

# Acceso inalámbrico fijo para servicios de banda ancha

Magnus Grandin

La tecnología de acceso inalámbrico de banda ancha (WBA) está echando raíces con rapidez en un fértil mercado global. Esta puede dar fácilmente una plataforma eficaz desde la cual se puede expandir la infraestructura existente, o servir para dar infraestructura a áreas que hasta ahora tienen poco servicio. El potencial de la tecnología WBA es enorme en el mercado mundial, principalmente porque permite servicios multimedia similares a cable sin el cable.

El autor describe la solución Beewip de Ericsson, que usa un acceso inalámbrico fijo para llevar servicios de banda ancha a clientes de oficina pequeña / oficina de hogar y de pequeñas empresas.

## Introducción

Las dos áreas de más rápido crecimiento en el mundo de las telecomunicaciones son los servicios IP fijos y móviles. Los motivos principales de esto son la eliminación de las reglas, el aumento de la competencia, la demanda del mercado de servicios de banda ancha, y la introducción de nueva tecnología.

Las nuevas tecnologías de banda ancha inalámbricas dan a los operadores la oportunidad de tratar el asunto de ancho de banda en las redes de acceso actuales. La creciente demanda de ancho de banda en la red de acceso se debe principalmente a un arranque en el tráfico Internet e intranet, la interconexión LAN a LAN, y a un mayor interés en voz por IP (VoIP). En otras palabras, el mercado está exigiendo una solución de red de acceso que puede llevar distin-

tos tipos de servicio de multimedia de banda ancha. Se están realizando numerosas actividades para extender redes de fibra y para introducir tecnologías de línea de abonado digital (xDSL) en redes de cobre existentes. Sin embargo, una alternativa de acceso de radio ofrece por comparación varios beneficios importantes.

- Tiempo a mercado – la rápida instalación de nuevos servicios de banda ancha será decisiva para el éxito de nuevos operadores. Los operadores pueden reducir el tiempo a mercado para nuevos servicios al instalar un nuevo y eficaz sistema de acceso de radio.
- La propiedad de la infraestructura implica también la "propiedad" del usuario final, así como independencia de otros operadores y del proceso de desconcentración del bucle local.
- La fibra de bajo costo es cara para instalar y el cobre es caro para mantener. El costo principal del acceso de radio es el equipo. Además este costo está bajando a medida que se desarrolla la nueva tecnología.
- Flexibilidad, pagar a medida que vaya creciendo – la infraestructura se puede volver a instalar con facilidad según lo que sea necesario.
- Uso eficaz del espectro de radio – las tecnologías de radio de banda ancha de Ericsson usan multiplexación estadística por el interfaz de aire, lo que hace posible que los operadores puedan vender servicios de datos que requieran altas tasas máximas de datos.

## CUADRO A, TÉRMINOS Y ACRONIMOS

ATM	Asynchronous transfer mode	LAN	Local area network
BAE	Base station antenna element	LMDS	Local multipoint distribution system
BOU	Base station outdoor unit	LOS	Line of sight
BRC	Base station radio controller	MAC	Media access control
BS	Base station	OAM	Operation, administration and maintenance
BSW	Base station switch	OLOS	Obstructed line of sight
BWLL	Broadband wireless local loop	PoP	Point of presence
CATV	Cable TV	POTS	Plain old telephone service
CDMA	Code-division multiple access	PSTN	Public switched telephone network
C/I	Carrier-to-interference ratio	SIU	Subscriber indoor unit
DSL	Digital subscriber line	SNMP	Simple network management protocol
E1	Interfaz ETSI de 2 Mbit/s	SOHO	Small office / home office
E3	Interfaz ETSI de 34 Mbit/s	SOU	Subscriber outside unit
FDMA	Frequency-division multiple access	SU	Subscriber unit
FH-CDMA	Frequency hopping CDMA	TDMA	Time-division multiple access
GFSK	Gaussian frequency shift key	TOS	Type of service
GK	Gatekeeper	VoIP	Voice over IP
GW	Gateway	WAN	Wide area network
H.323	Recomendación ITU para aplicaciones multimedia	WBA	Wireless broadband access
IF	Intermediate frequency	xDSL	Término colectivo para la familia de tecnología DSL
IP	Internet protocol		
ISDN	Integrated services digital network		

- La tecnología de radio permite un acceso selectivo; las inversiones no dependen de conexiones múltiples. La radio puede llegar además donde no lo pueden hacer otras tecnologías, por ejemplo, más allá de la cobertura CATV, donde es demasiado caro instalar fibra y donde no es apropiada la xDSL.

Varios desarrollos importantes en 1999 se superpusieron y se entrelazaron para crear la fibra de un nuevo mercado:

- las licencias en la banda de frecuencias de 3.5 GHz para acceso inalámbrico fijo fueron puestas en pública subasta en Europa y América Latina;
- los usuarios finales empezaron a exigir acceso de banda ancha de bajo costo "siempre conectado";
- el predominio del tráfico en modo circuito se estaba erosionando en los países desarrollados así como los programas de tasación por minuto y por distancia;
- la eliminación de las reglas permitió que los nuevos operadores pudieran enfocar en clientes de alto margen y crear crecimiento de ahí;
- los avances tecnológicos permitieron la producción en grandes cantidades de radio a 3.5 GHz; y
- las inversiones anteriores de capital de riesgo en bucle local inalámbrico y LAN inalámbrico habían creado plataformas interesantes de radio por paquetes en las cuales se podían crear sistemas completos de radio.

Para cumplir rápidamente con los requisitos del mercado, eligió Ericsson de usar la tecnología y los productos en el acto en todos los subsistemas pertinentes. Nuestro enfoque estaría en la integración de sistemas y el comportamiento de la red de radio. Los interfaces y protocolos de norma abierta formaron una base para la flexibilidad, la adaptabilidad y la migración de sistemas. La intención era de crear un sistema de datos por paquetes que puede dar servicios de voz de tiempo real (no al revés). IP fue la elección obvia de protocolo de tráfico central – para dar conectividad y un sistema de servicio múltiple.

## Beewip

Beewip da un medio de acceso transparente para distintos tipos de servicio IP. Ethernet inalámbrico, basado en IEEE 80.11, lleva tráfico IP por el interfaz de aire. Beewip apoya la asignación dinámica de ancho de banda con su avanzada arquitectura de sistema y da una conexión continua (siempre conectada) a tasas de datos de hasta 3 Mbit/s por abonado. El sistema hace uso eficaz del espectro de radio y da una alta calidad de servicio.

Beewip está basado en el protocolo Internet y normas abiertas, lo que facilita la evolución en términos de servicios, capacidad y funcionalidad (Tabla 1).

## Resumen del sistema

El sistema contiene tres grupos principales de subsistemas o nodos (Figura 1):

- La unidad de abonado (SU), que consiste de una unidad de exterior de abonado (SOU) y una unidad de interior de abonado (SIU), está localizada en las instalaciones del usuario final.
- La estación base (BS) incluye un controlador de estación base de radio (BRC), un conmutador de estación base (BSW), una unidad de exterior de estación base (BOU) y elementos de antena de estación base (BAE).
- Hardware y software de sistema de operación, administración y mantenimiento (OAM).

La unidad de abonado está conectada a la estación base por el interfaz de aire. En la estación base es el conmutador de estación base que concentra el tráfico y lo encamina al punto de presencia (PoP). Sin embargo, antes de encaminar el tráfico, se transforma éste del formato 10BaseT Ethernet al protocolo de medio de transmisión apropiado. La Figura 1 muestra como es implementado el sistema Beewip a redes existentes. El PoP concentra el tráfico de datos y de voz y controla los flujos de tráfico. También filtra el tráfico en el cortafuegos y da forma al tráfico.

Los paquetes de datos relacionados con telefonía son enviados a la pasarela de medios apropiada (GW); del mismo modo se envían los datos de señalización al guardián de puerta apropiado (GK).

**TABLA 1, CARACTERISTICAS DE RADIO**

Banda de frecuencia:	3400 – 3600 MHz
Espaciamiento dúplex	100 MHz
Modulación	Llaveado por desviación de frecuencia gaussiana (GFSK) (1, 2 ó 3 bits/símbolo)
Tasas de bit:	1, 2 y 3 Mbit/s
Espaciamiento de subcanal:	2 MHz

**Figura 1**  
Componentes del sistema Beewip (que se muestran dentro de la línea de puntos).

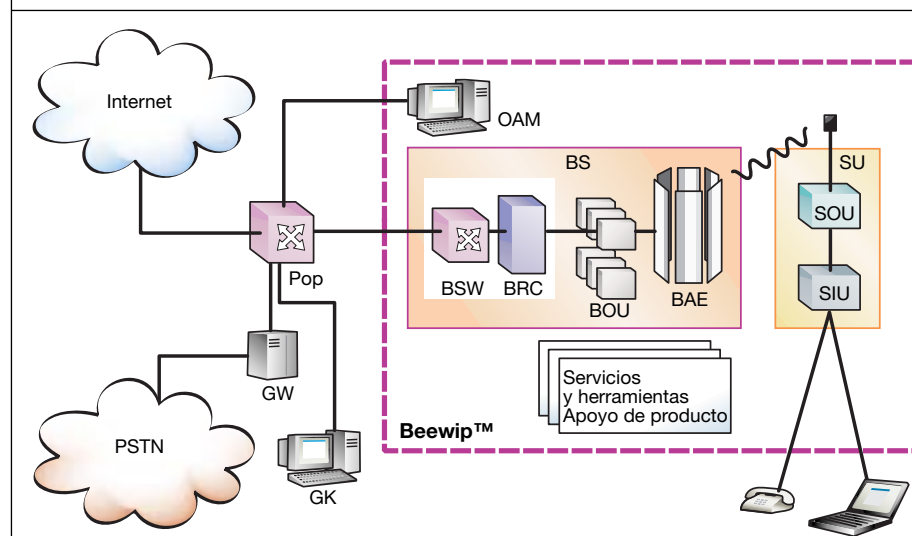


Figura 2  
La unidad de interior de abonado.



### La unidad de abonado

Los abonados tienen acceso a servicios por medio de la unidad de abonado que está localizada en sus instalaciones. Hay distintos tipos de unidades de abonado disponibles que ofrecen combinaciones de conexiones de datos y de voz. El número de conexiones de datos es determinado por el número máximo de direcciones (MAC) que pueden ser conectadas a la unidad de abonado.

La unidad de abonado está compuesta de una unidad de exterior y una de interior. La unidad de exterior de abonado incluye una antena direccional con una ganancia de antena de 17 dBi que da un ángulo de apertura horizontal y vertical de 20°. La antena debe ser instalada correctamente y alineada con la estación base. La comunicación de radio, que da una potencia de salida de 27.5 dBm (0.5 W), está unida a la antena para reducir a un mínimo la atenuación del cable de alimentación. La unidad de interior de abonado está conectada a la unidad de exterior por frecuencia intermedia (IF) a 440 MHz por cable. La parte de interior incluye el paso IF y el módem de banda de base, un interfaz 10BaseT, y un interfaz de telefonía a equipos de cliente. También incluye una fuente de energía. Las plataformas de radio e interfaz, basadas en la norma Ethernet sin hilos (IEEE 802.11), se toman de LAN sin hilos.

La unidad de abonado fue diseñada para tener costos bajos de instalación y de mantenimiento de la red. El uso de componentes standard para el interfaz de aire (IEEE 802.11), el interfaz de ordenador (10BaseT), y las plataformas de productos LAN sin hilos aseguran costo de escala y un rápido tiempo a mercado. Una característica importante de la unidad de abonado es que apoya la telefonía por medio de un interfaz de servicio de teléfono (POTS) standard (analógico) común y corriente. La voz analógica se transforma en un

cliente H.323 implementado en la unidad de abonado. La señalización y el tráfico relacionado con la telefonía se envían a una pasarela de medios por IP por el aire. El cliente H.323 comunica con la pasarela o el guardián de puerta para controlar sesiones de teléfono. El cliente SU y la pasarela / el guardián de puerta comunican el establecimiento de llamadas, la desconexión de llamadas, la codificación de habla, etc.

Los servicios relacionados con voz ponen requisitos en la calidad de transmisión todo el camino del interfaz en la unidad de abonado a la pasarela de medios en el núcleo de la red. La asignación de recursos debe ser controlada, ya que el tráfico de voz y de datos en la mayor parte de la red – y, especialmente, por el enlace de radio – comparten el mismo medio de acceso. Por lo tanto, y para gestionar distintas clases de tráfico en la unidad de abonado, se ha modificado el protocolo IEEE 802.11.

### Estación base

La estación base consiste de un controlador de radio, un conmutador, unidades de exterior, y elementos de antena. El controlador de radio incluye

- partes de banda de base de radio;
- la sincronización de sectores – para eliminar la interferencia entre estaciones base, y
- fuente de energía.

IEEE 802.11, que sirve de base controladora de radio para acceso de medios, trabaja hasta la capa 2. Como se ha mencionado arriba, ha sido modificada para gestionar distintas clases de servicio. La estación base asigna capacidad para voz durante el establecimiento de la llamada por medio de un mecanismo de interrogación secuencial que interrumpe el tráfico de datos con regularidad para permitir que las unidades de abonado con sesiones de voz en curso puedan enviar paquetes de voz.

Una característica interesante del interfaz de aire es la capa MAC descentralizada de Ethernet hecha para datos puros por cable. La capa MAC ha sido migrada para uso en ambientes sin hilos por medio de la norma IEEE 802-11 modificada. Cada estación base trabaja de forma independiente. La semiortogonalidad (la ortogonalidad reduce la interferencia y las colisiones) se obtiene por medio de una técnica aleatoria de salto de frecuencias que se llama FH-CDMA.

FH-CDMA, que es una combinación de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), acceso múltiple por división de frecuencia (FDMA) y acceso múltiple por división de códigos (CDMA), es especialmente apropiado para redes de radio fijas. También se incluye un mecanismo de retransmisión, ya que el sistema supone que ocurrirán colisiones. En efecto, el sistema en realidad obliga a veces a que ocurran colisiones en ciertas unidades de abonado – para evitar la discriminación en el sistema.

El conmutador de estación base es un subno-

do muy flexible que puede ser descrito como un conmutador de capa 3, encaminador, o acceso WAN. La función de acceso WAN es principalmente una conversión de protocolo al interfaz de transmisión apropiado. La funcionalidad de conmutador principal, implementada en la capa 2, se refiere a conmutación y a control de tráfico. Se usa etiquetado para intercambiar información relacionada con datos en paquetes (por ejemplo, ¿lleva el paquete tráfico de tiempo real?) entre las redes de transmisión y de radio. El conmutador de estación base da también una amplia gama de interfaces para transmisión. El apoyo para interfaces adicionales incluye Ethernet, fibra, E1, E3, y ATM.

La disposición de antenas de la estación base tiene en general seis sectores uniformemente distribuidos alrededor del círculo horizontal. Sin embargo, y debido a que es rara vez que el tráfico está distribuido uniformemente alrededor de los emplazamientos de estación base, se pueden usar dos tipos de antenas: una con un ángulo de apertura horizontal de 60° y otro con uno de 120°. Las antenas y las disposiciones de antenas facilitan la migración flexible para apoyar el crecimiento en el sistema o la capacidad. La estación base está encajada en una sola caja de 19 pulgadas que es lo suficientemente pequeña como para ser transportada por flete aéreo. La caja puede ser instalada en el interior y el exterior. Se puede instalar una unidad de aire acondicionado en la puerta (la caja es configurada en la fábrica). La puerta AC puede ser desmontada de la caja durante el transporte, por ejemplo, para permitir que pueda ser transportada por escaleras.

### Operación, administración y mantenimiento

La parte OAM permite que el operador pueda configurar los nodos de toda la red de acceso a control remoto, de hacer adiciones de software, y en general, de controlar y comprobar todo el tráfico en términos de funciones de gestión de averías y de comportamiento. La parte OAM está basada en el protocolo simple de gestión de red (SNMP) y funciona en la plataforma Windows NT.

### Comportamiento de sistema

#### Servicios

Los requisitos que se ponen en un sistema como Beewip son complejos. Las expectativas cambian a medida que pasa el tiempo, así como los servicios, los medios y las herramientas. Los usuarios de la Internet han aprendido a aceptar que la velocidad y la disponibilidad no están garantizadas; también han aprendido a aceptar conexiones lentas de acceso conmutado. Del mismo modo han aprendido los usuarios de servicios de

voz móvil que la cobertura no es general y que se pueden dejar caer llamadas. Por contraste, los usuarios de telefonía fija no aceptan nada menos que una disponibilidad (casi) total y un retardo insignificante – pero que sí aceptan una aparición / introducción lenta de nuevos servicios.

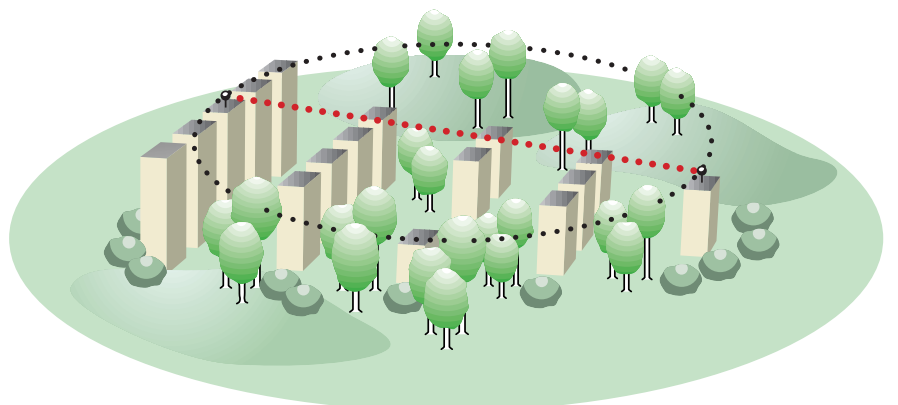
En el sistema Beewip deben aprender los usuarios a utilizar servicios "siempre conectados" y de banda ancha, que son características importantes. Al mismo tiempo, los servicios de voz serán distintos de los de la red tradicional de telefonía pública (PSTN). Pero el retardo, la codificación de voz, etc. no pueden ser mucho más distintas. El retardo de voz en Beewip en la realidad algo mayor que en conexiones fijas, y la disponibilidad no será 99.999 %. Por otro lado, la evolución de servicio y los niveles de precio serán muy distintos cuando se usa IP para llevar voz y datos.

### Red de radio

#### Pérdida de propagación

La creación de redes de radio fija a 3.5 GHz con instalación cerca de línea visual es muy distinta de la mayor parte de otras redes de radio. Una colocación cuidadosa creará un enlace de radio de funcionamiento seguro. Sin embargo, un automóvil estacionado en la calle junto a la casa, una ventana abierta en el edificio al otro lado de la calle, u hojas que aparecen en árbol

Figura 3  
Obstáculos en la primera zona de Fresnel – escenario de línea visual obstruida (OLOS). El escenario OLOS hace posible una instalación fácil y poco costosa del elemento de antena de la estación base (BAE) y la unidad de exterior de abonado (SOU).



## CUADRO B, LOS Y OLOS

LOS	Línea visual – la primera zona Fresnel debe estar libre de obstáculos para usar propagación de espacio libre (LOS).
OLOS	Línea visual obstruida – o sea que el camino visual está libre pero existen obstáculos (casas, árboles, etc) en la primera zona Fresnel entre las antenas de transmisión y de recepción.

les entre la estación base y la unidad de abonado pueden tener un impacto considerable en la pérdida de propagación de señales. Así se pueden considerar las redes de radio fija como sistemas móviles cuyas antenas son fijas pero cuyo entorno cambia. El deslizamiento Doppler es insignificante, pero el desvanecimiento de sistemas de radio fija tiene una dinámica similar a sistemas móviles – pero con constantes de tiempo mucho más largas, tales como temporadas.

### Interferencia

Un tráfico intenso en redes de radio fijas crea interferencia, al igual que en cualquier otra red de radio. En redes móviles se mueven los terminales móviles dentro del área de cobertura – a veces se encuentra un terminal en el borde de la celda con una conexión de mala calidad; otras veces se encuentra el terminal en el centro de una celda con una conexión perfecta. Sin embargo, en una red fija, un terminal en el borde de la celda seguirá estando en el borde de esa celda. Y la interferencia empezará casi siempre en la misma fuente.

### Solución Beewip

Beewip puede elegir dinámicamente la mejor modulación posible para cada unidad de abona-

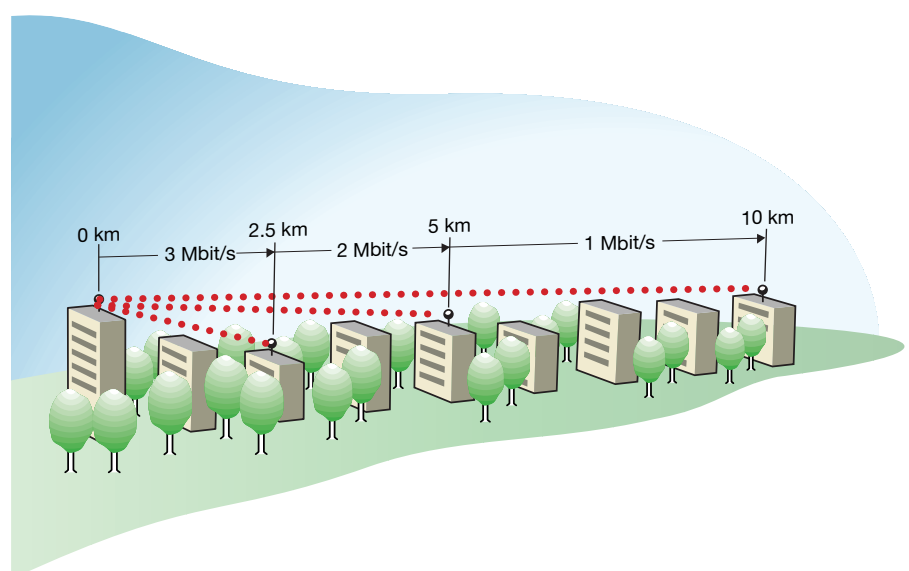
do, por medio de sistemas de modulación múltiple con reserva automática. Las técnicas de salto de frecuencias distribuyen la interferencia interna y la capacidad entre abonados de forma equitativa. El modelo de frecuencias es semialeatoria, ya que la estación base no está sincronizada en la red. Las colisiones que ocurren de esta configuración se distribuyen por tiempo y área para asegurar que cada unidad de abonado recibe el servicio que se le ha dado, también durante horas cargadas. Las técnicas de salto de frecuencias se pueden usar también para eliminar la interferencia, por ejemplo, al cambiar a una frecuencia portadora con menos desvanecimiento.

La tabla 2 muestra la extensión máxima de transmisión a distintas tasas de bit – usando las características nominales de radio del sistema con una antena de 60° y un modelo OLOS de pérdida de propagación.

Beewip, como se ha mencionado arriba, es un sistema orientado en paquetes que usa la tecnología de radio FH-CDMA. El parámetro de mayor interés en términos de capacidad es la relación de portador a interferencia (C/I). Los valores totales de tasa de bit varían en distintos escenarios de instalación.

Los resultados de un escenario simulado de peor caso, basados en una red grande, una

Figura 4  
Las condiciones de línea visual permiten extensiones de transmisión de hasta 10 km.



cantidad mínima de ancho de banda, y tráfico intenso, muestran que la tasa total de bit media en una instalación OLOS es de 2.2 Mbit/s.

Por supuesto que hay menos interferencia en un escenario de tráfico más típico, lo que significa que se puede enviar tráfico a tasas de bit más altas. Del mismo modo se puede esperar que una red con menos estaciones base y más ancho de banda pueda dar una tasa total de bit de cerca de 3 Mbit/s.

## Instalación

El sistema Beewip se adhiere a una estructura de instalación celular en la cual las celdas múltiples dan cobertura a una área geográfica. Cada celda contiene una estación base y varios elementos de antena de estación base (BAE), cada uno de los cuales es accionado por una unidad de exterior de estación base. Los elementos de antena de estación base son antenas de sector que abarcan o un sector de 60° o de 120°.

El número de abonados que pueden ser conectados a una estación base Beewip con seis sectores depende de

- la manera de instalar;
- el terreno;

- la distancia entre estaciones base y abonados; y
- la carga actual de tráfico de datos – comportamiento de abonado, servicios ofrecidos, etc.

## Conclusión

Los operadores necesitan enfocar en nuevos servicios de banda ancha para tener éxito en el nuevo mundo de las telecomunicaciones. La familia de productos Beewip de Ericsson ha sido perfeccionada lo más posible para llevar tráfico IP por un interfaz de radio. La integración de tecnología de radio e IP ofrece a los operadores innovadores una instalación muy rápida y rentable de nuevos servicios IP de banda ancha.

Beewip da a los operadores una solución alternativa competitiva para clientes residenciales, de oficina pequeña / oficina en el hogar y empresa pequeña.

Su conexión "siempre conectada" (de hasta 3 Mbit/s por abonado) hace posible a los usuarios finales de sacar partido de los beneficios de una amplia gama de aplicaciones multimedia. Beewip, que funciona en la banda de frecuencias de 3.5 GHz, hace uso eficaz del espectro y da una alta calidad de servicio. Está basado en IP y normas abiertas, lo que facilita la evolución de servicios, capacidad y funcionalidad.

**TABLA 2, EXTENSION DE TRANSMISION MAXIMA A DISTINTAS TASAS DE BIT**

Tasa de bit	Extensión de transmisión
1 Mbit/s	0 km
2 Mbit/s	5 km
3 Mbit/s	2.5 km

## MARCAS REGISTRADAS

Beewip es una marca registrada de propiedad de Telefonaktiebolaget L M Ericsson, Estocolmo, Suecia.  
Windows NT es una marca registrada de Microsoft Corporation.