

Introducción

En la actualidad, el acceso a la supercarretera de la información es toda una necesidad y sin duda, esta revolución en las comunicaciones ha contribuido fuertemente a la globalización económica y tecnológica en el mundo entero. Por lo tanto, los países en vías de desarrollo están siendo alcanzados y obligados a entender y aceptar las nuevas tecnologías imperantes para poder mantenerse en el contexto internacional.

La red de redes (Internet) ha crecido a pasos firmes en los últimos años y cada día nuevos nodos y usuarios en diferentes lugares del planeta se unen a ella para hacer de Internet un recurso indispensable para la vida política, social, científica y económica de la humanidad. Sin embargo, ya no basta con estar conectados a Internet, porque los nuevos servicios multimedia ofrecidos requieren altas velocidades de acceso y transmisión de datos que no pueden ser alcanzadas con tecnologías tradicionales como los módems V.34 y V.90 de 28.8 Kbps y 56 Kbps, respectivamente, que en su tiempo fueron tecnologías interesantes y útiles para aplicaciones elementales como Web, correo electrónico, telnet, etc. Estas nuevas aplicaciones multimedia incluyen entrega de video en tiempo real, video conferencia, video y música en demanda, comercio electrónico, voz sobre IP, video juegos en línea, acceso a Internet, etc. y requieren un ancho de banda mayor y velocidades de acceso muy altas.

Hoy, gracias al desarrollo de la tecnología de Línea de Abonado Digital (DSL, por sus siglas en inglés), muchos negocios y clientes residenciales pueden disfrutar de acceso a

Internet de alta velocidad utilizando los tradicionales cables telefónicos. Esto es posible debido a la exitosa reutilización de la infraestructura de la red telefónica, en un principio diseñada para el transporte de señales analógicas de voz (telefonía analógica) y que actualmente está formada por más de 800 millones de líneas de abonado en todo el mundo, lo que a su vez la convierte en la red de acceso más grande [RVS01].

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) es una tecnología surgida a mediados de los años noventa que es capaz de transmitir hasta 6 Mbps de bajada y 640 Kbps de subida y cuyo nombre deriva de esta propiedad asimétrica respecto a la velocidad de transmisión en ambas direcciones. Por convención, la dirección de bajada se interpreta como transmisión de servidor a cliente, mientras que la dirección de subida se interpreta como envío de paquetes de datos de cliente a servidor, de ahí que la velocidad más alta sea la de bajada pues comúnmente el cliente es quien necesita recibir la mayor cantidad de paquetes de datos o información. La coexistencia de servicios tradicionales de telefonía y de transmisión de datos a alta velocidad sobre el mismo medio de transmisión se debe a que ADSL utiliza las frecuencias ubicadas por encima de la banda asignada para telefonía. La asignación de las frecuencias para ambos servicios se realiza con una técnica de división en frecuencia conocida como FDM (*Frequency Division Multiplexing*), la cual divide el ancho de banda del par trenzado (1.104 MHz) en tres bandas diferentes:

1. Banda para telefonía tradicional (0 - 4.3125 KHz).
2. Banda para transmisión de datos en dirección de subida (25.768 KHz – 138 KHz).
3. Banda para transmisión de datos en dirección de bajada (138 KHz – 1.104 MHz).

La aceptación de esta tecnología entre muchos usuarios se debe en gran medida a que ADSL utiliza las líneas telefónicas ordinarias, es decir, la transmisión de datos de alta velocidad y los servicios tradicionales de telefonía se ofrecen al mismo tiempo y sobre el mismo cable, un par trenzado, reduciendo así los costos económicos y de tiempo para su introducción al mercado. La Figura 1.1 muestra un esquema convencional de una conexión ADSL, donde podemos apreciar claramente los elementos básicos que hacen posible la

coexistencia de los servicios tradicionales de telefonía y la conexión de alta velocidad a Internet.

El filtro (*splitter*) es el dispositivo encargado de separar las señales de ambos servicios y encaminarlas a su destino correspondiente. El módem ADSL (o *transceiver*) es un dispositivo que realiza las funciones necesarias para que la computadora personal pueda transmitir y recibir información desde Internet. En la oficina central también hay un filtro, que separa las señales recibidas por el cliente hacia el destino correspondiente. Aquí, el proceso lógicamente es más complejo porque es aquí a donde llegan todas las señales de todas las líneas de abonado de una población. El DSLAM (*Digital Subscriber Line Multiplexer*) es un multiplexor de líneas ADSL en una sola fibra óptica que trabaja con ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) o modo de transmisión asíncrono. En los siguientes capítulos se explican profundamente estos conceptos relacionados a una conexión ADSL y otros más específicos sobre el módem ADSL.

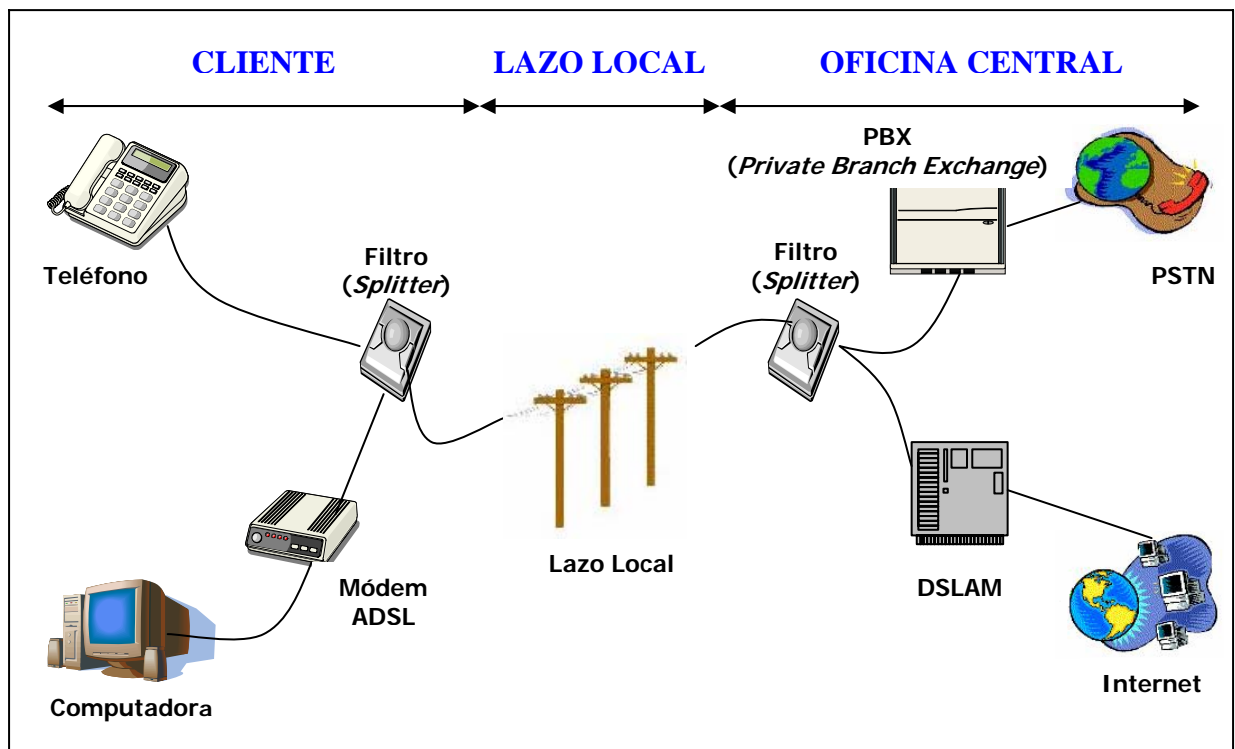


Figura 1.1 Ejemplo de conexión ADSL

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

ADSL forma parte de una familia de tecnologías de acceso a Internet de banda ancha, la cual se denota como xDSL en la mayoría de la literatura existente. Todas tienen características particulares que las hacen adecuadas para ciertas aplicaciones, sin embargo, ADSL es la tecnología más popular y la más utilizada por las compañías de telefonía para ofrecer acceso a Internet de alta velocidad a los hogares y negocios, que cuenta ya con más de 85 millones de usuarios en todo el mundo según cifras del tercer cuarto del año 2004 [URL04].

El diseño de un ADSL *transceiver* o módem ADSL es una tarea fundamental y muy importante para la viabilidad de esta tecnología. Se han realizado investigaciones y esfuerzos conjuntos de organizaciones internacionales (DSL Forum, por ejemplo) para tratar de introducir mejoras en la implementación y desarrollo del sistema ADSL. Una de sus prioridades es la continua búsqueda de mejoras para incrementar la tasa de transmisión de datos así como para disminuir el BER (*Bit Error Rate*), ya que aún no se han logrado alcanzar las velocidades deseables y que esta tecnología es capaz de soportar. Por lo tanto, el diseño y estudio de un ADSL *transceiver* es una vertiente de investigación interesante, para tratar de superar lo descrito anteriormente. Actualmente, existe un grupo de investigación trabajando en el laboratorio de procesamiento de señales de la Universidad de Texas en Austin, en donde se han realizado trabajos similares a este proyecto de tesis [ERW02a].

1.2 OBJETIVOS DE LA TESIS

El objetivo general de esta tesis es contribuir al estudio de un ADSL *transceiver* (o módem) a través del modelado y simulación de la transmisión de datos en el mismo, que permita a los diseñadores simular y optimizar su rendimiento y sus características.

Antes de realizar el modelado y simulación del ADSL *transceiver*, se realizará un breve estudio comparativo entre ADSL y otras tecnologías que ofrecen algunos de los

servicios que ofrece ADSL, como lo son HFC (*Hybrid Fiber-Coax Cable*) y las demás tecnologías de la familia xDSL. Este estudio nos permitirá comparar las tecnologías mencionadas anteriormente con respecto a los servicios que ofrecen, eficiencia del ancho de banda, velocidades de acceso, medio de transmisión que utilizan, ventajas, desventajas y algunas otras características.

En la parte de modelado y simulación del ADSL *transceiver* se trabaja exclusivamente sobre el proceso de transmisión de los datos en el *transceiver*, estudiando y analizando cada uno de los bloques que lo constituyen. Se estudian la técnica DMT (*Discrete Multi Tone*) de modulación multiportadora en la cual se basa este tipo de sistema, así como la modulación digital QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) utilizada por las distintas sub-portadoras para transmitir la información contenida en ellas. En la Figura 1.2 se muestra un diagrama a bloques típico de un ADSL *transceiver*, donde se pueden apreciar los distintos bloques funcionales que lo componen. Todos estos bloques son modelados y simulados en LabVIEW, así como el canal de transmisión.

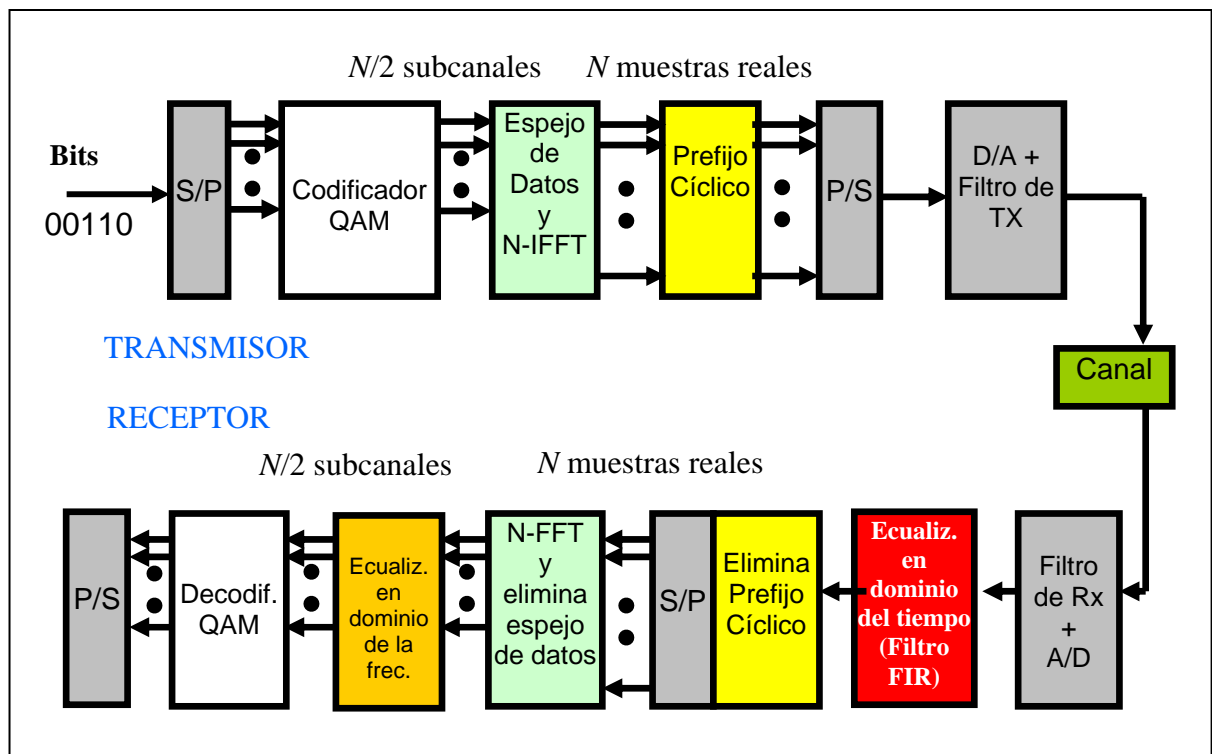


Figura 1.2 Diagrama a bloques de un ADSL *transceiver* [ARS99].

También se utiliza MATLAB como software de apoyo general, pero en especial se ocupa para la programación del banco de codificadores/decodificadores QAM.

Una de las partes más importante en el desempeño de un módem ADSL es la etapa de ecualización en el dominio del tiempo a la entrada del receptor, para reducir la interferencia entre símbolos y que puede modelarse como un filtro de respuesta al impulso finita o FIR (*Finite Impulse Response*).

Después del modelado y la simulación de todas las etapas en LabVIEW se harán diversas pruebas para tratar de mejorar algunos de los bloques y disminuir el número de errores en la transmisión de datos, es decir, disminuir el BER (*Bit Error Rate*). Estas pruebas se realizarán sobre varios modelos de canal de transmisión estandarizados y que se utilizan precisamente para probar los sistemas ADSL.

Los resultados que se alcanzarán en esta simulación pueden mejorarse ampliamente si se incluyen etapas de ecualización en el dominio de la frecuencia y algunas técnicas de codificación para corrección de errores como *Reed Solomon* [ERW02b].

1.3 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

Este trabajo de tesis se compone de un cuerpo de seis capítulos principales numerados del uno al seis.

El capítulo 2 comienza con una descripción general de ADSL, posteriormente se explica y describe la arquitectura típica del *transceiver* de manera detallada, es decir, se estudian cada uno de los bloques y las técnicas de modulación y filtrado involucradas para después concluir con una explicación acerca de los errores y tipos de ruido presentes en el *transceiver*.

El capítulo 3 expone una breve comparación de ADSL con otras tecnologías pertenecientes a la familia xDSL, así como con HFC. Este breve estudio comparativo se

presenta en forma de tablas comparativas con información acerca de las ventajas y desventajas, velocidades de acceso, eficiencia de ancho de banda y algunas otras características.

El capítulo 4 presenta una introducción a LabVIEW y todo el trabajo concerniente a la programación y desarrollo de los bloques del *transceiver* para la simulación. Este capítulo constituye el punto medular de todo el trabajo de tesis por lo que incluye gran parte del trabajo realizado.

El capítulo 5 reporta las pruebas realizadas y los resultados obtenidos a partir de las mismas. Se incluyen gráficas y tablas correspondientes al BER obtenido para diferentes modelos de canal, así como algunas gráficas de la respuesta al impulso del canal y el ecualizador en el dominio del tiempo

Finalmente, en el capítulo 6 se presentan las conclusiones del proyecto realizado y algunas sugerencias para trabajos futuros.