ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Aplicación de la tecnología XDSL
dentro de las redes domiciliarias"

PROYECTO DE TÓPICO DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

Presentada por:

Rina Cortez Alvarez

Patricia Palaguachi Gordillo

Guayaquil – Ecuador

AÑO 2003

AGRADECIMIENTO

A la **ESPOL** por habernos proporcionado la formación que hoy nos permite iniciarnos en una nueva etapa de nuestras vidas.

A todas las personas que de alguna u otra forma aportaron en el desarrollo de nuestra carrera y del presente proyecto de graduación.

DEDICATORIA

A **Dios** por concederme las fuerzas necesarias para llegar a la culminación de mis estudios superiores.

A mis **padres** por su apoyo incondicional y constante.

A mi hermano **Dennys** por ser mi modelo a seguir, por sus invaluables consejos y enseñanzas.

Rina Cortez Alvarez

DEDICATORIA

A mi madre, que a pesar de la distancia siempre estuvo conmigo, ayudándome cada día con sus rezos; mi padre, quien a su manera me hizo comprender que en la vida el estudio te hace una persona diferente.

A mis hermanos, Freddy y Melina, por darme el ánimo para seguir adelante.

Y sobre todo a Dios por proveerme las fuerzas que necesitaba para continuar la meta propuesta.

Patricia Palaguachi Gordillo

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Carlos Monsalve
PRESIDENTE

Ing. César Yépez
DIRECTOR

Dr. Freddy Villao
MIEMBRO PRINCIPAL

Ing. Ernesto Molineros
MIEMBRO PRINCIPAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio de la misma a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**"

(Art. 12 del Reglamento de Graduación de la ESPOL)

|

Rina Cortez Alvarez **Patricia Palaguachi Gordillo**

RESUMEN

Hoy en día, debido a la gran necesidad de enlaces de banda ancha para los hogares, se han creado diversas tecnologías que proporcionan soluciones a los múltiples requerimientos de los usuarios de redes en casa. La incorporación de dos características deseables en cualquier red como son banda ancha y cableado preexistente hacen que la tecnología de red domiciliaria a través del par telefónico sea una de las más opcionadas, debido a que la mayoría de las residencias que poseen computadores tienen ya instalado el cableado telefónico.

Por las razones anteriormente expuestas, desarrollamos el presente estudio distribuyendo los capítulos del mismo de la siguiente manera:

El primero nos presenta el mundo de las redes domiciliarias y su entorno, así como también las diferentes tecnologías aplicables a este tipo de red, para posteriormente en la segunda parte del estudio, definir los estándares y protocolos utilizados en las redes domiciliarias. Todo lo relacionado a la tecnología de banda ancha DSL y sus respectivas variantes es mostrado en el tercer apartado, y finalmente se concluye con la fusión de todo lo anterior en el cuarto capítulo en el que se exponen el trabajo en conjunto de DSL y HomePNA.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

Pag.

ABREVIATURAS Y SIGLAS

ADSL	*Asymmetric Digital Subscriber Line*
ANSI	*American National Standard Institute*
API	*Application Program Interface*
ATM	*Asynchronous Transfer Mode*
CEA	*Consumer Electronics Association*
CSMA/CA	*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*
CSMA/CD	*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection*
DHCP	*Dynamic Host Configuration Protocol*
DLC	*Data Link Connection*
DSLAM	*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*
DSSS	*Direct Sequence Spread Spectrum*
EIA	*Electronics Industry Association*
ETSI	*European Telecommunications Standard Institute*
FCC	*Federal Communication Commission*
FDM	*Frequency Division Multiplexation*
FHSS	*Frequency Hoping Spread Spectrum*
FTTN	*Fiber to the Neighborhood*
HD	*High Definition*
HDSL	*High-bit-rate Digital Subscriber Line*
HNIT	*Home Networking and IT*
Hz.	*Hertz*

HomePNA	*Home Phoneline Networking Alliance*
HTML	*Hypertext Language*
HTTP	*Hypertext Transfer Protocol*
IDSL	*ISDN Digital Subscriber Line*
IEEE	*Institute of Electrical and Electronic Engineers*
IP	*Internet Protocol*
ISM	*Industry Science Medicine*
ISP	*Internet Service Provider*
LLC	*Logical Link Control*
MAC	*Medium Access Control*
mts	*Metros*
Mbps	*Megabits por segundo*
NID	*Network Interface Device*
PAN	*Personal Area Network*
PDA	*Personal Digital Assistant*
PLC	*Powerline Carrier*
POTS	*Plain Old Telephone Service*
PPM	*Pulse Position Modulation*
QAM	*Quadrature Amplitude Modulation*
QoS	*Quality of Service*
R-ADSL	*Rate Adaptative Digital Subscriber Line*
STP	*Shielded Twisted Pair*

SD	*Standard Definition*
SDSL	*Symmetric Digital Subscriber Line*
SHDSL	*Single High Digital Subscriber Line*
SNMP	*Simple Network Management Protocol*
SSL	*Secure Socket Layer*
TCP/IP	*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*
TDD	*Time Division Duplex*
TDMA	*Time Division multiple Access*
UDP	*User Datagram Protocol*
UPnP	*Universal Plug and Play*
UTP	*Unshielded Twisted Pair*
VDSL	*Very High-bit-rate Digital Subscriber Line*
VPN	*Virtual Private Network*
XML	*Lenguaje de Marcado Extensible*

TERMINOLOGÍA BASICA

atenuación Reducción de la longitud de la señal durante la transmisión de datos a través de la red.

backbone *Eje central, columna vertebral, eje troncal*. Línea de gran capacidad a la que se conectan otras líneas de menor capacidad a través de puntos de conexión llamados nodos.

baseband *Banda de base*. Sistema de comunicación donde la señal es traspasada directamente de manera digital, especialmente para distancias cortas.

baudio Cuando se transmiten datos, un baudio es el numero de veces que cambia el 'estado' del medio de transmisión en un segundo. Como cada cambio de estado puede afectar a más de un bit de datos, la tasa de bits de datos transferidos (por ejemplo, medida en bits por segundo) puede ser superior a la correspondiente tasa de baudios.

broadcast Es el mensaje que emiten los dispositivos de la red hacia todos los dispositivos de la red, consume ancho banda y el rendimiento del procesador.

continuidad Se refiere al nivel de resistencia de una vía, la vía tiene que tener una resistencia baja para ser usada por dos dispositivos eléctricos conectados.

crosstalk Acoplamiento no deseado entre las líneas que transportan las señales.

dial-up Conexión por línea conmutada. Es una conexión temporal establecida entre ordenadores por línea telefónica normal.

firewall Cortafuegos. Medida de seguridad que se coloca entre una Red Local e Internet para filtrar los paquetes que entran y salen hacia Internet desde un red local.

gateway Se encarga de interconectar dos tipos de redes diferentes, de modo que los usuarios se puedan comunicar de forma transparente (sin saber que el otro está en otro tipo de red).

handover El proceso en el cual la red de acceso por radio cambia los radio transmisores o el modo de accesos de radio o el sistema de radio utilizado para proporcionar el servicio de portador, mientras mantiene definido un servicio de portadora de QoS

IEEE 802.3 Estándar Internacional de tecnología de red para implementaciones de Ethernet.

impedancia Es la oposición total a la circulación de la corriente.

interface Provee los medios para la interconexión de equipo (o procesos) localizados en un lugar específico.

isócrono Forma de transmisión de datos en la cual los datos que se transmiten son controlados por reloj pero los datos recibidos no.

LAN *Local Area Network*. Red de comunicaciones de datos solamente confinada a una área geográfica limitada con velocidades desde moderada hasta altas (100 Kbps a 100 Mbps o más). El área en servicio puede consistir en un solo edificio, un grupo de edificios o un campus estudiantil. Es propiedad del usuario, incluye algún tipo de tecnología de conmutación y no utiliza los circuitos de las compañías de telecomunicaciones -aunque quizá tenga gateways, puentes o enrutadores a otras redes públicas o privadas.

medio Medio físico utilizado para efectuar transmisiones; ejemplos incluyen cable coaxial, cable de par trenzado, fibra óptica, microondas, satélite, etc.

modem *Modulador-Demodulador.* Un dispositivo que modula las señales digitales de un computador en señales analógicas y demodula las analógicas para llevarlas a digitales del tal forma que pueden ser transmitidas a través del par de cobre telefónico

multicast Transmisión de datos hacia un grupo determinado no consume el ancho de banda.

NIC *Network Interface Card.* Tarjeta que se instala en una computadora para que pueda ser conectada a una red.

protocolo Conjunto de "reglas" que permite que programas de diferentes fabricantes, escritos en distintos lenguajes y ejecutándose en máquinas muy dispares puedan "hablar" entre sí, haciendo que la comunicación sea más eficiente.

proxy Servidor especial encargado, entre otras cosas, de centralizar el tráfico entre Internet y una red privada, de forma que evita que cada una de las máquinas de la red interior tenga que disponer necesariamente de una conexión directa a la red.

roaming La habilidad de un servicio para trabajar en un red distinta a la local

slot Ranura de extensión para colocar tarjetas de expansión

splitter *Bifurcador o divisor*. Componente electrónico que divide una señal de entrada en varias salidas.

topología Arreglo lógico o físico de nodos o estaciones de trabajo

transceiver *Transmisor-Receptor*. Dispositivo en una red artificial que puede transmistir y recibir datos a través de señales de radio o infrarrojos

troughput. Parámetro que describe la velocidad de servicio. El número de bits de datos exitosamente transferidos en un dirección entre puntos de referencia especificados por unidad de tiempo.

unicast *Unidifusión*. Por contraposición a broadcast y multicast, unicast es la comunicación establecida entre un solo emisor y un solo receptor en una red

USB *Universal Serial Bus*. Es el más nuevo de los buses y conectores para dispositivos periféricos tales como teclados, scanners, cámaras y parlantes a una PC. El conector se conecta en la parte de atrás de la PC y luce como un jack telefónico plano. Cuando se conecta un nuevo dispositivo USB, una PC con Windows'98 puede detectarlo automáticamente y empezar a usarlo sin necesidad de reiniciarla. La transmisión de datos es bidireccional a una tasa de 12Mbps.

WAN Wide Area Network. Red de comunicaciones que interconecta ordenadores dispersos en un amplia área geográfica

webpads Dispositivo portátil e inalámbrico diseñado para navegar a través de la web, es similar a una computadora portátil sin tener que doblar la pantalla y el teclado, por lo cual es usualmente llamada pizarra o tablero de navegación. Utiliza una pantalla al tacto y típicamente pesan alrededor de 3 libras y tienen menos de una pulgada de grosor.

INTRODUCCIÓN

Debido a la inminente presencia de la tecnología XDSL y la creciente adquisición de computadores en nuestro medio, se presenta al estándar HomePNA, que utiliza la línea telefónica como medio de transmisión, como una de las formas más viables de crear una red en casa, dadas sus características. Por esta razón el presente estudio se enfoca en lo siguiente:

- Explorar las redes domiciliarias, su concepto, las tecnologías aprovechables en este tipo de ambiente, ventajas y desventajas que ayudan a determinar su utilidad en cada caso.
- Especificar los estándares existentes y cuál de ellos ha sido escogido por la Alianza de Redes Domiciliarias Telefónicas en su implementación de dispositivos HomePNA.
- Profundizar en la tecnología XDSL, sus variantes y aplicaciones, explicando nuestro criterio sobre cuál es la variante más apropiada para la utilización en redes domiciliarias a través de HomePNA.
- Analizar las particularidades, funcionamiento, ventajas, desventajas del estándar HomePNA.

Cabe resaltar que el punto más relevante, de todos los comprendidos dentro de las aplicaciones, es el acceso de banda ancha a Internet, el cual se logra justamente a través de la fusión de la tecnología XDSL y el estándar HomePNA antes mencionados

CAPÍTULO 1

REDES DOMICILIARIAS

Los computadores personales (PCs) se han convertido en una poderosa plataforma en el hogar para trabajo, comunicaciones, educación y entretenimiento y conforme los equipos informáticos se van convirtiendo cada vez más en el centro de la vida familiar, compartir un equipo en una casa se hace más difícil. Diferentes integrantes de una familia necesitan el equipo por diferentes razones, esto ha provocado que la operación de redes domiciliarias se haga cada vez más común en los hogares promedio de Norteamérica y de los países del Primer Mundo, lo que indica que muy pronto estarán presentes en nuestro medio también, para proporcionar soluciones a hogares y a empresas pequeñas que se inician en el mundo de los negocios.

Los hogares con computadores se están convirtiendo en hogares con múltiples computadores: Actualmente quienes ya poseen una computadora tienden a comprar otras por diversas necesidades. Según las estadísticas, en los EEUU, del 100% de compradores de computadores, el 60% compra una nueva, no porque la anterior ya no sirva o quiera reemplazarla sino porque desean un computador "adicional" por sus crecientes necesidades de trabajar en el hogar.

El número de hogares con conexión a Internet continua creciendo, estadísticas provenientes de diversas fuentes sobre la penetración de computadores y sobre el uso de Internet muestran el gran crecimiento que éstas han tenido. Junto a la existencia de muchos hogares con varios ordenadores, un segundo factor se considera básico para la rápida introducción de la nueva tecnología: el fuerte crecimiento de las conexiones de banda ancha a Internet, mediante módem de cable o mediante ADSL, como se muestra en la figura 1.1

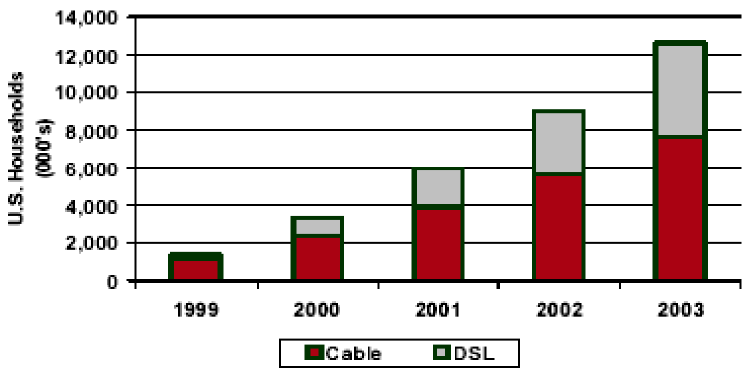

Figura 1: Crecimiento y estimación de Banda ancha en hogares de EEUU

Este tipo de acceso a la red amplía de forma extraordinaria los servicios posibles, sobre todo los audiovisuales, y pone sobre la mesa la necesidad de dispositivos más complejos que los que se fabrican actualmente. Para profundizar un poco más en las redes domiciliarias a continuación estudiaremos su definición.

1.1 Concepto

La red domiciliaria está definida, según el Panel de Directores de la CEA-HNIT, como "Una red que interconecta productos y sistemas electrónicos, proporcionando accesos remotos y control sobre éstos así como también sobre cualquier otra información como video, música y datos."

El Consorcio de Ingeniería Internacional la define como "Una colección de elementos que procesan, manejan, transportan y almacenan información, habilitando la conexión e integración de múltiples computadoras para el control, monitoreo y comunicación de dispositivos en el hogar."

Los puntos clave de ambas definiciones son la interconexión, acceso y control. La interconexión nos permite el acceso a la información tanto interna (desde el mismo hogar o pequeña empresa) como externamente (conexión remota), el acceso a su vez está intrínsecamente relacionado con el control de los dispositivos y artefactos conectados a la red.

Para profundizar un poco más en este y otros aspectos, a continuación se estudian las características ideales en una red domiciliaria.

1.2 Características

El tendido de una red en casa implica un amplio rango de características inusuales y en muchos casos, retos que no fueron proyectados en los inicios del desarrollo de las redes las cuales fueron ideadas en función de las necesidades empresariales. A diferencia del ambiente empresarial, el cual está especialmente enfocado en redes de datos, el ambiente del hogar se caracteriza por la necesidad de soportar otros tipos de servicios adicionales, tales como: Comunicaciones con calidad de voz, navegación en Internet, flujo de video y audio, juegos a través de la red, alarmas, seguridad y otros servicios de monitoreo y mucho más. Por esta razón, ahora se debe pensar en las particularidades propias de un hogar y sus residentes que son los usuarios de red, considerando los siguientes puntos:

Simplicidad: Es un punto implícito en la definición y además es una característica primaria, dado que la red será utilizada y administrada por usuarios con limitados conocimientos en el tema y que no necesariamente poseen experiencia sobre configuraciones o en el área de Electrónica y Telecomunicaciones en general. Esta característica probablemente es la que hará que el consumidor no repare en que está comprando una red en sí, sino todos los beneficios de las aplicaciones que puede obtener a través de la misma, como el compartir el acceso de banda ancha a Internet.

Bajo costo: Las comodidades que una familia busca en su hogar son muy sensibles a los costos que estas impliquen, y últimamente en el mercado se obtiene alto rendimiento y funcionabilidad con precios muy accesibles. Si alguna empresa no proporciona un buen servicio, ni la atención necesaria a su cliente, simplemente saldrá del mercado, ya que el bajo costo implica un producto muy simple o gran volumen de ventas, aspectos que en un mercado tan creciente como el actual, son difíciles de alcanzar.

Versatilidad en el tipo de información: Las redes domésticas deberán ser capaces de soportar múltiples y variados tipos de datos, redes que ni las empresas habían necesitado anteriormente. Esto ocurre porque para una red en casa, una de sus principales funciones es la del entretenimiento, entre otras cosas, y el soporte para datos de audio y video es un requerimiento indispensable en la actualidad.

Facilidad de instalación: Los usuarios de redes residenciales son menos sofisticados que los usuarios de redes empresariales, por esto, toda simplificación posible en el proceso de instalación debe hacerse, desde conectores que pueden ser intercambiados de posición hasta configuraciones automáticas. De otra forma el usuario podría sentir que la red no le está brindando todos los beneficios que debería.

Posibilidad de extensión y flexibilidad: En la mayoría de los casos los usuarios esperan ser capaces de incrementar su inversión, aunque no a muy corto plazo, pero sí en algún plazo, esto implica que la red debe soportar la adición de periféricos, software u otros equipos propios de una red sin realizar grandes cambios en la misma, especialmente cambios en lo que se refiere a diseño o medios.

Construcción robusta: La tecnología en estos días avanza en una forma abrumadora, esto ocasionará que en algunas ocasiones ciertos dispositivos deban ser cambiados, pero básicamente una red doméstica no debe requerir cambios continuos por fallas de construcción. El usuario necesita poseer la certeza de que su inversión es segura y que va a ofrecerle beneficios por algunos años.

Seguridad automática: La red debe ser intrínsecamente segura y confiable, dado que habrá cientos de hackers que estarán tratando de romper y descubrir las seguridades y claves de la red. Los niveles de seguridad que son tolerables para una PC se vuelven insuficientes en el momento de poner en riego la protección de la casa completa, esto implica que el éxito o fracaso de la red dependerá básicamente de su seguridad y confiabilidad.

Además debemos mencionar que la red residencial, no está aislada, y muchos de sus beneficios dependerán directamente de los proveedores de servicios y es razonable esperar que sean estas empresas quienes se encarguen de la configuración y mantenimiento de los servicios que ofrecen salvaguardando la tranquilidad del consumidor.

1.3 Elementos que conforman una red domiciliaria

La creación de una red domiciliaria requiere obviamente más de un equipo. Además, hay varios componentes que se necesitarán, es bastante posible que la mayoría de los usuarios ya tengan instalados algunos de ellos. Entre los componentes de una red doméstica se incluyen:

Computadores: Se necesitará dos o más computadores para una red.

Medios de red: Incluyen los cables o métodos utilizados para conectar los equipos entre sí.

Adaptadores de red: Las tarjetas adaptadoras cambiarán de acuerdo a la tecnología utilizada. Los fabricantes usualmente suministran adaptadores de red que utilizan cables telefónicos domésticos, líneas eléctricas o señales de radio para enviar y recibir datos entre los equipos y cualquier dispositivo conectado, como una impresora o escáner. Así se evita tener que disponer de cables especiales. Los adaptadores de red externos son más fáciles de instalar. Normalmente, con estos adaptadores no es necesario abrir el equipo ni instalar cables de red especiales en el domicilio. De acuerdo a la tecnología utilizada, puede ser desde una tarjeta de red en Ethernet pasando por un modem de cable en cableado coaxial hasta un dispositivo inalámbrico.

Sistema operativo: Suministra el software necesario para permitir que los dispositivos se comuniquen entre sí. Existen algunos sistemas operativos que pueden ser utilizados en las redes domiciliarias como por ejemplo los más populares actualmente son Windows XP, Windows Millenium o Windows 2000 de Microsoft, le sigue en popularidad la conocida plataforma Linux, debido su gran estabilidad. Otros sistemas utilizados son Uníx y Windows NT pero en menor escala.

Conexión a Internet (opcional): Incluye el hardware y el cableado necesarios para tener acceso a Internet. Esto engloba módems tradicionales, módems inalámbricos, módems DSL, módems por cable entre otros.

1.4 Tecnologías adoptadas en redes domiciliarias

El campo de las redes domiciliarias se caracteriza por su rápido crecimiento y por ende los requerimientos de tecnologías domiciliarias también se incrementan velozmente debido a diversos factores.

Esta sección describirá algunas de las tecnologías aprovechadas para la instalación de redes domiciliarias. Actualmente existen muchas opciones de redes domiciliarias de banda ancha, y aunque cada una de ellas se encamina hacia las necesidades de los usuarios y sus requerimientos de rendimiento, ninguno de ellas satisface completamente las necesidades para todas las aplicaciones. Sin embargo, si bien es cierto que no existe una sola tecnología que pueda satisfacer todas las necesidades de los consumidores, es bastante probable que una combinación de ellas pudiera ser utilizada en muchos hogares.

Las redes domiciliarias de banda ancha pueden operar sobre diferentes medios físicos, los cuales pueden ser organizados en tres grupos: cableado estructurado, cableado existente e inalámbrico.

Cableado Estructurado requiere la instalación de nuevo cableado en las paredes. Tanto el cableado, el cuál típicamente es a través de cable UTP, coaxial o fibra óptica, como su instalación están definidos por estándares.

Cableado Existente haciendo uso de las redes eléctrica, telefónica o de cable coaxial, esté último, propio del servicio de televisión por cable, es decir, utilizando redes que estuviesen previamente instaladas en las paredes.

Inalámbrico que evita el uso de cables y realiza la transmisión a través del aire.

La tabla I compara los tres grupos antes mencionados

	Cableado estructurado	Cableado existente	Inalámbrico
Usos más aconsejables	Construcciones nuevas y remodelaciones	Interconexión de dispositivos fijos	Interconexión de dispositivos móviles como computadores portátiles o asistentes personales (PALMS, webpads)
Costos	Alto (por instalación)	Bajo	Bajo
Tiempo de vida útil	Bastante largo	Corto	Corto
Número y ubicación de tomas de salida	Donde se necesiten	Múltiples salidas eléctricas en cada habitación, salidas telefónicas solo en algunas habitaciones, pocas habitaciones con salidas coaxiales.	Idealmente a lo largo de la casa.
Tasa de datos actualmente (Mbps)	100	Alrededor de 10	Alrededor de 10
Tasa de datos planificada para el futuro (Mbps)	1000 o más	30 ---100	25 ---100
Seguridad	Muy segura	Poco segura	Poco segura
Estandarización	Muy bien definida con estándares globales	Estándares por definirse	Estándares por definirse

Tabla I: Redes domésticas de banda ancha de acuerdo al medio físico
Fuente: IEEE Communications Magazine, Abril 2002, End User Perspectives on Home Networking

1.4.1 CABLEADO ESTRUCTURADO

El cableado estructurado, es un termino ampliamente usado para describir el diseño de un sistema de cableado genérico de voz, datos e imágenes que soporte un ambiente abierto. Proporciona un gran ancho de banda y alta seguridad aparte de ser capaz de manejar un rango completo de aplicaciones.

Este tipo de cableado se puede realizar en varias tecnologías como son Ethernet, Token Ring, FDDI, las cuales son utilizados frecuentemente en empresas. Ethernet es la tecnología LAN de capa física más popular debido a que hace un buen balance entre velocidad, costo y facilidad de instalación y es también la más apropiada para redes domésticas.

1.4.1.1 Ethernet

Xerox y DEC originalmente desarrollaron Ethernet como una manera de interconectar máquinas sin el uso de un servidor. Este original protocolo fue adoptado por la IEEE y luego este mismo grupo lo adaptó a su creación del protocolo 802.3, CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) La mayoría de la gente cuando habla de Ethernet trata de implicarlo directamente con este protocolo.

Esta tecnología ha logrado abrirse paso hacia las redes domiciliarias debido a la disponibilidad de productos, además de ser una de las opciones que se tiene para la utilización de módems de cable y DSL. Las tarjetas adaptadoras de red (NIC), generalmente se adquieren junto con la PC pero en el caso que no fuere así, estas tarjetas son fáciles de conseguir y de instalar, a pesar de que en Ethernet la adición de PCs o dispositivos extras es relativamente simple con la utilización de un hub, el nuevo tendido ocasiona un desorden que puede ser cada vez mayor dependiendo de la localización de las PCs así como también de la disponibilidad y capacidad de actualización de slots en las PCs.

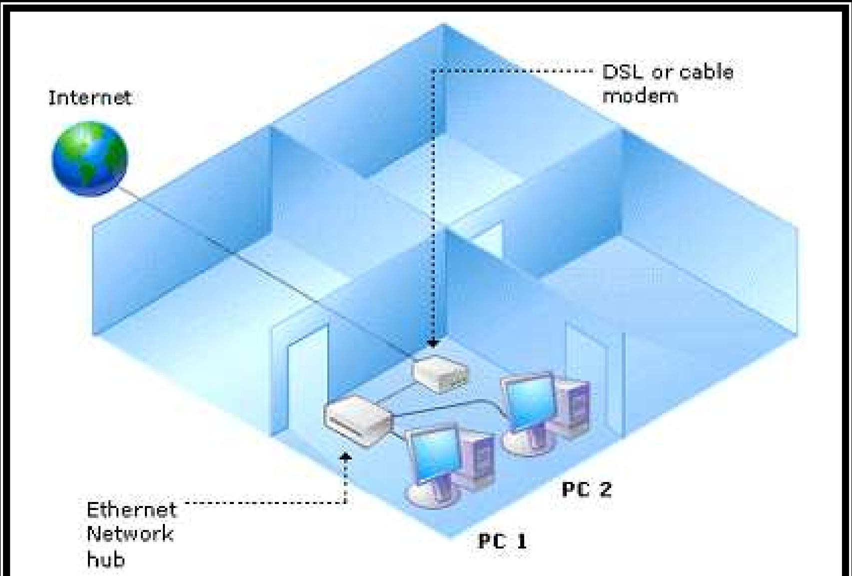

Figura 2: Diagrama de conexión simple con cableado estructurado

A pesar de las muchas ventajas que Ethernet posee, existen otros problemas que impiden su desarrollo más allá de la conexión de PCs a un módem. No es una tecnología muy amigable para el consumidor, ya que para su instalación requiere de algún tipo de tendido, que puede incluir UTP, ScTP ó STP para comunicación telefónica y datos, cableado que típicamente no existe en la mayoría de los hogares.

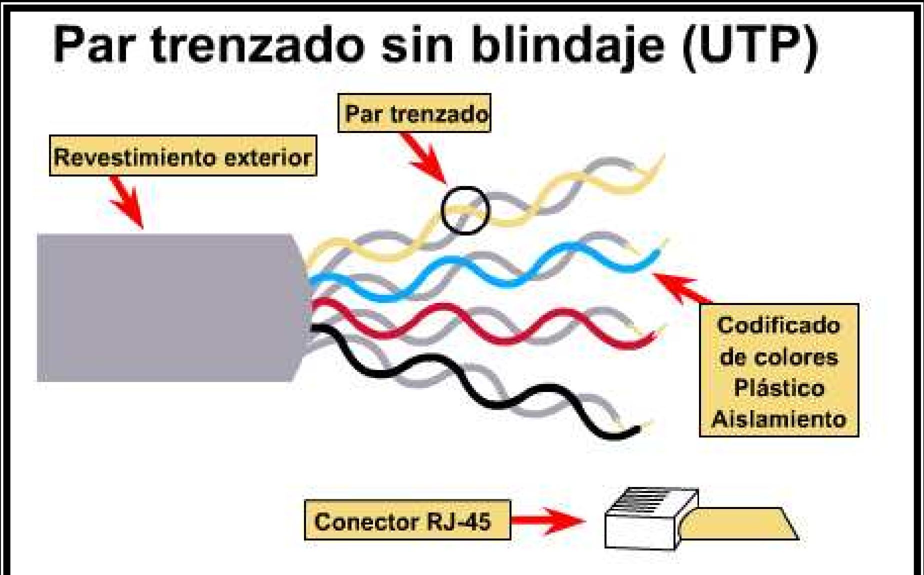

Figura 3: Distribución de hilos y partes del cable UTP

El cable UTP que se usa como medio de networking, tiene cuatro pares de hilos de cobre de calibre 22 ó 24 y posee una impedancia de 100 ohmios. Esto lo diferencia de los otros tipos de cables de par trenzado como, por ejemplo, los que se utilizan para el cableado telefónico. El hecho de que el cable UTP tiene un diámetro externo pequeño (aproximadamente 0,43 cm), puede ser ventajoso durante la instalación.

El cable de par trenzado no blindado presenta muchas ventajas. Es de fácil instalación y es más económico que los demás tipos de medios para networking. De hecho, el cable UTP cuesta menos por metro que cualquier otro tipo de cableado de LAN, sin embargo, la ventaja real es su tamaño. Debido a que su diámetro externo es tan pequeño, el cable UTP no llena los conductos para el cableado tan rápidamente como sucede con otros tipos de cables. Además, si se está instalando el cable UTP con un conector RJ, las fuentes potenciales de ruido de la red se reducen enormemente y prácticamente se garantiza una conexión sólida y de buena calidad.

En una época el cable UTP era considerado más lento para transmitir datos que otros tipos de cables. Sin embargo, hoy en día ya no es así. De hecho, en la actualidad, se considera que el cable UTP es el más rápido entre los medios basados en cobre.

El cable de par trenzado blindado (STP) combina las técnicas de blindaje, cancelación y trenzado de cables. Cada par de hilos está envuelto en un papel metálico. Los 4 pares de hilos están envueltos a su vez en una trenza o papel metálico. Generalmente es un cable de 150 ohmios. Tal como se especifica en las instalaciones de redes Ethernet, el STP reduce el ruido eléctrico, tanto dentro del cable (acoplamiento par a par o diafonía) como fuera del cable (interferencia electromagnética (EMI) e interferencia de radiofrecuencia (RFI)). El cable de par trenzado blindado comparte muchas de las ventajas y desventajas del cable de par trenzado no blindado (UTP). El cable STP brinda mayor protección ante toda clase de interferencias externas, pero es más caro y es de instalación más difícil que el UTP.

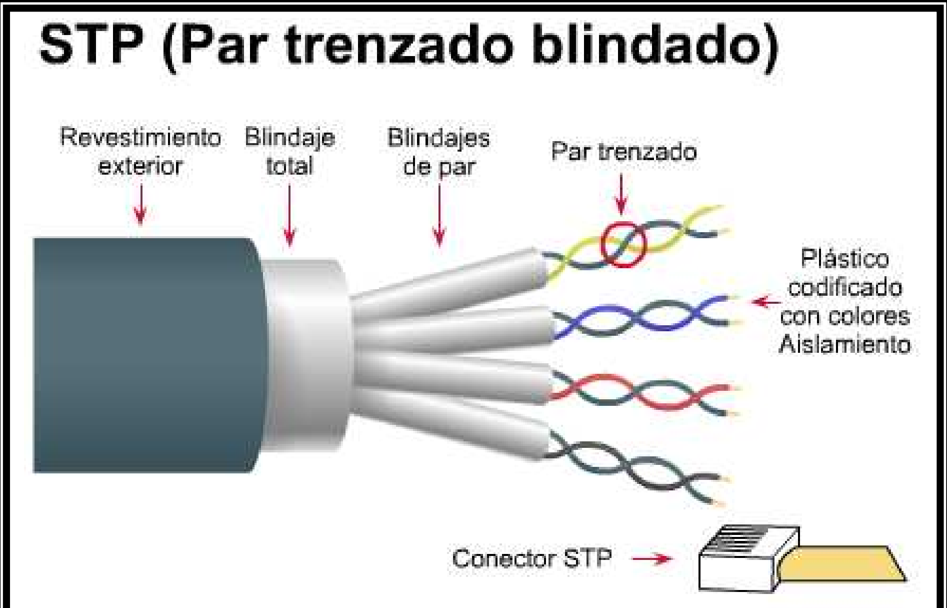

Figura 4: Distribución de hilos y partes del cable STP

Un nuevo híbrido de UTP con STP tradicional se denomina UTP blindado (ScTP), conocido también como par trenzado de papel metálico. ScTP consiste, básicamente, en cable UTP envuelto en un blindaje de papel metálico. Generalmente el cable es de 100 ó 120 ohmios.

Los materiales metálicos de blindaje utilizados en STP y ScTP deben estar conectados a tierra en ambos extremos. Si no están debidamente conectados a tierra (o si existe cualquier discontinuidad en toda la extensión del material de blindaje, debido, por ejemplo, a una terminación o instalación inadecuadas), el STP y el ScTP se vuelven susceptibles a problemas de ruido, ya que permiten que el blindaje funcione como una antena que recibe señales no deseadas. Sin embargo, este efecto funciona en ambos sentidos. El papel metálico (blindaje) no sólo impide que las ondas electromagnéticas entrantes produzcan ruido en los cables de datos, sino que mantiene en un mínimo la radiación de ondas electromagnéticas salientes, que de otra manera pueden producir ruido en otros dispositivos.

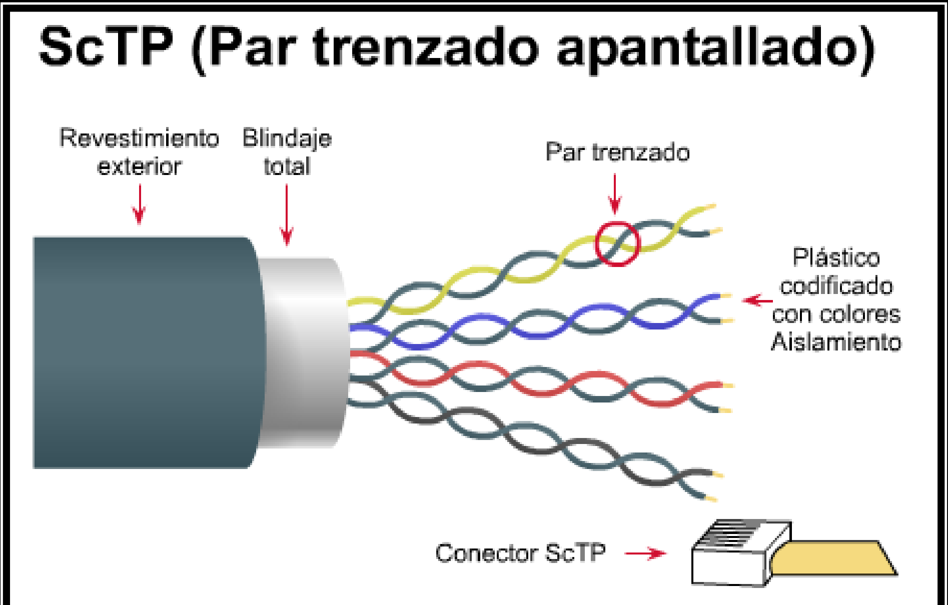

Figura 5: Distribución de hilos y partes del cable ScTP

Los cables STP y ScTP no pueden tenderse sobre distancias tan largas como las de otros medios para networking (tales como cable coaxial y fibra óptica) sin que se repita la señal. El uso de aislamiento y blindaje adicionales aumenta de manera considerable el tamaño, peso y costo del cable. Además, los materiales de blindaje hacen que las terminaciones sean más difíciles y aumentan la probabilidad de que se produzcan defectos de mano de obra. Sin embargo, el STP y el ScTP todavía desempeñan un papel importante, especialmente en Europa.

Los cableados estructurados se dividen por categorías y por tipo de materiales que se utilizan. Las categorías se refieren a la especificación de las características eléctricas de transmisión de los componentes de un cableado basado en UTP. Están normalizadas por los apéndices EIA/TIA TSB 36 (cables) y TSB 40 (conectores). La categoría en la que se dio a conocer el cableado estructurado es 5, pero ahora existen categorías superiores, Categoría 5 mejorada, llamada comúnmente “5e” y categoría 6, que es la más alta especificación en cuanto a niveles de ancho de banda y “performance”. A continuación se presenta una tabla con el detalle de las categorías disponibles, su velocidad de transmisión y tipo de materiales que se requieren para integrarla.

Categoría Obtenida	Velocidad Max. de Transferencia	Requerimientos Mínimos de materiales Posibles a Utilizar	Status
Cat. 3	10 Mbits.	Cable y conectores Coaxiales o cable y conectores UTP de menos de 100 Mhz.	Obsoleto
Cat. 5	100 Mbits.	Cable UTP y conectores Categoría 5 de 100 - 150 Mhz.	Sujeta a Descontinuarse
Cat. 5e	165 Mbits.	Cable UTP y conectores Categoría 5e de 100 - 350 Mhz.	Actual
Cat. 6	1000 Mbits.	Cable de cobre y conectores Categoría 6 y/o Fibra Óptica.	Punta Tecnológica

Tabla II: Categorías de Cable UTP
Fuente: http://www.brain.com.mx

Una vez que el cableado es terminado en ambos extremos, es probado con herramientas altamente confiables que certifican el buen funcionamiento del cableado para cualquier par (de los 4 pares que posee el cable) o cualquier combinación de pares. Los parámetros eléctricos que se miden son:

- Atenuación en función de la frecuencia (db)
- Impedancia característica del cable (Ohms)
- Acoplamiento del punto mas cercano (NEXT- db)
- Relación entre Atenuación y Crosstalk (ACR- db)
- Capacitancia (pf/m)
- Resistencia en DC (Ohms/m)
- Velocidad de propagación nominal (% en relación C)

Una vez que se pasan todas la pruebas se dice que la instalación está certificada. El cableado estructurado en categoría 5 es el tipo de cableado más solicitado hoy en día en nuestro medio.

Existen al menos 18 variedades de Ethernet, las cuales fundamentalmente se diferencian por su velocidad o por su medio de transmisión, que es el responsable directo de la distancia. En el caso de las redes domiciliarias este no es un factor muy importante, ya que se puede cubrir fácilmente segmentos no mayores a 100 metros, con cable UTP, STP ó ScTP, además esa extensión es poco común en un hogar normal. La tabla muestra algunas de las más comunes tecnologías Ethernet.

Tipo	Medio	Ancho de banda máximo	Longitud de segmento máxima	Topología Física	Topología Lógica
10BASE5	Coaxial grueso	10Mbps	500 mts	Bus	Bus
10BASE-T	UTP CAT5	10Mbps	100 mts	Estrella; Estrella extendida	Bus
10BASE-FL	Fibra Optica multimodo	10Mbps	2000 mts	Estrella	Bus
100BASE-TX	UTP CAT 5	100Mbps	100 mts	Estrella	Bus
100BASE-FX	Fibra Optica multimodo	100Mbps	2000 mts	Estrella	Bus
1000BASET	UTP CAT 5	100Mbps	100 mts	Estrella	Bus

Tabla III: Tipos comunes de redes Ethernet y datos más relevantes
Fuente: http://www.cisconetacad.net, Currículum para CCNA, CISCO

En el caso que se decidiese instalar una red de este tipo sería recomendable hacer inversión en un buen cable, aunque se instale un red Ethernet Estándar se recomienda utilizar el cable Cat5e, ya que la diferencia de precio entre este último y el de Cat5 es mínima y los beneficios lo ameritan dado que si se desea se puede cambiar la velocidad de la red en el futuro se lo haría sin necesidad de cablear nuevamente.

1.4.2 CABLEADO EXISTENTE

Dentro del cableado existente en los hogares se encuentran el cable coaxial que es el típicamente utilizado para enviar las señales de TV por cable, la red eléctrica y la red telefónica. A continuación se describe a breves rasgos estas tecnologías y sus beneficios frente a las redes domiciliarias.

1.4.2.1. CABLE COAXIAL

Para miles de personas, la televisión trae entretenimiento, noticias y programas educacionales a sus hogares y actualmente, además de lo anterior, mucha gente que contrata el servicio de TV por cable puede obtener una conexión a Internet de banda ancha a través de su mismo proveedor de cable. Actualmente la tecnología de cable compite con tecnologías como ADSL.

Cada canal de televisión utiliza 6Mhz y a través del coaxial podemos enviar cientos de Mhz. De tal forma que todos los canales pueden ser vistos y además queda espacio adicional para enviar otro tipo de información. En el sistema de TV por cable, las señales de varios canales vienen dadas en segmentos de 6 Mhz. del ancho de banda total disponible para luego ser enviadas hacia los hogares. En algunos sistemas, el cable coaxial es el único medio de distribución de señales, mientras que en otros casos se tiene la distribución a través de cables de fibra óptica que van desde la compañía de cable hasta los diferentes vecindarios o áreas, donde se termina la fibra y las señales se transmiten en coaxial para la distribución a las diferentes casas.

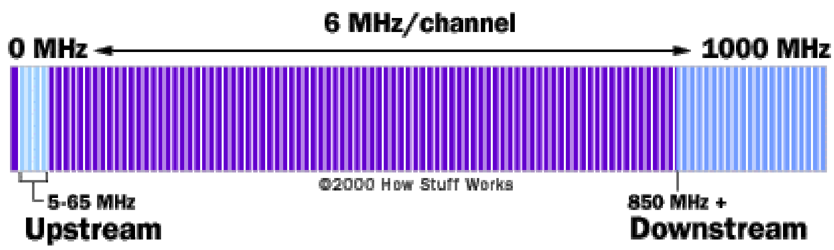

Figura 6: Distribución de frecuencias

Cuando una compañía de TV por cable ofrece el acceso a Internet, la información de Internet viaja por el mismo medio, ya que con la ayuda de un cable-modem se colocan los datos dentro de un canal de 6 Mhz de tal forma que los datos lucen tal y cual como un canal de televisión debido a que esta información toma del cable la misma cantidad de espacio que un canal de este tipo. La información enviada desde el usuario hacia Internet requiere aún menos ancho de banda del cable, solo 2 Mhz.

Otro beneficio del cable modem para el acceso a Internet es que a diferencia de ADSL, la distancia desde la oficina central no afecta la transmisión.

En la siguiente figura (figura 6) se muestra un red domicliaria con cable coaxial como medio de transmisión:

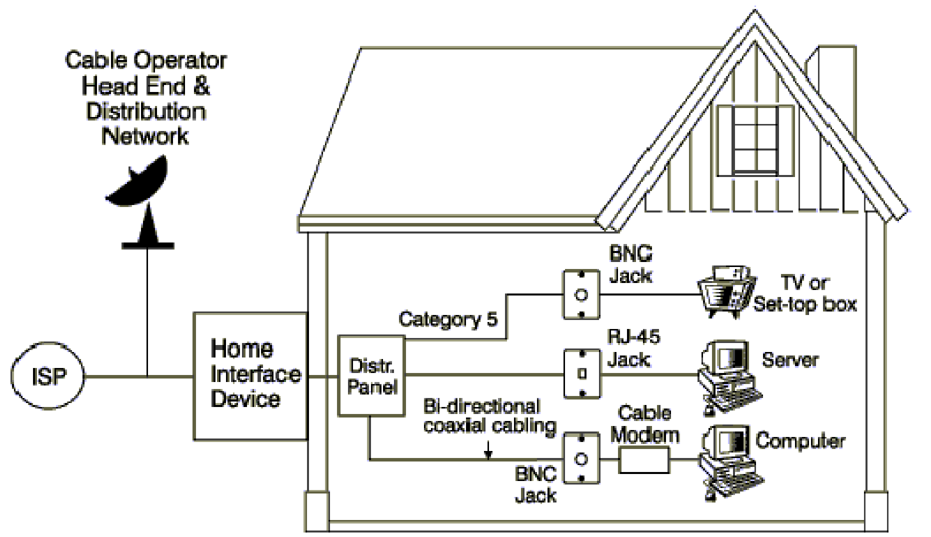

Figura 7: Red domiciliaria con cable coaxial como medio

El cable coaxial ha sido el estándar de transmisión para aplicaciones de video tanto “baseband” como “broadband” así como también para transferencia de datos digitales. Esto es debido a un gran número de factores que incluyen gran ancho de banda, tasas de transferencia de datos más rápidas y conectividad.

El *cable coaxial* está compuesto por dos elementos conductores. Uno de estos elementos (ubicado en el centro del cable) es un conductor de cobre, el cual está rodeado por una capa de aislamiento flexible. Sobre este material aislador hay una malla de cobre tejida o una hoja metálica que actúa como segundo alambre del circuito, y como blindaje del conductor interno. Esta segunda capa, o blindaje, ayuda a reducir la cantidad de interferencia externa. Este blindaje está recubierto por la envoltura del cable.

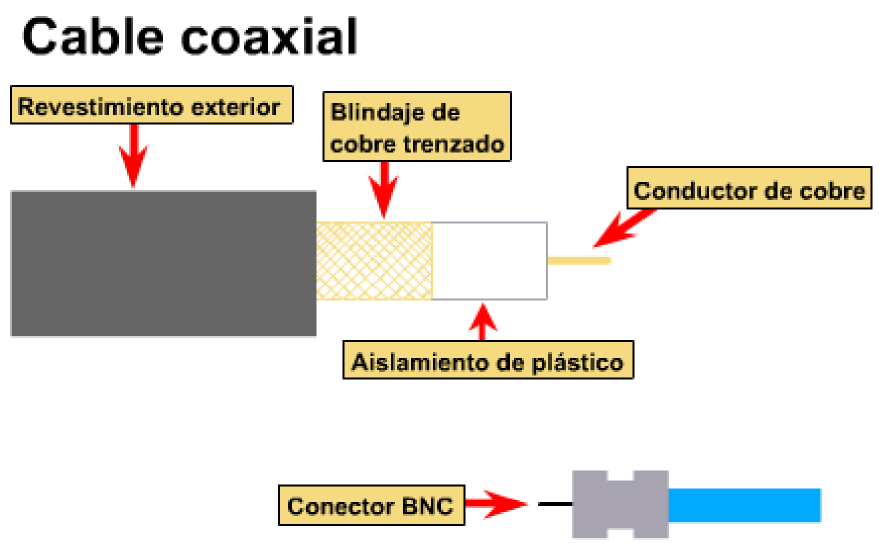

Figura 8: Componentes del cable coaxial

El cable coaxial es más económico que el cable de fibra óptica y la tecnología es sumamente conocida. Se ha usado durante muchos años para todo tipo de comunicaciones de datos. Al trabajar con cables, es importante tener en cuenta su tamaño. A medida que aumenta el grosor, o diámetro, del cable, resulta más difícil trabajar con él. Debe tener en cuenta que el cable debe pasar por conductos y cajas existentes cuyo tamaño es limitado. El cable coaxial viene en distintos tamaños. El cable de mayor diámetro se especificó para su uso como cable de backbone de Ethernet porque históricamente siempre tuvo mejores características de longitud de transmisión y limitación del ruido. Este tipo de cable coaxial frecuentemente se denomina thicknet o red gruesa. Como su apodo lo indica, debido a su diámetro, este tipo de cable puede ser demasiado rígido como para poder instalarse con facilidad en algunas situaciones. El cable coaxial resulta más costoso de instalar que el cable de par trenzado. Hoy en día el cable thicknet casi nunca se usa, salvo en instalaciones especiales. Sin embargo, como el cobre exterior o trenzado metálico del cable coaxial comprende la mitad del circuito eléctrico, se debe tener un cuidado especial para garantizar su correcta conexión a tierra. Esto se hace asegurándose de que haya una sólida conexión eléctrica en ambos extremos del cable. Sin embargo, a menudo, los instaladores omiten hacer esto. Como resultado, la conexión incorrecta del material de blindaje constituye uno de los problemas principales relacionados con la instalación del cable coaxial. Los problemas de conexión resultan en ruido eléctrico que interfiere con la transmisión de señales sobre los medios de red. Cables coaxiales son típicamente diseñados para sistemas de impedancia de 50 o 75 ohmios con rangos de frecuencia de 10 Mhz a 2.2 Ghz. Estos cables son capaces de transferir tasa de datos que exceden 1 Gbps. Con este rango de frecuencias y tasa de transmisión de datos, es fácil reconocer que el cable coaxial ha sido el cable elegido para cubrir una gran variedad de aplicaciones y la transferencia de datos de banda ancha en Ethernet es una de ellas. La mayor ventaja de los sistemas de cable coaxial son su diseño robusto con pequeñas interferencias, ancho de banda más grandes, velocidades de transmisión superiores, distancias mayores en el tendido y facilidad de conexión con equipos existentes y las desventajas de estos sistemas son el relativo gran tamaño de los cables, como ya se había mencionado, los cuales toman más espacio, menor flexibilidad y costos más altos.

1.4.2.2 Cableado Eléctrico

Las líneas eléctricas son las redes con mayor capilaridad que existen, ya que llegan a cada enchufe de cada hogar. Esto permite que la tecnología PLC (Power Line Communication) pueda aplicarse tanto en la red pública como en el interior de los hogares.

La estructura de la red eléctrica se divide en tres niveles a modo de estructura arbórea, en la que el medio es compartido por un elevado número de usuarios. Las comunicaciones a través de las líneas eléctricas requieren de módems especiales en las dependencias de los usuarios, y de concentradores en las estaciones transformadoras de baja tensión, donde se realiza la conexión a los proveedores de telecomunicaciones. Los equipos de transmisión por línea eléctrica permiten combinar corriente eléctrica con señales de alta frecuencia que transportan voz y datos.

Desde un principio, la dificultad más importante para la tecnología PLC era la capacidad de transmisión de las redes de baja tensión que es alrededor de 2Mbps como máximo. Sin embargo, en los últimos tres años se han hecho numerosos adelantos en las técnicas de modulación que han permitido que actualmente se estén consiguiendo capacidades de transmisión muy aceptables, con máximos ente 10 y 12 Mbps.

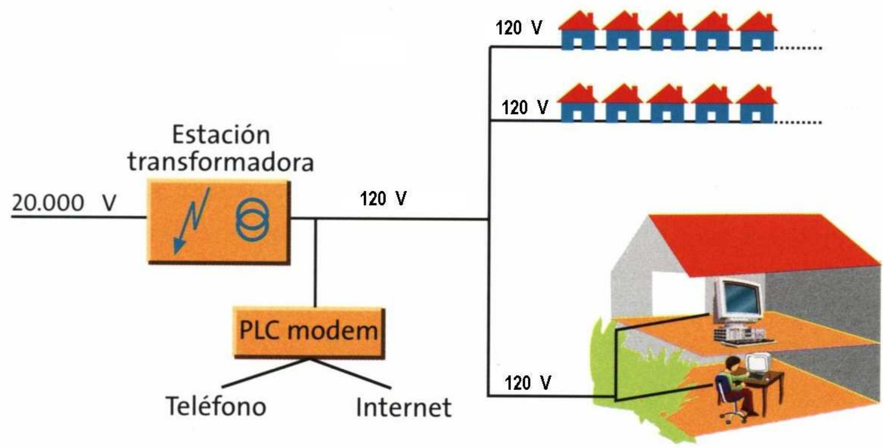

Figura 9 : Transmisión de datos en red de bajo voltaje

En la figura 9 se muestra como se realiza la transmisión de datos sobre la red de bajo voltaje. La señal de datos es inyectada en la estación del transformador y es recibida por todos los usuarios conectados al mismo. La estación base destino será la encargada de procesar los datos . El alcance de la transmisión es de 300 a 500 metros, haciéndose necesaria la utilización de repetidores para distancias mayores. Una característica muy importante de esta tecnología es que todos los domicilios conectados al concentrador comparten el mismo canal de comunicaciones, es decir, el ancho de banda es compartido.

Los fabricantes del sector proponen una solución “maestro-esclavo” para implementar la red doméstica. Esta estructura consiste en una serie de equipos “esclavos”, tantos como se quiera enchufar, que se conectan a un modem especial (home gateway) que está situado en el interior del hogar y actúa como “maestro”. Para tener acceso al medio físico común, en este caso a la red doméstica de baja tensión, los equipos “esclavos” deben recibir una autorización por parte del “maestro”. Los esclavos adaptan la señal procedente de diversos equipos (PCs, impresoras teléfonos, webcams, etc.) a las condiciones de la red de baja tensión, por lo que deben disponer de una amplia variedad de interfaces (RS-232, USB, POTS, etc.)

1.4.2.3. Cableado Telefónico

En 1998 las industrias del computador y semiconductor crearon la Alianza de Red de Línea Telefónica Domiciliaria (HomePNA) para seleccionar, fomentar, y estandarizar tecnologías para redes de línea telefónica domiciliaria. HomePNA fue formado para desarrollar especificaciones sencillas para la interoperabilidad de dispositivos de red de alta velocidad aprovechando el cableado telefónico existente. Permite la interconexión de ordenadores, periféricos, Internet y otras aplicaciones utilizando las líneas telefónicas. Los usuarios pueden establecer y utilizar las redes telefónicas domésticas sin interrumpir el servicio telefónico estándar, ya que usa una banda para la voz, otra para el acceso a banda ancha como DSL. En la figura 10 se puede observar una red en casa conectada a través de los cables telefónicos.

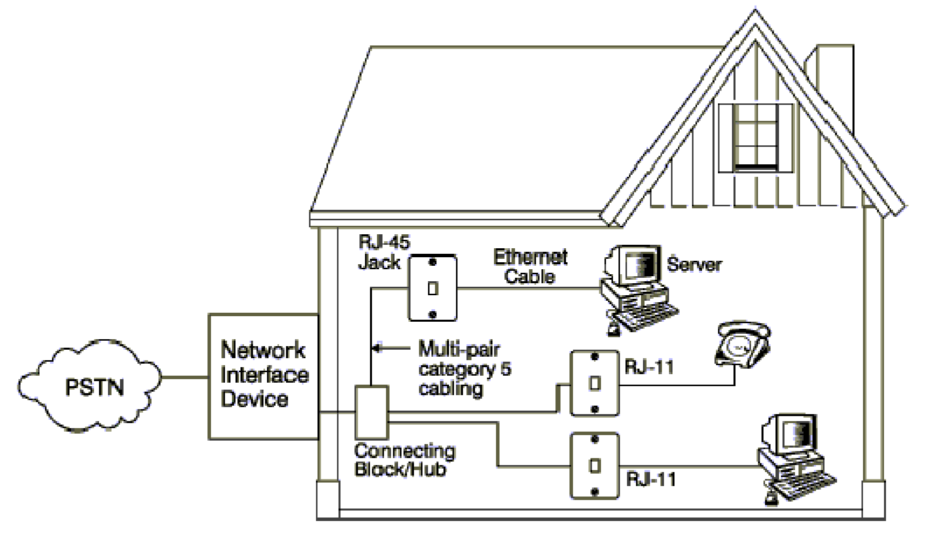

Figura 10: Red domiciliaria utilizando el cable telefónico

Actualmente existen tres versiones, la primera generación trabajaba a una velocidad de 1 Mbps, mientras que la segunda generación fácilmente alcanza 10 Mbps. Aún se trabaja en la tercera versión con la cuál se quiere alcanzar los 100Mbps.

Ciertos inconvenientes para la red de línea telefónica domiciliaria están directamente relacionados con el estado físico del cableado. Se profundizará sobre esta tecnología en el capitulo 4.

1.4.3. Inalámbricas

Una red inalámbrica, o WLAN, no es más que una red informática convencional que utiliza el aire como canal de transmisión, en lugar de los cables convencionales, es decir que son sistemas de comunicación flexibles que pueden ser utilizados para aplicaciones en las que la movilidad es necesaria.

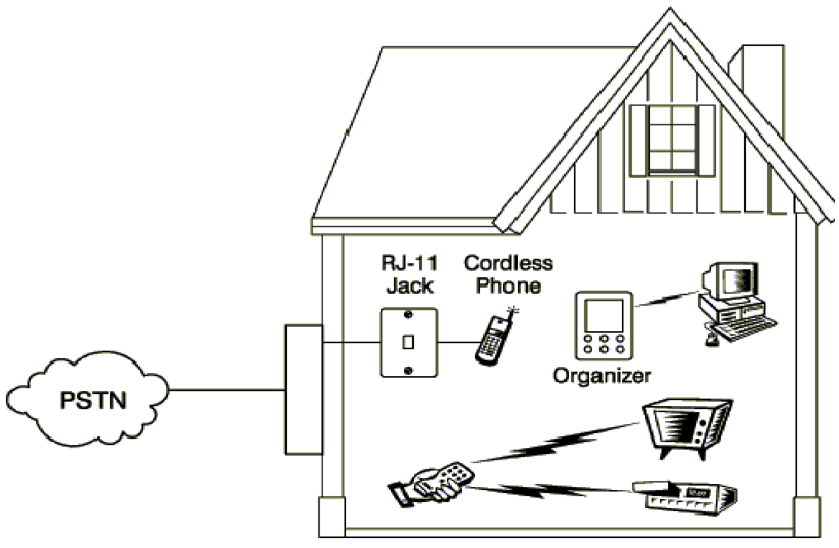

Figura 11: Red domiciliaria inalámbrica

En casa, aunque la movilidad no sea imprescindible desde un punto de vista estricto, las WLANs pueden ofrecer una flexibilidad no alcanzable con las redes de área local cableadas. Pero a pesar de todas las ventajas que ofrecen, las señales inalámbricas pueden encontrar retos significativos cuando deben sobrepasar barreras de metal o concreto, evitando así que muchas señales lleguen a su destino, y creando las llamadas "áreas muertas" dentro del hogar. Los hornos de microondas y otros equipos que emiten ondas de radio frecuencia pueden también desestabilizar estas señales. La tecnología inalámbrica transmite a altas frecuencias y en consecuencia requiere una lógica compleja, estos requerimientos se reflejan en sustanciales costos de desarrollo y de entrega, sin embargo, este tipo de tecnologías siempre será la solución para los dispositivos móviles.

Actualmente se dispone de varios estándares para comunicaciones por radiofrecuencia en el interior de las casas, pero su desarrollo en el mercado de productos inalámbricos es lento y se convierte en un tema difícil para los consumidores elegir cuál de ellos implementar. Los estándares existentes son:

1.4.3.1. Bluetooth

Bluetooth es el resultado de los logros conseguidos por nueve compañías líderes en la industria de las telecomunicaciones, como son 3Com, Ericsson, Intel, IBM, Lucent, Microsoft, Motorola, Nokia y Toshiba.

Esta tecnología elimina la necesidad de utilizar cables para conectar PCs, teléfonos móviles, ordenadores portátiles y otra clase de dispositivos, es un sistema inalámbrico, que permite que estos dispositivos puedan conectarse entre sí utilizando enlaces de radio de corto alcance con velocidades tales como: 433.9 Kbps para canales de datos simétricos/bidireccionales o 723.2 Kbps para datos con dirección asimétrica/sencilla. La conexión entre dispositivos de esta tecnología se establece empleando un enlace de radio y para que se realice con éxito es necesario que el dispositivo lleve instalado un microchip especial. Los dispositivos con tecnología Bluetooth tienen un radio de alcance que va de los 10 cm a los 10m con 1 mW de potencia, pero incrementando la potencia del transmisor a 100mW se puede llegar hasta los 100 m. Utiliza la banda de radiofrecuencia de 2.45 GHz ISM, lo que permitirá que el estándar funcione en la mayor parte de los países. Pueden conectarse a la vez 8 dispositivos, formando la red denominada piconet con un máximo ancho de banda de 1 Mbps. Un piconet está formado por un dispositivo A que envía un requerimiento y un dispositivo B que recibe. El primer dispositivo (A) manda a llamar al segundo (B) y establece un enlace físico. En este piconet, “A” es el master y “B” es el esclavo, un master puede tener hasta 7 esclavos activos, los esclavos pueden participar en diferentes piconets y un master de un piconet puede ser esclavo en otro. Esto es conocido como scatternet (Red dispersa). Se puede formar un scatternet sin degradación perceptible en el rendimiento con hasta 10 piconets.

Los adaptadores que emplea esta tecnología usualmente son una tarjeta de PC y un cable USB (*Universal Serial Bus,* Bus Serial Universal), La tecnología inalámbrica soporta conexiones punto a punto y punto a multipunto. Una gran ventaja que posee es que puede ser usado para la sincronización y como reemplazo del cable a distancias cortas en computadoras, PDAs (*Personal Digital Assistants,* Asistentes Digitales Personales) y otros equipos móviles, y periféricos. Pero también posee desventajas: proporciona una velocidad baja en un rango corto, y da problema con la interferencia con otros dispositivos que pertenezcan a radio frecuencia de 2,4 Ghz. Se la emplea en redes de tipo PAN (*Personal Area Network,* Redes de área personal), es decir cubre distancias cortas y cerradas.

1.4.3.2. HomeRF

Se desarrolló para permitir la comunicación de voz y datos entre PCs, periféricos, teléfonos inalámbricos y otros dispositivos, tanto en el interior como el exterior de las casas, sin necesidad de cables. El grupo de trabajo 1o formaron compañías como Compaq, Ericsson, Hewlett-Packard, IBM, Intel, Microsoft y Motorola. Estás redes proporcionan un rango de hasta 45 metros de distancia (150 pies), espacio suficiente para cubrir un típico hogar, garaje y jardín. La especificación de HomeRF 2.0 está habilitada para la introducción de nuevos tipos de aplicaciones y servicios que incluyen distribución completa de audio en calidad de CD para toda la casa con parlantes inalámbricos y video. Con suficiente ancho de banda ofrece un desempeño adecuado para redes domiciliarias. Utiliza la banda de 2,4 GHz (2 Mbps) y de 5 GHz (10 Mbps). Esta tecnología teóricamente soporta hasta 127 usuarios, pero las empresas fabricantes recomiendan no conectar más de 10 usuarios. Desde el punto de vista tecnológico, una de las ventajas de HomeRF es la capacidad incorporada de las comunicaciones de voz (de esta manera se tiene calidad de voz aceptable en caso de utilizar su red local para encargarse de las llamadas telefónicas y la información). Los teléfonos inalámbricos usando HomeRF ofrecerán más ventajas que los convencionales teléfonos inalámbricos incluyendo más flexibilidad en la ubicación de los teléfonos, actualmente los teléfonos inalámbricos deben ser conectados en ubicaciones que pueden no ser ideales para el usuario final y puesto que muchos hogares incluyen solo dos o tres tomas telefónicas, los teléfonos inalámbricos quedan confinados a ciertas áreas, con Home RF ya no es necesario que las bases estén unidas a tomas individuales, una sola conexión a una sola toma es requerida, y microteléfonos adicionales pueden ser colocados en lugares convenientes. La habilidad para expandir la red de voz simplemente añadiendo microteléfonos ofrece ahorro al no tener que comprar múltiples teléfonos inalámbricos. Se trata de una tecnología similar a Bluetooth, ya que utiliza la misma banda de frecuencia, pero en teoría no interfiere con ella gracias al método de salto en frecuencia, que en este caso es de 50 saltos por segundo, lo que la hace menos susceptible a las interferencias de otros teléfonos inalámbricos, hornos de microondas, controles remotos y monitores de bebé.

1.4.3.3. Hiperlan 2

Es un sistema de redes de radio de corto alcance que puede manejar comunicaciones asincrónicas y sincrónicas. Este sistema responde al trabajo realizado por ETSI (*European Telecommunication Standards Institute*, Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones). Para HIPERLAN se han establecido dos bandas de frecuencia: una que va de 5,15 a 5,25

GHz, y la otra de 17,1 a 17,3 GHz. Hiper LAN2 tiene una tasa alta de transmisión, la capa física llega hasta 54Mbps y en capa 3 hasta 25 Mbps. Los transmisores pueden operar con una potencia máxima de 1 vatio.

La capacidad de administración de tráfico es tal que se puede administrar simultáneamente tráfico sincrónico y asincrónico con una composición de 25 enlaces de audio a 32 Kbps, otros 25 enlaces de audio a 16 Kbps, 1 enlace de video a 1 Mbps más la transferencia asincrónica de datos o archivos a 13,4 Mbps. El alcance del sistema Hiperlan es de 50 metros aproximadamente, con una baja movilidad de 1,5 metros por segundo, siendo típico su uso en ambientes interiores.

El acceso de un equipo responde a un mecanismo combinado de FDMA y TDMA. Mientras se está en movimiento, H2 o HiperLAN2 automáticamente desempeña “handover” hacia la estación base más cercana, llamada Access Point (AP). H2 además posee un fuerte soporte de seguridad que incluye tanto autentificación como encriptación y tiene asignación automática de frecuencia, eliminando la necesidad de planificar la frecuencia manualmente.

1.4.3.4. Ultra Wideband

Ultra Wideband es una revolucionaria tecnología inalámbrica para transmisión digital de datos sobre un amplio espectro de bandas de frecuencias. El concepto básico es desarrollar, transmitir y recibir un pulso de radiofrecuencia de una duración extremadamente pequeña, típicamente de 10 picosegundos hasta unos pocos nanosegundos. Los transmisores y receptores deben ser coordinados para enviar y recibir pulsos con una precisión de trillonésimos de segundo. Transmite señales a través de un rango de frecuencias mucho más ancho que el tradicional y usualmente son difíciles de detectar. El espacio del espectro ocupado por una señal UWB, es decir, el ancho de banda de la señal es al menos 25% del centro de la frecuencia, de esta forma si una señal está centrada en 2 Ghz, deberíamos tener un mínimo ancho de banda de 500 Mhz y el mínimo para una señal centrada en 4 Ghz sería 1 Ghz. Puede transmitir datos a tasas muy altas (para aplicaciones LAN), tasas de 100 Mbps con una muy baja potencia, de alrededor de 200mW. Dentro de la potencia limitada permitida bajo las actuales regulaciones de la FCC, esta tecnología no solo puede transportar grandes cantidades de datos a cortas distancias con baja potencia, sino que también tiene la habilidad de transportar señales a través de puertas y otros obstáculos que tienden a reflejar las señales a anchos de banda más limitados y a potencias más altas. Un nivel de potencia mayor implicaría que las señales UWB pueden viajar a rangos significativamente más grandes. En vez de las tradicionales ondas senoidales, en UWB los pulsos digitales de broadcast son cronometrados con precisión al mismo tiempo, en una señal a través de un espectro muy ancho. UWB además puede ser usada para radares de alta resolución y sistemas de radio locación de precisión.

1.5. Aplicaciones de redes domiciliarias

Las redes domiciliarias no difieren en mucho de otros aspectos de nuestra vida, usualmente estamos obsesionados con la velocidad y frustrados cuando tenemos que esperar. Con la omnipresente trascendencia del Internet, se proporciona una inmediata y dinámica respuesta a la fijación en las redes de banda ancha. El término Banda ancha o "broadband" tiene múltiples definiciones y es implementada en diferentes formas. En su contexto más simple y amigable para el consumidor, la banda ancha se refiere a alguna otra conexión que es más rápida que un modem "dial-up", los cuales actualmente trabajan a 56Kbps. Siendo un poco más específicos, el término banda ancha es típicamente utilizado para velocidades entre 144Kbps y 8Mbps, por lo tanto se lo usa para connotar velocidad y además posee otra cualidad inherente que es estar siempre "online" en una conexión a Internet.

Aprovechando las conexiones de banda ancha se pueden cubrir las necesidades de todos los usuarios en redes domiciliarias que básicamente deben soportar cinco categorías de aplicaciones digitales: datos, teléfono, audio, video y automatización. Cada categoría posee requerimientos para su funcionamiento:

1.5.1. Datos

La aplicación de datos incluye principalmente el compartir periféricos, archivos y el servicio de Internet para navegación en la web, e-mail y chat.

En la actualidad, en un hogar con multiples PCs, cada computadora necesita un duplicado del conjunto de periféricos, tales como, impresoras o scanners. Con una red domiciliarias, el presupuesto limitado puede ser optimizado para obtener un solo juego de periféricos de la mejor calidad en vez de muchas unidades de bajo rendimiento y desempeño. Además que los futuros periféricos pueden ser diseñados para conectarse directamente a la red, simplificando la instalación.

Los archivos duplicados podrían ser otro problema tanto de espacio en disco duro como de comodidad, múltiples usuarios podrían fácilmente mover, copiar, pegar, respaldar y modificar sus archivos, evitando perdida de tiempo y dinero con la ayuda de software automático que actualiza y habilita la conexión a través de la red.

El acceso simultáneo a Internet habitualmente el factor más importante para tomar la decisión de instalar una red domiciliaria. Hoy en día, múltiples usuarios necesitan disfrutar del acceso a Internet sin restricciones, sin cuentas telefónicas y cuentas de Internet separadas, pero dados los costos de estos servicios, estos múltiples usuarios se ven obligados a utilizar el servicio uno cada vez, es decir, individualmente. La solución a este gran inconveniente, sin lugar a dudas, es una red doméstica, que a la vez representa significativos ahorros y gran utilidad al permitir compartir el acceso a una sola conexión de Internet. La necesidad para este acceso compartido crece en la misma medida en que los módems de 28.8 Kbps., 33.6 Kbps y 56Kbps. son reemplazados por conexiones de alta velocidad "siempre online" tales como ADSL, cable MODEM o satelital.

La estandarización de las interfaces en las redes domiciliarias de área local a altas velocidades, aísla los dispositivos colocados en red, de los cambios en las tecnologías de acceso a Internet.

La mayoría de las aplicaciones antes mencionadas trabajarán satisfactoriamente a índices de 5 Mbps o menos, y sin aplicaciones que no requieren de especificaciones de rendimiento específicas y que operarán satisfactoriamente con un esfuerzo mínimo.

1.5.2 Servicios Telefónicos

Los servicios telefónicos incluyen todas las formas de comunicación interpersonal de voz. Comenzando por los servicios de voz convencionales, los cuales se expandirán para conferencias y luego para video-telefonía y comunicaciones multimedia integradas. Los servicios de voz requieren una tasa baja de datos (15-64Kbps), mientras el video requiere tasas un poco más altas (128-384Kbps). Todos estos servicios necesitan ser accesibles desde cualquier lugar en la casa a través de algún dispositivo (voz y video sobre IP). La voz y el video son altamente sensitivos a jitter y a los retardos, y operan satisfactoriamente sobre redes diseñadas para soportar calidad de servicio (QoS) en términos de ancho de banda, retardos, jitter, tasa de error de bit, etc.

1.5.3. Aplicaciones de Audio

Comprenden la distribución de audio digital desde CDs, archivos MP3, radio en Internet a lo largo de la casa hacia algún equipo de parlantes o de audífonos. Estas aplicaciones requieren tasas desde

128Kbps hasta 1Mbps, dependiendo de la compresión que se utilice y operan más satisfactoriamente sobre redes diseñadas con QoS.

1.5.4. Aplicaciones de Video

Abarca la distribución de video digital desde una conexión de banda ancha, tocador de DVD o de un servidor de multimedia hacia alguna pantalla de video ubicada en la casa, que puede ser una PC, un televisor, una consola de video o una webpad. También incluye la conexión de red entre cámaras de video digital. Servidores y dispositivos de observación. EL video viene en muchos formatos incluyendo definición estándar convencional (SD) y alta definición (HD). SD requiere de 1.5 a 8 Mbps. por canal, mientras que HD requiere 19.39Mbps. por canal. Al igual que en la aplicación anterior, esta trabaja más satisfactoriamente sobre redes que soportan Qos.

Una aplicación extra del video es el reino de los videojuegos, en algunos casos son ofrecidos en la red a través de Internet y aunque son funcionales y populares, en muchas ocasiones son limitados por una relativa baja velocidad y una respuesta de tiempo poco predecible en las conexiones actuales de los consumidores, caso que puede ser solucionado con las redes de banda ancha. Adicionalmente a esto muchas familias prefieren jugar entre ellos y no con extraños en la red. La instalación de una red en el hogar ofrece esta alternativa y mucho más.

1.5.5. Automatización Doméstica

Encierra una amplia variedad de aplicaciones que nos llevan a la comúnmente llamada “casa inteligente”. Aplicaciones tales como control de encendido y apagado de luces simulando habitantes dentro de la casa, control y temporización de audio y video, monitoreo externo, control de electricidad y gas, seguridad del hogar que incluye acceso externo a cámaras de video monitoreando, y comunicación entre dispositivos o artefactos domésticos dentro del hogar. La automatización de un hogar típicamente abre las comunicaciones entre la casa y sus locaciones externas.

Las posibilidades de una red computarizada están limitadas simplemente por nuestra imaginación y nuestro presupuesto. Mientras estas aplicaciones generalmente requieren muy bajo ancho de banda y operan satisfactoriamente sobre una red mínima, la seguridad y sistemas de alarmas son servicios que siempre deben estar encendidos y operando con una gran confiabilidad.

La automatización de hogares promete la mejor conveniencia, ahorro de tiempo, seguridad y confort personal.

1.5.6 Teletrabajo

El teletrabajo se refiere a la habilidad de los empleados de una compañía para trabajar fuera de la oficina, sin un control físico y directo. La aceptación generalizada del teletrabajo ha sido prevista por años, pero en la práctica no se ve tan cerca su realización potencial a causa de su costo, sus términos y limitaciones técnicas, o por asuntos de aceptación cultural.

El teletrabajo era técnicamente factible antes de que Internet y las redes en casa se convirtieran en populares. Los trabajadores remotos pudieron desenvolverse perfectamente bien estando solos y confiando en el servicio telefónico y postal para comunicarse con sus respectivas oficinas. El acceso a Internet hace posible una telecomunicación “en vivo” o en tiempo real, además del audio en vivo, los teletrabajadores ahora pueden intercambiar correo electrónico con sus compañeros de trabajo y en algunas ocasiones participar en tiempo real de conferencias de video con sus oficinas.

Hoy en día la mayoría de los teletrabajadores confían en Internet para el acceso a su oficina; alternativas como las líneas arrendadas existen, pero aún son bastante caras de instalar para las compañías. Una sola computadora con acceso a red puede ser temporalmente suficiente para los teletrabajadores, pero una red doméstica con todas sus características si soportará todos los miembros de la familia. Dos adultos, ambos trabajando a distancia desde el mismo hogar y niños esperando para usar la red por sus tareas escolares o simplemente por juegos, pueden compartir la red sin interferir con el trabajo a distancia de sus padres. A menudo no se requiere acceso a Internet a alta velocidad para el teletrabajo, es mas, muchos trabajadores se comunican a través de pequeños mensajes a través del correo electrónico que viajan sobre las redes rápidamente. Los trabajadores pueden además escribir y editar documentos y programas de software desde sus computadoras locales, usando la red solo para enviar resultados finales. Sin embargo, el acceso a la red de alta velocidad será necesario si algunos miembros de la familia necesitan simultáneamente acceso a sistemas de videoconferencia que deben ser usado como parte del trabajo remoto y la solución a esto son las redes domésticas.

CAPITULO 2

2. Estándares y especificaciones de las Redes Domiciliarias

Luego de establecer los requerimientos necesarios para crear una red domiciliaria y las diferentes tecnologías que se pueden emplear en dicha red, se debe considerar que, para que dos máquinas puedan comunicarse hace falta un protocolo en común, entonces para obtener un correcto funcionamiento de la red se tiene que seguir estándares que nos ayudan a describir como se transmiten los datos en la red; por esta razón, que en este capítulo se procede a presentar algunos estándares, protocolos o lenguajes de niveles altos.

2.1. Análisis Global de los estándares para Redes Domiciliarias

Estándar es un conjunto de normas que rigen la creación de lenguajes o protocolos utilizados para lograr el intercambio de información dentro de una red mejorando la eficiencia de la misma.

Una red domiciliaria al igual que todas las redes, es construida de acuerdo a un estilo, es decir, se considera el medio físico como por ejemplo el aire en radio frecuencia, un protocolo de nivel bajo así como HomeRF y un protocolo o lenguaje de nivel alto como por ejemplo el Universal Plug and Play (UPnP).

Las características mencionadas anteriormente pueden ser aceptadas en una red domiciliaria dependiendo de los cambios que se presentan en el desarrollo de dicha red; tales como: la instalación, la red de acceso presente y tipo de equipos que están siendo conectados.

En la Tabla IV se describen los protocolos de niveles altos y protocolos de capa física con el medio físico que emplean para transmitirse los datos en una red domiciliaria.

T

Tabla IV: Estándares, Protocolos y el medio físico que emplean una red domiciliaria
Fuente: http://www.ce.org/publications/books_references/techhome/home/standards/structured_wiring.asp

Los Estándares proveen soluciones para el consumidor, el fabricante y el proveedor del servicio. Con los Estándares establecidos, los costos bajan, los productos y las redes son simplificadas, fabricantes y proveedores se pueden concentrar en las aplicaciones y no en las tecnologías.

PROTOCOLOS DE NIVELES ALTOS	**UPnP**					**OSGI**
PROTOCOLOS DE CAPA FÍSICA	Ethernet IEEE802.3	HomePNA	Bluetooth HomeRF 802.11	DOCSIS	IEEE1394	HomePlug
Medio Físico	Par Trenzado	Línea Telefónica	Radio Frec.	COAXIAL	Fibra	Línea de Energía

2.2. Estándares aplicables para una Red Domiciliaria

Los estándares son importantes, pero debemos considerar dos puntos importantes: 1) Si el estándar garantiza la interoperabilidad entre equipos de diversos fabricantes, ya que sabemos que la interoperabilidad es la clave de la comunicación y trabajo en conjunto, y 2) Si el sistema por sí solo soporta otros estándares de red y en particular el Protocolo de Internet (IP).

Solamente los protocolos que han sido probados ampliamente por varios años están listos para ser utilizados por el consumidor. En base a la tabla IV a continuación se describen en pocas palabras los protocolos de niveles altos y protocolos de capa física que se emplean en una red domiciliaria.

2.2.1 Protocolos de Niveles Altos.

Los protocolos de niveles altos están encargados de proporcionar servicios de red a las aplicaciones del usuario (capa siete del modelo OSI), el formateo de los datos (capa seis del modelo OSI), también establecen, administran y finalizan las sesiones entre dos host (capa cinco del modelo OSI). Para redes domiciliarias se consideran los siguientes protocolos: El Universal Plug and Play (UPnP) y el OSGI.

2.2.1.1. El Universal Plug and Play (UPnP)

El Universal Plug and Play (UPnP) es un Estándar que consigue, que la red domiciliaria resulte "invisible" para el usuario, el alcance de UPnP es suficientemente amplio para abarcar varios escenarios existentes, tales como automatización del hogar, impresión e imágenes y entretenimiento de audio/video; se conectan automáticamente entre sí sin necesidad de configuraciones complejas para iniciar su funcionamiento. También se debe de considerar que, UPnP puede funcionar prácticamente con cualquier tecnología de red domiciliaria sea cableada o inalámbrica y los dispositivos a conectarse pueden utilizar cualquier medio de comunicación, pudiendo ser a través del aire, como en el caso de las inalámbricas o a través del cable como con línea telefónica, línea de energía, Ethernet , la única preocupación podría ser que los medios que se están utilizando no soporten el ancho de banda que se requiere para el uso que se pretende. Es independiente de cualquier sistema operativo en particular, lenguaje de programación o medio físico (como el caso de Internet). UPnP no especifica cuáles APIs de aplicaciones utilizará, permitiendo a los proveedores de sistemas operativos crear las APIs que cumplirán las necesidades de sus clientes.

UPnP aprovecha varios protocolos existentes, utiliza estos protocolos estandarizados para ayudar a asegurar la interoperabilidad en las implementaciones del proveedor.

2.2.1.2. OSGI (Open Service Gateway Initiative)

OSGI es una asociación cuyo objetivo es definir y promover un estándar abierto, que permita conectar los servicios ofrecidos en redes de área amplia (WAN) a redes locales (LAN). De igual manera permitirá la conexión de un gateway, que se encuentra dentro de casa con servicios externos ofrecidos a través de Internet. De esta forma, los Proveedores de Internet (ISP), operadores de red y fabricantes de equipos pueden ofrecer una amplia gama de servicios a los usuarios finales utilizando todos el mismo gateway, es decir, OSGI pretende ofrecer una arquitectura completa y de extremo-a-extremo, que cubra todas las necesidades del proveedor de servicios, del cliente y de cualquier dispositivo instalado en las viviendas.

Las características principales de la especificación son las siguientes:

- **Abierta**(no define ninguna arquitectura de red domiciliaria, es decir, no obliga al uso de una tecnología concreta, ni ningún protocolo).

- **Segura**(proporciona una alta seguridad e integridad para que los proveedores puedan ofrecer múltiples servicios sobre la misma plataforma sin interferirse unos con otros).
- **Estandarizada.**
- **Independiente del hardware.**
- **Confiable.**
- **Escalable.**

2.2.2 Protocolos de Capa Física

Los protocolos de capa física o también conocidos como protocolos de niveles bajos son aquellos que definen los estándares físicos y eléctricos a ser observados, el orden de los bytes y bits, la transmisión, detección y corrección de errores del bit; los protocolos a mencionar para ser utilizables en un red domiciliaria son: Ethernet e IEEE802.3, HomePNA, Bluetooth, HomeRF, IEEE 802.11, DOCSIS, IEEE 1394, HomePlug.

2.2.2.1. Ethernet e IEEE802.3

Ethernet es una topología de red definida por el estándar IEEE802.3, su topología física es una estrella extendida. Existen algunas variaciones de Ethernet dentro de las cuales podemos mencionar: 10BaseT (con una velocidad de 10Mbps), 100BaseT (con velocidad de 100Mbps) y 1000BaseT (de 1000Mbps), todas ellas son implementadas a través de cable trenzado UTP CAT5. En

1980, según la academia CISCO, el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) publicó la especificación IEEE 802.3, la cual es una LAN con ciertas diferencias con la tecnología LAN Ethernet, estas diferencias radica en que Ethernet proporciona servicios que corresponden a la capa física y a la capa de enlace de datos del modelo de referencia OSI, y LAN IEEE 802.3 especifica la capa física y la porción de acceso al canal de la capa de enlace de datos, pero no define un protocolo de Control de Enlace Lógico (LLC, *Logical Link Control*); otra diferencia es que en la trama IEEE802.3 tiene el campo *longitud* y Ethernet tiene el campo *tipo*.

Ethernet e IEEE 802.3 especifican tecnologías similares; ambas tienen el método de acceso de CSMA/CD, el cual indica que las estaciones de una LAN pueden acceder al medio en cualquier momento ya que antes de enviar datos, las estaciones CSMA/CD escuchan a la red para determinar si se encuentra en uso, si lo está, esperan y si la red no está siendo utilizada, las estaciones comienzan a transmitir, de esta manera se evitan las colisiones en el medio. En el caso que existan colisiones, las estaciones CSMA/CD pueden detectarlas y esperar un momento para luego retransmitir la información.

Tanto LAN Ethernet como las LAN IEEE802.3 son redes de broadcast, lo que significa que cada estación de la red puede ver todas las tramas, aunque éste no sea la estación destino en el instante en que llegue a su correspondiente estación, sólo allí se copiarán los datos. También las dos requieren un cableado de categoría 5 ó superior.

En Ethernet se debe cumplir la especificación TIA/EIA-568-A, la cual indica que la distribución física o topología que se debe de emplear para el cableado horizontal es topología en estrella, es decir que la terminación mecánica de cada toma/conector de telecomunicaciones se encuentra en el panel de conexión del centro de cableado; la longitud máxima del cableado horizontal para un cable de par trenzado sin blindaje es de 90 metros; la longitud máxima de los cables de conexión en la toma/conector de telecomunicaciones es de 3 metros, y la longitud máxima de los cables de conexión/jumpers en una conexión cruzada horizontal es de 6 metros.

Ethernet no es apta para instalar dispositivos para entretenimiento, ya que carece del soporte de calidad de servicio (QoS, característica que se explicará en páginas posteriores) para datos isócronos.

2.2.2.2. HomePNA

HomePNA es una asociación no lucrativa de compañías líderes en la industria del área de electrónica y telecomunicaciones, que crearon un estándar para el uso de la línea telefónica.

El Estándar de red telefónica conocida como HomePNA, opera similar al Estándar IEEE802.3 de 10 Mbps, utiliza el entramado de IEEE802.3 y el comportamiento MAC de Ethernet CSMA/CD. Transmite en el existente cableado telefónico y permite la detección automática de colisiones de tal manera que puede esperar y después continuar la transmisión. Sin embargo, el estándar no es resistente al ruido externo y degrada la señal ya que el medio en el cual se desempeña no es ideal para la comunicación de datos a alta velocidad, sin embargo las mejoras realizadas en el estándar últimamente han dado resultados muy exitosos.

Este estándar se lo analiza a profundidad en el capítulo 4 como una tecnología de línea telefónica en redes domiciliarias.

2.2.2.3. Bluetooth

Bluetooth como estándar opera en la frecuencia de radio de 2,4 Ghz y define dos tipos de canales para la transmisión: sincrónica y asíncrona. Los canales sincrónicos (SCO, *Synchronous connection-oriented link, Enlace de Conexión Orientada*

Sincrónica)) son simétricos y proporciona una conexión bi-direccional de 64Kbps entre el equipo maestro y esclavo. Muchos de estos canales llevan voz, pero uno de ellos puede llevar voz y datos a baja velocidad simultáneamente. Los paquetes asincrónicos (*ACL, Asynchronous aonnectinless Link, Enlace sin Conexión Asincrónica*) son enviados después de la asignación SCO, es decir los esclavos envían información solamente después de recibir información del dispositivo maestro asignados a ellos. Para los canales ACL se define la capa L2CAP(*Link Control Adaption Protocol, Protocolo de adaptación del control de enlace*) que activa la segmentación y reensamble de los paquetes así como también los servicios de QoS y el establecimiento de la conexión.

Como el sistema de Radio Frecuencia (RF) de bluetooth es un sistema de frecuencia con espectro esparcido (spread-spectrum), es decir los paquetes son transmitidos en ranuras de tiempo definidas sobre frecuencias definidas, esta capa usa el procedimiento de búsqueda para sincronizar la transmisión de frecuencia y reloj de diferentes dispositivos de bluetooth. L2CAP, la capa más baja, provee la interface al controlador de enlace y permite la interoperabilidad entre dispositivos bluetooth, también permite soportar protocolos de niveles superiores tal como el TCP/IP. Adicionalmente, L2CAP provee el mapeo de protocolos superiores a piconets, segmentación y reensamblaje de paquetes entre capas, y la negociación y monitoreo de la calidad de servicio entre dispositivos. Proporciona enlaces punto a multipunto soportando transferencia de datos asíncronos e isócronos.

2.2.2.4. Home RF

La tecnología HomeRF, basada en el protocolo de acceso compartido (*Shared Wireless Access Protocol*, SWAP), encamina sus pasos hacia la conectividad sin cables dentro del hogar. En sí, la especificación SWAP define una interfaz inalámbrica que está diseñada para poder soportar tanto el tráfico de voz como los servicios de datos en redes PAN dentro de los entornos domésticos e interoperar con las redes públicas de telefonía e Internet.

2.2.2.5. IEEE 802.11

El estándar IEEE 802.11 permite desarrollar y fabricar productos y sistemas RF de bajo coste e interoperativos entre sí para el soporte de comunicaciones inalámbricas. El estándar incluye especificaciones para el nivel físico y las funciones de control de acceso al medio.

El estándar 802.11 utiliza un protocolo MAC de acceso al medio denominado CSMA/CA, diferente del utilizado por Ethernet (CSMA/CD) , y que permite realizar un uso más eficiente del ancho de banda.

El protocolo MAC incluido en el 802.11 está diseñado y optimizado para su utilización en redes locales inalámbricas . La funcionalidad más importante soportada por el protocolo CSMA/CA de acceso al medio es la interoperatividad. El estándar 802.11 proporciona interoperatividad teórica en el medio radio. Ello significa que una estación IEEE DSSS puede hablar con otra IEEE DSSS y que una estación IEEE FHSS puede hablar con otra IEEE FHSS . Lógicamente, una estación DSSS no puede hablar con una FHSS y viceversa, ya que utilizan esquemas de modulación completamente diferentes.

El Estándar 802.11 tiene dos variantes, las cuales son 802.11a y 802.11b. IEEE 802.11a es para redes de área local con una porción base de 2 Mbps y una caída de 11Mbps en ambiente ruidoso, en cambio IEEE802.11b es orientado para comunicaciones en redes de alta velocidad en Radio Frecuencia para redes de área local, con velocidades superiores a 11Mbps y en ambientes muy ruidosos tiene una caída de velocidad a 5,5

Mbps. Con alguna antena direccional el rango de IEEE 802.11 puede extenderse a 16000 metros.

2.2.2.6. DOCSIS

La Especificación de Interfaz para Servicio de Datos por Cable (DOCSIS, *Data Over Cable System Interface Specification*), es un protocolo recientemente liberado por el organismo de normas *CableLabs* (Cable Television Laboratories), el cual hace posible una calidad de servicio (QoS) comparable con la que ofrece la red telefónica pública conmutada (PSTN) para VoIP a través de sistemas de cable.

DOCSIS fue desarrollada para traer interoperabilidad, ésta especificación está basada en paquetes IP de longitud variable, tiene parámetros upstream de capa MAC (control de acceso al medio) y PHY(física). Las industrias que soportan este estándar son los operadores de cable, proveedores de equipos de cable, compañías de red, y compañías de modem.

El esquema de modulación de DOCSIS permite pasar señales bidireccionales sobre el cable. Soporta un downstream de 27 Mbps, la porción de datos es dividida para los números de usuarios que posea, DOCSIS se encuentra limitada por un T1 para la conexión a Internet.

2.2.2.7. IEEE 1394

IEEE1394 es un estándar internacional para comunicaciones de altas velocidades que permite el intercambio de datos de manera sencilla, económica, de gran amplitud y en tiempo real entre ordenadores, periféricos y productos electrónicos de uso habitual como cámaras y reproductores de vídeo, impresoras, PCs, televisores y cámaras digitales. Gracias a los productos y sistemas compatibles IEEE 1394, el usuario puede transferir imágenes fijas o de vídeo de una cámara cinematográfica o de vídeo a una impresora, un PC o a un televisor sin pérdida de calidad.

IEEE 1394 puede operar sobre cables de fibra óptica y de cobre, y varias compañías ofrecen soluciones sobre el cable coaxial. Entre las aplicaciones que se beneficiarán del estándar IEEE 1394 están las orientadas a la presentación y montaje de vídeos no lineales (digitales), la autoedición, multimedia de uso doméstico, y el manejo de ordenadores y periféricos que podrán aprovechar las ventajas de esta conexión universal. Es un Estándar de Hardware y Software para transportar datos a 100, 200, o 400 Mbps.

IEEE 1394 tiene dos tipos de comunicación: asincrónica y sincrónica. El método tradicional hasta ahora empleado es el asincrónico, que permite el envío de datos entre el ordenador y los periféricos, de manera que el envío se realiza en una dirección tras la aceptación del solicitante. En el caso de la comunicación sincrónica, los canales de datos garantizan el transporte a una velocidad predeterminada. Esta característica es muy importante cuando se trata de sistemas en tiempo real en los que se quiere disponer la información en el momento de su generación, sin necesidad de almacenarla.

También hay que mencionar que IEEE1394 tiene dos categorías, entre ellas están IEEE1394a e IEEE1394b.

- IEEE1394a mejora ciertos aspectos de interoperabilidad y prestaciones, manteniendo una total compatibilidad con los productos existentes.
- IEEE1394b aún en desarrollo, se trata de una mejora sustancial tanto en velocidad como en distancia: como por ejemplo en velocidad llega a 800 Mbps y 1,6 Gbps y en distancia es hasta 100 m por conexión.

2.2.2.8. Homeplug

La especificación de la Alianza HomePLug está basada en Multiplexación por División de Frecuencia Ortogonal (OFDM, *Ortogonal Frequency-Division Multiplexing*), cuyas ventajas son: una gran eficiencia espectral y robustez en canales de propagación multivía. Un apropiado intervalo de guarda protege la señal contra distorsiones provocadas por interferencias de intersímbolos (ISI) y permite el uso de redes de una sola frecuencia.

Últimamente, usando MAC token passing se asegura la calidad de servicio (QoS) debido a la priorización y la prenegociación para cada nodo. Diseñado para datos asíncronos e isócronos de capas físicas MAC a la capa de enlace, la línea de poder puede ser usado como un medio confiable y ubicuo para muchas necesidades de redes domiciliarias. La Calidad de Servicio que soporta multimedia puede ser completo al diseño de las capas de enlace y MAC, una tecnología de capa física sola no puede proveer QoS, preferentemente lo siguiente sería incorporarlo en los protocolos de enlace y MAC.

2.2.3. Otras alternativas de protocolos

2.2.3.1. Protocolos de Internet

Los usuarios que utilizan la computadora en algunas ocasiones han escuchado o hablado acerca de términos relacionados al Internet, por lo tanto tienen cierto conocimiento sobre los protocolos de Internet, éstos no son propietarios, es decir, no existe una firma privada que impida que otras firmas puedan desarrollar productos que funcionen con estos protocolos. Pueden ser usados para comunicar varias redes interconectadas y también son consideradas para comunicaciones de redes LAN y WAN. Además se emplean Protocolos de Internet para asegurar la compatibilidad y la interoperabilidad entre las redes.

La arquitectura de red TCP/IP formada por el Protocolo Control de Transmisión, TCP, y el Protocolo de Internet, IP, incluye protocolos de Internet dentro de su funcionamiento y los más importantes son: HTTP, HTML, SNMP, XML, DHCP, SSL.

A continuación se dará una breve explicación de la arquitectura de red TCP/P y sus protocolos de Internet .

2.2.3.1.1. TCP/IP

TCP/IP es un conjunto de protocolos y reglas que regulan como los paquetes de información son enviados a través de múltiples redes, dan el direccionamiento y la corrección de errores. Hacen que sea posible la comunicación entre dos computadores, desde cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz con total confiabilidad.

En las pequeñas redes se emplea TCP/IP, debido a que tan solo se necesita tener un número fijo único de red para poder transmitir y recibir los datos entre dos o más computadores, a éste número se lo conoce con el nombre de dirección IP del equipo.

Para evitar el problema de asignación de direcciones IP, existen unos rangos de las mismas y unas ciertas máscaras de subred que se puede elegir de manera que se asegura que nunca van a coincidir con otra computadora que se conecta a Internet
Los protocolos TCP e IP deben estar a un nivel superior del tipo de red empleado y funcionar de forma transparente en cualquier tipo de red y a un nivel inferior de los programas de aplicación (páginas WEB, correo electrónico, etc…) particulares

de cada sistema operativo. Todo esto nos sugiere el siguiente modelo de referencia (figura 12):

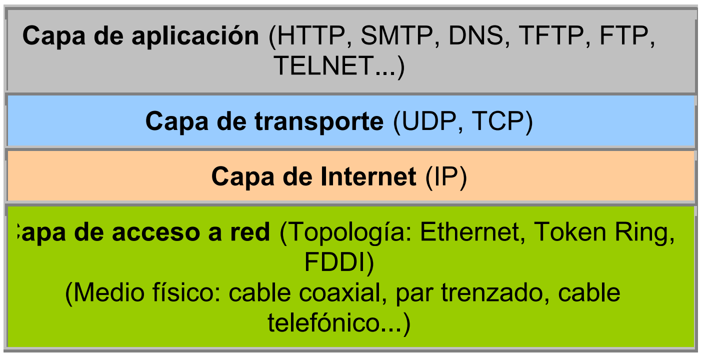

Figura 12:Capas del Modelo TCP/IP

TCP/IP es independiente del nivel físico, esto permite escribir programas o sistemas de comunicaciones que funcionarán de manera idéntica independientemente de que estemos conectados con un modem, con xDSL o cualquier otra tecnología que pueda aparecer en el futuro.

El TCP y el IP en realidad son dos protocolos separados que ocupan niveles medios, tales como la capa cuatro y tres (capa de transporte y capa de red respectivamente) en el modelo OSI. El modelo TCP/IP tiene cuatro capas: la capa de aplicación, la capa de transporte, la capa de Internet y la capa de acceso a la red.

- **Capa de Aplicación.-** Se encarga de suministrar servicios de red a las aplicaciones del usuario, se encuentra aplicaciones finales tales como la transferencia de archivos FTP, las páginas Web, HTTP, aplicaciones remota como TELNET, no da servicios a otra capa.
- **Capa de Transporte.-** La capa de transporte se encarga de la calidad del servicio y la confiabilidad del enlace, el control de flujo y la corrección de errores. También establece los circuitos virtuales. Es el nivel que realmente permite que dos máquinas conectadas con TCP/IP se comuniquen. Aquí funciona dos tipos de protocolos:

  Protocolo de Control de Transmisión, Transmission Control Protocol (TCP).- Proporciona una conexión segura que permite la entrega de un flujo de byte sin errores desde una máquina origen hacia la destino y sobre todo maneja el control de flujo.

  Todo ese control sobrecarga en una pequeña cantidad la red por lo que pierde un poco la eficiencia cuando se compara con otros métodos menos confiables de transporte de información.

  A continuación vemos las definiciones de los campos en el segmento TCP (figura 13):

0 4 10 16 24 31

<table>
<tr><td colspan="3">PUERTO ORIGEN</td><td colspan="2">DESTINATION PORT</td></tr>
<tr><td colspan="5">NÚMERO DE SECUENCIA</td></tr>
<tr><td colspan="5">NÚMERO DE ACUSE DE RECIBO</td></tr>
<tr><td>HLEN</td><td>RESERVADO</td><td>BITS DE CÓDIGO</td><td colspan="2">VENTANA</td></tr>
<tr><td colspan="3">SUMA DE COMPROBACIÓN</td><td colspan="2">MARCADOR URGENTE</td></tr>
<tr><td colspan="4">OPCIONES (DE HABERLAS)</td><td>RELLENO</td></tr>
<tr><td colspan="5">DATOS</td></tr>
<tr><td colspan="5">. . .</td></tr>
</table>

Figura 13: Formato de segmento TCP**.**

- *Puerto origen*: Número del puerto que realiza la llamada
- *Puerto destino* : Número del puerto que recibe la llamada
- *Número de secuencia*: Número que se usa para garantizar el secuenciamiento correcto de los datos entrantes
- *Número de acuse de recibo*: Próximo octeto TCP esperado
- *HLEN*: Cantidad de palabras de 32 bits del encabezado
- *Reservado*: Se establece en cero
- *Bits de código: Funciones de control (como, por ejemplo, .configuración y terminación de una sesión)*
- *Ventana: Cantidad de octetos que el emisor desea aceptar*
- *Checksum: suma calculada del encabezado y de los campos de datos*
- *Marcador urgente: Indica el final de los datos urgentes*
- *Opción una opción: Tamaño máximo de segmento TCP*

– *Datos: Datos de protocolo de capa superior*

Protocolo de Datagrama de usuario, User Datagram Protocol (UDP).-No es orientado a conexión, por lo que no garantiza que los datos enviados lleguen con seguridad, sin embargo el tiempo de respuesta es corta. Es usado para hacer transmisiones de pequeñas cantidades de datos, para búsquedas sencillas (donde se espera en un lapso de tiempo corto). Lo usan algunos algoritmos de compresión de información (audio y video) y aplicaciones que tienen rutinas propias para la comprobación de errores en la recepción y envíos de paquetes.

- **Capa de Internet.-** Escoge la mejor ruta, envía los paquetes y se encarga de la conmutación de los paquetes.

En ésta capa se encuentra el protocolo IP, dicho protocolo define la unidad básica de transferencia de datos entre el origen y el destino que atraviesa toda la red. Además, IP es el encargado de elegir la ruta más adecuada por la que los datos serán enviados, en base a un esquema de direccionamiento, es independiente de la capa de enlace, permitiendo que los usuarios finales elijan el formato de enlace más adecuado a las restricciones de costo y localización. IP puede viajar sobre

ATM, Ethernet, frame relay, ISDN o incluso mediante líneas análogas. Se trata de un sistema de entrega de paquetes (llamados datagramas IP) que tiene las siguientes características:

- Es no orientado a conexión debido a que cada uno de los paquetes puede seguir rutas distintas entre el origen y el destino. Por lo que los datos pueden llegar duplicados o desordenados.
- Es no fiable porque los paquetes pueden perderse, dañarse o llegar retrasados.

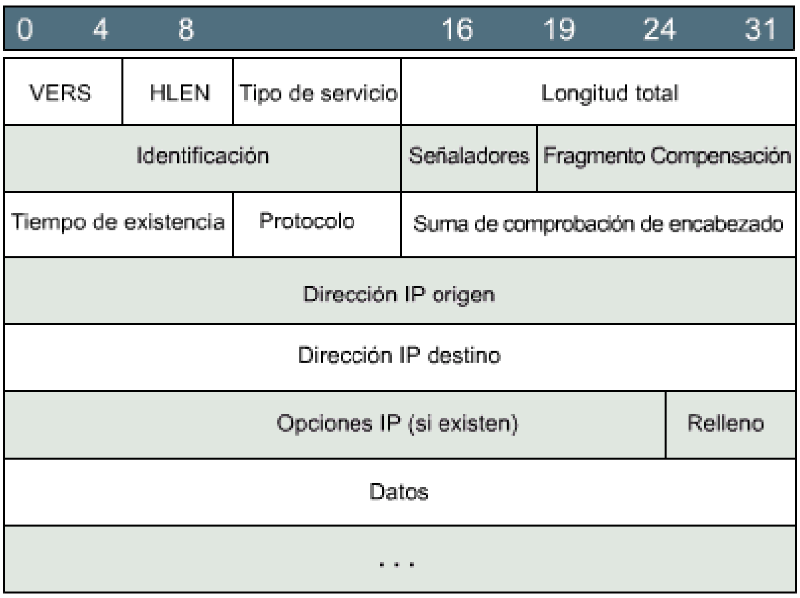

Figura 14: Campos de la capa de red

El paquete IP de Capa 3 se transforma en datos de Capa 2 encapsulándose en tramas; está formado por los datos de las capas superiores más el encabezado IP, que está formado por los siguientes campos (figura 14):

- Versión: Indica la versión de IP que se usa actualmente (4 bits)
- *Longitud del encabezado IP (HLEN):* Indica la longitud del encabezado del datagrama en palabras de 32 bits (4 bits)
- Tipo de servicio: Especifica el nivel de importancia que le ha sido asignado por un protocolo de capa superior en particular (8 bits)
- Longitud total: Especifica la longitud de todo el paquete IP, incluyendo datos y encabezado, en bytes (16 bits)
- Identificación: Contiene un número entero que identifica el datagrama actual (16 bits)
- Señaladores: Un campo de 3 bits en el que los dos bits de orden inferior controlan la fragmentación un bit que especifica si el paquete puede fragmentarse y el segundo si el paquete es el último fragmento en una serie de paquetes fragmentados (3 bits)
- desplazamiento de fragmentos: El campo que se utiliza para ayudar a reunir los fragmentos de datagramas (16 bits)

- Tiempo de existencia: Mantiene un contador cuyo valor decrece, por incrementos, hasta cero. Cuando se llega a ese punto se descarta el datagrama, impidiendo así que los paquetes entren en un loop interminable (8 bits)
- Protocolo: Indica cuál es el protocolo de capa superior que recibe los paquetes entrantes después de que se ha completado el procesamiento IP (8 bits)
- Suma de comprobación del encabezado: Ayuda a garantizar la integridad del encabezado IP (16 bits)
- Dirección origen: Especifica el nodo emisor (32 bits)
- Dirección destino: Especifica el nodo receptor (32 bits)
- Opciones: Permite que IP soporte varias opciones, como la seguridad (longitud variable)
- Datos: Contiene información de capa superior (longitud variable, máximo 64 kb)
- Relleno: se agregan ceros adicionales a este campo para garantizar que el encabezado IP siempre sea un múltiplo de 32 bits

• **Capa de Acceso a la Red.-** Llamada también capa de Host a red, se ocupa de todos los aspectos que requiere un paquete IP para realizar realmente un enlace físico , incluye los detalles de tecnología LAN y WAN.

2.2.3.1.2. HTTP

El Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) es un protocolo de aplicación con la sencillez y velocidad necesaria para sistemas de información distribuidos, colaborativos y de diferentes medios, es general, independiente y orientado a objetos usado para diferentes tareas tales como sistemas de nombres de servidores y de administración de objetos distribuidos, a través de la extensión de sus métodos (comandos). Una característica de HTTP es la forma de representar los datos, permitiendo a los sistemas funcionar independientemente de los datos que están siendo transferidos. HTTP es usado por el WWW (World Wide Web).

HTTP también es usado como un protocolo genérico para la comunicación entre agentes usuario (clientes), proxies (intermediarios) y gateways (traductores) para otros protocolos de Internet como SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol,* Protocolo Simple de Transferencia de Correo) y FTP (*File Transfer Protocol*, Protocolo de Transferencia de archivos), permitiendo el acceso básico de diferentes medios a los recursos disponibles de diversas aplicaciones y simplificando la implementación de los agentes usuario. FTP es un protocolo que permite a un usuario de un sistema acceder a, y transferir desde, otro sistema de una red y SMTP se usa para transferir correo electrónico entre ordenadores, es un protocolo de servidor a servidor, de tal manera que para acceder a los mensajes es preciso utilizar otros protocolos.

2.2.3.1.3 HTML

HTML especifica la colocación del texto, los archivos y objetos que se deben transferir desde el servidor de web al navegador de web. Es adecuado para proporcionar información de texto e imagen para exploradores Web, su capacidad para definir datos y estructuras de datos está limitada.

2.2.3.1.4 SNMP

El Protocolo Simple para Administración de la Red (SNMP) utilizado casi con exclusividad en redes TCP/IP. El SNMP brinda una forma de monitorear y controlar los dispositivos de red tales como routers, switches y hub, también se encarga de administrar configuraciones, recolección de estadísticas, desempeño y seguridad. También se puede decir que éste protocolo fue diseñado originalmente para proporcionar un medio para manejar los ruteadores de una red. SNMP, aunque es parte de la familia de protocolos TCP/IP, no depende del IP. SNMP fue diseñado para ser independiente del Protocolo de Internet, aunque la mayor parte de las instalaciones SNMP utilicen IP en redes TCP/IP.

2.2.3.1.5 XML

El Lenguaje de Marcado Extensible (XML) es el lenguaje estándar para describir y publicar datos en el Web, al igual que el Lenguaje de Marcado de Hipertexto (HTML) es el lenguaje estándar para crear y mostrar páginas Web. Es un formato de intercambio de datos ya que permite intercambiar datos entre diferentes sistemas o aplicaciones. XML separa los datos de la presentación de modo que los mismos datos XML pueden presentarse de varios modos utilizando distintos archivos de presentación.

2.2.3.1.6 DHCP

DHCP(*Dynamic Host Configuration Protocol*, Protocolo de configuración dinámica de host) se basa en el conocido modelo Cliente-Servidor. Utiliza un protocolo de comunicaciones muy sencillo (basado en UDP sobre IP). Los clientes de una red que utilicen este protocolo utilizan direcciones IP que les "alquila" un servidor (no tiene porque ser local). Cada vez que un cliente se inicia, pide una dirección IP o una renovación de la que tiene alquilada actualmente. El cliente recibe, junto con la dirección, algunos parámetros adicionales. Lo que DHCP consigue es que la asignación y liberación de las direcciones IP en una red sea dinámica y automática; se evitan las duplicidades y se optimiza el consumo de direcciones. La intervención del administrador de redes, aún en grandes configuraciones es mínima.

2.2.3.1.7 SSL

El Protocolo SSL(*Secure Socket Layer*, capa de seguridad del adaptador) permite la confidencialidad y autentificación en Internet. SSL opera como una capa adicional entre Internet y las aplicaciones, esto permite que el protocolo sea independiente de la aplicación, siendo posible utilizar FTP, Telnet y otras aplicaciones además de HTTP.

2.3. Calidad de Servicio (QoS)

El mercado de las redes domiciliarias está creciendo rápidamente. En adición a las redes tradicionales de datos, este tipo de red será manejado por el deseo de los consumidores a tener acceso a multimedia, audio, video y servicio de juegos viéndolo en forma general. Estos requerimientos exigen que las tecnologías utilizadas en redes domiciliarias cumplan con ciertos parámetros involucrados directamente con la Calidad de Servicio (QoS) como se lo indica su definición a renglón seguido.

La Calidad de Servicio se define como: “Una medida colectiva de los niveles de servicio entregados a un consumidor y puede estar caracterizada por algunos criterios básicos de desempeño, incluyendo disponibilidad (bajo tiempo de inactividad), error de performance, tiempo de respuesta, troughput, llamadas perdidas o retransmisiones debido a congestión en la red, tiempo de configuración de conexión y velocidad de detección y corrección de fallas.”

Un elemento clave de esta definición es que la QoS puede ser determinada por uno o por una combinación de parámetros. Cabe mencionar que la QoS no debe ser definida en la misma forma para todos los servicios.

Los servicios que manejarán las redes domiciliarias y alguno de los servicios que son más importantes para los consumidores, son mostrados en la siguiente figura 15:

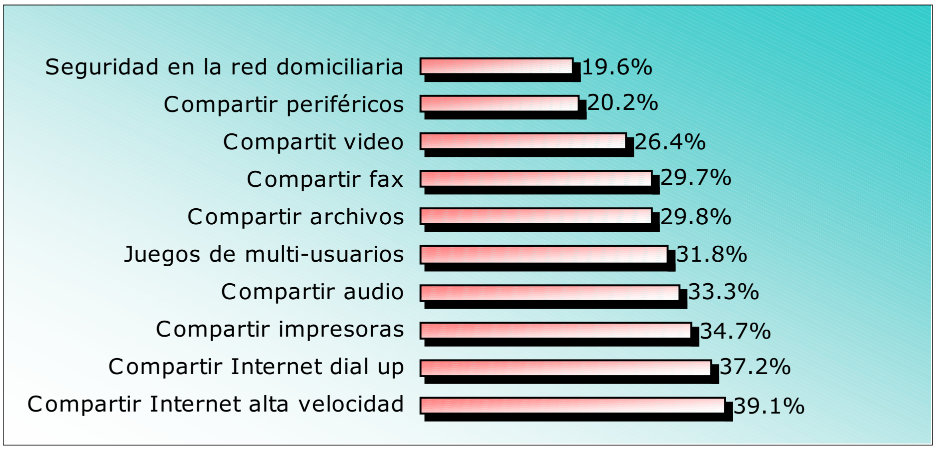

Figura 15: Aplicaciones de Banda Ancho adoptadas por el consumidor

Los requerimientos de QoS para la utilización de audio y video sobre una red en casa son dramáticamente diferentes de los requerimientos de transmisión de datos estándar. Como en el caso de Internet mismo, muchos de los estándares disponibles de las redes en casa fueron originalmente desarrollados teniendo en mente el tráfico del “máximo esfuerzo”. La demanda de servicios multimedia sobre las redes de computadoras ha resultado en la necesidad de soportar altos niveles de QoS que no estaban incluidos originalmente en los estándares de redes. Además, las redes inalámbricas sufren de problemas adicionales típicamente asociados con la trasmisión por aire, tal como la interferencia. Por lo tanto existe una gran necesidad de mejorar la QoS en las redes inalámbricas.

2.3.1. Fundamentos de la Calidad de Servicio

Para la transmisión de información sensible (voz, audio, video, etc) sobre una red, la QoS es en algunas ocasiones definida en términos de los siguientes parámetros:

Ancho de Banda: El máximo índice de datos soportado por una tecnología de red. El ancho de banda indica la máxima capacidad teórica de una conexión, pero como el ancho de banda teórico es solo una aproximación, factores negativos como retardo en la transmisión pueden causar deterioro en la calidad.

Latencia: También denominada retardo, tiene dos causas principales. En primer lugar, la teoría de la relatividad de Einstein establece que, "ningún elemento puede trasladarse a mayor velocidad que la de la luz en el vacío (3,0 x 10^8metros/segundo)". Las señales inalámbricas de networking se trasladan a una velocidad levemente inferior a la velocidad de la luz en el vacío. Las señales de networking en medios de cobre se trasladan a una velocidad de $1{,}9 \times 10^8$ m/s a $2{,}4 \times 10^8$ m/s. Las señales de networking en la fibra óptica se trasladan a aproximadamente $2{,}0 \times 10^8$ m/s. De modo que para trasladarse a una determinada distancia, el bit tarda por lo menos una pequeña cantidad de tiempo para llegar hasta su destino. En segundo lugar, si el bit atraviesa cualquier dispositivo, los transistores y los dispositivos electrónicos introducen más latencia. En un router la latencia es el tiempo entre cuando el paquete es recibido y cuando es retransmitido. La solución para el problema de la latencia es el uso cuidadoso de los dispositivos entre redes, distintas estrategias de codificación y diversos protocolos de capa.

<u>Fluctuación de fase</u>: Es la variación de tiempo de una señal digital desde su posición ideal de tiempo cuando es propagada a través de la red, es decir, cuando la señal varía de su tiempo de referencia original y los paquetes no llegan a su destino en el orden consecutivo o en la misma base de tiempo. Ruido en el canal, inestabilidad de reloj, ruido en los circuitos de establecimiento de tiempo y errores en la ecualización pueden ser las causas de este

problema. En las redes de paquetes conmutados, la fluctuación de fase es la distorsión de los tiempos de llegada entre paquetes comparados con los tiempos de transmisión original, involucra también la variación de retardo. Esta distorsión es particularmente perjudicial para el tráfico multimedia. La fluctuación de fase se puede solucionar mediante una serie de complicadas sincronizaciones de reloj, incluyendo sincronizaciones de hardware y software, o de protocolo.

Tasa de Error de Paquetes (PER): Es la tasa que indica la pérdida o corrupción de los datos, es decir, la tasa a la cual la aplicación del usuario final recibe un paquete que difiere de la tasa con la que fue originalmente enviado. Esta tasa de error de paquetes puede diferir de la tasa de error del medio, dado que existen mecanismos tales como el reintento y corrección de errores pueden ser usados para reducir esta tasa de error básica.
En el reino del audio y video, los requerimientos para los transportes de datos pueden variar alrededor de tres ordenes de magnitud.

Estos servicios tendrán diferentes requerimientos de latencia, fluctuación de fase y PER. Por ejemplo, una comunicación de voz real en dos vías tiene un requerimiento de latencia más estricto, pero es más tolerante con los errores de paquetes que un flujo de video de alta calidad. Una tabla ilustrativa (tabla V) muestra los diferentes requerimientos de anchos de banda. Latencia, fluctuación de fase y PER para varios servicios.

Servicio	Indice de Transmisión [Mbps]	Latencia [ms]	Fluctuación de fase [ms]	PER
Voz de alta calidad	0.064 x 2 streams	10	$\pm$ 5	10^{-3}
Voz de calidad media	0.008 x 2 streams	30	20	10^{-3}
Video conferencia	1.5 x 2 streams	10	5	10^{-5}
HDTV	19.68	90	10	10^{-5}
SDTV	3	90	10	10^{-5}
Audio en calidad de CD	0.256	100	10	10^{-5}
Datos a alta velocidad	10	>100	>100	0
Datos a velocidad media	2	>100	>100	0
Datos a baja velocidad	0.5	>100	>100	0

Tabla V: Requerimientos de QoS por tipo de Servicio
Fuente: http//www.homerf.org/whitepapers/HomeRF_QoS_whitepaper.pdf , Quality of Service in the Home Networking Model, 2001

2.3.2. Mecanismos para garantizar QoS

Variaciones de algunos diferentes protocolos pueden ser usados para garantizar el funcionamientos de QoS en redes. Las categorías generales de reservación de recursos, mecanismos de prioridad y control de aplicaciones son algunos de ellos.

Reservación de recursos: Cuando se utiliza reservación de recursos, una determinada fracción de la red, por ejemplo una parte del ancho de banda, es reservada para el flujo. El problema con la reservación de recursos es que las características de flujo son difíciles de conocer por anticipado. Esto puede causar la sub-utilización debido a la sobre-asignación de recursos.

Mecanismos de prioridad: Los mecanismos de prioridad trabajan por etiquetamiento de paquetes de cada flujo con diferentes prioridades, esto permite a los ruteadores de red u otros dispositivos, tratar a los paquetes diferentes formas, basados sobre su prioridad.

El estándar 802.1D es un protocolo de capa 2 que incluye un esquema de priorización. No existe un procedimiento de control de admisión definido por 801.2D, pero los dispositivos pueden usar prioridades para determinar cuál es el trafico de acceso a la red logrado hacia el primer medio. 802.1D utiliza 3 bits de prioridad, los cuales permiten 8 valores diferentes de prioridades. La siguiente tabla VI muestra las 8 prioridades asociadas con los tipos de tráfico.

Prioridad	Tipo de Tráfico
0	Máximo esfuerzo
1	Segundo plano
2	Reservado
3	Excelente esfuerzo
4	Carga controlada
5	Video
6	Voz
7	Control de red

Tabla VI: Prioridades de 802.1 D
Fuente: http//www.homerf.org/whitepapers/HomeRF_QoS_whitepaper.pdf , Quality of Service in the Home Networking Model, 2001

Aplicación de control: En aplicación de control la transmisión de dispositivos adapta la tasa de envío a las condiciones actuales de la red. Si la red está congestionada la tasa de datos será baja, lo cuál incrementa las posibilidades de llevar los paquetes correctos a su nodo destino.

2.3.3. Calidad de Servicio en las Tecnologías de Redes Domiciliarias

Cuando se discute acerca de la entrega de Calidad de Servicio entre las tecnologías de redes domiciliarias, es útil comenzar con una base de comparación, como la tecnología Ethernet.

2.3.3.1. Ethernet como una base

Como ya se mencionó anteriormente, Ethernet utiliza el protocolo CSMA/CD y una topología lógica bus, en la cual solo una computadora puede enviar datos al mismo tiempo, si más de una computadora intenta enviar datos al mismo tiempo, las señales colisionarán en el medio, causando la corrupción de los datos así como también la creación de datos erróneos. Este protocolo define una vía para que las computadoras escuchen antes de transmitir algún dato, si hay presencia de portadora, el nodo empezará a enviar sus datos. Este es el mecanismo de "detección de portadora". Después de que los datos son enviados, la detección de colisiones determina si existe o no error en el envío de los datos. En el caso que una colisión ocurriera (independientemente dos nodos pueden decidir enviar sus paquetes de datos al mismo tiempo), los nodos esperan un tiempo determinado aleatoriamente e intentan reenviar los datos. Este mecanismo de paso de envío de datos aleatorio ayuda a evitar una segunda colisión cuando ambos nodos intenten reenviar sus datos.

El origen de Ethernet como un protocolo usado para enviar datos indica su nivel de soporte de Calidad de Servicio. En esencia, no tiene nivel de calidad de servicio alguno. Todos los nodos accesan al medio usando el protocolo CSMA/CD y en consecuencia todos están sujetos a retardos de tiempo en la entrega de paquetes causadas por las colisiones. Ethernet, con 10 Mbps y con 100 Mbps en capa física es en consecuencia una excelente tecnología para el envío de paquetes de datos (índice de datos alto y pérdidas por latencia y fluctuación de fase), pero es poco apropiada para los requerimientos de voz, video, audio y juegos. Y por supuesto, Ethernet es algo problemática en el ambiente del hogar porque requiere un cableado estructurado separado.

Sin embargo, el protocolo Ethernet puede ser usado para compararse con las demás tecnologías de redes domiciliarias. Algunas tecnologías direccionan la QoS hacia el uso de una reserva o acceso garantizado, mientras otras optan por un mecanismo de prioridad. Aunque no siempre es posible distinguir claramente entre las dos, se intenta agruparlas de alguna forma como se muestra a continuación.

2.3.3.2. Tecnologías de Reserva de Fuente

IEEE 1394

El estándar IEEE 1394 es un bus externo que incluye dos tipos de canales, asincrónico e isocrónico. El canal asincrónico es un canal de datos de "mejor esfuerzo" que no tiene mecanismo de QoS asociado. El canal isocrónico es una reservación basada en el canal de ancho de banda asegurado.

La capacidad de IEEE 1934 típicamente es de 200-400 Mbps, sin embargo, la garantía de QoS en IEEE 1394 estará probablemente acompañada de ancho de banda de reserva en los canales isócronos. Debido al gran ancho de banda de 1394a, el resultado de pérdida de ancho de banda no es considerado un serio problema.

HIPERLAN/2

HiperLAN/2 incluye una capa DLC (Data Link Control, Capa de Enlace de Datos) centralizada y controlada (sincrónica), lo cual implica que el punto acceso (AP) controla cómo los recursos están asignados en una trama MAC. Cada terminal móvil (MT) solicita espacio en futuras tramas MAC cuando tiene algunos datos para enviar. El AP informa a los MTs a cuál punto y en qué tiempo se permiten transmitir sus datos en la trama MAC. Este tiempo de asignación dinámica se adapta de acuerdo a la solicitud de recursos de cada uno de los MTs. La interferencia aérea está basada en la división de tiempo bidireccional (TDD) y en el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA). Los slots de tiempo para comunicación de subida y bajada son asignados dinámicamente dependiendo de la necesidad de transmisión de recursos. La natural conexión orientada de HiperLAN/2 la hace ideal para soportar QoS. Usando control de conexión combinada con control de error, cada conexión puede ser asignada a un canal específico, con lo cual se satisface las condiciones de QoS de ancho de banda, retardo, fluctuación de fase y tasa de error para el flujo de tráfico.

2.3.3.3. Tecnologías de Mecanismos de Prioridad

IEEE 802.11

El estándar 802.11 hace uso de diferentes mecanismos de acceso, la Función de Coordinación Distribuida (DCF) y la Función de Coordinación de Punto (PCF). La DCF utiliza CSMA durante los periodos de contención. El mecanismo CSMA opera esencialmente como se describió al inicio en la sección de Ethernet. El mecanismo PCF opera por selección de nodos (polling nodes) para ver si existen datos a transmitir. Los nodos que tengan datos para transmitir pueden entonces proceder a transmitir sin contención. El PCF opera en la cima del DCF. El coordinador de punto (PC), el cual es parte del punto de acceso (AP), debe lograr acceso al medio utilizando los mecanismos de acceso DCF, una vez que ya se ha obtenido el acceso, un (CFP) empieza inmediatamente después de que la PC envía un aviso. Durante el periodo de libre contención la operación de selección empieza, y el modo DCF es suspendido.

La PCF proporciona servicios isocrónicos, los cuales hacen lo posible por proveer QoS, por esta razón las propuestas para mejorar la QoS en PCF han sido presentadas como parte del trabajo en grupo 802.11e (QoS MAC). Por otra parte, el PCF es difícil de implementar y no se encuentra fácilmente en los productos de actualidad, por esta razón existen muchas propuestas para mejorar la Qos de DCF. Sin embargo es muy probable que el grupo adopte algunos mecanismos DCF de priorización. El subgrupo IEEE 802.11e adoptó el documento IEEE 802.11-00/360r2 como su primer borrador en Enero del 2001. El borrador define un conjunto de parámetros de QoS de la subcapa MAC para ser usados en la definición del tráfico de QoS. Algunos de los parámetros están abiertos y sujetos a cambios en el futuro. Estos parámetros colectivamente llamados una especificación de tráfico y aplicados a la categoría de tráfico son: Tipo de tráfico, Política de respuesta, Prioridad de Entrega, Intervalo de reintento, Intervalo de Selección, Intervalo de Transmisión, Tamaño de la unidad de datos de servicio MAC nominal, Tasa de Datos Mínima, Tasa Media de Datos, Tamaño Máximo de burst, Límite del retardo, Limite de fluctuación de fase.

En esta propuesta del grupo 802.11, los múltiples DCFs operarían al mismo tiempo, cada DCF generaría un número de backoff fuera del conjunto único de variables de contención. Esas variables son el tamaño de la ventana de contención y el desbalance de contención. Los paquetes de más alta prioridad usarán ventanas de contención más pequeñas, y por consiguiente tienen oportunidades más altas de alcanzar variables más bajas de backoff. La variable de desbalance puede ser calculada de tal forma que no haya traslape en los periodos de contención. Este tipo de mecanismo de priorización es similar al Servicio de Datos de Prioridad Asincrónico que se define en la especificación HomeRF.

Línea Telefónica

ITU_T Rec. G.989.1 especifica características para los transceivers de las redes domiciliarias a través del cableado telefónico (HPNA; Home Phoneline Networking). Específicamente, las capas físicas y MAC están definidas, aunque el formato de la carga útil de la capa física no está especificada.

Los dispositivos G.989.1 emplean la contención CSMA/CD hacia el acceso a un medio compartido. El mecanismo de contención G.989.1 soporta ocho niveles de prioridad, implementando prioridad absoluta entre dispositivos compitiendo por acceso. Estos niveles son etiquetados desde cero hasta siete, donde el séptimo corresponde al nivel de tráfico de prioridad más alto. Los dispositivos están permitidos de inicializar la transmisión de una trama durante un Slot de prioridad con un número menor que el número de niveles de prioridad de tramas.

Generalmente, las colisiones ocurren entre tramas del mismo nivel de prioridad, pero puesto que los dispositivos pueden iniciar la transmisión en un Slot de prioridad con un valor menor que el de la prioridad de la trama, es posible que tramas con diferentes prioridades colisionen. Los dispositivos transmisores que detectan una colisión cesan de transmitir. Los dispositivos colisionados resuelven la via de contención a través de un mecanismo de backoff aleatorio. Después de la colisión, tres slots de señales están definidos con anticipación para los slots de prioridad. Los dispositivos de contención escogen un slot de señal aleatoriamente y transmiten una señal backoff con una señal de slot. Los dispositivos que están transmitiendo en el slot de señal activo del número más bajo compiten por el acceso en los subsecuentes slots de prioridad por este nivel, otros dispositivos incrementan un contador backoff. Una transmisión exitosa causa una disminución en un contador backoff, esos valores de contadores alcanzan el cero y entonces compiten por el acceso.

Cableado Eléctrico

La Alianza Home Plug Powerline está produciendo el borrador de la Especificación de Interface Media HomePlug. Esta especificación define funciones, operaciones y características de interfaces del sistema Homeplug 1.0 para redes de alta velocidad utilizando como medio las líneas de alimentación eléctrica. El medio compartido es acompañado por el mecanismo CSMA/CA con prioridades y tiempos backoff aleatorios siguiendo en condiciones ocupadas en el canal. El acceso priorizado es alcanzado por un periodo de resolución de prioridad en los cuales las estaciones señalan la prioridad a la cual se intenta transmitir, permitiendo solo a la más alta prioridad disponible continuar en el proceso de contención. Un mecanismo backoff aleatorio extiende el sobre-tiempo en el cual las estaciones intentan transmitir bajo condiciones ocupadas para reducir la probabilidad de colisión, utilizando un mecanismo backoff exponencial binario truncado similar a Ethernet.

2.3.3.4. QoS en Tecnologías Híbridas

Bluetooth

Bluetooth define dos canales para transmisión, sincrónicos y asincrónicos. Canales sincrónicos (SCO, sincrónicos, enlaces orientados a conexión) son simétricos y proporcionan una conexión bidireccional de 64Kbps entre el “master” y el “esclavo”. Los slots de transmisión y recepción son enviados periódicamente con un intervalo fijo entre ellos. La mayoría de las conexiones orientadas a conexión son apuntadas hacia la distribución de voz, pero una de ellas puede transportar ambos, voz y datos a baja velocidad simultáneamente.

Los paquetes asincrónicos (ACL, asincrónicos, enlaces sin conexión) son enviados en los slots dejados después de la asignación SCO. Los esclavos envían información solo después de recibir información apuntada hacia ellos desde el master. Existen múltiples tipos de slots ACL, los cuales difieren por su tamaño de carga útil y por la protección FEC. Para los canales ACL, la especificación Bluetooth define la capa L2CAP que habilita la segmentación y reensamble de los paquetes así como también los servicios de QoS y el establecimiento de la conexión.

HomeRF

A diferencia de Ethernet, HomeRF utiliza dos protocolos de acceso al medio separados por sus dos servicios primarios, voz y datos. Los paquetes de voz son enviados utilizando un protocolo de acceso garantizado TDMA/TDDA. Los paquetes de datos son enviados utilizando una versión inalámbrica de Ethernet, e incluso un poderoso mecanismo de QoS ha sido implementado en este protocolo de datos . Al igual que en Ethernet, el servicios de datos es construido en el protocolo CSMA. Sin embargo, en un sistema inalámbrico es muy difícil para un nodo tanto el enviar como el recibir paquetes al mismo tiempo, por lo tanto la detección colisión no es utilizada, en vez de esto, se utiliza la “evasión de colisión”. Esta última es muy similar a la detección de colisión en que, cuando un nodo falla se recibe un acuse de recibo indicando que su paquete no fue recibido, esperará un valor aleatorio de tiempo antes de intentar reenviar el paquete para así evitar colisiones con otros nodos. Esto se conoce como el Servicio de Datos Asincrónicos de HomeRF.

Para requerimientos de latencia más estrictos, como una baja calidad de voz, o sesiones de flujo de audio o video, Home RF ha implementado un Servicio de Datos Asincrónico de Prioridad, en el cual los paquetes de datos seleccionados ganan acceso de prioridad al canal mientras usan el protocolo CSMA.

Finalmente, Home RF utiliza el protocolo TDMA/TDD para la transmisión de su servicio de voz de alta calidad. TDD permite una comunicación bidireccional completa y TDMA proporciona acceso garantizado al medio una vez por trama para cada conexión de voz.

CAPITULO 3

3. OPERACIÓN DE LA TECNOLOGÍA XDSL EN LAS REDES DOMICILIARIAS

El desarrollo de internet es un factor que viene presionando de manera rápida la evolución de tecnologías de acceso para soportar la creciente necesidad de tener al alcance de la mano la información de la red mundial.
La oportunidad de implementar servicios de banda ancha a través de canales de cobre disponibles en la actualidad, ha permitido a los operadores locales avanzar en la prestación de servicios digitales.

El mercado de las telecomunicaciones se mueve en un alto porcentaje en función de los grandes clientes, que vienen exigiendo canales que les garanticen de manera confiable transmisión de grandes volúmenes de información. El pasado reciente y el presente nos enseñan, en conclusión, que dos factores mueven el agitado mundo de las telecomunicaciones: velocidad y capacidad, es decir, mayor información en menor tiempo. Ante esta puerta que se abre y frente al promisorio futuro de las tecnologías de banda ancha, surgen diversas inquietudes en torno a los requerimientos de infraestructura y a las necesidades que debería mantener la red para soportar servicios digitales de abonado (*DSL, digital Subscriber Line*).

3.1. XDSL y sus variantes

3.1.1. Concepto

Línea de Abonado Digital o DSL (Digital Subscriber Line) es una familia de tecnologías de transmisión de datos a alta velocidad a través de pares de cobre, que interconecta al usuario final con un nodo de red. Es decir, son soluciones de último kilómetro (última milla), cuya ventaja se encuentra en que utilizan líneas telefónicas comunes, para aliviar el cuello de botella existente y satisfacer la creciente demanda de velocidad por parte de los usuarios, reduciendo los costos y tiempos de instalación.

3.1.2. Características

Entre las características que se presentan en una tecnología XDSL están:

- Existen diferentes estándares, dependiendo de la velocidad y de sus prestaciones.
- Una línea al subscriptor es un circuito individual desde un equipo de Red de Conmutación Pública hasta los usuarios finales, lo cual también es conocido como el lazo local ó la última milla.

- Disponemos de una conexión permanente a Internet. No hay que marcar ningún número de teléfono, ni nada por el estilo para poder navegar o leer el correo. Además esta conexión es dedicada, es decir, no se comparte con nadie. Esta es una de las diferencias más importantes con respecto a la conexión por cable, en la que compartimos la fibra óptica con toda la manzana o el edificio.
- Proporciona acceso de alta velocidad para redes LAN e Internet, solucionando el problema de embotellamiento de banda, conexiones lentas y todo tipo de problemas comunes en las redes
- No realiza conversiones de analógico a digital, para ello utiliza un módem especial y mejora por esta razón espectacularmente sus prestaciones
- La transmisión analógica solo utiliza una pequeña porción de la capacidad de transmisión del alambre de cobre, ya que la voz se transmite en un rango de frecuencias que va de 300 Hz. a 3400 Hz y desaprovecha las frecuencias restantes, mientras que en XDSL se logra la utilización óptima de las frecuencias superiores. XDSL consigue aumentar la capacidad de transmisión, en comparación con la tecnología convencional, utilizando distintos rangos de frecuencia. Opera en un rango de frecuencias que oscila entre 24 KHz (24576 Hz) y 1104KHz (1130496 Hz)
- Crea lazos digitales remotos de alta velocidad en distancias de hasta 5400 metros.

3.1.3. Clasificación de XDSL

Los términos asimétrica y simétrica se refieren a las velocidades de subida y bajada dentro de una misma transmisión. Si estas dos velocidades son distintas el modo es asimétrico (ADSL), en caso contrario se habla de modo de transmisión simétrico.

Las diferentes implementaciones de DSL sirven como canales de alta velocidad para conexiones remotas, pero tienen diferentes velocidades y características de operación.

Las variantes de XDSL se dividen en asimétricas y simétricas tal como se muestran en la Tabla VII

SIMÉTRICA
HDSL: Línea de Abonado Digital de Alta velocidad.
SDSL: Línea de Abonado Digital Simétrica
IDSL: Línea de Abonado Digital ISDN
ASIMÉTRICA
ADSL: Línea de Abonado Digital Asimétrica
VDSL: Línea de Abonado Digital de muy Alta velocidad
RADSL: Línea de Abonado Digital con Índice Adaptativo

Tabla VII: División de las variantes de XDSL
Fuente: Alternativas Tecnológicas al Bucle de Abonado, Alcatel España, 1998

3.1.3.1. Simétrica

La tecnología XDSL con el estándar simétrico es capaz de proveer la misma cantidad de ancho de banda de upstream como downstream. Existen algunas variaciones del patrón simétrico de acuerdo a la distancia considerada desde la oficina central hasta el usuario final (ultima milla).

3.1.3.1.1. HDSL

HDSL es una de las tecnologías XDSL más difundidas y ha sido estandarizada por ANSI y ETSI. Requiere dos pares de líneas trenzadas para transportar datos a 1544 Mbps (T1) desde la red al cliente y del cliente a la red con la mitad de tráfico en cada par. HDSL se utiliza también con tres pares trenzados de líneas de cobre para transportar 2048 Mbps (E1), con un tercio (1/3) de tráfico en cada par. La distancia de operación de esta tecnología es de 3658 metros (12000 pies). La aplicación de HDSL es principalmente permitir el acceso a los siguientes sistemas: red PBX, estaciones de antenas para celulares, servicios de Internet y redes privadas de datos.

3.1.3.1.2. SDSL

SDSL transfiere datos a la misma velocidad que HDSL. Requiere solamente un par trenzado de cable de cobre. Su velocidad máxima ascendente y descendente es de 768 Kbps. La aplicación típica de SDSL es la misma de HDSL, con la diferencia de que SDSL tiene una importante ventaja sobre HDSL: es apropiada para usuarios residenciales ya que estos usualmente tienen solamente un par trenzado de cobre. La distancia de operación de la tecnología SDSL es de 3048 metros (10000 pies).

3.1.3.1.3. IDSL

Solo puede transportar datos, proporciona canal dúplex de hasta 144 Kbps, tanto ascendente como descendente. Su máxima distancia de uso es 5500 m. (18000 pies) aunque ampliables con un equipo especial. Sus aplicaciones incluyen acceso a Internet, telefonía sobre IP, vídeo-teléfonos.

3.1.3.2. Asimétrica

En este caso el reparto del ancho de banda disponible es asimétrico, esto implica un mayor caudal de flujo de datos desde el ISP(Proveedor de Servicios de Internet) hacia el usuario. Esto representa una gran ventaja ya que en la mayoría de las aplicaciones el flujo de información que el servidor envía al cliente es mucho mayor que el flujo que el cliente envía al servidor. Este tipo de tecnología posee ciertas variantes: G.DMT ADSL, G.Lite ADSL, VDSL y RADSL.

3.1.3.2.1. GDMT ADSL

ADSL es la más interesante cuando se trata de mejorar el nivel de una red de acceso por hilo de cobre. Con esta técnica, una parte importante (por lo general, el tramo de 2000 a 3000 metros más próximo a la central local) de una red de pares trenzados de cobre existente puede encaminar velocidades binarias mucho más altas, normalmente de 2 Mbps en *upstream* (pero puede llegar hasta 6.1 Mbps cuando las distancias son menores) y 640Kbps. En *downstream*, sin añadir dispositivos de amplificación.

ADSL tiene un espectro de frecuencia dividido de la siguiente manera: un canal descendente de alta velocidad, un canal dúplex de velocidad media y un canal de servicio telefónico ordinario (POTS).

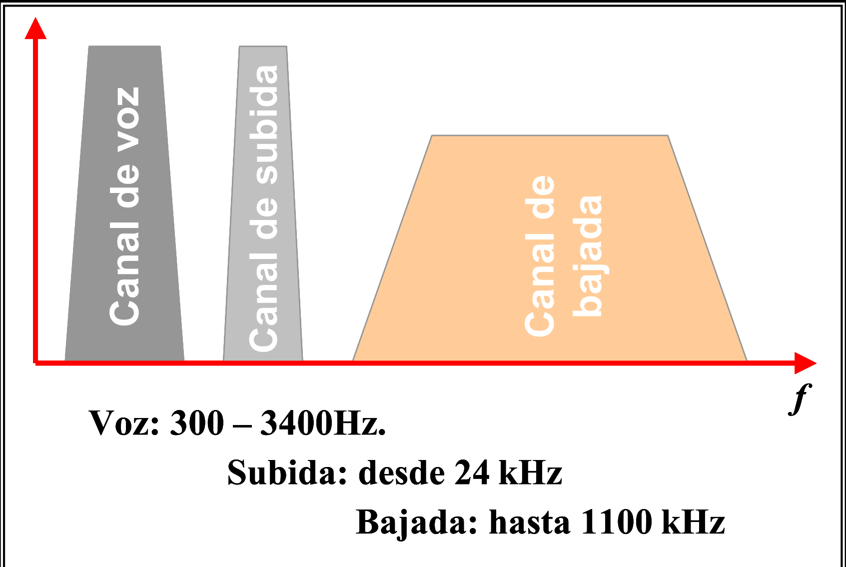

Figura 16: División del Espectro de Frecuencias en ADSL

La distancia aproximada a la cual opera ADSL es de 5000 metros, (17000 pies) medidos entre el usuario y la central telefónica. En concreto ADSL utiliza el ancho de banda disponible para comunicaciones de voz (las tradicionales), para enviar datos desde el Proveedor de Servicios (ISP) al usuario, vídeo bajo demanda, accesos remotos a LANs, acceso remoto a servidores, videoconferencias y TV por cable

3.1.3.2.2. G.Lite ADSL

G.Lite es también conocido como DSL Lite, splitterless ADSL (sin filtro de voz/datos), y ADSL Universal. Hasta la llegada del estándar, el UAWG (*Universal ADSL Work Group, Grupo de trabajo de ADSL*) se llamaba a la tecnología G.Lite, Universal ADSL. Desafortunadamente para los consumidores, G.Lite es más lento que ADSL., ya que ofrece velocidades de 1.3Mbps (*downstream*) y de 512Kbps (*upstream*). Los consumidores de G.lite pueden vivir a más de 5400 metros (18000 pies) de la oficina central, permitiendo que la tecnología esté disponible a un mayor número de clientes. El motivo de la creación de esta variante es que puede ser instalada fácilmente por el usuario. Esta tecnología G.Lite, permite a las compañías telefónicas dar servicio DSL y a los usuarios instalar los equipos ellos mismos, sin necesidad de mayor gasto y retraso al esperar la visita de un técnico de la compañía, reduciendo de este modo los costes del desarrollo. Otro punto importante a tener en cuenta es el de los precios de los módems, ligeramente más baratos con la versión G.Lite.

La diferencia clave entre la versión ADSL y ADSL G.lite son los filtros (*splitters*) necesarios para poder separar el canal telefónico de voz del canal de transmisión de datos DSL. En el caso de la tecnología ADSL es necesario instalar un filtro voz/datos en la entrada de la línea telefónica del domicilio del abonado. La instalación de este filtro suele realizarse por la compañía telefónica ya que se trata de un elemento que sólo ellos disponen. En el caso de la versión ADSL G.Lite no es necesaria la instalación de este filtro por parte de la compañía, tan sólo hay que conectar el módem ADSL a la línea telefónica. Si se quiere utilizar un teléfono para el canal de voz, es entonces cuando será necesario instalar unos pequeños filtros (*microfilter*) en cada toma telefónica con el fin de discriminar las llamadas de voz de las de datos. Generalmente, éstos vienen incluidos en el paquete del módem ADSL junto con todos los accesorios, además de poderse adquirir por separado.

3.1.3.2.3. VDSL

VDSL es una tecnología en vías de desarrollo, es la evolución del ADSL, se estima que esta tecnología proporcionará “la última milla” en las conexiones desde la red de fibra óptica y los clientes ya que es la combinación de cables de fibra óptica y red telefónica de cobre para las conexiones finales. Esta topología es denominada *Fiber to the Neighborhood* (FTTN). Es una de las variantes de la tecnología XDSL más rápida. El enlace de subida (*upstream*) llega hasta 1.6 Mbps. Las velocidades de bajada(*downstream*) varían de acuerdo a la siguiente tabla:

LONGITUD(mts)	VELOCIDAD (Mbps)
1500	12,96 – 13,8
1000	25,92 – 27,6
300	51,84 – 55,2

Tabla VIII: Velocidades en VDSL
Fuente: Alternativas Tecnológicas al Bucle de Abonado, Alcatel España, 1998

El ancho de banda adicional de VDSL podría permitir potencialmente a los NSPs (*Network Service Providers,* Proveedores de Servicio de red) entregar Televisión de Alta-definición (HDTV), video sobre demanda, y el video digital conmutado, así como la extensión de LAN en servicios simétricos. VDSL está aún en la fase de definición de requerimientos y normas.

3.1.3.2.4. RADSL

R-ADSL tiene los mismos límites de transmisión que ADSL, aunque ajusta la velocidad de transmisión de acuerdo a la longitud y a la calidad de la línea local. La velocidad de conexión es establecida cuando la línea sincroniza o es asignada por una señal desde la central telefónica. Los equipos R-ADSL, monitorean la línea antes de transmitir.

Entre las cosas que aún faltan por definir es si deberían continuar monitoreando constantemente la velocidad de la línea. Aunque aun no se ha estandarizado las aplicaciones, son las mismas que para ADSL : acceso a Internet/intranet, video sobre demanda, acceso a bases de datos, acceso remoto a LANs, así como servicio de voz.

3.1.4 Ventajas y Desventajas de la Operación de XDSL en una Red Domiciliaria

Esta familia de tecnologías ofrece unos beneficios inmensos tanto para el usuario como para el operador de telefonía.

- √ Posibilidad de hacer una llamada, sin necesidad de desconectarse de Internet (exceptuando las variantes SDSL e IDSL)
- √ La velocidad es mucho más alta que la de un módem regular (1.5 Mps vs. 56 Kps).
- √ DSL no requiere de un cableado nuevo, ya que aprovecha el par de cobre ya instalado.
- √ A diferencia del cable la capacidad no se comparte con otros usuarios.

- √ La compañía que ofrece DSL, usualmente provee el módem que es parte de la instalación.
- √ No existe riesgo de colapso en la red conmutada.

Entre las desventajas que presenta XDSL están:

- ℵ Una conexión DSL trabaja mejor cuando se está cerca de la oficina del proveedor. Los servicios no son accesibles en cualquier lugar.
- ℵ No todas las líneas pueden ofrecer este servicio (por ejemplo las que se encuentren en muy mal estado o a gran distancia de la central)
- ℵ Los módems DSL son caros. Es previsible que la compañía ofrezca el módem en alquiler, igual que lo hacen las compañías de cable, pero esto influiría en la cuota mensual.
- ℵ El hecho que ADSL permita altas velocidades no quiere decir que vengan "gratis": las compañías normalmente limitan la velocidad y cobran en función de la velocidad "contratada".
- ℵ DSL es incompatible con los amplificadores que existe en la línea de cobre para ampliar su extensión.

3.2. Variantes de XDSL aprovechables en Redes Domiciliarias

En redes domiciliaria se aprovecha básicamente una de las variantes, y ésta es ADSL(Asimétrico). Las razones de esta elección se describen a renglón seguido.

HDSL ha sido descartada dado que requiere de dos pares de cobre y en la mayoría de los hogares se cuenta con tan solo un par de cobre; SDSL podría utilizarse debido a que tan sólo necesita de un par de cobre, pero éste no permite hacer llamadas telefónicas al mismo tiempo que está conectado a internet, lo que se presenta como una gran desventaja frente a ADSL; IDSL no se la considera ya que sólo es cápaz de transportar datos; VDSL aunque tiene un velocidad increíble, requiere que el usuario se encuentre muy cerca de la central telefónica (1500 metros), por lo que no sería accesible para muchos usuarios. Cabe resaltar que ADSL es la única que permite que se la aproveche en una red domiciliaria implementándola con el estándar HomePNA.

3.2.1. ADSL: Arquitectura de red y fundamentos tecnológicos

Siendo ADSL la variante de la tecnología XDSL más importante dentro de la red domiciliaria telefónica, profundizaremos en su arquitectura y otras características.

La arquitectura de un sistema ADSL es bastante simple y los elementos que interviene en la misma son:

- El par de cobre o bucle de abonado.
- El splitter o divisor, para separar los distintos canales.
- El módem del lado del usuario (ATU-R, ADSL Terminal Unit Remote)

- El módem del lado de la central (ATU-C, ADSL Terminal Unit Central)

Estos elementos se muestran de forma general en la siguiente figura

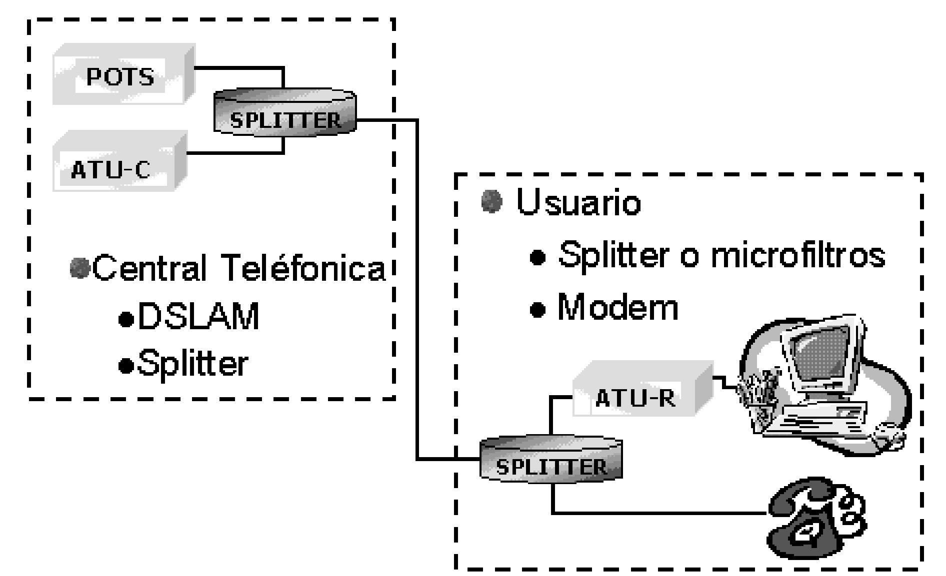

Figura 17: Elementos que intervienen en la comunicación ADSL

La base sobre la que se fundamenta la tecnología ADSL está íntimamente relacionada con el medio de transmisión que debe emplear, el par de cobre, así como la utilidad que debe ofrecer tanto al usuario como al operador de telecomunicaciones. Debe posibilitar el acceso de banda ancha de internet, con conexión permanente y sin perder la opción de utilizar simultáneamente la línea de voz; y al mismo tiempo debe permitir que se pueda redirigir la comunicación de datos a una red que los procese más eficientemente, permitiendo ofrecer nuevos servicios reutilizando la infraestructura existente.

Una de las principales aportaciones al negocio de los operadores de telecomunicación de las tecnologías XDSL consiste en que permiten manejar la voz y los datos de forma separada. De este modo, la voz sigue su camino tradicional, es decir, es procesada por una red de conmutación de circuitos, diseñada y dimensionada para tal efecto, mientras que los datos son encaminados a una red específica de conmutación de paquetes que permite procesar la información de manera más eficiente. Para poder realizar esta separación entre el tráfico de voz y el de datos es necesario incorporar nuevos elementos en la arquitectura de red, los denominados divisores o splitters. Un aspecto a resaltar es que esta red de datos actualmente emplea ATM (Asynchronus Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono), ya que en el momento de ka definición de la norma era la opción más viable. Además, era necesario disponer de un protocolo que permitiese garantizar la calidad de servicio de la comunicación. Este hecho impacta en la construcción de los módems, que deben procesar la información en formato ATM.

Las velocidades inicialmente definidas para ADSL fueron:

- 1.5 Mbps para el sentido ascendente o upstream
- 8 Mbps para el sentido descendente o downstream

Aunque no todos los usuarios podrán tener acceso a esa capacidad, la gran mayoría podrá conectarse a velocidades de, al menos 2Mbps en sentido descendente.

Otro aspecto que cabe destacar es el uso que se hace de la división de frecuencias del ancho de banda disponible, definiéndose dos modos básicos de operación como se observa en la figura 18

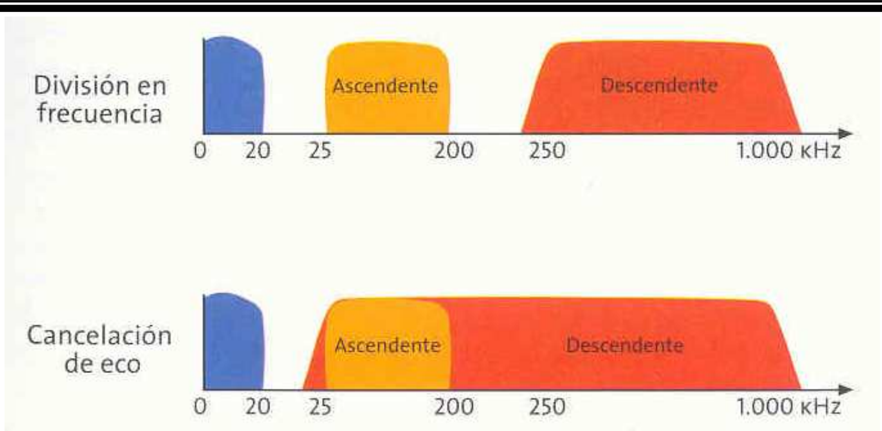

Figura 18: Reparto del espectro: en frecuencia y con cancelación de eco

Con **multiplexación por división de frecuencias** se reparte el espectro en dos bandas de frecuencia no solapadas entre sí. En sentido ascendente se reservan desde los 24 Khz. a los 200 Khz., mientras que para el sentido descendente se tiene desde los 250 Khz.. en adelante (aproximadamente hasta los 1100 Khz.)

La **cancelación de eco** es similar a la anterior, con la salvedad de que se permite el solapamiento de las bandas frecuenciales. La porción reservada al sentido descendente comienza en los 24 Khz., solapándose con la ascendente. La separación de los datos se consigue mediante el empleo de algoritmos avanzados que pueden implementarse gracias a la potencia e los DSPs, los cuales pueden efectuar en tiempo real FFTs (*Fast Fourier Transform,* Transformada Rápida de Fourier) e IFFTs (*Inverse Fast Fourier Transform,* Transformada Rápida de Fourier Inversa).

Inicialmente se contemplaron dos técnicas de modulación: CAP (*Carrierless Amplitude/Phase*) y DMT (*Discrete Multitone*), aunque finalmente los organismos de estandarización internacionales, como la ITU, ANSI y ETSI, se han decantado por la solución multiportadora (DMT).

CAP envía una sola portadora, similar a la del módem e banda vocal, CAP se refiere a la versión de QAM (*Quadrature Amplitude Modulation,* Modulación de Amplitud en Cuadratura) en la que los datos de entrada modulan a una única portadora que se transmite seguidamente a través de una línea telefónica. Después de la transmisión, la portadora se elimina, ya que no contiene información útil. Este hecho da nombre a la técnica *carrier-less*, equivalente a “sin portadora".

En DMT (figura 19) se envían múltiples tonos, separados entre sí 4.3125 Khz., modulados en QAM, disponiendo cada una de estas portadoras de un ancho de banda de 4kHz (similar al que emplean los módems de banda vocal). Los datos a enviar se reparten entre todas las portadoras "hábiles". Al iniciarse el proceso de comunicación, Cuando se establece el enlace, se efectúa una estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de las portadoras. Cuanto mejor sea la relación S/N (*Signal to Noise ratio*), mayor será el caudal de datos que se pueda transportar a dicha frecuencia. Los módems de la central y del usuario emplean la misma técnica de modulación, con la salvedad de que el primero puede trabajar con hasta 256 portadoras, mientras que el segundo dispone de un máximo de 32.

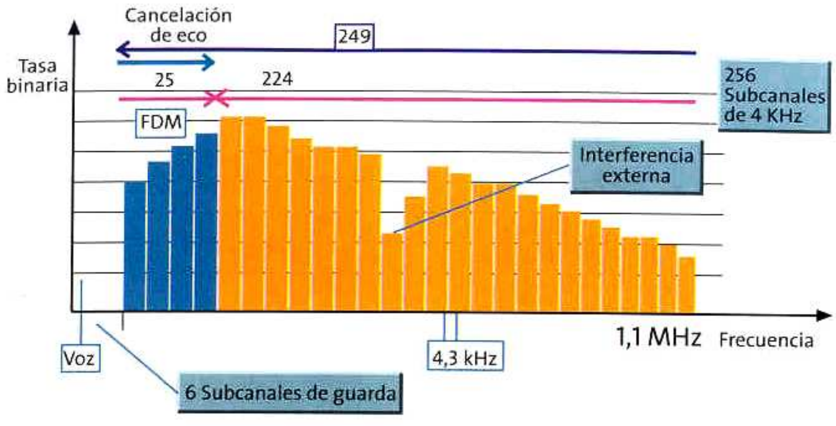

Figura 19: Modulación DMT

Finalmente, conviene resaltar que para evitar interferir en las comunicaciones de voz, se han dejado seis subcanales de guarda, comenzando la asignación de las portadoras a partir de los 24 Khz.

El siguiente elemento a describir es el splitter o divisor cuya misión es simple. En el lado del usuario separar las comunicaciones de voz, que se encaminarán al teléfono, de las comunicaciones de datos, que se enviarán al módem ADSL (ATU-R). En la central el funcionamiento es similar, aunque los destinos diferentes. Las señales de voz se procesan en la central de conmutación pertinente, mientras que los datos se envían directamente a una red que procesa de manera nativa esta información.

Una de las ventajas que proporciona, tanto para el operador en términos económicos, como para el usuario en términos de facilidades de uso, es que la línea telefónica tradicional continúa completamente operativa.

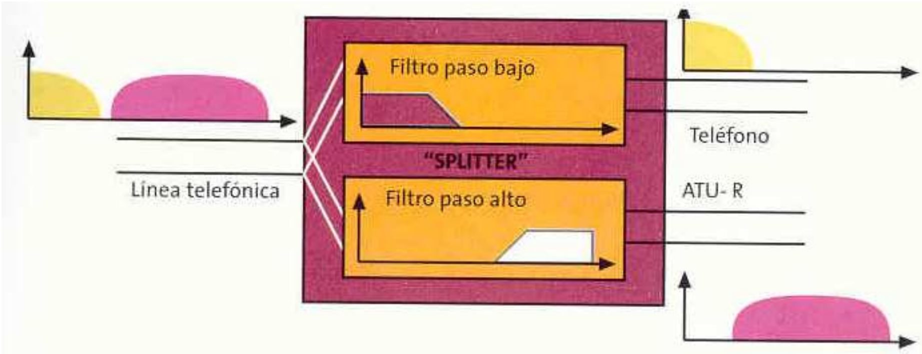

Figura 20 : Modo de operación del "*splitter*"

Uno de los principales inconvenientes que presentan estos dispositivos es que requieren la presencia de personal del operador de telecomunicaciones en casa del cliente para realizar la instalación, por este motivo, han surgido variantes de ADSL, en concreto ADSL Glite, que ya fue explicada en la sección 3.1.2.1.3

El siguiente componente a nombrar es el modem ADSL del lado del usuario, ATU-R. Las funcionalidades asociadas a este dispositivo son:

- La evaluación de las características del par de cobre para el reparto de flujo de datos entre las distintas portadoras.
- La provisión de una interfaz de acceso a los equipos del cliente.
- El funcionamiento en modalidad de bridge (conmutando tramas de nivel 2) o de router (trabajando en el nivel de red con posibilidad de encaminamiento)
- La conversión en celdas ATM de la información a transmitir, y la evaluación de la calidad de servicio en la información que se transmite.

Lógicamente, el precio del equipo de usuario se incrementa a medida que éste se incorpora más funcionalidades.

Para finalizar la conexión en la central se instala otro módem, el ATU-C , que recibe los datos una vez redirigidos por el divisor instalado en la central. Esto implica que por cada par de cobre es preciso, en principio, instalar dos filtros divisores, uno en las dependencias del cliente y otro en la central. Las tareas que realiza este equipo son similares a las del ATU-R, con la salvedad de que en funcionamiento asimétrico precisa operar con un mayor número de subportadoras.

El equipo instalado en la central se denomina DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*). Con el objetivo de alcanzar la mayor reducción de costos posibles, se apreció que sería mejor integrar un cierto número de ATU-C en un mismo chasis, compartiendo entre todos una misma matriz de conmutación ATM, que será la que finalmente redirigirá la información a través e un CVP (Circuito Virtual Permanente) correspondiente a la red de datos externa. En otras palabras, un DSLAM es un concentrador que recoge la información y las multiplexa en TDM (*Time Division Multiplexing*, Multiplexación por División de Tiempo) para enviar la información por un canal mayor, es decir, es un concentrador y un multiplexor a la vez.

En la figura 21 se muestra la unión de los ATU-C para conformar el DSLAM.

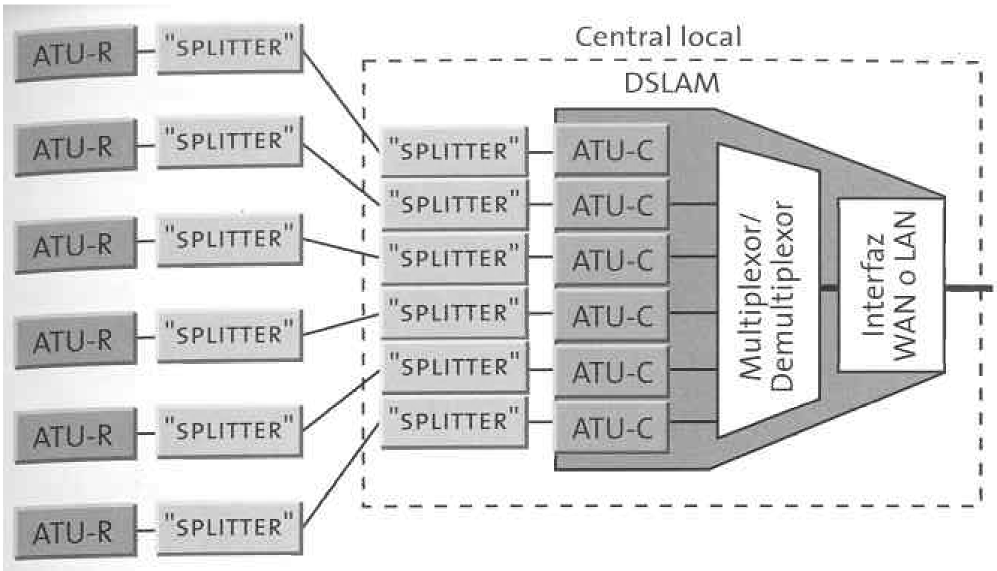

Figura 21: Modem del lado de la central

En la figura 22 se muestra la configuración total de la red ADSL

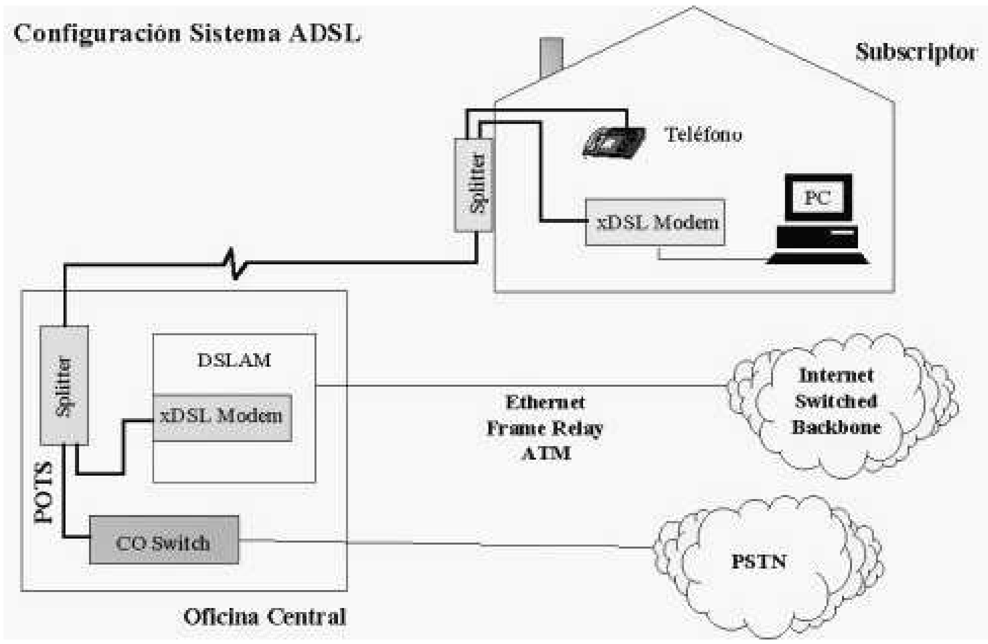

Figura 22: Configuración de la red total ADSL

Las principales ventajas de ADSL para acceder a Internet a alta velocidad son:

- La privacidad, un punto fundamental en Internet. Como con ADSL sólo existe una única conexión punto a punto entre cada cliente y la red, nadie podrá ver los datos ajenos. Y, aunque no es imposible, resulta muy difícil piratearlos deliberadamente, dada la compleja naturaleza de la tecnología de las señales ADSL.
- La calidad del servicio ADSL es constante para cada usuario, puesto que cada conexión es punto a punto.
- Esta tecnología resulta más barata tanto por razones de equipamiento como de configuración.

Los principales inconvenientes son los siguientes:

- La tecnología ADSL no contribuirá a eliminar los cuellos de botella causados por los actuales módems.
- Tienen una velocidad inferior a los módems de cable que operan en un rango de velocidades de 10 a 30 Mbps.
- ADSL plantea el problema técnico y comercial de que sólo opera a distancias de hasta 5486 metros. Y si los operadores han de instalar repetidores digitales en el bucle local para poder llegar hasta los usuarios, es evidente que los costes subirán substancialmente.

Los módem ADSL se acomodarán al transporte ATM con velocidades variables y compensación para protocolos ATM e IP. Las velocidades de datos de entrada dependen de diversos factores como por ejemplo: (1) Longitud de la línea de Cobre. (2) El calibre/diámetro del hilo (especificación AWG/mms). (3) La presencia de derivaciones puenteadas. (4) La interferencia de acoplamientos cruzados.

La atenuación de la línea aumenta con la frecuencia y la longitud de la línea y disminuye cuando se incrementa el diámetro del hilo. Ignorando las derivaciones puenteadas, ADSL considera la distancia y el calibre del cable para obtener diferentes velodicades, como se observa en la tabla IX

Calibre del hilo/diámetro	Velocidad	Distancia
24 AWG / 0.5 mm	1.5 o 2 Mbps	5.5 Km.
	6.1 Mbps	3.7 Km
26 AWG / 0.4 mm	1.5 o 2 Mbps	4.6 Km
	6.1 Mbps	2.7 Km

Tabla IX: Velocidad y distancia soportado de acuerdo al calibre y/o diámetro del par de cobre
Fuente: http://www.cintel.com.co

Las medidas varían de una Empresa de Telecomunicaciones a otra. Los clientes pueden estar separados a mayores distancias si se utilizan Sistemas de Portadora de Lazo Digital basados en filtros.

Los módem ADSL incorporan mecanismos FEC (*Forward Error Correction*) de corrección de errores sin retransmisión (codificación Reed Salomon) que reducen de forma importante los errores causados por el ruido impulsivo. La corrección de errores símbolo a símbolo también reduce los errores causados por el ruido continuo acoplado en una línea.

ADSL permite dos tipos generales de aplicaciones: vídeo interactivo y comunicaciones de datos a alta velocidad.

CAPITULO 4

4. HomePNA y ADSL

Después de estudiar los estándares disponibles para una red domiciliaria y una vez que se han especificado las características de las diferentes variantes de la tecnología XDSL hemos determinado que ADSL es la más compatible con la tecnología HomePNA, dado que su asimetría se ajusta perfectamente con las necesidades del usuario de una red de este tipo, por esta razón el presente capítulo está completamente dedicado al estudio de la tecnología HomePNA en coexistencia con la tecnología ADSL.

A continuación un breve introducción sobre la aparición de la tecnología de red domiciliaria a través de la línea telefónica.

4.1. Breve historia de la Tecnología HomePNA

En junio de 1998, 11 compañías que forman parte de la industria del computador y del semiconductor crearon la Alianza de Red de Línea

Telefónica Domiciliaria (HomePNA) con el fin de seleccionar, fomentar, estandarizar y unificar tecnologías para redes domiciliarias que aprovecharan la línea telefónica como medio de transmisión, proporcionando así interoperabilidad entre los productos de diferentes empresas fabricantes a utilizarse dentro de la misma red. Los miembros fundadores fueron: 3Com, AMD, AT&T, Compaq, Epigram, Hewlett Packard, IBM, Intel, Lucent Technologies, Conexant, and Tut Systems, actualmente los miembros de la alianza han aumentado ya que se han incorporado empresas cuya característica en común es el estar a la vanguardia de las tecnologías de punta en el sector de las telecomunicaciones. El grupo inicial introdujo una tecnología de primera generación con una velocidad de 1Mbps y luego se lanzó la segunda versión de esta tecnología con una construcción más robusta hasta 10Mbps, actualmente se está trabajando en la tercera generación.

HomePNA, combina las tecnologías IP y DSL para ofrecer una solución competitiva de ancho de banda.

4.2. Características de la Tecnología HomePNA

Las características de la tecnología HomePNA se indican a continuación:

- **Estándares existentes**

La importancia de los estándares no pueden ser sobrestimados, por lo tanto se deben considerar la existencia de un estándar aceptado que garantice la interoperabilidad entre los equipos de diferentes fábricas y también que el sistema soporte perfectamente otros estándares de networking y un protocolo en particular como es el Protocolo de Internet (IP), ya que solo los protocolos que han sido ampliamente probados durante muchos años y que han estado en uso real están listos para ser desplegados en este gran mercado de consumidores de redes domiciliarias. Dada la preponderancia a la capa 2 IEEE 802.3 que cruza la infraestructura de Internet, HomePNA escogió una tecnología que usa el entramado 802.3 y el comportamiento de Ethernet.

- **Calidad de Servicio (QoS)**

  La motivación inicial para la red domiciliaria es lograr compartir recursos entre múltiples PCs tales como: acceso a Internet, archivos, e impresoras, como ya lo habíamos mencionado en el capítulo 1, sección de aplicaciones. Sin embargo, la aplicación que demanda mayor QoS es el transporte de audio digital, video digital, y voz digital (telefonía IP). La latencia en las conexiones de voz debe ser controlado por debajo de 10 a 20 ms sobre el segmento de red domiciliaria para que la calidad de voz sea mantenida. El flujo de las conexiones de video y audio deben recibir un mínimo de ancho de banda desde la red en una aplicación determinada.

El índice de throughput agregado de 10 Mbps de HPNA 2.0 es más que adecuado para que en ciertas aplicaciones no se presenten estallidos provocados por las transferencias TCP entre PCs sin los mecanismos de QoS que harían a la red incapaz de alcanzar los requerimientos de ancho de banda garantizados.

- **Robustez**

  La principal diferencia entre el par trenzado Ethernet y otras tecnologías es la calidad de los canales de comunicación. Ethernet que utiliza cable Cat 5 o superior, encuentra un canal con un sin número de propiedades que incluyen comunicación punto a punto, terminaciones adecuadas, buena respuesta del canal además de muy bajo "cross talk". En contraste, todas las redes de cableado existente en casa tienen el problema que los canales de comunicaciones pueden estar severamente deteriorados, lo cual puede resultar en:

  - Reflexiones y funciones de transferencia de canales de frecuencias dependientes;
  - parámetros de transmisión del cable altamente variables y poco característicos, especialmente en altas frecuencias;

- dispositivos telefónicos en el mismo cable que presentan un amplio rango de impedancias dependientes de la frecuencia;
- las señalización y repique del POTS pueden producir transientes significativos;
- el ruido impulsivo acoplado con las fuentes de cableado AC que se presenta en muchas de las líneas telefónicas; y
- las interferencia RF, particularmente de las bandas de frecuencias de radioaficionados.

Estos canales no soportarían los requerimientos de robustez y *performance*. Una forma viable para evadir todos estos problemas es la operación a índices bajos de transmisión o sobre cortas y limitadas distancias.

- **Performance**

En el ambiente domiciliario, factores externos influyen en que la velocidad debe ser de al menos 10Mbps. El ancho de banda común en las tecnologías ADSL y DOCSIS requieren que se trabaje al menos a 6Mbps o más para poder compartir el acceso al ancho de banda, sin embargo aplicaciones de video digitales exigen mucho más que 6Mbps, incluso 10Mbps no serían suficientes, por esta razón la alianza de redes domiciliarías telefónicas diseñó su segunda versión para lograr hasta 32Mbps en aproximadamente el mismo ancho de banda que la primera generación.

- **Compatibilidad en el futuro**

  Dado que el cable está empotrado en este tipo de red y que va a permanecer allí por años, se podría decir que sería casi imposible reemplazarlo, por esta razón HomePNA ha sido diseñada para ser completamente compatible con sus futuras generaciones que pueden alcanzar índices de hasta 100Mbps.

- **Seguridad**

  HomePNA proporciona excelente seguridad debido a que cada circuito que proviene de la oficina central de la compañía de teléfonos es único (línea telefónica).

- **Costo**

  Dado el crecimiento del volumen de ventas de computadores, los costos de los elementos de la red han decrecido y por lo tanto para que una tecnología sea exitosa debe ser no muy costosa, este es el caso de HomePNA, ya que una tarjeta adaptadora cuesta alrededor de $100,00

Para que HomePNA sea realidad, primero se necesita puntualizar sobre algunos temas tales como:

a. **Topologías cableadas al azar.**

   La estructura del cableado telefónico dentro del hogar es única y puede cambiar sobre una base cotidiana. Muchas topologías de la red requieren que cada nodo esté unido a un hub central. La topología de la línea telefónica de la casa generalmente es una conexión de nodos al azar, teléfonos, faxes y módems se pueden conectar y desconectar de la línea telefónica haciendo que la topología cambie. Con cada uno de estos nodos, hay varias conexiones que no se utilizan y por lo tanto no se terminan correctamente. Esto da lugar a la incompatibilidad de las impedancias y a la resonancia de las señales que pueden conducir a las señales multidireccionales.

b. Consistencia en los niveles de Servicio

La red puede funcionar confiadamente y liberar niveles de servicios consistentes a pesar de los cambios que resulta de algún levante del teléfono, acceso a un sitio web, o respondiendo a una máquina contestadora.

c. Jacks telefónicos

Los jacks telefónicos no son encontrados en cualquier lugar de la casa. Muchos hogares en Estados Unidos tienden a tener múltiples jacks telefónicos, mientras que los hogares en otros países, particularmente Europa, están limitados a uno o dos jacks. También la localización física de estos jacks con respecto a los equipos que se necesita para una red es otro problema.

d. Coexistencia con otros equipos de la línea telefónica

La conexión de la línea telefónica debe conformarse con las regulaciones de la FCC. Esto necesita que la red de línea telefónica utilice señales con niveles bajos de potencia, que a su vez complican el diseño del hardware de las interfases electrónicas.

4.3. Análisis de las características de las líneas telefónicas

Con el fin de maximizar la calidad del enlace en la transmisión de banda ancha ADSL, se debe considerar la capacidad que tiene una red de planta externa de cobre, esto es conocer los requisitos técnicos que debe cumplir la red en mención, la que comprende desde el usuario hasta la central telefónica. En la actualidad la infraestructura de red telefónica sufre de muchas imperfecciones (debido a que el medio físico no es nuevo), particularmente estos problemas son: atenuación alta, reflexiones, ruidos impulsivos y conversación cruzada (cross-talk). Para poder instalar HomePNA hay que estudiar el estado de la línea telefónica.

Las características eléctricas que se consideran en los cables utilizados en el tendido telefónico son:

- Atenuación
- Ruido de la señal
- Continuidad e Impedancia
- Aislamiento de los pares
- Rigidez dieléctrica
- Simetría entre pares y apantallamiento

A continuación se describen las características antes mencionadas:

- **Atenuación de la señal**

La topología de red de árbol aleatorio propia de un sistema de cableado telefónico puede causar atenuación de la señal. En términos simples, atenuación significa una reducción de la longitud de la señal durante la transmisión de datos a través de la red. La atenuación sobre redes telefónicas es causada normalmente por las salidas telefónicas libres y circuitos no terminados.

- **Ruido de la señal**

Ruido es toda señal no deseada que se suma a nuestra señal deseada. Podemos distinguir dos tipos de ruido: el interno y el externo.

El ruido interno es aquel generado por los componentes de nuestro circuito de transmisión y que podemos clasificar en: ruido térmico y ruido de equipos, el primero se refiere al generado por el conductor y suele ser despreciable, el segundo es el ruido que añaden los equipos de comunicación. El ruido externo es el conjunto de señales perturbadoras que proceden de fuentes exteriores al circuito y que podemos clasificar en: diafonía y ruido impulsivo. La diafonía es la transferencia indeseada de energía de un circuito a otro, esto puede ocurrir por el acoplamiento eléctrico entre cables de pares cercanos; y el ruido impulsivo es aquel que suele provocar múltiples errores en un lapso muy pequeño, usualmente es generado por encendido y apagado de motores.

- **Continuidad e impedancia**

  Los teléfonos y otros dispositivos de la línea telefónica pueden interferir con la transmisión de datos por los cambios dinámicos de las características de la línea. Simplemente contestando el teléfono o enviando un fax se puede causar un cambio en la impedancia de la línea.

- **Aislamiento de los pares**

  El aislamiento es la resistencia que caracteriza las pérdidas en el dieléctrico del cable. En una longitud de cable la resistencia al aislamiento medida entre un conductor y todos los demás conductores conectados a la pantalla y a tierra, deberá ser mayor a 1600 MΩ/Km para un voltaje entre 100 y 500 Vdc.

- **Rigidez dieléctrica**

  La rigidez dieléctrica se caracteriza por la tensión que podrá ser admitida entre el alma y la pantalla del cable sin causar daños.

- **Simetría entre pares y pantalla**

  Un par es simétrico siempre y cuando los dos conductores presenten la misma impedancia en comparación con la pantalla del cable. Cuando esta condición no se cumple estamos en presencia de una disimetría susceptible de generar graves fallas de transmisión.

Cabe mencionar que en Ecuador para la instalación de líneas telefónicas se emplean los siguientes tipos de cables: para canalización se utilizan cables constituidos por cobre con aislamiento de polietileno sólido con capacidades de 10 a 3000 pares, y para instalación aérea se usan cables autosoportados con aislamiento de polietileno sólido con capacidades de 10 a 200 pares; el diámetro nominal del cable es de 0.4 mm. El cable de acometida estará constituido por dos conductores paralelos de acero recubierto de cobre aislados con material termo plástico formando un único cuerpo, éste cable será utilizado exteriormente en forma autosoportada, desde la caja de distribución hasta un toma de conexión dentro de casa, y el cable que se utiliza dentro de casa, en tubería o expuesto en la pared está formado por dos conductores de 0.6mm de diámetro de cobre electrolítico recocido aislados paralelamente.

Todo cable telefónico está permanentemente expuesto a sufrir averías en sus cubiertas de protección. Estas averías pueden ser causadas por: fatiga del material, porosidad de la soldadura, agentes físicos externos, aplastamientos, cortaduras, perforaciones y roturas, fuego, roedores, rayos, corrosión química y/o electrolítica.

No importa cual sea el tipo del cable ni cual la naturaleza de la falla, esta será siempre una fuente potencial de interrupción del servicio telefónico porque a través de ella el agua podrá alcanzar el núcleo del cable, bajar la resistencia de aislamiento creando problemas de falla a tierra, atenuación de la señal, diafonía, etc.

En la tabla X se indican los valores nominales de los parámetros técnicos de los cables que involucran una red telefónica en el Ecuador.

	Cables rellenos con aislamiento de polietileno(canalización y aéreo)	**Cable de acometida**	**Cable interior de abonado**
Resistencia a la corriente continua	280(Ω/Km)	149(Ω/Km)	125(Ω/Km)
Resistencia de aislamiento	1.600(MΩ/Km)	5.000(MΩ/Km)	1.000(MΩ/Km)
Atenuación	1.66(dB/Km)	1.57(dB/Km)	1.44(dB/Km)
Rigidez dieléctrica	2.000 (Vdc)	-	-

Tabla X. :Cuadro de valores nominales de los parámetros técnicos de los cables
Fuente: Pacifictel S.A., Normas técnicas para planta externa, Febrero 2000

Guayaquil es una ciudad con muchos problemas en cuanto a la calidad de la red telefónica con la que cuenta. Pacifictel S.A, que es la empresa telefónica que atiende a nuestra ciudad, aún después de haber instalado el anillo SDH, con fibra óptica de 48 hilos entre cinco centrales (Bellavista, Urdesa, Kennedy Norte, Norte y Centro) no ha podido implementar la tecnología XDSL, dado que se necesita crear una nube ATM para la transmisión de datos, sin embargo, ya se han colocado bastidores de acceso de la marca ALCATEL en las centrales Urdesa y Kennedy Norte, los cuales, según está proyectado, se conectarían a Internet a través de un ISP, sin utilizar el cable de fibra óptica ya instalado, según nos informó el Ing. William Peñaherrera, actual Vicepresidente de Operaciones de la mencionada empresa.

No obstante, estos cambios solo involucran a las centrales y no la red primaria y/o secundaria, en las cuales se presentan muchos problemas tales como bajo aislamiento, paradiafonía y atenuación, cuyos valores son críticos para el buen funcionamiento de la tecnología XDSL.
En cuanto a control de calidad se refiere, actualmente, Pacifictel S.A trata de hacer cumplir las Normas Técnicas de Planta Externa establecidas, pero dada la falta de equipos, las inspecciones que se realizan no permiten tener redes completamente probadas ya que solo se verifican parámetros como aislamiento y continuidad, dejando sin atención otras características deseables e importantes para el perfecto funcionamiento de las redes. Adicionalmente, la revisión por parte del departamento de control de calidad, solo se ha realizado en las nuevas rutas (rutas con tiempo de existencia menor a dos años) de cada una de las centrales que poseen, la coexistencia de redes viejas, en pésimo estado, y redes nuevas en relativo buen estado, nos indica que ninguna central cumpliría globalmente con los requerimientos de implementación de XDSL.

4.3.1. Principales causas de fallas en transmisión XDSL sobre el par de cobre

Para emplear XDSL se deben de tener en cuenta muchas de las fallas que ocurren en las instalaciones de líneas telefónicas como son las siguientes:

- **Falla por ruido**

  Niveles de ruido pueden ser inducidos a la línea telefónica debido a los calefactores, acondicionadores de aire u otros dispositivos eléctricos e incluso de teléfonos.

- **Falla en la continuidad eléctrica de los pares y medición de la corriente continua**

  La continuidad se probará corto-circuitando los dos hilos de un par en el punto de la toma telefónica.

  La resistencia en corriente continua se la mide corto-circuitando los dos conductores de un mismo par y ésta no debe de ser mayor que un 5% de la establecida teóricamente según las características del cable.

- **Falla en el aislamiento de los pares.**

  La presencia de humedad o un maltrato del cable afectarán el aislamiento de una manera significativa y generarán transferencia de señal entre pares-pares y/o pares-pantalla, además aparecerá sulfato de cobre sobre la superficie del cobre. Se realiza la prueba entre todos los hilos y pantalla, utilizando un voltaje de 500 Vca aplicada durante un minuto, los extremos deberán estar en circuito abierto.

El aislamiento podrá soportar una sobretensión accidental como por ejemplo; la caída de una línea de energía, relámpago, o también la inducción generada por la proximidad de una fuente de energía eléctrica. Es aconsejable utilizar cierres termocontractiles y cable con gel auto sellado, que reaccione bajo acción térmica.

- **Falla de rigidez dieléctrica (alma / pantalla)**

  La rigidez dieléctrica entre conductores de un mismo par, será mayor de 2000 Vdc de 60Hz aplicada durante 3 segundos. Adicionalmente el cable deberá soportar un voltaje de 10.000 Vdc durante 3 segundos aplicado entre todos los conductores del cable puestos en paralelo y la pantalla.

  El aislador interno (TERFAN) podría no ser capaz de soportar esta sobretensión cuando el cable haya sufrido daños o maltratos durante el proceso de instalación. Caso típico de un cable primario maltratado a la salida de un emboquillado de cámara.

- **Falla de diafonía: telediafonía y paradiafonía.**

  La causa más frecuente encontrada, es la cruzada de los hilos entre dos circuitos distintos llamada paradiafonía (NEXT: Near-End-Crosstalk), en este caso la interferencia aparece en otro par pero en el mismo extremo de la fuente de interferencia. Si la interferencia aparece en el otro par al extremo opuesto del cable que causa la interferencia se lo conoce como telediafonía (FEXT: Far-End Crosstalk).

En lugar de buscar y arreglar las fallas en los empalmes donde se generó el error debido a la falta de equipos de localización, los empalmadores intervienen en un empalme distinto o directamente en los terminales para restablecer una aparente continuidad correcta. Esta práctica totalmente antitécnica, generará automáticamente telediafonía y paradiafonía, impidiendo una transmisión multiplexada tipo XDSL y mezcla de voz entre dos conversaciones.

El valor de la medición de la telediafonía deberá ser siempre superior a 63 dB., mientras el valor de la medición de la paradiafonía deberá ser siempre superior a 74 dB.

Una prueba de desequilibrio de resistencia realizada entre todos los hilos de un cable, permite detectar dicho problema. Esta diferencia no deberá superar 3 Ω.

- **Falla de simetría entre pares y pantalla.**

  En la práctica una disimetría proviene tanto como de un aumento de la distancia separando los dos hilos de un mismo par como de la diferencia de distancia entre estos hilos y el blindaje del cable. La excesiva separación de los hilos de un par de cobre ocurrido en el proceso de realización de un empalme y la ausencia de blindaje, explican este fenómeno.

- **Discontinuidad de la pantalla del cable.**

  La discontinuidad de la impedancia relacionada con la ruptura del blindaje (pantalla), introduce fallas en la transmisión de la señal, generando oscilaciones en la variación de la atenuación del cable y provocando disimetría entre cualquier par de cobre y la pantalla equipotencial.

  El asunto se vuelve más preocupante todavía cuando dentro de un empalme no se hace una correcta reconstitución de todos los componentes del cable.

  Además de lograr la continuidad de pantalla con un conductor sólido es también indispensable reconstruir alrededor de los pares, el mismo apantallamiento de aluminio puesto en fábrica al momento de la elaboración del cable, restableciendo así una correcta impedancia y simetría.

- **Perturbaciones electromagnéticas externas de RF.**

  Un deficiente apantallamiento de los empalmes provocará fallas en la transmisión de la señal y además permitirá a las perturbaciones electromagnéticas externas RF (inducción), penetrar en el cable y generar ruidos parásitos en todos los circuitos de cobre.

  Donde nuevamente insistimos es sobre la importancia de proteger localmente y sistemáticamente los empalmes con una cinta de aluminio correctamente puesta alrededor de los pares y conectada mecánicamente a las pantallas de los cables.

Si el cable se encuentra en un ambiente electromagnético cargado, la pantalla electrostática debe ser continua para reducir a un máximo los disturbios internos.

- **Incorrecto aterrizaje de la pantalla del cable.**

  Con el fin de canalizar la radiación de un emisor y evitar el ruido impulsivo creado por los sistemas del transporte de energía eléctrica, el campo electromagnético irradiado por un rayo o una sobrecarga accidental, se deberá instalar sistemáticamente un aterrizaje tanto al inicio como al final y también cada 300 metros en el circuito.

  Si el cable se encuentra o no en un ambiente electromagnético cargado, es altamente recomendado conectar la pantalla electrostática a un sistema de tierra para reducir a un máximo los disturbios internos.

  Estudios y pruebas demostraron que la ausencia y/o la baja conductividad de los puntos de puesta a tierra, amplifican drásticamente las fallas de transmisión anteriormente presentadas.

  En otros términos un cable debe presentar a todo lo largo una continuidad de pantalla y una baja resistencia de los puntos a tierra.

- **Ausencia de RPC (Regletas Punto de Corte)**

  Este componente de red debe ser utilizado y ubicado entre la red subterránea y aérea, con el propósito de agrupar y proteger todos los hilos de un cable aéreo antes de su conversión en red subterránea. Una RPC brinda una protección total para todo el cable, mediante descargadores, aterrizaje de pantalla y mensajero.

- **Cable de acometidas con apantallamiento**

  Para la transmisión de datos XDSL es indispensable la utilización de cables de acometidas especiales mono o multipares (2-3-4), con apantallamiento brindando las mismas características que un cable aéreo o mural convencional, esto garantiza una continuidad de simetría, protección de inducción, etc.

4.4. Compatibilidad espectral

Un requerimiento adicional que debe cumplir la red domiciliaria telefónica es la operación simultánea del servicio telefónico normal y la función de la red domiciliaria sobre la misma línea telefónica. Uno de los métodos más comunes para la operación simultánea de múltiples servicios sobre un simple par de cables es la Multiplexación por división de Frecuencia (FDM, *Frequency División Multiplexation*). La multiplexación por división en frecuencias se puede usar con señales analógicas, de modo que se transmiten varias señales a través del mismo medio gracias a la asignación de una banda diferente para cada señal. El equipamiento de modulación es preciso para desplazar cada banda de frecuencia requerida, siendo por su parte necesarios los equipos de multiplexación para combinar las señales moduladas. Es posible utilizar FDM cuando el ancho de banda útil del medio de transmisión supera el ancho de banda requerido por las señales a transmitir. Se pueden transmitir varias señales simultáneamente si cada una de ellas se modula con una frecuencia portadora diferente y las frecuencias portadoras están suficientemente separadas para que los anchos de banda de las señales no se solapen de forma importante. Cada señal modulada precisa un cierto ancho de banda centrado alrededor de su frecuencia portadora y conocido como canal. Para evitar interferencias los canales se separan mediante bandas guardas o de seguridad, las cuales son zonas no utilizadas del espectro, la señal compuesta transmitida a través del medio es analógica. Sin embargo, las señales de entrada pueden ser tanto digitales como analógicas. En nuestro caso, que la entrada es digital, las señales deben pasar a través de módems para ser convertidas en analógicas. En cualquier caso la señal de entrada analógica se debe modular para trasladarla a la banda de frecuencia apropiada. Mediante el uso de filtros de frecuencia selectivos, los dispositivos que usan un tipo de servicio que puede intercambiar información sin que exista interferencia por parte de otros servicios que se comunican en otra banda de frecuencia.

A continuación se presenta el rango de frecuencias utilizados para cada tipo de servicio sobre la línea telefónica:

- El estándar de voz ocupa el rango de 300 Hz a 3.4 KHz.
- Los servicios XDSL ocupan un rango de frecuencia desde 25 KHz a 1.1MHz.
- La red domiciliaria telefónica puede operar en un rango de frecuencia sobre los 5.5 MHz.

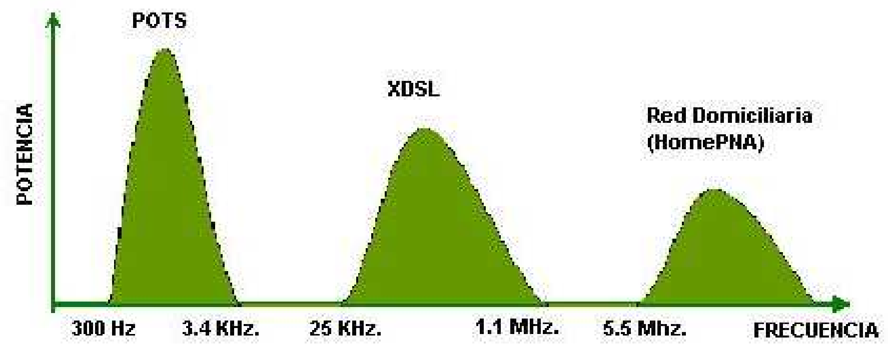

Figura 23 : Compatibilidad existente entre los servicios telefónicos y las redes domiciliarias

La figura 23 describe la compatibilidad espectral de varios tipos de servicios, esto implica que el consumidor puede simultáneamente usar el teléfono o enviar un fax, usar la red domiciliaria, y acceder a Internet a través de la conexión ADSL, todo esto usando el mismo medio de transmisión (par de cobre) y operando en distintas bandas de frecuencias.

La figura 24, nos muestra con otro esquema la compatibilidad espectral de la red telefónica, XDSL y HomePNA. Podemos observar sus rangos de frecuencias y que parte de la frecuencia es para la transmisión de subida (upstream) y cual es considerada para la transmisión de bajada (downstream).

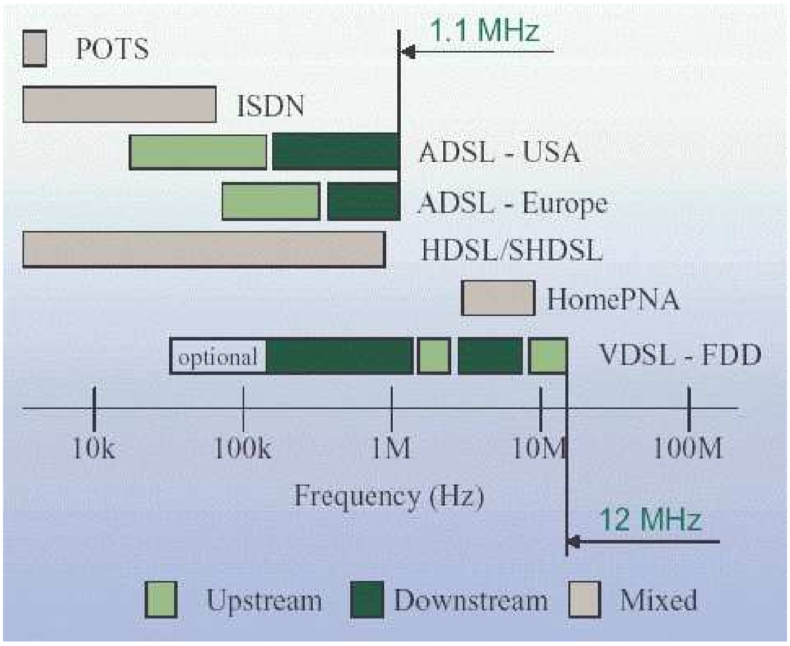

Figura 24: Compatibilidad espectral de la red telefónica, XDSL y HomePNA

4.5. Intranet doméstica

Una Intranet es un lugar en Internet o un grupo de lugares en Internet que le pertenecen a una organización y la cual es solo accesible para sus miembros y empleados.

Debido al auge de Internet, una Intranet puede aprovechar todas las tecnologías desarrolladas para Internet, con la consiguiente reducción de costes y la facilidad de utilización de un navegador. Una Intranet es interesante en la medida en que se puede publicar información. La información disponible puede ser de cualquier tipo: referencias de productos, formularios para peticiones internas, folletos de información general, circulares, últimas cotizaciones, etc.

A través de una Intranet se puede gestionar el acceso a Internet de todos los puestos de una red interna. Asimismo, también se puede limitar el acceso de sólo aquellas personas pertenecientes a la organización o entidad propietaria de la red. La información de la Intranet puede ser accesible a través de Internet, facilitando así el trabajo a distancia de comerciales y otro personal cuya actividad se desarrolle frecuentemente fuera de la oficina.

4.5.1. Gateway domésticos

El gateway es un dispositivo de conexión a la red inteligente que proporciona conectividad entre redes domiciliarias internas y redes de acceso a Internet externas. Permite la distribución de servicios residenciales que ya existen. Los gateways también tienen en cuenta algunos dispositivos domésticos, como el sistema de seguridad y la iluminación o el sistema de diversión, para que estos interaccionen unos con otros. Es posible el acceso a estas redes múltiples, dispositivos y servicios con un solo punto de conexión, desde nuestro PC, teléfono móvil u otro dispositivo portátil.

Con la creación de una plataforma rentable y flexible para la seguridad doméstica, atención médica a domicilio, el control de los electrodomésticos, la distribución de la energía, la automatización doméstica y otros servicios electrónicos, el gateway impulsará la llegada de la vivienda inteligente, en términos tecnológicos, no sólo para los ricos, sino también para millones de familias de todo el mundo.

4.6. Especificaciones de las versiones existentes en el mercado

4.6.1. HomePNA 1.0

La primera versión de éste estándar fue idéntico a la tecnología del Sistema Tut, es decir, conectividad de hasta 1 Mbps conectando 25 computadoras y un rango de comunicación cerca de 150 metros. La compañía Tut System, cofundadora de la Alianza de Redes Telefónicas Domiciliarías, gestionó la difusión de las tarjetas de red (PCI y USB), puentes Ethernet-a-HomePNA, etc, ya que HomePNA heredó todas las características del Sistema Tut .

La velocidad de 1 Mbps es suficiente para muchas tareas, por ejemplo, para la conexión de un computador o una red local o al Internet, debido a esto, el estándar HomePNA 1.0 fue utilizado para la conexión de oficinas pequeñas, hospitales, apartamentos donde ya existen los cables de teléfono. Desde entonces éste estándar fue desarrollado para transferir datos vía línea telefónica sin afectar las señales de voz. La especificación de la tecnología de 1Mbps del sistema Tut se diseño de tal forma que asegure la compatibilidad con otros servicios de comunicación en la casa, así como los servicios de voz y XDSL. Esta tecnología de 1Mbps ocupa un rango de frecuencias pasabanda entre 5,5MHz y 9,5MHz. Los filtros pasabanda atenúan las frecuencias debajo de 5,5Mhz muy rápidamente, así no hay interferencia entre el servicio XDSL y el tradicional teléfono. La versión 1 ha sido implementada usando el método IEEE802.3 CSMA/CD para el múltiple acceso a un medio de comunicación común (utilizada en Ethernet). En términos simples, ésta es una Ethernet de 1Mbps sobre la línea telefónica. Esto es un criterio de diseño importante, ya que permite a la red HomePNA trabajar con gran cantidad de software compatible a Ethernet, aplicaciones y hardware existente en el mercado de hoy.

La transmisión de datos con exactitud sobre una topología cableada al azar se transforma en un gran problema. Para alcanzar un throughput con velocidades altas se debe decodificar tantos datos como sea posible en cada señal de pulso (en lugar de un simple bit por pulso). Es decir, múltiples bits de datos son decodificados en cada pulso. Tut ha sido la única tecnología patentada que ha enviado múltiples bits de datos en cada pulso.

Lo más importante en la implementación de la tecnología es el método de codificación de línea modulada en tiempo, desarrollado por Tut. Esta es la clave de la habilidad de Tut de transmitir datos sobre una topología arbitraria de cableado sin terminaciones, fundada en las casas. El mecanismo de codificación de línea patentado de Tut incorpora un circuito adaptativo, el cual, por diseño, tiene la habilidad de adaptarse a la variación del ruido. Con cada interfase de red, el circuito receptor adapta la variación de los niveles de ruido que pueden aparecen sobre la línea, además el circuito de transmisión puede variar la robustez de su señal de salida. Ambos circuitos continuamente monitorean la condición de la línea y ajustan sus características de acuerdo a ella.

La modulación utilizada por ésta versión es PPM (Pulse Position Modulation), éste método de modulación mantiene constantes la amplitud y el ancho de los pulsos y varía su posición en proporción a los valores de la señal. El uso de PPM requiere de un método de restaurar la sincronización del reloj. La generación de la modulación de regulación de pulso y de posición de pulso emplea diversas combinaciones de un circuito de muestra y de retención como por ejemplo un generador de precisión de voltaje en rampa y un comparador. El generador de rampa produce un voltaje en rampa de precisión cuya amplitud de pico a pico es ligeramente mayor que el máximo intervalo de la amplitud de las señales de entrada. Este voltaje en rampa es la base de la conversión de amplitud a sincronización y, por tanto, debe conocerse exactamente. Puede reajustarse por medio de un reloj. El comparador es un amplificador que opera entre dos valores. Si la señal de entrada es mayor que el nivel de referencia, la salida se mantiene en un estado, caso contrario la salida será otra.

PPM se genera usando la onda PWM (Pulse Widht Modulation) generada y accionando un generador de pulsos de ancho constante en los bordes de la onda PWM con pendiente negativa. Este generador produce pulsos de ancho y amplitud fijos cuyo tiempo de ocurrencia con relación al reloj está linealmente relacionado con los valores muestreados de la señal de entrada.

El estándar HomePNA 1.0 no se adapta a la calidad de una línea. Si un paquete se pierde y no se detecta, entonces este paquete se vuelve a enviar. Como ya se mencionó, la distancia en donde se obtiene la velocidad de 1 Mbps es cerca de 150 metros, pero al incrementar la potencia la cual se puede activar o desactivar en el hub, se permite una extensión de hasta 500 metros, pero se obtendría mayor ruido, esto hace que la activación o desactivación dependa de la topología definitiva de red. Sin embargo, se puede ajustar la potencia de una señal independientemente sobre cada puerto, lo cual es recomendable para evitar el creciente número de colisiones, las cuales afectan la tasa de transmisión. En pruebas realizadas, configurando la tasa máxima de datos a 960Kbps, que es un valor bastante cercano a 1Mbps, solo se obtuvo una transmisión a 576 Kbps, y los puertos sufrieron de muchas colisiones.

4.6.2. HomePNA 2.0

HomePNA se ha convertido en el estándar de hecho de las redes domiciliarias basadas en los cables telefónicos. Es una tecnología robusta que puede alcanzar hasta 32Mbps en aproximadamente el mismo rango de frecuencias que el sistema HomePNA 1.0 y además es compatible con futuras generaciones que operen hasta 100Mbps. Soporta hasta 350 metros de cable telefónico entre dispositivos conectados con jacks RJ-11, permitiendo conectar más de 32 dispositivos. A continuación se describe con más detalle algunas de las características más importantes de HomePNA 2.0.

Esta versión al igual que la primera generación, utiliza el estándar de la tecnología Ethernet, adaptándolo a las necesidades y retos que se pueden presentar en un ambiente como el de la red telefónica en un hogar. Incluye el estándar IEEE 802.3 con CSMA/CD como el método de acceso al medio para compartir la señal de banda-base en un bus de red que soporta transmisiones unicast, multicast y broadcast. Bajo el estándar Ethernet, la información se envía por tramas como la que se bosqueja en la figura 25. Estos paquetes lucen y trabajan como los paquetes de Ethernet. Sin embargo, difieren de 10 Base-T y 100BaseT en ciertos puntos, como que HomePNA 2.0 no restringe sobre el tipo de cableado, topología del cableado, o terminación, además usa un medio de capa física compartida sin necesidad de un switch o un hub.

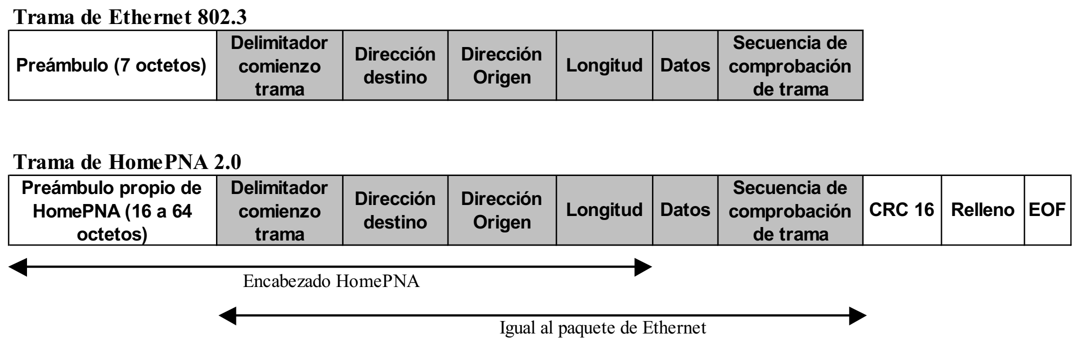

Figura 25: Modificación de la trama Ethernet para HomePNA

Después de modelar algunos miles de redes con teléfonos capacitivos y distancias de cable comunes, se determinó que era mucho más probable tener nulos profundos y extensos causados por las reflexiones del espectro sobre los 10MHz. Las conversaciones cruzadas entre las líneas telefónicas se incrementan con la frecuencia, además es mucho más difícil implementar en frecuencias altas. La elección particular de 5.5 a 9.5 Mhz solamente traslapa una banda simple de radio aficionado (40 metros), lo cual simplifica el filtrado de ingreso y salida.

Aunque HomePNA 1.0 usa PPM y HomePNA 2.0 usa modulación amplitud cuadratura (QAM), ambas obtienen mayor throughput en el mismo ancho de banda y también logran gran robustez. Sin embargo, debido a que los canales podrían tener nulos muy profundos y múltiples nulos en banda, se utilizan dos técnicas para mejorar estos problemas. La primera técnica es la adaptación de la tasa de modulación, en lugar de tener un número fijo de bits por símbolo, un transmisor puede, sobre una base de paquete-por-paquete, variar la codificación del paquete de 2 a 8 bits por símbolo, un encabezamiento de paquetes es siempre codificado a 2 bits por símbolo, así que cada receptor puede demodular al menos la cabecera del paquete. El sistema usa una frecuecia portadora fija de 7 Mhz y pueden operar en 2 Mbaudios o 4 Mbaudios con codificaciones de modulación de 2 a 8 bits por símbolo. La tasa de símbolos base es de 2 Mbaudios, a esta tasa, el sistema tiene una tasa de datos máximo que va de 4 a 16 Mbps, aunque el overhead reduce el throughput existente que el sistema puede alcanzar. En la práctica, para lograr un desarrollo equivalente a 10Base-T Ethernet, un paquete debe ser envíado a 6 bits por símbolo.

Frecuencia diversa QAM

Desafortunadamente, la naturaleza de los canales nulos puede ser tal que incluso una tasa de adaptación bajo 2 bits por símbolo no es suficiente para garantizar que el paquete pueda ser recibido. En un sistema tradicional QAM, si existe un nulo extremo (esto es, uno nulo con el cual el ecualizador no pueda hacer frente) en la banda, el sistema fallará la operación. Con una tasa de 2Mbaudios, HomePNA 2.0 implementa una versión modificada de QAM inventada por Eric Ojard llamada Frecuencia Diversa QAM (FDQAM).

La modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation) ha sido creada debido a la necesidad de transmitir a velocidades superiores, es la combinación de modulación de fase y amplitud por lo que es sensible al ruido, la velocidad de transmisión incrementa debido a que en cada frecuencia se envía más bits por ciclo. Por ejemplo en el caso en el que se utilicen dos niveles de amplitud en combinación con cuatro valores de fase con lo que se codifican 8 posibles tribits. En este caso la velocidad de transmisión será tres veces la capacidad en baudios de la línea.

Una forma cómoda de visualizar los estados de la señal en línea en sistemas de modulación QAM de cierta complejidad consiste en utilizar diagramas vectoriales en los que a cada posible estado le corresponde un punto definido en el diagrama mediante una amplitud y una fase.

En un sistema tradicional QAM, solo una copia de la señal bandabase es enviada y recibida. Debido a que la tasa de baudios es menor que la mitad del ancho del filtro en FDQAM, la señal de salida tiene dos copias redundantes de señales bandabase. Así, la señal es de diversa frecuencia, dando el nombre de FDQAM.

Cuantificar el performance FDQAM versus el de QAM en un canal arbitrario es más complicado. Sin embargo, en canales con una relación de señal a ruido, o SNR, donde una gran parte del espectro es severamente atenuado, FDQAM trabaja robustamente en muchos casos donde QAM codificado fallaría. Tales canales son comunes en lineas telefónicas de hogares. A diferencia de la mayoria de los métodos de manejo robusto de canales, FDQAM no requiere que el transmisor tenga conocimiento de las características del canal. Esto simplifica el protocolo y habilita un performance robusto sobre canales variantes en el tiempo.

En casos donde los canales nulos no son particularmente profundos, HomePNA 2.0 permite un performance mayor en el modo de 4Mbaudios, el cual logra tasas de datos máximas superiores a 32Mbps.

Formato de la Trama

En la figura 25 se muesta el formato de la trama HomePNA 2.0 sobre el cableado. La trama empieza con un preámbulo conocido de 64 simbolos. El preámbulo soporta detección de colisiones y de portadora, restablecimiento de tiempo y ajuste de ganancia. El preambulo es un campo de control de trama, la primera parte de este es un tipo de trama de 8 bits. El tipo de trama = 0 es mostrado en la figura 25, donde otros códigos pueden ser asignados para futuros sistemas de formatos de tramas. El tipo de trama es un campo de 8 bits que especifica el formato de modulación (bits por simbolo, por ejemplo). Existen otros campos de control miscelaneos en la trama de control que incluyen los encabezados CRC(Cyclic Redundancy Checking-Rutina de verificación de Errores) de 8 bits. El resto del paquete es exactamente igual a la trama de Ethernet 802.3, seguida por un CRC16, relleno y una secuencia EOF. El CRC16 cubre el encabezado y la carga útil, y reduce la tasa de errores no detectados por algunas redes severamente deterioradas. La clave de la operación es que los primeros 120 bits de la trama son enviados a los

2 Mbaudios, una tasa de 2 bits/símbolo a fin de que alguna estación capaz de demodular un paquete pueda hacerlo en esta codificación. De esa manera, aunque la carga útil es codificada a una tasa o bits/símbolo que el receptor no puede demodular, será posible demodular el encabezado. En esta situación, el receptor envía una trama de control de respuesta (RRCF) al transmisor, preguntando si reduce el número de bits/símbolo de la tasa de símbolo.

En la práctica, el sistema inicia su salida enviando 2 bits/símbolo a menos que el receptor envíe un RRCF, preguntando por futuros paquetes a ser enviados a más altas tasas de datos. Varios algoritmos pueden ser usados para determinar cuando enviar un RRCF y estimar la capacidad del canal usando un SNR aproximado y un error de bit estadístico. El algoritmo de tasa de adaptación puede optimizar la tasa usada cuando se envían grupos multicast y broadcast.

Control de acceso al medio

Como se mencionó, HomePNA 2.0 es un sistema CSMA/CD, similar al Ethernet IEEE802.3. HomePNA 2.0 introduce ocho niveles de prioridad y usa un nuevo algoritmo de resolución de colisiones llamado cola de prioridad justa distribuida (DFPQ, distributed fair priority queuing).

En la práctica, incluso sobre redes saturadas, HomePNA 2.0 se comporta muy bien y a diferencia del tradicional Ethernet no presenta el efecto de captura. Como la carga ofrecida incrementa, Ethernet experimenta retardos en los tiempos de las tramas en algún porcentaje de los intentos de transmisiones. Cuando se compara con el retardo de Ethernet, la latencia de HomePNA 2.0 revela un tiempo insignificante que va más allá del doble del tiempo mínimo para servir a cada estación activa, incluso a altas cargas ofrecidas.

Protocolos de capa de enlace

Un típico problema propio de las redes de cableado existente es el ruido impulsivo. Sobre un cableado de línea telefónica, existe un ruido impulsivo debido al timbre del teléfono, transiciones conmutadas, y ruido acoplado de líneas de energía AC. Afortunadamente, los impulsos tienden a ser cortos y destruyen un solo paquete. Mientras existan técnicas de codificación que puedan reducir el número de paquetes destruidos por impulsos, se debe escoger el uso de un mecanismo de retransmisión rápido que se denomina, respuesta repetida automática limitada (limited automatic repeat request, LARQ).

A causa de que LARQ es implementado en capa dos y solo opera sobre un segmento de red simple, es muy efectivo en la cancelación de paquete del TCP/IP en caso de que se requiera.

Adicionalmente HomePNA 2.0 implementa un mecanismo de enlace de integridad, el cual puede ser implementado tanto en hardware como en niveles bajos de un driver de software. La virtud de la integridad de enlace es que proporciona una forma rápida y fácil para que el usuario final determine si existe conectividad en la red. Las tramas de integridad de enlace son enviadas una vez por segundo, a menos que haya tráfico en el cable, en este caso un número reducido de tramas son enviadas.

4.6.3. HomePNA 3.0

El 12 de noviembre del 2001 se anunció a los requerimientos del mercado para la versión 3.0 y su protocolo voz sobre HomePNA (VoHPNA), el cual hace a HomePNA la primera tecnología domiciliaria que soporta voz digital. Manejado por su sistemático soporte para la calidad de servicio QoS, HomePNA entrega un entramado basado en red para la liberación de servicios de telefonía digital de calidad para consumidores con precios puntuales. Los teléfonos conectados a través del protocolo VoHPNA pueden tener ventajas de los servicios orientados a voz, así como un segundo servicio de líneas, accesibles al hogar a través de la conexión de banda ancha.

El soporte de calidad de servicio permite a la especificación HomePNA priorizar la liberación del tráfico de dato, voz y video basado sobre el contenido, en tiempo real sin interrupción. El creciente ancho de banda para aplicaciones de multimedia como para las aplicaciones de entretenimiento hacen esencial la calidad de servicio.

HomePNA 3.0 sería optimizado para el funcionamiento, facilitando el entretenimiento en banda ancha, voz, aplicaciones para compartir en internet en todas partes de la casa sin interrumpir el servicio de teléfono. Esta tercera generación de la especificación HomePNA continuaría con la liberación de la calidad de servicio QoS en la tasa de throughput superior a 100 Mbps.

La especificación HomePNA 3.0 ilustra la madurez, escalabilidad y estabilidad de la tecnología telefónica para conectividad domiciliaria. Video sobre demanda, flujo de video y audio, y juegos a través de la red representan algunas de las aplicaciones de entretenimiento que requieren de conectividad a velocidades altas. Los consumidores electrónicos, incluyendo la televisión digital, dispositivos de reproducción digital, DVD, están siendo integradas en la red domiciliaria y requieren de soporte para el funcionamiento, seguridad de las tecnologías de red.

La versión 3.0 sería compatible con otros servicios tales como POTS, ISDN y XDSL, y sería compatible con HomePNA 1.0 y 2.0. La aplicación de voz sobre HomePNA el cual expande a HomePNA 2.0 permitiendo ocho flujos de alta calidad de voz en la casa, también sería soportado por la versión 3.0. La especificación HomePNA 3.0 ha sido programada ser finalizada y estar lista para su lanzamiento entre septiembre y diciembre del 2002.

	HomePNA 1.0	HomePNA 2.0	HomePNA 3.0
Velocidad	1 Mbps	4-32 Mbps	4-128 Mbps
Modulación	PPM	4-256(FD)QAM	4-256(FD)QAM
MAC	802,3	802,3	802,3
Espectro de frecuencia	5,5-9,5MHz	5,5-9,5MHz	5,5-9,5MHz
Número de dispositivos/distancia	25/150m	32(+)/350m	
Características		Baja QoS para voz	QoS garantizada
Aprobado	Sept. 98	Dic. 99	Dic. 2002
Lanzamiento de Productos	Ene-99	Ene-01	2003
Logo de Certificación			

Tabla XI: Cuadro comparativo de las tres generaciones de HomePNA
Fuente: http://www.osia.or.kr, archivo pdf

4.7. Mercado de la Tecnología HomePNA

HomePNA es un estándar que ofrece múltiples productos, entre los que se mencionan: tarjetas de interfase de red (NIC) para PCI, adaptadores USB a HomePNA y adaptadores de Ethernet a HomePNA; también existen bridges y routers, los cuales son más apropiados para esta tecnología en la pequeña empresa.

Marcas	Productos
HomePNA 1.0	
City-Net Technology, Inc.	Adaptador PCI, CN-10 Adaptador USB, CN-201
Linksys	Adaptador PCI, HPN 100 Adaptador USB, SB100H1 Bridge de banda ancha, HPES03
Silicom Ltd.	HomePNA a 2 puertos Ethernet (+USB) Gateway HPE2(U) Adpatador USB instalación automática, U2P
Netronix	Convertidor de Ethernet a HomePNA, HG-101B Adaptador PCI, HA-1610 Adaptador de USB a RJ11, HA-1660 Switch de 12 puertos, HG-214
HomePNA 2.0	
2Wire, Inc.	Adaptadores con puertos RJ45 y USB Gateway Residencial HomePortal 100 Gateway & DSL Modem HomePortal 1000 Integrated Residential
3Com	HomeConnectTM Home Network Kit (PCI and USB)
Netgear	Adaptadores PCI 10 Mbps, PA301 Adaptadores USB 10 Mbps, PA101 Bridge Ethernet to Phoneline, PE102 Router Cable/DSL, RP334
Linksys	Tarjeta de red telefónica 10M, HPN200 Adaptadores USB 10M, SB200HA Adaptadores PCI 10M, PCM200HA Broadband Bridge 10M (HPB200) Router Cable/DSL 10M HPR0200
Compex Corporation	Adaptador dual RJ11 Router y brigde de banda ancha con 1 puerto RJ45 y dos puertos RJ11
Hewlett -Packard	Adaptador USB, HN210P Gateway, HN200P

Tabla XII: Marcas que ofrecen productos para HomePNA
Fuente: http://www.homepna.org

En la tabla XII, se presentan algunas de las marcas más difundidas que ofrecen dispositivos para HomePNA.

Todos los fabricantes de las tarjetas de red HomePNA 2.0 tales como 2Wire, 3COM, NetGear, Linksys producen sus tarjetas de acuerdo al diseño de referencia de Broadcom. Ellos difieren tan solo en los precios y en algunas miniedades como es en los drivers. Se puede observar los productos que existen en el mercado en la figura 26, entre ellos están los adaptadores de red con puertos Ethernet y USB, y el convertidor de Ethernet a HomePNA.

Tarjeta PCI Para HomePNA

Adaptador de USB a HomePNA

Convertidor de HomePNA <-> Ethernet

Figura 26 : Algunos productos de la tecnología HomePNA

4.8. La instalación HomePNA y sus posibles inconvenientes

En esta sección se ofrece información general acerca de la instalación de la red domiciliaria a través de la red telefónica, también se incluyen posibles inconvenientes que se presentan en los inicios de la utilización de la red.

4.8.1. Instalación de HomePNA

Todos los dispositivos basados en la red domiciliaria telefónica necesitan un adaptador para controlar la entrada y salida a la red domiciliaria. La tarjeta de interfase de red actúa como la frontera física entre el dispositivo y el cable telefónico. Todos los dispositivos inmersos en la red domiciliaria telefónica impactan las características de la misma, por esta razón es importante ver las características de la red entera y no solamente de cada nodo individual. Hay una variedad de agentes que impactarían el límite práctico de la red, entre los cuales se consideran las características técnicas de la línea telefónica que se mencionaron en la sesión anterior.

En la figura 27 se observa cómo luciría una red domiciliaria a través de la línea telefónica con el servicio XDSL adicionado.

Figura 27: Red Domiciliaria Telefónica

En líneas posteriores, se detallan algunos pasos que pueden ser útiles cuando se decide instalar una red domiciliaria con la tecnología HomePNA:

Paso1: Seleccionar la localización para los dispositivos HomePNA. Ya que no todos los hogares tienen el mismo cableado, es muy importante asegurarse que los jacks que se encuentran en la pared estén funcionando correctamente para soportar las pruebas con el equipo certificado como HomePNA. Se puede lograr esto comprando un analizador de líneas simple.
Todos los dispositivos deben ser conectados a una línea telefónica sencilla. Muchos hogares tienen más de una línea telefónica para una máquina de fax o una segunda línea para voz. La línea telefónica usada no es una línea telefónica activa con un número de teléfono. Un par telefónico auxiliar podría ser usado, pero todos los equipos HomePNA deben ser conectados al mismo par telefónico.

Paso 2: Conectar el dispositivo HomePNA. Es importante que el equipo HomePNA esté conectado correctamente. Muchos dispositivos HomePNA incluyen dos conectores RJ11. Uno es generalmente para la conexión del jack en la pared y el otro es utilizado como un conector de paso. Este conector de paso proporciona un mecanismo para conectar múltiples equipos telefónicos a un jack único. Si el dispositivo

HomePNA y el dispositivo telefónico que puede ser un teléfono, máquina de fax, máquina contestadora, identificador de llamadas, etc, necesitan compartir el jack en la pared y su dispositivo HomePNA no incluye un conector de paso, será necesario utilizar un filtro de línea telefónica un splitter o conector "Y" que no es el mismo que un splitter DSL. Como se muestra en la siguiente Figura 28, se coloca el filtro y el adaptador Y o triplex (figura 29) según las necesidades, dividiendo un jack de la pared para usar un teléfono

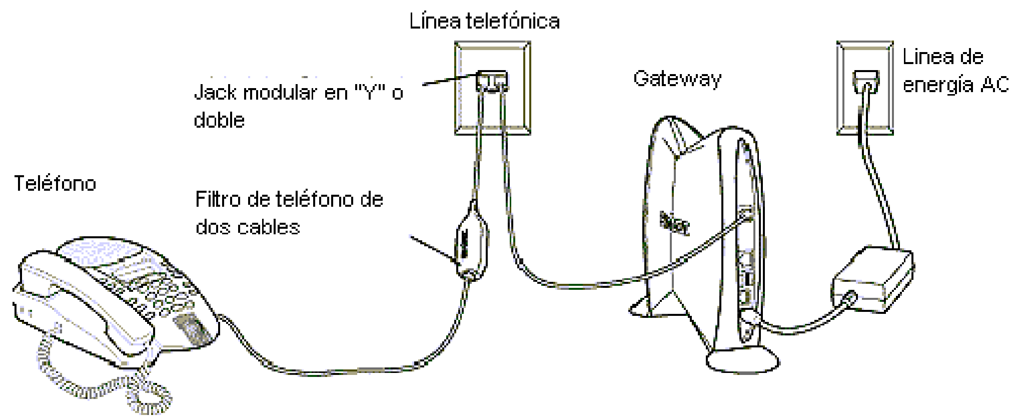

Fig. 28: Conexión del teléfono y del gateway a un jack de pared

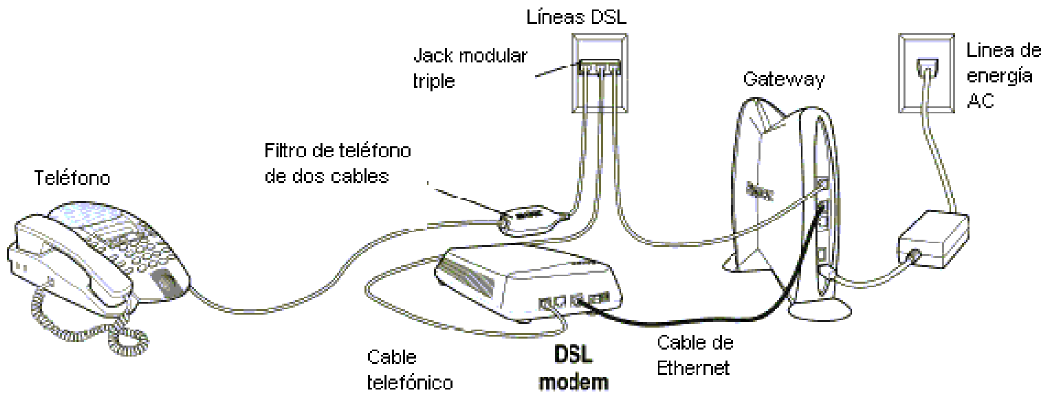

Fig. 29: Conexión del teléfono, modem DSL y gateway al jack de la pared.

Cabe indicar que la configuración que se muestra en la figura 29 es para un servicio DSL sin splitter, caso contrario, el modem DSL se lo instala en un jack de pared separado.

Paso 3: Verificar si el equipo HomePNA está operando correctamente. No se podrá verificar si existe un buen enlace hasta que no existan dos o más dispositivos.

Paso 4: Instalar el próximo equipo HomePNA. Repetir los pasos 2 y 3 para cada equipo. Cuando ya estén instalados todos los equipos, se debe verificar la operación correcta de cada equipo HomePNA y la aplicación telefónica, ya no deben existir problemas en su operación.

4.8.2. Inconvenientes

Existen algunos inconvenientes que podrían impedir el buen rendimiento de la red HomePNA ya instalada, como por ejemplo:

- Si dentro de la red existen varias versiones de HomePNA, la red trabajará a la velocidad más baja. La solución sería actualizar todos los dispositivos al estándar HomePNA 2.0. o 3.0 según sea el caso.
- En algunas ocasiones, los drivers antiguos para las interfases de los adaptadores pueden evitar que las redes domiciliarias actuen en su velocidad óptima. Se deben instalar los últimos drivers para

adaptadores de redes HomePNA, que se pueden obtener contactándose con el fabricante del equipo

- Uno o más adaptadores de la red pueden estar defectuosos, o uno o más cables telefónicos dañados.
- Otros factores que pueden afectar el desempeño podrían ser la conexión DSL o el tráfico de internet.

4.9. Ventajas y desventajas de HomePNA

En HomePNA se presentan ventajas y desventajas, entre las ventajas se mencionan a las siguientes:

√ La instalación es sencilla, es decir, los equipos sólo se conectan a las tomas de teléfono normales.

√ La red HomePNA no requiere de terminaciones especiales, filtros o splitters. Tan solo usa un simple par de cables telefónicos para hacer su conexión.

√ Esta tecnología es ideal para el mercado residencial y para pequeñas empresas que se encuentran en fase de inicio.

√ La red no se ve afectada por interferencias de varias fuentes encontradas en la casa, tales como: máquinas contestadoras, fax, etc., ya que los rangos usados por los productos HomePNA son cuidadosamente escogidos para evitarla.

√ La tecnología adoptada no compromete o interrumpe los servicios de teléfono y ADSL de ninguna manera debido a que emplea Multiplexación por división de Frecuencia para este objetivo.

√ La red domiciliaria telefónica no es dividida con los vecinos residentes así la privacidad de los datos es garantizada.

√ La tecnología HomePNA compite con el estándar Ethernet para ofrecer una solución de red robusta y a bajo costo, y además es compatible con esta tecnología, si se desea ampliar una Ethernet ya instalada. La especificación HomePNA también está respaldada por estándares de industrias líderes tales como: Compaq, Hewlett Packard, IBM, and Diamond Multimedia.

Entre las desventajas se encuentran:

ℵ Requiere que haya una toma de teléfono cerca de cada equipo.

ℵ Es el estado físico del cableado ya que las línea telefónicas residenciales sobresalen en la transmisión de señales de voz, pero lamentablemente no han sido diseñadas para llevar datos a gran velocidad ya que sus características de impedancia y atenuación no son bien controladas.

ℵ Es poco factible su utilización en edificios antiguos.

ℵ No permite escalabilidad, por lo que no se recomienda para redes grandes.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las tecnologías de redes domiciliarias descritas son aplicables también para pequeñas empresas, ya que usualmente éstas cuentan con bajo presupuesto y pocos equipos en red.

- Las opciones de cableado existente en casa son las más factibles a utilizar ya que implican mucho menor costo y ese es un factor que prima en la sociedad ecuatoriana. Actualmente, el servicio a través del cable coaxial con servicio de TV por cable e Internet ya es ofrecido por algunas empresas, y con lo que respecta a la red eléctrica y telefónica, los dispositivos se encuentran en el mercado a precios asequibles.

- La implementación de ADSL en nuestro medio sería la solución a los intentos de masificación de Internet en país, ya que no existirían restricciones horarias o costos diferenciados además, del costo de la llamada telefónica con las conexiones dial-up que se utilizan actualmente en muchos hogares y pequeñas empresas.

- El análisis minucioso del estado de la línea telefónica es requerido antes de implementar alguna de las dos tecnologías en las que se centra este estudio, como son XDSL y HomePNA, para asegurarse del correcto funcionamiento futuro de la red.

- Dadas las condiciones actuales de gran parte de las líneas telefónicas en el país, especialmente en la región Costa, se presentarían dificultades en algunos sectores al tratar de implementar la tecnología XDSL. En Guayaquil, el principal problema es la calidad de la línea telefónica, ya que según la unidad de Control de Calidad de Pacifictel S.A., ninguna central cumple globalmente con los requisitos técnicos que se necesitan para obtener un correcto funcionamiento de la tecnología en estudio. Los problemas técnicos que se encuentran con más frecuencia en ésta ciudad son falta de aislamiento, paradiafonía y alta atenuación sin embargo, la unidad en mención solo considera las mediciones de aislamiento y continuidad para la aprobación de la ruta, debido a falta de equipos para realizar las mediciones de las características restantes. Como efecto de ésta situación, mientras no se mejore la calidad de las líneas telefónicas, no se podrá implementar XDSL en Guayaquil, aunque Pacifictel S.A. así lo tenga planificado.

- La fusión de HomePNA con ADSL es un recurso conveniente para viviendas ubicadas en zonas con líneas telefónicas nuevas o de instalación reciente, ya que así se garantiza el desempeño ideal de la red domiciliaria.

BIBLIOGRAFÍA

- IEEE Communications Magazine, Abril 2002, End User Perpectives on Home Networking
- IEEE Communications Magazine, Diciembre 2001, Home Networks: A standard Perspective
- http://www.homenethelp.com/network/ethernet.asp, Ethernet Networking Guide
- http://www.550m.com/usuarios/eurodollar/REDES.DOC., Requisitos para Redes domésticas
- Curso Básico de Cableado Estructurado, Ing. Carlos Guzmán, Marzo 2001
- Curso Básico de Networking, Ing. Carlos Guzmán, Agosto 2001
- http://www.domotica.net, El hogar enfrenta a la informática y electrónica
- http://www.domotica.net. La Casa Conectada
- http://www.microsoft.com/windowsxp/home/using/howto/default.asp, Home Networking
- http://compnetworking.about.com/library/weekly/aa021801a.htm,
- Home Networking Tutorial - The Benefits of Networking: Telecommuting
- http://telecommuting.about.com/library/glossary/bldeftelecommuting.htm. Home Networking Tutorial - The Benefits of Networking
- http://www.jwecorp.com/homenetworking/faq.html , JWE Home Networking

- http://cisco.netacad.net, Curriculum para CCNA (Cisco Certified Network Associate)
- http//www.ai.ldc.usb.ve/figueira/Cursos/redes2/EXPO-em01/Bluetooth/
- contenido.htm
- http://www.homerf.org/data/presentations/HomeRF_2002_Technical.pdf, Technical Overview
- http://www.homerf.org/data/presentations/HomeRF_2002_General.pdf, General Overview
- http://www.extremetech.com/default/0,3398,,00.asp, Home Network Technologies Overwiew
- http://sistemas.ing.ula.ve/sistemas/redes/proyectos/redes_moviles_WLAN/frame2.html#marca5
- http//www.iec.com, Archivo pdf Home Networking
- http://www.ai.ldc.usb.ve/~figueira/Cursos/redes2/EXPO-em01/Bluetooth/contenido.htm, Caracteristicas de Bluetooth
- http://sistemas.ing.ula.ve/sistemas/redes/proyectos/redes_moviles_WLAN/frame3.html#marca7, ¿Qué es Bluetooth?
- http://sistemas.ing.ula.ve/sistemas/redes/proyectos/redes_moviles_WLAN/frame2.html#marca5, ¿Qué es Hiper LAN2?
- http://www.multispectral.com/UWBFAQ.html#UWBFAQ1, What is ultra wideband technology?
- http://www.uwb.org/faqs.cfm, . What is Ultra Wideband technology?

- http://www.palowireless.com/wireless/tutorials.asp, UWB Tutorials, What is it?
- www.mwrf.com, Archivo pdf: ICs Send 100 Mb/s UsingUWBTechnology
- http//www.homerf.org/whitepapers/HomeRF_QoS_whitepaper.pdf, Quality of service in the Home Networking Model, 2001
- Alternativas Tecnológicas al Bucle de Abonado, Alcatel España, 1998
- Las Telecomunicaciones de Nueva Generación, Primera Edición, Telefónica España, 2002
- Comunicaciones y Redes de Computadores, Sexta Edición, William Stallings, Prentice may, 2000
- Revista de Comunicaciones IEEE, "REDES DOMICILIARIAS: PERSPECTIVAS DE LOS ESTANDARES", Diciembre 2001, páginas 78-85.
- http://geocities.com/CapeCanavera1/2566/ssl/ssl1.html, Secure Socket Layer (SSL),
- http://www.linti.unpl.edu.ar/trabajos/tesisDeGrado/tutorial/protocolos/udp.htm, Protocolo de Datagrama de Usuario, UDP.
- http://foreigner.class.udg.mx/~xotchilt/SNMP.html, Protocolo Simple para Administración de Red, (Simple Network Management Protocol)
- http://www.intel.es/es/home/scences/news/plug_play.htm, Universal Plug and Play

- http://www.ce.org/publications/books_references/digital_america/home_networking/hnit_standards.asp, Introducción a Estándares
- http://www.hipermac.com/articulos/firewire.php, Tecnología 1394
- http://www.hipermac.com/articulos/firewire.php, IEEE 1394, the A/V Digital Interface of Choice
- http://www.tele.com.mx/web/articulo.php3?code=135, Telefonía por cable.
- http://www.asedis.com/decthomerf.htm. La Tecnología HomRF.
- Revista de Comunicaciones IEEE, "BLUETOOTH EN COMUNICACIONES INALÁMBRICAS", Junio 2002, páginas 90-96.
- http://www.extremetech.com/print_article/0,3428,a=1074,00.asp, Tecnologías de red domiciliaria y estrategias,
- http://www.2wire.net/help/troubleshoot/FAQs/Multiple_phone_lines.htm, Preguntas frecuentes de HomePortal en relación a HomePNA
- http://www.homepna.org, Connecting The Home With A Phone Line Network Chip Set
- http://www.iec.org/online/tutorials/home_net/ , Red domiciliaria.
- http://www.searchnetworking.com, HomePNA 1.0 and 2.0 technology By Viktor Fedoseev
- http://www.searchnetworking.com, digging into Phoneline Networking and HomePNA 2.0
- http://www.homepna.org , Guía de instalación de HomePNA.
- http://www.homepna.org, The Home Phoneline Networking alliance
- http://www.homepna.org, DSL and Home networking.