización de imágenes en el TV se realiza de forma muy cómoda gracias al mando a distancia suministrado o bien directamente desde el teléfonos móvil gracias a un software especial que se instala en la terminal desde el que se podrá controlar fácilmente la presentación de las fotografías sin necesidad de usar el mando a distancia. El álbum de imágenes digital de Nokia es compatible con cualquier teléfono móvil u otro dispositivo con tecnología Bluetooth que soporte el perfil OBEX (object push).

4.3.5 CÁMARA FOTOGRÁFICA DIGITAL

La Concord Eye-Q Go es una cámara digital que posee las mismas cualidades que cualquier otra del mercado en su segmento, pero posee la particularidad de integrar tecnología Bluetooth de comunicación inalámbrica. Esto le permite transferir inmediatamente las fotografías realizadas a una gran variedad de aparatos electrónicos, tales como: teléfonos móviles, PDAs, ordenadores portátiles y computadoras de escritorio. Las ventajas son evidentes, podremos visualizar y editar al instante nuestras escenas sin necesidad de usar un lector de tarjetas o conectar la cámara al ordenador mediante cable. Muchos teléfonos móviles y PDAs son susceptibles de aprovechar la capacidad de interconexión de esta cámara, en general la comunicación será posible con todos aquellos dispositivos que tengan capacidad de transferencia de archivo mediante Bluetooth (figura 4-36).



Figura 4-36. De diseño compacto y elegante, la pequeña Concord Eye-Q Go Wireless se ha convertido ya en la primera cámara digital Bluetooth.

#### 4.3.6 ADAPTADOR PARA IMPRESORA

El BT200 es un adaptador de Bluetooth para impresoras. Es una ventaja eficaz para convertir impresoras que tiene un puerto paralelo a una Impresora Inalámbrica con Bluetooth. El BT200 permite una solución fácil de instalar y los usuarios no tienen que reinstalar los controladores de la impresora (figura 4-37).



Figura 4-37. Sustituyendo el cable de la impresora, este adaptador permite la impresión inalámbrica de cualquier dispositivo permitido por la tecnología Bluetooth.

Aparte de uso personal para la casa y oficina, el Bluetake BT200 Bluetooth Printer Adapter puede ser utilizado en lugares públicos como oficinas, hoteles, museos y aeropuertos. Al remplazar la conexión paralela de la impresora, el BT200 habilita impresiones inalámbricas sin complicaciones para dispositivos con Bluetooth como PCs de escritorio, Laptops, PDAs y teléfonos móviles.

### 4.3.7 PC CARD

La aportación de 3Com para el desarrollo e implantación de esta tecnología y sus aplicaciones prácticas pasa por la disponibilidad de su PC Card con tecnología Bluetooth (Bluetooth Type II Card), con la que se incorpora un paquete de software de sencilla instalación y utilización denominado 3Com Connection Manager, y una antena. Este software puede renovarse de forma instantánea, proporcionando una ruta de actualización cada vez que se añadan nuevas características a la especificación, lo cual protege la inversión de los consumidores.

Además, la antena XJACK incorporada, permanece dentro de la PC siempre que no se esté utilizando, por lo que este diseño elimina la necesidad de extraer la tarjeta del ordenador. A esto hay que añadir, que elimina y las interferencias, proporcionando una cobertura omnidireccional real (figura 4-38).



Figura 4-38. 3Com Wireless Bluetooth PC Card, permite compartir información de forma instantánea entre dispositivos personales Bluetooth.

### 4.3.8 RECEPTOR DE TELEVISIÓN DIGITAL

El Nokia Mediamaster 260T es mucho más que un decodificador de Televisión Digital Terrestre (TDT). En su disco duro de 80 Gb podrá almacenar hasta 80 horas de sus programas favoritos en calidad digital semejante a la de un DVD. Nada le impedirá atender llamadas de teléfono o visitas inesperadas que se produzcan durante la visualización y grabación de una determinada emisión. Una vez solventada la interrupción, podrá seguir viendo el programa justo donde lo había dejado mientras el Nokia Media Master 260T sigue grabando hasta que el programa termine. La tecnología de conexión inalámbrica Bluetooth integrada le permitirá, además, compartir con amigos y familiares sus fotografías favoritas capturadas con teléfonos celulares u otro móvil con cámara compatible con tecnología Bluetooth, pudiéndolas visualizar directamente en su televisor. Mediante el perfil OBEX podrá descargar en la memoria del receptor hasta 3000 imágenes y organizarlas en álbumes con sus fotos favoritas. Gracias a la TDT se podrá disfrutar de los contenidos de las televisiones y radios públicas y de pago con la máxima calidad de video y audio en formato MPEG-2. Además, esta nueva forma de emisión digital proporciona una señal clara y sin interferencias, todos los canales serán recibidos con la máxima nitidez y transparencia (figura 4-39).



**Figura 4-39.** Receptor de televisión digital de Nokia. El software de control del Nokia Media Master 2601 es actualizable, tanto a través de Internet como de la propia señal de televisión para ofrecerle nuevas funcionalidades y servicios.

### 4.3.9 TELÉFONO INALÁMBRICO

El teléfono inalámbrico de Inventel permite desde la transmisión de voz hasta la transferencia de datos. Este teléfono Bluetooth se conecta a la línea telefónica fija y puede comunicarse con otras terminales equipadas con tecnología Bluetooth e intercambiar datos, como la agenda con el teléfono móvil. Incluye acceso inalámbrico a Internet de alta velocidad, la base de este teléfono integra un módem enrutador ADSL inalámbrico. Permite compartir la conexión a Internet de alta velocidad y ciertos recursos como la impresora. De largo alcance, hasta 200 metros en campo abierto (figura 4-40).



**Figura 4-40.** Teléfono residencial inalámbrico con módem ADSL.

### 4.3.10 IMPRESORA FOTOGRAFICA

Lexmark Internacional, empresa líder en productos de impresión para oficina y el hogar ha anunciado el próximo lanzamiento en el mercado de una novedosa impresora fotográfica en formato 10x15 que incluye por primera vez en un dispositivo de estas características una grabadora de CDs. La P450 permitirá a los usuarios transferir, imprimir, almacenar y visualizar sus imágenes favoritas con un solo dispositivo (figura 4-41). La Lexmark P450 integra un módulo Bluetooth que permite imprimir directamente desde el teléfono móvil. Ahora además podremos grabar directamente en CD nuestras fotografías y crear un álbum digital sin necesidad de una PC, ni de engorrosas conexiones por cable. Según Najib Bahous, vicepresidente de Lexmark y presidente de la División de Consumo: “El modelo Lexmark P450, acerca al hogar muchas de las

funciones de tratamiento fotográfico. Los usuarios ya pueden guardar y organizar sus fotografías digitales en un CD, imprimirlas desde un móvil, ver sus fotos en televisión y mucho más. El modelo P450 es muy intuitivo, fácil de usar y tiene un precio muy asequible”.

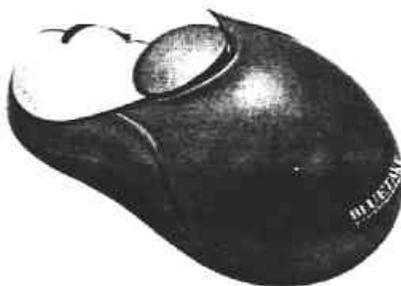


**Figura 4-41.** Impresora Lexmark P450 dispone de prestaciones únicas para mayor facilidad de manejo, que permitirá a todo tipo de usuario disfrutar de un sistema de impresión y almacenamiento fotográfico.

### 4.3.11 MOUSE BLUETOOTH

El Mouse Bluetake BT500 es una innovación que incorpora la tecnología Bluetooth. El BT500 proporciona al usuario un campo de operación de hasta 10 metros a partir de una computadora de escritorio o portátil activada con tecnología Bluetooth.

Utilizando la tecnología Bluetooth en este dispositivo aumenta mucho la velocidad del cursor y el movimiento es más preciso. Soporta Perfil de Human Interface Device (HID), fuente de alimentación con dos pilas tamaño triple A, interruptor de encendido/apagado integrado para conservar la energía de las pilas, contorno diseñado ergonómicamente para un uso más cómodo y tamaño mini para una utilización móvil (figura 4-42).



**Figura 4-42.** Mouse Bluetooth, compatible con versiones de Windows XP/2000/ME/98SE y Mac OS X ver. 10.2.6 o posterior.

### 4.3.12 RECEPTOR GPS

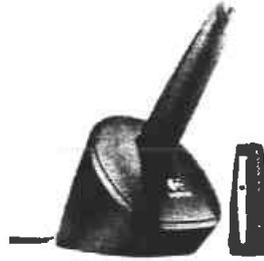
El Módulo GPS Inalámbrico Nokia LD-1W le ayuda a llegar a su destino. Se conecta de forma inalámbrica a un teléfono, PC o agenda electrónica compatible mediante la tecnología Bluetooth y funciona con todo tipo de aplicaciones de navegación vía satélite. El Módulo GPS Inalámbrico Nokia LD-1W le puede guiar entre calles y avenidas desconocidas ayudándole a llegar a la hora a cualquier parte. Observe el mapa en la pantalla a color de tu teléfono o dispositivo compatible y hágase una mejor idea de dónde va. Las aplicaciones le indicarán la mejor ruta o puntos fuera de ruta: una magnífica herramienta para tener en vacaciones cuando explora una ciudad extranjera. El Módulo GPS Inalámbrico LD-1W de Nokia ofrece información sobre localización en un producto pequeño y ligero. La interfaz inalámbrica, que utiliza la tecnología Bluetooth, garantiza la conexión segura con una amplia gama de teléfonos móviles, agendas electrónicas y PC (figura 4-43).



Figura 4-43. Receptor GPS de Nokia, se conecta de forma inalámbrica a un teléfono, PC o PDA compatible mediante la tecnología Bluetooth.

### 4.3.13 LÁPIZ DIGITAL

Utilizando el io2 Digital Pen de Logitech con tecnología Bluetooth, un trabajador con oficina móvil podrá capturar información utilizando una versión adaptada del formato estándar de papel, como por ejemplo, una valoración de peritaje o una orden de ventas. El lápiz automáticamente crea un registro digital que se transmite gracias a la tecnología Bluetooth a un dispositivo de comunicaciones de mano, como un teléfono inteligente o PDA. Estos datos pueden estar almacenados y ser procesados en el dispositivo de mano o ser inmediatamente enviados a la base de datos central de la compañía para ser procesados. Para el trabajador móvil es un proceso automatizado que comienza al rellenar un formulario común y termina con la confirmación en su dispositivo inalámbrico de mano de que la información ha sido enviada y recibida (figura 4-44).

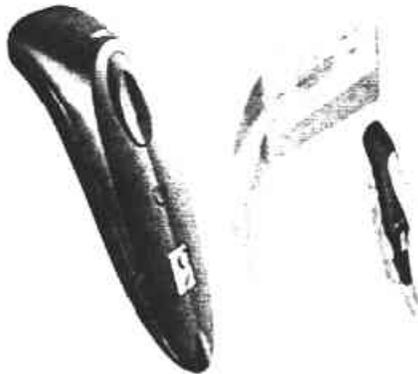


**Figura 4-44.** Lápiz digital con tecnología Bluetooth que facilita la acumulación de datos en movimiento.

#### **4.3.14 ESCÁNER DE MANO**

Si necesita recoger información de códigos de barras pero no desea estar atado a su ordenador portátil o de mano, este lector de mano de Socket, con conectividad inalámbrica Bluetooth es lo que estaba buscando. Este innovador dispositivo combina el poder de la captura de datos láser, equipado con tecnología Bluetooth es un lector liviano y compacto, ergonómicamente diseñado para ajustarse de forma cómoda a la palma de su mano.

El motor de lectura de Socket (Socket's Cordless Hand Scanner - CHS) está equipado con una poderosa interfaz de comunicaciones de Bluetooth, de manera que puede estar conectado a su computadora portátil o de escritorio al máximo rango posible (figura 4-45).



**Figura 4-45.** Escáner de mano con tecnología Bluetooth, máximo alcance 100 metros, utiliza el perfil Bluetooth con conectividad a puerto serial.

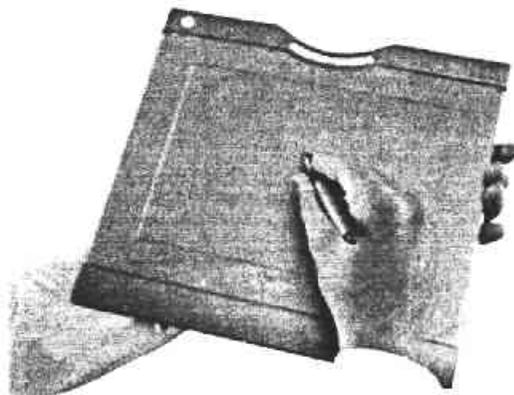
Si la información está codificada en códigos de barras, la captura de datos a través de lectura láser es 50 veces más rápida y 10000 veces más precisa que si se hiciera a mano. Además de funciones fuzzy logic, una tecnología que permite leer códigos de barras dañados o mal impresos. El CHS puede ser usado en aplicaciones más intensivas, como lectura en exteriores o a través de cristal. El lector inalámbrico con conectividad Bluetooth usa un mínimo de energía, de forma que puede ser utilizado durante horas sin necesidad de recargar sus baterías. El software incluido SocketScan dirige los datos capturados hacia cualquier aplicación basada en Windows,

Palm o Symbian como si hubiese sido escrita a mano. Además, la renombrada tecnología Bluetooth de Socket le facilita una conexión estable y confiable entre el motor de lectura CHS y el ordenador host.

### 4.3.15 TABLETA DIGITALIZADORA

Con la tableta para lápiz Graphire de Wacom se puede editar fotografías, vídeos y gráficos con máxima precisión y comodidad. Firmar documentos, realizar dibujos creativos o utilizar fácilmente completos y minuciosos programas de diseño. Con ayuda del potente paquete de software, no existen límites para la imaginación. La Graphire Bluetooth para Mac y PC, es la primera tableta digitalizadora Bluetooth del mundo y está enfocada a los aficionados a la edición de imagen digital, para que puedan editar, sin incómodos cables por el medio, fotos, imágenes digitales, vídeos. Utilizando un lápiz y la tableta. Esta tableta, de formato DIN A5, funciona en un radio de hasta 10 metros de la computadora. Al ser inalámbrica proporciona una forma de trabajar cómoda y relajada, pudiendo ser utilizada tanto sobre el escritorio como sobre las rodillas (figura 4-46).

**graphire**  
**Bluetooth**  
WIRELESS TECHNOLOGY



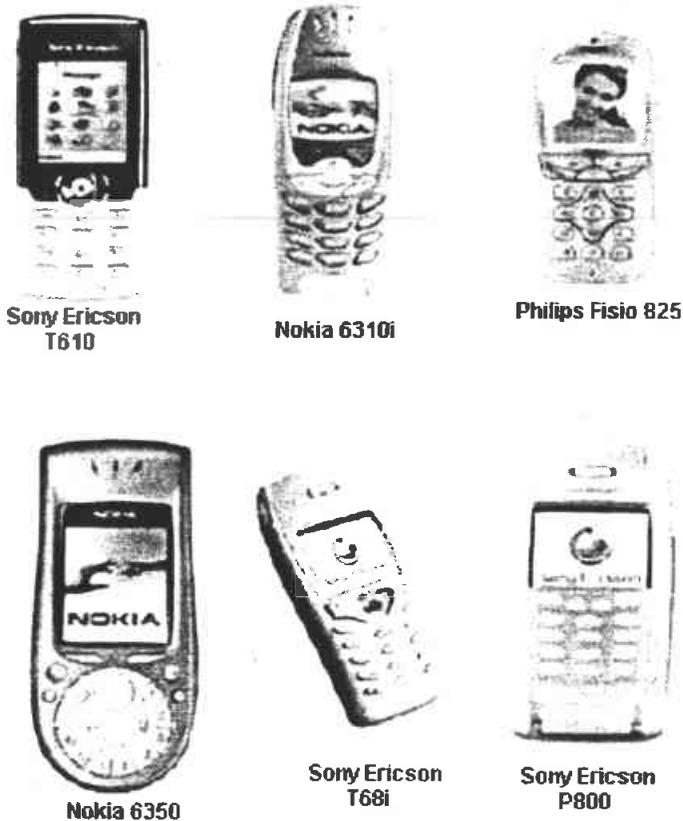
**Figura 4-46.** Tableta digitalizadora Graphire. La sensibilidad a la presión, el posicionamiento y otra información se envía desde la tableta a la computadora mediante la tecnología Bluetooth.

Es una tableta de alta tecnología con estilo y con Express Keys. Esta tableta de lápiz de alta tecnología tiene un área activa de trabajo de 208,8 x 150,8 mm. Un marco de foto transparente sirve como marco para fotos personales o como plantilla para imágenes y dibujos. En la parte superior de la tableta hay dos botones programables (Express Keys) que se pueden personalizar con el software de edición de imágenes para cambiar de herramienta o modificar sus propiedades.

Baterías de larga duración con función de ahorro de energía, la tableta de lápiz Graphire Bluetooth utiliza una batería de polímero de litio de gran calidad. Esta batería se puede recargar en cualquier momento sin efectos negativos sobre la memoria y permite hasta 25 horas de operación sin interrupciones. La tableta incluye una función de ahorro de energía que la apaga automáticamente si ésta no se utiliza durante un periodo de 30 minutos. El lápiz ofrece 512 niveles de presión para dibujar trazos naturales, retocar imágenes digitales señalando con precisión o aplicar filtros con mayor control.

#### **4.3.16 TELÉFONOS MÓVILES**

Los móviles equipados con Bluetooth (cada vez son más los modelos que lo incluyen) permiten conectarse directamente a otros terminales compatibles (figura 4-47). El costo de la comunicación es cero, ya que no se utiliza la red de ninguna operadora, y las ventajas son muchas: compartir la agenda de contactos, intercambiar melodías, iconos, fotografías, etc.



**Figura 4-47.** Teléfonos móviles de diferentes marcas, que llevan integrada la tecnología Bluetooth.

#### 4.4 INSTALACIÓN Y CONFIGURACIÓN DE UN ADAPTADOR BLUETOOTH USB EN UNA PC

La tecnología inalámbrica Bluetooth logra la comunicación de una computadora portátil o de escritorio de forma fácil y rápida con otros dispositivos Bluetooth mediante un adaptador USB con tecnología Bluetooth y software Bluetooth (figura 4-48). En el mercado actual, existen diversas marcas y modelos de estos adaptadores, así como una gran diversidad de software para la interacción con otros dispositivos Bluetooth, tales como: Toshiba Bluetooth, Widcomm Bluetooth para Windows, Conceptronic Bluetooth, entre otros. El software que utilizaremos para la configuración del adaptador Bluetooth USB es el BlueSoleil de IVT Corporation, versión 1.4.9 en español, bajo la plataforma de MS Windows XP Home Edition Service Pack 2, y el adaptador utilizado es el Bluetooth USB Dongle de la marca CCK.

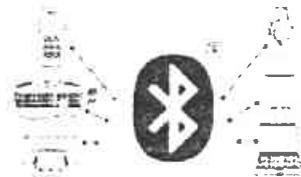


Figura 4-48. Interacción de dispositivos con tecnología Bluetooth.

##### 4.4.1 ADAPTADOR BLUETOOTH USB

Un adaptador con tecnología Bluetooth para puerto USB es un dispositivo con una distancia de conexión inalámbrica de 10, 20 ó 100 metros, dependiendo su tipo de clase. Mediante estos adaptadores, las computadoras con conexiones USB se convierten en equipos compatibles Bluetooth. El CCK Bluetooth USB Dongle (figura 4-49), es un adaptador que mide 4.3 x 1.3 x 0.2 cm. Cuenta con sistema compatible con las especificaciones Bluetooth v1.1/v1.2 y USB 1.1, y proporciona una velocidad de transmisión de datos de 1 Mbps en distancias de hasta 100 metros. Utilizando el software apropiado, permite realizar conexiones inalámbricas de red privada (PAN) con otros dispositivos compatibles con Bluetooth, como PDAs, impresoras, teléfonos móviles, computadoras, cámaras, etc.



Figura 4-49. Adaptador Bluetooth para Puerto USB. Una solución perfecta para realizar conexiones inalámbricas con otros dispositivos, con este tipo de adaptadores las computadoras con USB se convierten en equipos compatibles Bluetooth.

El adaptador inalámbrico Bluetooth para USB de CCK puede utilizarse en plataformas Mac y Windows. Es portátil y fácil de instalar y usar. Los requisitos mínimos del sistema admitidos por el adaptador CCK Bluetooth USB Dongle son los siguientes:

- ☞ Computadoras portátiles o de escritorio con procesador Pentium a 300 MHz.
- ☞ 128 MB de RAM.
- ☞ Un puerto USB
- ☞ Sistema operativo Windows 98SE/ME/2000/XP o Mac OS X v10.2

### 4.4.2 SOFTWARE BLUETOOTH

Un adaptador Bluetooth USB necesita que estén instalados en la computadora los controladores y software Bluetooth para realizar las operaciones inalámbricas tales como: transferencia de archivos, acceso a la red local, conexión tipo Dial-Up, interacción con la red física y otras funciones típicas.

BlueSoleil es un software basado en Windows de IVT que permite a las computadoras de escritorio o portátiles Bluetooth conectarse directamente y de forma inalámbrica a otros dispositivos Bluetooth. BlueSoleil permite a los usuarios de MS Windows acceder de forma inalámbrica a una gran variedad de dispositivos digitales Bluetooth, por ejemplo, cámaras, teléfonos móviles, auriculares, impresoras y receptores GPS. También puede crear redes e intercambiar datos con otras computadoras o PDAs Bluetooth.

### 4.4.3 INSTALACIÓN DEL SOFTWARE BLUESOLEIL

4. Colocar el CD de instalación de BlueSoleil en la unidad de CD-ROM. El programa de instalación se iniciará automáticamente. Si la opción de inicio automático está desactivada en su PC, haga clic en Inicio > Ejecutar y escriba d:\setup.exe (d: es la unidad de CD-ROM). Se inicia el Asistente para instalar BlueSoleil (figura 4-50).

Nota: El adaptador Bluetooth USB Dongle NO tiene que estar conectado en el puerto USB de la computadora.

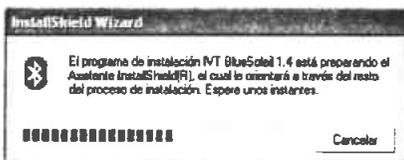


Figura 4-50. Asistente de instalación de BlueSoleil.

5. Seleccionaremos el idioma para la instalación: [Español] (figura 4-51).

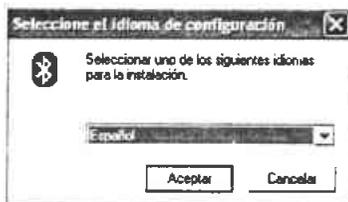


Figura 4-51. Selección del idioma.

6. Pulsaremos en [Siguiente] para iniciar el asistente de BlueSoleil (figura 4-52).

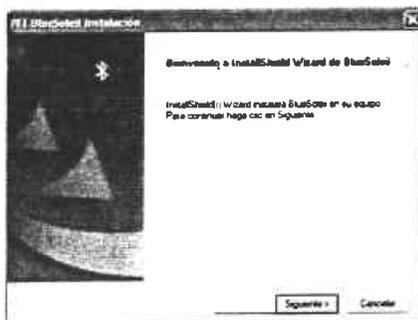


Figura 4-52. Pulsar [Siguiente].

7. A continuación se abre el contrato de licencia. Pulse que [Sí] para aceptar los términos y continuar (figura 4-53).

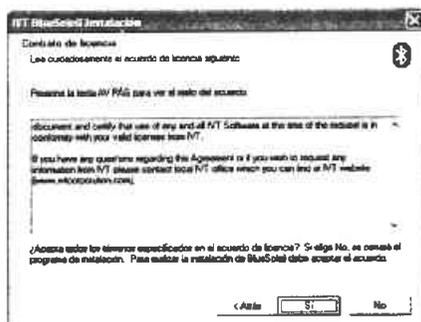


Figura 4-53. Aceptar términos.

8. Haga clic en el botón [Siguiente] para aceptar la carpeta de instalación predeterminada o en [Examinar] para seleccionar una carpeta distinta (figura 4-54).

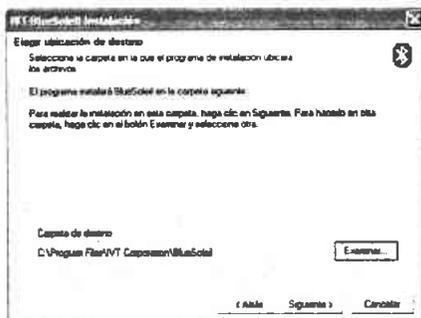


Figura 4-54. Selección de la carpeta de destino.

9. A continuación se ejecutará el proceso de instalación del software (figura 4-55).

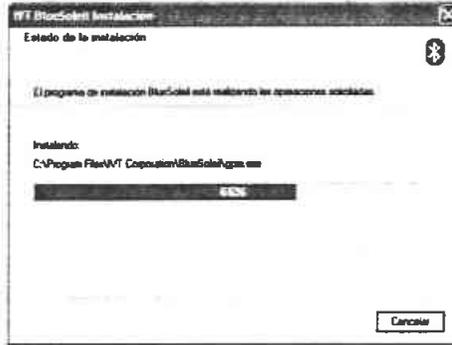


Figura 4-55. Proceso de instalación.

Aparecerán varias ventanas con los diferentes perfiles que soporta BlueSoleil (figura 4-56).



Figura 4-56. Instalación de diferentes perfiles.

Nota: Durante este proceso nos aparecerá una o varias ventanas de aviso de certificado, pulsaremos en todas ellas [Continuar] para proseguir con la instalación (figura 4-57).

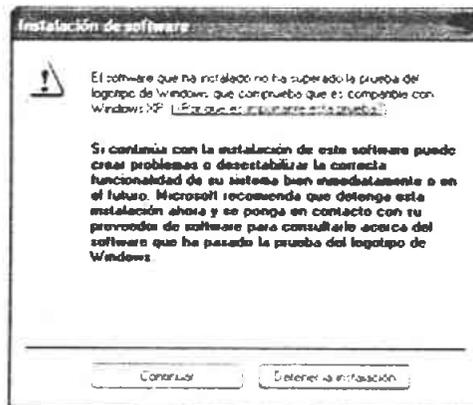


Figura 4-57. Aviso de certificado de MS Windows.

10. Una vez completada la instalación del software, seleccionamos la casilla [Sí] y pulsamos [Finalizar] para reiniciar la computadora (figura 4-58).

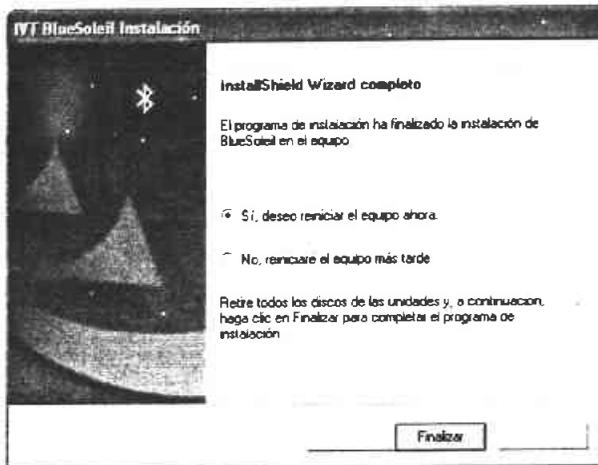


Figura 4-58. Finalización de la instalación.

11. Después de reiniciar el sistema e iniciar la sesión, aparecerán dos nuevos iconos Bluetooth en el Escritorio y en la barra de sistema de Windows respectivamente (figura 4-59).

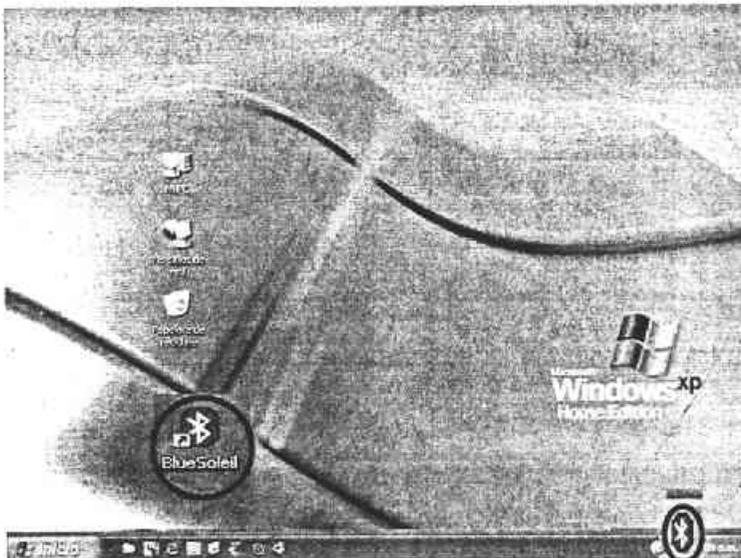


Figura 4-59. Iconos Bluetooth

12. Terminada la instalación del software BlueSoleil se puede insertar el adaptador Bluetooth en algún puerto USB. El adaptador Bluetooth USB Dongle CCK funciona tanto con computadoras portátiles como de escritorio que tengan un puerto USB (figura 4-60).

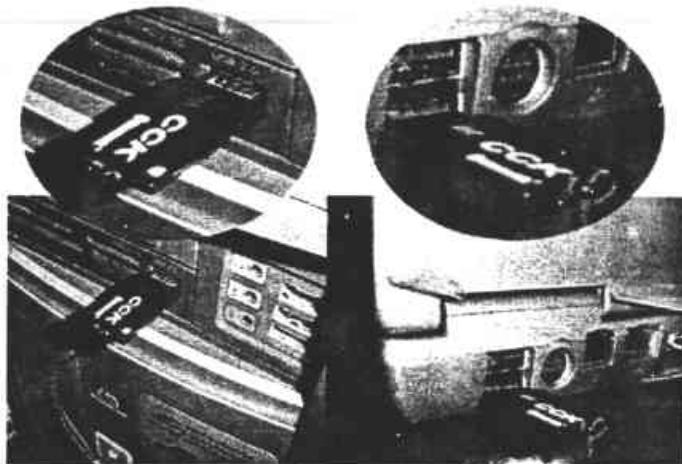


Figura 4-60. Puertos USB de una PC de escritorio y portátil.

13. El software BlueSoleil detectará automáticamente la inserción o extracción del adaptador USB y aparecerá un mensaje en la barra de sistema (figura 4-61).



Figura 4-61. Cuando el adaptador Bluetooth es conectado aparece el mensaje Bluetooth en marcha.

14. Ahora se puede ejecutar el software BlueSoleil, para acceder a BlueSoleil hay varias formas:
- ☛ En la barra de sistema de Windows: con el botón derecho del ratón, haga clic en el icono Bluetooth y seleccione visualizar.
  - ☛ Haciendo doble clic en el icono Bluetooth en el Escritorio de Windows.
  - ☛ Pulsando el icono Inicio > Programas > IVT BlueSoleil > BlueSoleil.

La primera vez aparecerá una ventana para identificar al equipo. A continuación, escriba un nombre exclusivo para la computadora. El nombre que escriba aparecerá en los otros dispositivos Bluetooth. Seleccione el tipo de computadora en el menú desplegable y haga clic en [OK] (figura 4-62), el nombre de la computadora se puede cambiar después si así se desea, pulsando en la barra de menú en Mi Bluetooth > Propiedades de dispositivo > Nombre del Dispositivo. Con esto habremos preparado el adaptador Bluetooth para recibir conexiones de otros aparatos que lo utilicen.

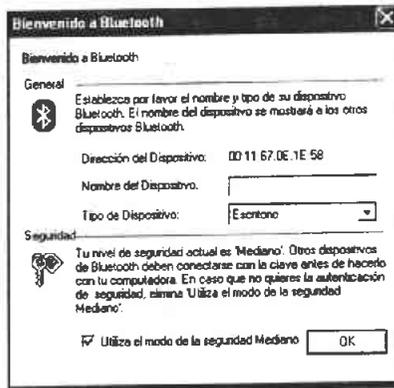


Figura 4-62. Especificación del nombre del equipo el cual servirá para identificarse con los otros dispositivos.

#### 4.5 INTRODUCCIÓN AL SOFTWARE BLUESOLEIL

Para conectar y compartir servicios mediante la tecnología inalámbrica Bluetooth, dos dispositivos deben admitir el mismo perfil Bluetooth y asumir funciones de dispositivo opuestas (por ejemplo, uno debe ser el servidor y el otro debe ser el cliente). Los dispositivos Bluetooth a menudo admiten varios perfiles y si se incluyen varias conexiones pueden realizar varias funciones de dispositivo simultáneamente.

En la tabla 4-1 se puede observar los perfiles que el software BlueSoleil soporta para aplicaciones Bluetooth en las siguientes funciones de dispositivo.

Tabla 4-1. Perfiles que soporta el software BlueSoleil.

Perfiles Bluetooth	Función	Cliente	Servidor
Auricular AV	Permite a los usuarios utilizar unos auriculares Bluetooth para escuchar música en estéreo con gran calidad reproduciéndola desde un PC.	X	X
Perfil de Imagen Básica (BIP)	Permite a los usuarios recibir imágenes desde un dispositivo Bluetooth como, por ejemplo, una cámara digital, un teléfono móvil u otro dispositivo compatible. También permite el control remoto para fotografía, pantalla y otras funciones de imagen.	X	X
Acceso Telefónico a Redes (DUN)	Permite a los usuarios conectar a Internet de forma inalámbrica mediante un módem Bluetooth o un teléfono móvil que admita el perfil DUN.	X	
Fax	Permite a los usuarios enviar faxes desde un equipo mediante un teléfono móvil o módem Bluetooth.	X	
Transferencia de Archivos (FTP)	Permite a los usuarios transferir archivos o carpetas entre equipos Bluetooth de escritorio, portátiles, PDA, teléfonos móviles, etc.	X	X
Auriculares	Permite a los usuarios utilizar unos auriculares Bluetooth como micrófono o auriculares.	X	X
Dispositivo de Interfaz Humana (HID)	Permite a los usuarios utilizar dispositivos HID Bluetooth como, por ejemplo teclado, ratones o joystick para controlar el equipo.	X	

## CAPÍTULO 4. MODELOS DE USO Y APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

Acceso LAN (LAP)	Permite a los usuarios acceder a una red de área local (LAN) mediante un punto de acceso LAN Bluetooth.	X	X
Objeto de Empuje [Push de objeto Bluetooth(OPP)]	Permite a los usuarios enviar y recibir objetos de datos de Administración de información personal (PIM) (incluyendo mensajes, notas, calendarios, elementos y tarjetas) hacia y desde un PDA o teléfono móvil Bluetooth.	X	X
Red de Área Personal (PAN)	Permite a PCs, equipos portátiles, PDAs y otros dispositivos Bluetooth crear una red PAN de uno de los dos tipos. En un grupo de red punto a punto (GN), que funciona como una red aislada, varios usuarios PAN (PANU) están conectados entre ellos mediante el controlador GN. Un PAN también puede constar de varios PANU conectados a un punto de acceso de red (NAP), que proporciona acceso a una red de área local (LAN) de infraestructura externa. BlueSoleil admite estas tres funciones de dispositivo GN (controlador), PANU y NAP.	X	X
Impresora (HCRP)	Permite a su equipo conectarse con una impresora Bluetooth.	X	
Puerto Serie (SPP)	Bluetooth proporciona a PCs, portátiles, PDAs, receptores GPS, adaptadores serie inalámbricos y otros dispositivos Bluetooth un puerto serie virtual, lo que permite la comunicación entre ellos de forma inalámbrica mediante Bluetooth en lugar de un cable de serie. BlueSoleil admite cuatro puertos serie Bluetooth para conexiones salientes y dos puertos serie Bluetooth para conexiones entrantes.	X	X
Sincronización (SYNC)	Permite a los usuarios sincronizar objetos PIM de sus equipos con los de otros equipos Bluetooth al igual que con teléfonos móviles, PDAs y otros dispositivos Bluetooth.	X	X

Continuación de la Tabla 4-1. Perfiles que soporta el software BlueSoleil

### 4.5.1 VENTANA PRINCIPAL

La ventana principal muestra el dispositivo local (bola roja) y los dispositivos remotos detectados dentro del ámbito. En esta ventana se realizan las operaciones de conexión y desconexión. Las conexiones se indican en líneas entre el dispositivo local y los dispositivos remotos conectados (figura 4-63).

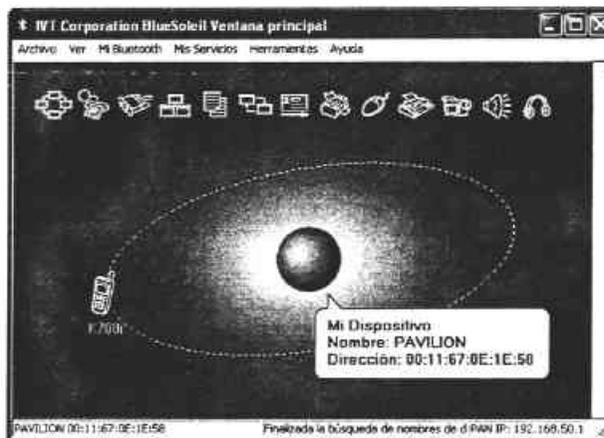


Figura 4-63. Ventana Principal de BlueSoleil.

De forma predeterminada, BlueSoleil se inicia con la ventana principal abierta. Para regresar a la ventana principal tras cambiar la vista, haga clic en Ver > Ventana Principal.

La Ventana Principal incluye los siguientes elementos:

1. Dispositivo Bluetooth local.
2. Dispositivos Bluetooth remotos.
3. Bluetooth Botones de servicio de dispositivos remotos.

### 1. Dispositivo Bluetooth Local:

El dispositivo local Bluetooth, conocido como “Mi dispositivo”, representa el equipo del usuario que está ejecutando BlueSoleil (figura 4-64). Sus operaciones son:

- ☞ Pase el puntero del ratón por encima para mostrar el nombre o dirección del dispositivo Bluetooth local (si no tiene nombre).
- ☞ Haga clic en la bola roja para iniciar o detener la búsqueda de dispositivos Bluetooth dentro del ámbito.
- ☞ Haga clic con el botón derecho del ratón sobre la bola roja para mostrar un menú emergente de operaciones relacionadas (por ejemplo, Consultas generales, Mis servicios, Seguridad, etc.).



Figura 4-64. Icono “Mi dispositivo”.

### 2. Dispositivos Bluetooth Remotos:

Los dispositivos remotos son otros dispositivos Bluetooth que se encuentran dentro del ámbito Bluetooth de su dispositivo local. BlueSoleil utiliza diferentes iconos para indicar los distintos tipos de dispositivos remotos (figura 4-65).

Los dispositivos remotos pueden encontrarse en cualquiera de los tres estados, que BlueSoleil indica con colores diferentes.

- ☞ Blanco- inactivo. El estado normal del dispositivo.
- ☞ Amarillo- Seleccionado. El dispositivo ha sido seleccionado.
- ☞ Verde- Conectado. El dispositivo está conectado a su equipo.

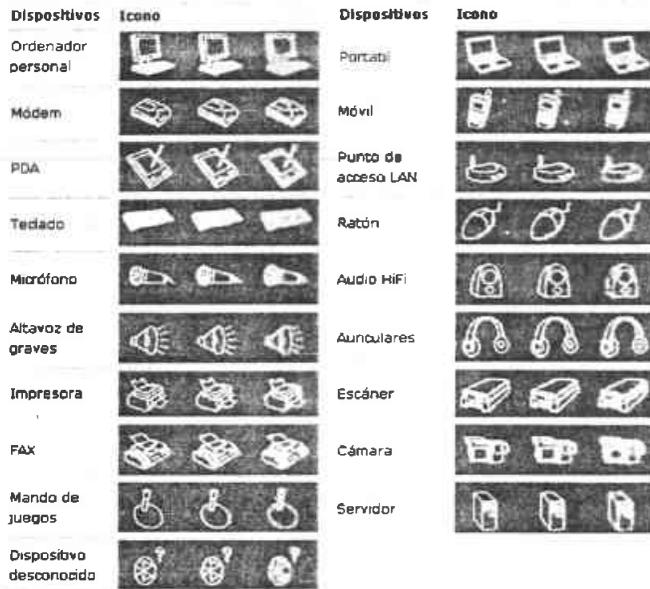


Figura 4-65. Iconos que indican los diferentes dispositivos.

### 3. Botones de Servicio de Dispositivo Bluetooth Remoto:

Los botones de servicio situados en la parte superior de la ventana principal representan una variedad de servicios Bluetooth potencialmente admitidos por los dispositivos remotos (figura 4-66).

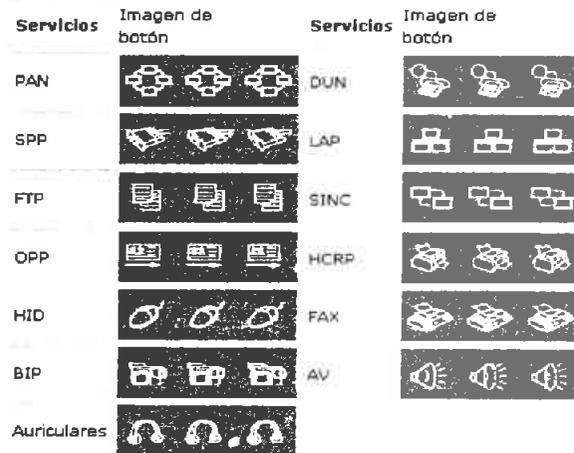


Figura 4-66. Iconos de Servicios Bluetooth.

- Existen 3 estados para los iconos de servicio, indicados por colores distintos.
  - ☞ Blanco- inactivo. El estado normal.
  - ☞ Amarillo- Disponible. El servicio Bluetooth está disponible en el dispositivo remoto seleccionado.
  - ☞ Verde- Conectado. El servicio Bluetooth está activado en una conexión con el dispositivo remoto.

#### 4.5.2 VENTANA DE SERVICIOS

La ventana de servicios muestra los servicios Bluetooth locales, (por ejemplo, los servicios Bluetooth admitidos por BlueSoleil). Utilice la ventana de servicios para iniciar y detener servicios, además de para configurar las propiedades de estos servicios. Para acceder a la ventana de servicios, haga clic en Ver > Ventana de Servicios.

La Ventana de Servicios incluye los siguientes elementos:

1. Estado de Dispositivo Local.
2. Estado de servicio.

##### 1. Estado de Dispositivo Local:

- a) El estado del dispositivo local puede verse en el cuadro de diálogo Estado de Servicio Local. Haga clic con el botón derecho en cualquier icono de servicio local de la ventana de servicios y seleccione [Estado] en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo Estado de servicio local (figura 4-67).

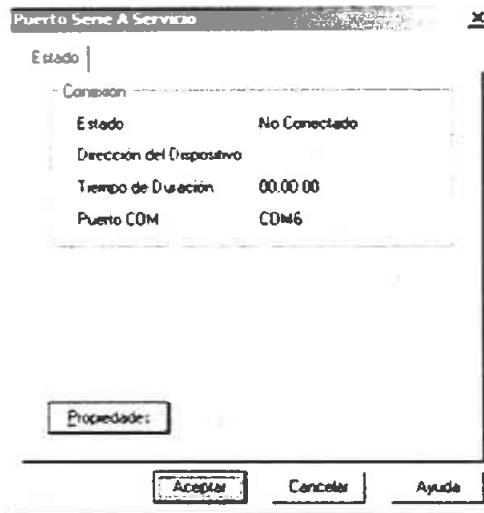


Figura 4-67. Estado de servicio local (por ejemplo, servicio de puerto serie A)

• La conexión indica:

- ☞ Estado: Si el servicio local está conectado.
- ☞ Dirección de dispositivo: Muestra la dirección Bluetooth del dispositivo remoto que se conecta al servicio.
- ☞ Duración: El tiempo transcurrido desde que se configuró la conexión.
- ☞ Puerto COM: Los puertos COM virtuales Bluetooth conectados por el dispositivo remoto.

b) El cuadro de diálogo Estado de servicio PAN es diferente (figura 4-68).

La conexión indica:

- ☞ Estado: Si el servicio local está conectado.
- ☞ Nombre de dispositivo: Muestra el nombre del dispositivo remoto que se conectará al servicio.
- ☞ Duración: El tiempo transcurrido desde que se configuró la conexión.
- ☞ Lista de conexión: Muestra los nombres y las direcciones de dispositivos remotos que se conectan al servicio PAN.

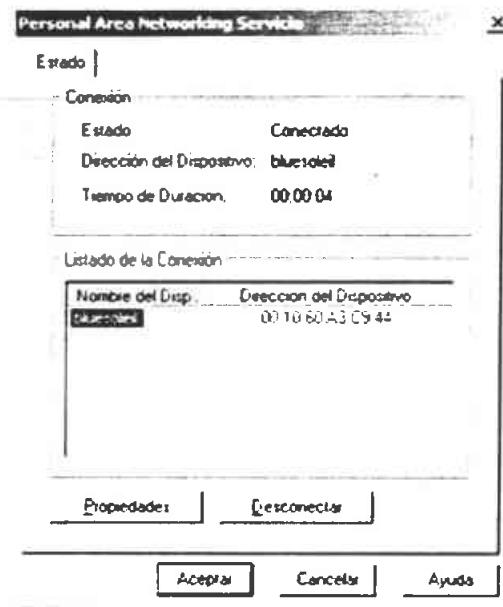


Figura 4-68. Estado de Servicio Local (PAN)

## 2. Lista de Servicios Locales:

La lista de servicios locales muestra todos los servicios Bluetooth admitidos por el equipo local. Utilice esta pantalla para iniciar/detener los servicios (figura 4-69).

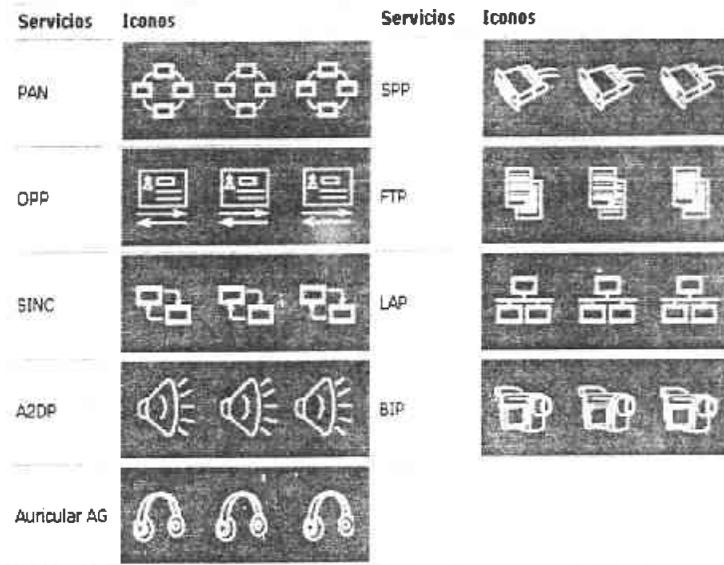


Figura 4-69. Iconos de Servicios Locales.

Existen 3 estados para los servicios Bluetooth locales que se indican con un color de icono distinto.

- ☞ Blanco- inactivo. El servicio no se ha iniciado.
- ☞ Amarillo- Iniciado. El servicio Bluetooth local se ha iniciado.
- ☞ Verde- Conectado. Un dispositivo remoto se ha conectado al servicio.

### 4.5.3 MENÚS

BlueSoleil contiene los siguientes seis menús:

1. Menú Archivo
2. Menú Ver
3. Menú Mi Bluetooth
4. Menú Mis Servicios
5. Menú Herramientas
6. Menú Ayuda

#### 1. Menú Archivo:

- ☞ Ocultar: Oculta la ventana BlueSoleil. Las conexiones aún funcionarán cuando la ventana esté oculta.
- ☞ Siempre visible: Mantiene la ventana BlueSoleil siempre visible.
- ☞ Salir: Sale de BlueSoleil.

### 2. Menú Ver:

- ☞ Ventana principal: Muestra la ventana principal de BlueSoleil.
- ☞ Ventana Servicios: Muestra la ventana de servicios de BlueSoleil.
- ☞ Ordenar dispositivos: Ordena todos los dispositivos remotos por Nombre de dispositivo, Dirección de dispositivo o Tipo de dispositivo.
- ☞ Actualizar dispositivos: Actualiza la lista de dispositivos remotos detectados por BlueSoleil.

Nota. Si selecciona Actualizar dispositivos, la lista de dispositivos detectados anteriormente no se borrará. Para iniciar una nueva búsqueda de dispositivos borrando primero la lista anterior, pulse [F5].

### 3. Menú Mi Bluetooth:

- ☞ Detección de dispositivo Bluetooth: Busca otros dispositivos Bluetooth dentro del ámbito de funcionamiento.
- ☞ Detección de servicios Bluetooth: Examina los servicios del dispositivo remoto seleccionado.
- ☞ Seguridad: Configura las opciones de seguridad del dispositivo local (por ejemplo, petición de contraseña, cifrado de datos, etc.).
- ☞ Propiedades: Configura las propiedades del dispositivo local (por ejemplo, nombre de dispositivo, accesibilidad, etc.).

### 4. Menú Mis servicios:

- ☞ Iniciar servicio: Inicia el servicio Bluetooth local seleccionado.
- ☞ Detener servicio: Detiene el servicio Bluetooth local seleccionado.
- ☞ Estado: Muestra el estado del servicio Bluetooth local seleccionado.
- ☞ Propiedades: Configura las propiedades de los servicios Bluetooth locales (por ejemplo, conexiones automáticas, ubicaciones de archivos compartidos, etc.).

### 5. Menú Herramientas:

- ☞ Buscar dispositivo: Busca un dispositivo mediante uno de los dos criterios de búsqueda, por Dirección o por Nombre de dispositivo Bluetooth.
- ☞ Añadir nuevo dispositivo: Añade un dispositivo remoto introduciendo su dirección de dispositivo Bluetooth.
- ☞ Añadir dispositivo desde Historial: Añade un dispositivo remoto desde una lista de historial.
- ☞ Configuraciones > Conexión rápida: Si lo desea, asigne un dispositivo remoto al que conectar automáticamente cada vez que una aplicación abra un puerto serie Bluetooth especificado.
- ☞ Configuraciones > Desconexión de HID: Elimina dispositivos de interfaz humana de BlueSoleil.
- ☞ Mi dispositivo Bluetooth: Configuración de hardware avanzada, recomendada solamente para usuarios avanzados.

## 6. Menú Ayuda:

- ☞ Contenidos e índice: Accede a la ayuda en línea de BlueSoleil.
- ☞ Acerca de BlueSoleil: Información acerca de su versión de BlueSoleil.

### 4.5.4 ADMINISTRACIÓN DE CONEXIÓN BLUETOOTH

La administración de conexión Bluetooth incluye.

1. Búsqueda de dispositivos remotos.
2. Conexión y desconexión.
3. Conexión mediante accesos directos.
4. Estado de dispositivos remotos.
5. Propiedades de dispositivo remoto.

#### 1. Búsqueda de dispositivos remotos:

Para configurar una conexión Bluetooth, el dispositivo remoto debe encontrarse primero. Existen 3 modos de encontrar dispositivos remotos en BlueSoleil.

##### a) Consulta de dispositivo:

- ☞ Haga clic en la bola roja de la ventana principal para comenzar la consulta.
- ☞ Los dispositivos Bluetooth dentro del ámbito de funcionamiento se mostrarán alrededor de la bola central.
- ☞ Espere unos segundos hasta que se hayan obtenido los nombres de todos los dispositivos.

b) Añadir un dispositivo desde la lista de historial: Los dispositivos que se han detectado o a los que se ha conectado se pueden añadir directamente desde la lista de historial del dispositivo.

- ☞ Seleccione el menú Herramientas > Añadir dispositivo desde historial. Aparecerá el cuadro de diálogo Historial.
- ☞ Seleccione el dispositivo de la lista y haga clic en el botón Añadir, el dispositivo se añadirá a la ventana principal.

c) Añadir un nuevo dispositivo introduciendo su dirección: Si el dispositivo no se puede encontrar con la Consulta, puede introducir la dirección del dispositivo para añadirlo.

- ☞ Seleccione el menú Herramientas > Añadir nuevo dispositivo. Aparecerá el cuadro de diálogo Añadir nuevo dispositivo.
- ☞ Introduzca la dirección del dispositivo Bluetooth, haga clic en el botón [Aceptar] y el dispositivo se añadirá a la ventana principal.

Nota: El tipo de dispositivo será desconocido si se añade introduciendo su dirección Bluetooth.

### 2. Conexión y Desconexión:

#### a) Conexión:

- ☞ Seleccione un dispositivo remoto y haga doble clic sobre él para examinar sus servicios. Si el nivel de seguridad de alguna de las partes está configurado como alto y no son dispositivos asociados, se pedirá una clave Bluetooth.

Tras examinar los servicios, los que el dispositivo remoto admita se resaltarán cambiando el color de los botones de servicio situados en la parte superior de la ventana.

- ☞ Haga clic sobre el botón de servicio para conectar. Tras configurar la conexión, el dispositivo remoto y el botón de servicio aparecerán en verde.

Nota: Los usuarios pueden hacer clic con el botón derecho en el icono del dispositivo remoto o el botón de servicio para llamar a un menú de operaciones de la conexión.

#### b) Desconexión:

- ☞ Método 1: Seleccione el dispositivo remoto y haga clic con el botón derecho sobre el botón de servicio. En el menú emergente, seleccione [Desconectar].
- ☞ Método 2: Haga clic con el botón derecho en el icono del dispositivo. En el menú emergente, seleccione [Desconectar] (la conexión que desee interrumpir).
- ☞ Método 3: Para una conexión FTP y de sincronización, cierre la ventana de operaciones y la conexión se interrumpirá.
- ☞ Método 4: Desconecte directamente del dispositivo remoto.
- ☞ Método 5: Si el dispositivo Bluetooth local se elimina o el dispositivo remoto se apaga, todas las conexiones se interrumpirán. Si el dispositivo remoto se mueve fuera del ámbito de funcionamiento, todas las conexiones con el dispositivo remoto se interrumpirán en 1 minuto.

### 3. Conexión mediante accesos directos:

Tras configurar una conexión, los usuarios pueden generar un acceso directo en el escritorio de Windows. Los usuarios pueden conectar más tarde utilizando el acceso directo sin necesidad de los pasos de solicitud y consulta de servicios. Los accesos directos se aplican a Redes de área personal, Redes telefónicas, Auriculares y AV.

### 4. Estado de dispositivo remoto:

El estado del dispositivo remoto puede verse en el cuadro de diálogo Estado de dispositivo remoto. Haga clic con el botón derecho en el icono del dispositivo y seleccione [Estado] en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo Estado de dispositivo remoto (figura 4-70).

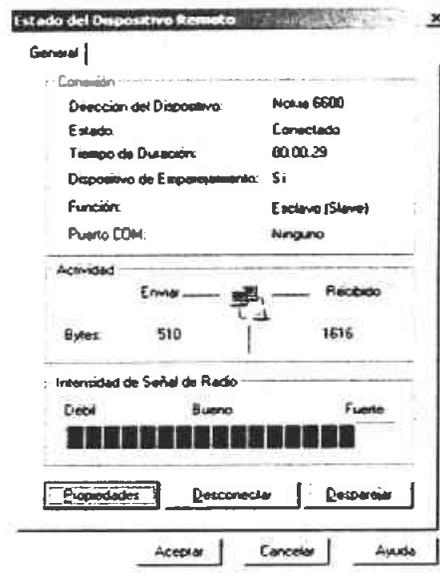


Figura 4-70. Estado del Dispositivo Remoto.

c) Conexión:

- ☞ Nombre de dispositivo: El nombre del dispositivo Bluetooth remoto.
- ☞ Estado: Si el dispositivo remoto está conectado o no al dispositivo local.
- ☞ Duración: El tiempo transcurrido desde que se configuró la conexión.
- ☞ Asociado: Si el dispositivo está asociado con el dispositivo local.
- ☞ Función: La función Maestro/Esclavo de Bluetooth de un dispositivo remoto para esta conexión.
- ☞ Puerto COM: Los puertos COM Bluetooth utilizados para las conexiones, especialmente para las DUN, FAX, SPP y LAP.

d) Actividad: La cantidad de datos enviados y recibidos.

e) Potencia de señal de radio: Este índice indica la calidad de radio entre el dispositivo remoto y el dispositivo local. Si la señal de radio es demasiado débil, la velocidad de transferencia de datos será lenta.

f) Botón Propiedades: Muestra las propiedades del dispositivo remoto.

g) Botón Desconectar: Desconecta una de las conexiones entre el dispositivo remoto y el dispositivo local.

h) Botón Desparejar: Elimina la relación de asociación entre el dispositivo remoto y el dispositivo local.

**5. Propiedades de dispositivo remoto:**

Las propiedades del dispositivo remoto se pueden ver en el cuadro de diálogo Propiedades de dispositivo remoto. Haga clic con el botón derecho en el icono del dispositivo y seleccione [Propiedades] en el menú emergente. Se mostrará el cuadro de diálogo Propiedades de dispositivo remoto (figura 4-71).



Figura 4-71. Cuadro de dialogo Propiedades del Dispositivo Remoto.

- a) Dirección del dispositivo: El nombre del dispositivo Bluetooth remoto.
- b) Tipo de dispositivo: La clase del dispositivo remoto. Los dispositivos Bluetooth se clasifican por tipo de dispositivo, como por ejemplo, Escritorio, Portátil, Auricular, Punto de acceso LAN y otros dispositivos.
- c) Dirección de dispositivo: La dirección del dispositivo Bluetooth remoto.
- d) Función LMP: Las funciones que admite el dispositivo remoto.
- e) Versión LMP: La versión del firmware LMP del dispositivo remoto.
- f) Fabricante: El fabricante del dispositivo remoto.

**4.5.5 CONFIGURACIÓN DE SEGURIDAD**

Una vez que un dispositivo remoto se ha emparejado con su equipo intercambiando contraseñas, no se volverán a solicitar contraseñas para las subsiguientes conexiones entre el equipo y el dispositivo.

- a) Emparejamiento con otro dispositivo.
  - ☞ Automáticamente: Si se requiere una contraseña para la conexión, los dispositivos se emparejarán automáticamente la primera vez que intercambien las contraseñas correctamente y se conecten. Cuando un dispositivo se empareje con éxito con su equipo, el icono del dispositivo remoto de la ventana principal incluirá una marca de verificación roja junto a él.

☞ **Manualmente:** En la ventana principal, haga clic con el botón derecho en el icono del dispositivo y, en el menú emergente, seleccione [Emparejar] dispositivo. En el cuadro de diálogo Introducir contraseña Bluetooth introduzca la misma contraseña que introdujo en el dispositivo remoto. Cuando un dispositivo se empareje con éxito con su equipo, el icono del dispositivo remoto incluirá una marca de verificación roja junto a él.

b) Desparejamiento de otro dispositivo.

☞ **Manualmente:** En la ventana principal, haga clic con el botón derecho en el icono del dispositivo y, en el menú emergente, seleccione [Desparejar]. La marca de verificación roja situada junto al icono del dispositivo desaparecerá.

La ventana de configuración de seguridad (figura 4-72) permite especificar las opciones de seguridad del dispositivo local, que incluye:

1. Seguridad general.
2. Administración de emparejamiento de dispositivos.
3. Seguridad de servicios locales.



Figura 4-72. Ventana que permite especificar la seguridad local.

### 1. Seguridad general:

Para acceder a la pantalla de configuración de seguridad, haga clic en Mi Bluetooth > Seguridad.

#### a) Nivel de seguridad:

☞ **Bajo:** Si está seleccionado, los demás dispositivos podrán acceder libremente a su dispositivo sin introducir ninguna contraseña. Sin embargo, si el dispositivo remoto necesita una contraseña para conectar, ambos dispositivos tienen que intercambiar las contraseñas.

- ☞ Medio: El nivel medio es de seguridad por servicios, donde puede asignar un nivel de acceso apropiado a cada servicio específico.
- ☞ Alta: Si se selecciona esta opción, en cada conexión entrante o saliente deben intercambiarse contraseñas, a menos que ambos dispositivos se hayan emparejado previamente.

**b) Contraseña Bluetooth:**

- ☞ Configurar contraseña predeterminada: Utilice esta opción para configurar una contraseña para todas las conexiones. BlueSoleil utilizará esta contraseña siempre que se requiera una.

**c) Cifrado de datos:**

- ☞ Activar cifrado de datos: Si selecciona esta opción, los datos transmitidos se cifrarán.

**2. Administración de emparejamiento de dispositivos:**

Para acceder a la pantalla de configuración de seguridad de dispositivo, haga clic en Mi Bluetooth > Seguridad y haga clic en la ficha [Dispositivos] (figura 4-73).



Figura 4-73. Dispositivos Emparejados.

- a) Cuadro de listas Dispositivos emparejados: Esta pantalla enumera los dispositivos que ya se han emparejado con el dispositivo local.
- b) Botón Eliminar emparejamiento: Haga clic para eliminar la relación de emparejamiento entre el dispositivo seleccionado y el dispositivo local.
- c) Botón Autorizar servicios: Haga clic para seleccionar qué servicios autoriza a utilizar al dispositivo emparejado. Aparecerá una lista de servicios locales. Seleccione los servicios que desea permitir utilizar al dispositivo remoto y haga clic en Aceptar (figura 4-74).

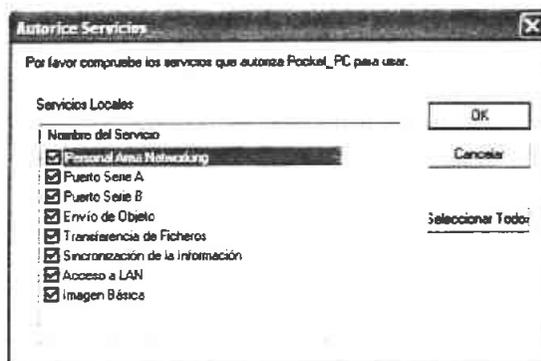


Figura 4-74. Autorización de Servicios.

Nota: La pantalla sólo enumerará los servicios locales que necesiten autenticación. Los servicios locales que no necesiten autenticación tendrán libre acceso. El botón Autorización se activará solamente cuando el nivel de seguridad se defina como Medio.

### 3. Seguridad de servicios locales:

Para acceder a la pantalla de configuración de seguridad de servicios locales, haga clic en Mi Bluetooth > Seguridad y haga clic en la ficha Servicios (figura 4-75). Cuando el nivel de seguridad está configurado como Medio, solamente podrá configurar la seguridad de los servicios locales.

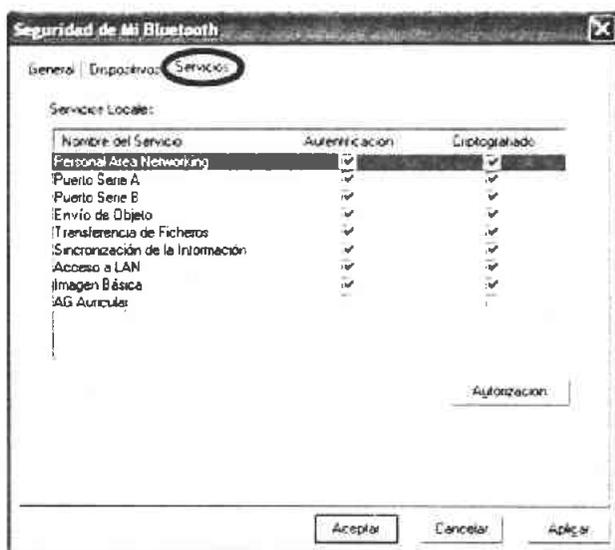


Figura 4-75. Seguridad de Servicios Locales.

a) Servicios locales:

- ☞ Autenticación: Si selecciona esta opción, se requerirá una contraseña cada vez que un dispositivo remoto intente conectar con este servicio.
- ☞ Cifrado: Si selecciona esta opción, los datos transmitidos entre los dispositivos con este servicio se cifrarán.

b) Botón Autorización: Haga clic para seleccionar los dispositivos que desea permitir que utilicen el servicio seleccionado. En la pantalla Autorización (figura 4-76) de servicio introduzca las siguientes opciones de configuración:

- ☞ Dispositivos de confianza: Seleccione si confiar en los dispositivos de esta pantalla para utilizar el servicio seleccionado de su dispositivo. Cuando se confía en un dispositivo, este puede acceder al servicio libremente. Haga clic en Añadir/Eliminar para editar la lista de dispositivos.
- ☞ Confiar en todos los dispositivos: Se aceptarán las solicitudes de conexión de todos los dispositivos.
- ☞ Preguntar al usuario si no se trata de un dispositivo de confianza para este servicio: Si un dispositivo que no es de confianza intenta acceder al servicio, aparecerá un cuadro de diálogo que le permitirá acceder o rechazar la conexión.
- ☞ Rechazar el dispositivo si no se trata de un dispositivo de confianza para este servicio: Si un dispositivo que no es de confianza intenta acceder al servicio, la conexión se rechazará automáticamente sin informar al usuario

Notas: Si se confía en un dispositivo para un servicio, podrá conectar a este servicio del dispositivo local sin informarle.

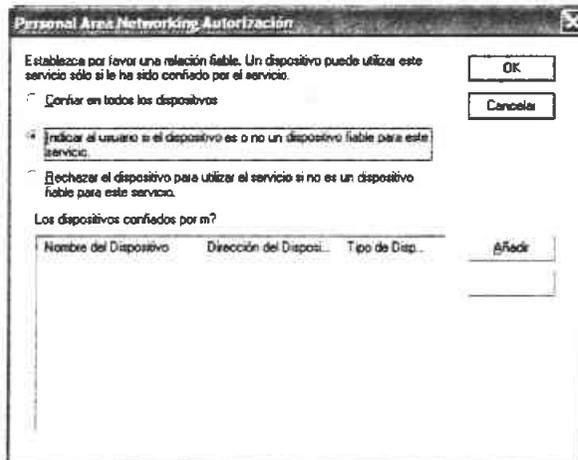


Figura 4-76. Autorización de servicios confiables.

# CONCLUSIONES

---

En los últimos años el progreso en la microelectrónica y las técnicas de integración a gran escala (VLSI) han potenciado el uso de todo tipo de dispositivos de comunicación, tanto en el ámbito doméstico como en el comercial. Además, la continua reducción de precios ha elevado la demanda de productos como computadoras de escritorio y portátiles, PDAs, impresoras, teléfonos móviles y sus periféricos.

Muchas compañías han invertido en el desarrollo y puesta en operación de distintos sistemas para la conexión de dispositivos electrónicos de uso doméstico y personal o de propósito especializado, como instrumentos electrónicos y equipos industriales. Sin embargo, existe una desventaja común en los sistemas regularmente utilizados, la gran mayoría requiere cables. El cable es el método habitual para la interconexión de dispositivos o para la conexión de periféricos a la computadora. Esto se ha convertido en un problema grave si tenemos en cuenta la multitud de cables que se necesitan.

Otra alternativa de interconexión de dispositivos electrónicos puede ser utilizando sistemas de comunicación por ondas de radio, por infrarrojos o por microondas. Este tipo de conexiones se pueden obtener mediante el uso de redes inalámbricas. Las redes inalámbricas de alta velocidad pueden proporcionar beneficios de conectividad en red sin las restricciones de estar ligadas a una ubicación o interconectadas por cables. Las conexiones inalámbricas pueden ampliar o reemplazar una infraestructura cableada en situaciones en donde es costoso o está prohibido tender cables. Algunos tipos de edificios o códigos de construcción pueden prohibir el uso de cables, haciendo de las redes inalámbricas una alternativa importante.

La tecnología Bluetooth aparece como la solución más eficiente para interconectar cualquier tipo de equipo electrónico de forma inalámbrica. La especificación Bluetooth puede facilitar la conexión no sólo al sistema telefónico o a Internet, sino también entre dispositivos. De hecho, el enfoque de alto nivel de la tecnología inalámbrica Bluetooth y su bajo costo de integración y facilidad de configuración tiene el potencial de cambiar los actuales paradigmas de conectividad de redes y computadoras móviles. Además, como la tecnología inalámbrica Bluetooth soporta tanto voz como datos y una amplia gama de aplicaciones, desde sincronización de archivos e intercambio de tarjetas de visita a acceso a Internet, reforzará las ofertas de computadoras móviles de todos los fabricantes.

El impulso definitivo para el desarrollo de la tecnología Bluetooth fue la creación de un grupo de interés especial (SIG) formado por varias compañías de los sectores de las telecomunicaciones, informática y fabricantes de chips, entre las cuales se encontraban: Ericsson, IBM, Intel, Nokia y Toshiba. En la actualidad más de 2000 empresas son miembros del SIG, colaborando e impulsado ésta tecnología con el desarrollo de productos y aplicaciones.

La tecnología Bluetooth se complementa perfectamente con WAP y GPRS, de hecho estas tres tecnologías forman parte del concepto de Internet móvil. Respecto a IEEE 802.11b, en

un primer momento se vio a Bluetooth como una tecnología competidora, pero en éstos momentos muchos fabricantes se están planteando adoptar ambas tecnologías para sus equipos, sobre todo en PCs portátiles, y así poder abarcar todos los posibles escenarios de uso. Dentro del grupo PAN (Personal Area Networks) de la organización IEEE, está previsto adoptar a la tecnología Bluetooth como el estándar IEEE 802.15.

Los equipos que integren la tecnología Bluetooth no tendrán porque ser más caros que los demás ya que ésta tecnología ha sido concebida como de bajo costo. A finales del 2000 aparecieron las primeras tarjetas adaptadoras, en el año 2001 aparecieron los primeros equipos con Bluetooth integrado, como teléfonos, impresoras, etc. Ahora en el 2005, podemos encontrar numerosos dispositivos equipados con la tecnología inalámbrica Bluetooth. La historia de las comunicaciones inalámbricas de corto alcance aún se está escribiendo; la tecnología inalámbrica Bluetooth será uno de los motores principales para el desarrollo en esta área.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- 📖 Castro Lechtaler A.R, Fusario R.J. Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información. Barcelona, España: Reverté, 1999. Vol. 1.
- 📖 Castro Lechtaler A.R, Fusario R.J. Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información. Barcelona, España: Reverté, 1999. Vol. 2.
- 📖 Ortega B, Flores SJ, Almenar V. Fundamentos de Telecomunicación. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia, 1999.
- 📖 Huidobro Moya JM. Manual de Telecomunicaciones. México: Alfaomega, 2004.
- 📖 Ibarra Quevedo R, Serrano López MA. Principios de Teoría de las Comunicaciones. México: Limusa, 2001.
- 📖 Tisal J. The GSM Networks. Chichester, UK: Wiley, 2001.
- 📖 Kaaranen H. UMTS Networks. Chichester, UK: Wiley, 2001.
- 📖 González Martínez A, Gómez Valero F. Telefonía Móvil Digital. Madrid, España: Anaya Multimedia, 2001.
- 📖 Lara Rodríguez D, Muñoz Rodríguez D, Rosas García S. Sistemas de Comunicación Móvil. México: Alfaomega, 2001.
- 📖 Muller Nathan. Bluetooth Demystified. México: McGraw Hill, 2001.
- 📖 Muller Nathan. Tecnología Bluetooth. Madrid, España: McGraw Hill, 2001.
- 📖 Brent A. Miller. Bluetooth Revealed. New York, EU: Prentice Hall, 2001
- 📖 Consorcio de empresas que forman el Bluetooth SIG (en español), especificaciones y protocolos. Disponible en Internet: <URL: <http://spanish.bluetooth.com>>
- 📖 Desarrolladores e impulsores de la tecnología Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.bluetooth.org](http://www.bluetooth.org)>
- 📖 Diseñadores Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.btdesigner.com](http://www.btdesigner.com)>
- 📖 Bluetooth Web, orientado a los profesionales de la industria. Disponible en Internet: <URL: [www.bluetoothweb.org](http://www.bluetoothweb.org)>

- ☞ Ericsson Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.ericsson.com/bluetooth/](http://www.ericsson.com/bluetooth/)>
- ☞ Philips Semiconductors. Disponible en Internet: <URL: [www.semiconductors.philips.com](http://www.semiconductors.philips.com)>
- ☞ Nokia Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.nokia.com/bluetooth/](http://www.nokia.com/bluetooth/)>
- ☞ LG Innotek. Disponible en Internet: <URL: [www.lginnotek.com/bluetooth/](http://www.lginnotek.com/bluetooth/)>
- ☞ Productos TDK SYS. Disponible en Internet: <URL: [www.tdksys.com/bluetooth/](http://www.tdksys.com/bluetooth/)>
- ☞ Sony Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.sony.co.jp/sd/products/bluetooth/](http://www.sony.co.jp/sd/products/bluetooth/)>
- ☞ Productos Bluetake. Disponible en Internet: <URL: [www.bluetake.com/index.htm](http://www.bluetake.com/index.htm)>
- ☞ Productos Linksys. Disponible en Internet: <URL: [www.linksys.com](http://www.linksys.com)>
- ☞ Productos 3Com. Disponible en Internet: <URL: [www.3com.com](http://www.3com.com)>
- ☞ Venta de productos Bluetooth. Zona Bluetooth. Disponible en Internet: <URL: [www.zonablueetooth.com](http://www.zonablueetooth.com)>
- ☞ Consorcio HomeRF. Disponible en Internet: <URL: [www.homeRF.org](http://www.homeRF.org)>
- ☞ Consorcio IrDA. Disponible en Internet: <URL: [www.irda.org](http://www.irda.org)>
- ☞ Normas de IEEE 802.xx. Disponible en Internet: <URL: [www.ieee802.org](http://www.ieee802.org)>
- ☞ Consorcio Hiper LAN. Disponible en Internet: <URL: [www.hiperlan.org](http://www.hiperlan.org)>
- ☞ Consorcio WiMax. Disponible en Internet: <URL: [www.wimax.org](http://www.wimax.org)>
- ☞ Consorcio WiFi. Disponible en Internet: <URL: [www.wifi.org](http://www.wifi.org)>