

**UNIVERSIDAD CATOLICA NUESTRA SEÑORA DE LA ASUNCION
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIA**

Teoría y Aplicaciones de la Informática 2

TRABAJO PRACTICO

MODEM DE 56 Kbps

Autores : Gregorio Ariel Guerrero Moral
José Ricardo Otazo Torres

Setiembre 1999

Contenido.

1. Introducción.
2. Transmisión de datos sobre la red telefónica pública.
Sistema telefónico público.
El modem.
Proceso de conversión analógico a digital. Ruido de cuantización.
Proceso de conversión digital a analógico.
Límites de velocidad.
3. Estándar V.90. Transmisión a 56 Kbps.
4. Tecnologías 56k propietarias.
x2 de 3Com/USRobotics
k56flex de Lucent y Rockwell
5. Referencias.

1. Introducción.

El establecimiento de un canal de comunicación entre dos computadoras utilizando el servicio telefónico público implica la transmisión de datos digitales generados por cada una de ellas a través de un canal analógico, la función del modem es servir de interfaz entre la computadora y el canal de voz analógico a ser utilizado.

La señal analógica generada por el modem debe ser convertida a digital, de tal forma a introducirla en una portadora digital y de esta forma utilizar los servicios de conmutación de la red telefónica. Como veremos con más detalle esta conversión de analógico a digital degrada la relación señal-ruido e impone límites a la tasa de transmisión de hasta 35 Kbps, establecida por la Ley de Shannon. La clave que permite la transmisión a más de 35 Kbps es eliminar la conversión de analógico a digital en uno de los extremos, lo cual da como resultado una transmisión a 56 Kbps.

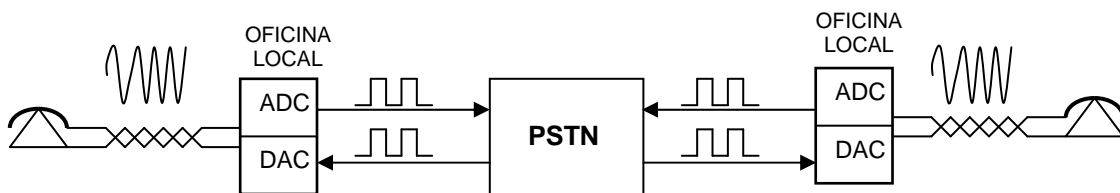
El objetivo del presente trabajo es analizar el funcionamiento del modem de 56 Kbps, partiendo desde las bases de transmisión de señales digitales a través de la red telefónica pública, sus limitaciones , mejoras y a partir de ellas llegar a la clave que permite la transmisión a 56 Kbps. En una segunda parte del trabajo se examina el estándar de los modem de 56 Kbps V.90 y sus requerimientos ; las implementaciones prácticas más importantes x2 y k56FLEX estableciendo un paralelismo entre ellas y determinando las características necesarias para establecer la comunicación a 56 Kbps entre los diferentes modems de 56 Kbps.

2. Transmisión de datos sobre la red telefónica pública.

La red telefónica pública fue diseñada pensando en la transmisión de señales de voz, cuyas frecuencias más significativas se encuentran dentro del espectro de 300 a 3300 Hz, por lo tanto se limitó el ancho de banda de las señales que puedan circular a través de ellas a 4 KHz. El objetivo de todo esto fue poder multiplexar un mayor número de canales de voz sobre una sola línea física, de tal forma a tener un mayor número de llamadas en simultáneo y solucionar así el problema de saturación de líneas.

El Teorema del Muestreo formulado por Nyquist [3] establece que una señal de ancho de banda limitada a B, puede reconstruirse a partir de sus muestras tomadas a una tasa no menor al doble de su frecuencia más alta presente en su espectro. Tomando en cuenta este notable teorema y limitando el ancho de banda de los canales a 4 KHz se formaron las tramas digitales donde se multiplexaban varios canales de voz en una sola línea física. Así nace el esquema de PCM (Pulse Code Modulation) en el cual varias señales de voz que eran muestreadas a 8000 Hz y utilizando para la codificación de la muestra 8 bits se intercalaban formando una trama digital.

Este es el principio básico en el cual se basan las centrales telefónicas actuales. Un diagrama en el cual se denota esta estructura se nota en la figura 1, donde la señal analógica generada por el teléfono llega hasta la oficina local, la cual se encarga de ingresarla en una ranura de la trama PCM. Esta trama PCM (digital) se dirige hasta el conmutador que se encarga de dirigirla hasta la oficina local del destino, en la cual es nuevamente convertida a analógica llegando al teléfono destino.



PSTN : Public Switched Telephone Network.

Figura 1 : Sistema telefónico público.

La computadora genera datos digitales en la forma de señales cuadradas, el espectro en frecuencias de tales señales es muy amplio (mucho mayor que 4 KHz), por lo tanto se hace necesaria una representación de estas señales digitales de una forma analógica, de tal forma que quepan dentro de los 4 KHz impuestos por la red telefónica pública.

El modem realiza esta tarea, convirtiendo las señales digitales generadas por la computadora a una representación analógica utilizando esquemas de modulación digital para el efecto como FSK, PSK y QAM, con portadoras menores a 4 KHz.

Una representación de este esquema se presenta en la figura 2 donde un modem conectado a la computadora origen y un modem conectado a la computadora destino permiten el uso del servicio de telefonía como medio de comunicación entre ellas.

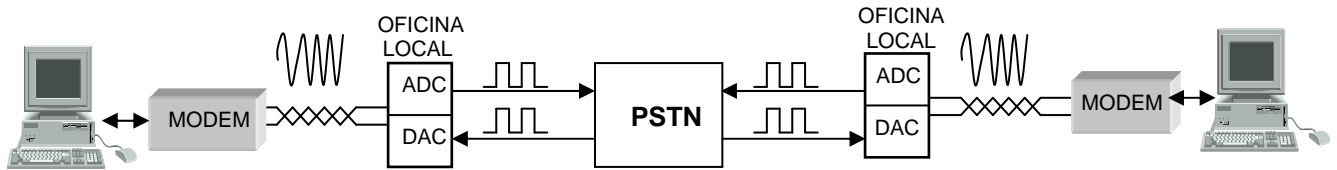


Figura 2 : Comunicación entre dos computadoras a través del sistema de telefonía pública.

La tasa máxima obtenida con PCM sin considerar el ruido en el canal es

$$8000 \times 8 = 64 \text{ Kbps}$$

Sin embargo, la conversión de analógico a digital introduce un ruido muy importante : el ruido de cuantización , el cual limita el índice de transmisión.

2.1. Proceso de conversión de analógico a digital.

El proceso de conversión de analógico a digital es realizado en la oficina local al cual está conectado el usuario final, a fin de ingresarla dentro de la trama PCM digital.

La figura 3 muestra el diagrama a bloques del proceso AD.

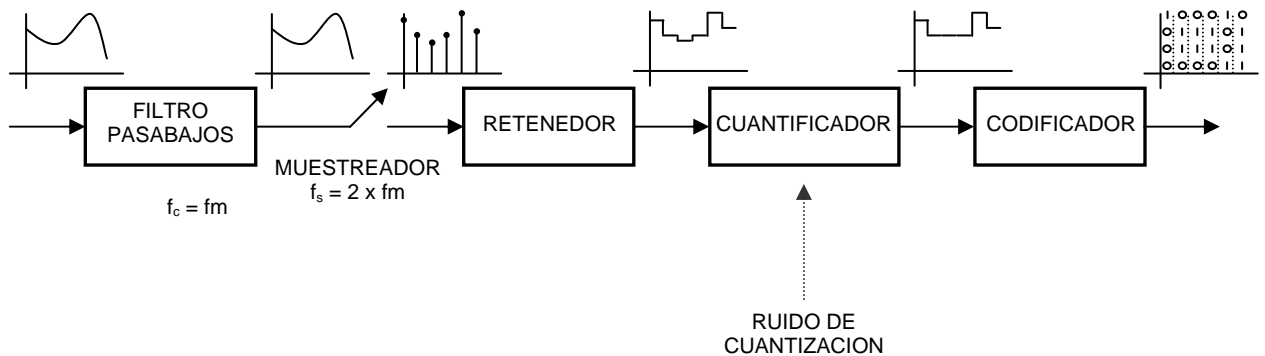


Figura 3 : Proceso de conversión de analógico a digital.

El filtro pasabajos limita el espectro de la señal de entrada a 4 KHz, el muestreador se encarga de tomar las muestras a 8 KHz. El retenedor mantiene el valor de la muestra hasta el siguiente punto de muestreo. Hasta este punto la señal analógica de entrada ha sido discretizada solo en el tiempo, pero no en amplitud. El codificador necesita de valores exactos de voltaje (256 en PCM) para asignar un código binario; sin embargo la salida del retenedor puede tener cualquier valor de amplitud, por tanto el cuantificador se encarga de discretizar la amplitud de la señal de voltaje a uno de los 256 valores permitidos, de tal forma que el codificador pueda asignar un código binario a la muestra. El cuantificador degrada la señal, ya que su salida es una aproximación del valor originalmente muestreado; a esta degradación introducida por el cuantificador se le llama ruido de cuantización y es el factor limitante en la velocidad.

2.2. Proceso de conversión de digital a analógico.

Proceso también realizado en la oficina local, a través del cual el código binario de cada muestra es convertido a un valor analógico. Su estructura se denota en la figura 4.

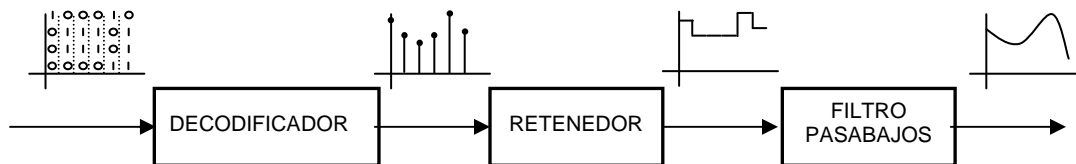


Figura 4 : Proceso de conversión de digital a analógico.

Los datos digitales de entrada son convertidos a un voltaje analógico para que el retenedor mantenga este valor hasta la llegada de la siguiente muestra. El filtro pasabajos se encarga de eliminar las frecuencias altas de la señal dejando una señal analógica a la salida.

Observemos que en el proceso de conversión de digital a analógico no se realiza ninguna aproximación, por lo tanto no se introduce ruido a la señal, manteniendo la relación señal-ruido anterior.

2.3. Límites de velocidad.

En la figura 2 veíamos el esquema principal de comunicación de datos digitales a través de la red telefónica, en la cual cada computadora posee su modem, ella se necesita de la conversión analógico a digital para ubicar el canal dentro de la trama digital, esta conversión introduce el ruido de cuantización que degrada la relación señal a ruido reduciéndola entre 38 y 39 dB para el peor caso (este se da cuando en la salida del retenedor se tiene un voltaje que cae en la mitad de dos valores de cuantización).

El efecto inmediato de este fenómeno es la imposición de un límite a la tasa de transmisión. Este límite está dado por la ecuación de Shannon y se calcula para el peor caso quedando reducida la tasa máxima de transmisión a 35 Kbps. Además existen otras fuentes de ruido adicionales que llevan a una implementación práctica de 33.6 Kbps. Este tipo de transmisión está reglamentado por la ITU en el estándar V.34, cuyo esquema se muestra en la figura 5.



Figura 5 : Comunicación con el estándar V.34 (33.6 Kbps)

3. Estándar V.90 . Comunicación a 56 Kbps.

El ruido de cuantización limita el canal de comunicaciones V.34 a 35 Kbps. Pero el ruido de cuantización solo afecta a la conversión analógico digital y no a la conversión digital analógico. Esta es la clave para V.90 : si uno de los extremos utiliza una conexión digital a la red de conmutación PSTN, de tal forma que no contenga la conversión de analógico a digital, el ruido de cuantización no existe y podemos elevar la tasa de transmisión. Ahora bien, la diferencia de precio existente entre una conexión analógica y una digital es grande, por lo tanto este sistema es adecuado para un modelo cliente-servidor, donde el servidor se conecta digitalmente a la PSTN y el cliente se conecta en forma analógica. Esta situación se muestra en la figura 6.

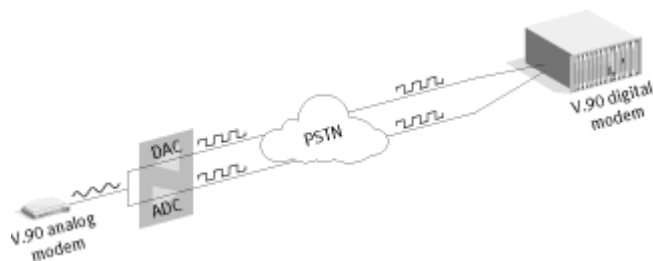


Figura 6 : Conexión V.90

Una conexión V.90 se puede resumir en las siguientes características :

1. El servidor se conecta en forma digital a la trama digital de la compañía telefónica (a través de un modem digital).
2. La señalización del servidor utiliza los 256 códigos PCM, sin conversión AD, por lo tanto sin ruido de cuantización.
3. La oficina local del cliente convierte el código PCM enviado a su correspondiente analógico, es decir realiza una conversión DA, la cual tampoco posee ruido de cuantización.
4. El cliente reconstruye el código PCM enviado, decodificando de esta manera la información enviada por el servidor.

Según las condiciones citadas la velocidad de bajada (downstream) sería de $8000 \times 8 = 64$ Kbps; pero existen otros factores adicionales que introducen ruido como un DAC práctico, que contiene un retenedor no ideal

A fin de evitar errores por los parámetros citados el estándar establece utilizar los 128 niveles más robustos de los 256 de PCM para una operación robusta, reduciendo de esta manera la tasa de transmisión a 56 Kbps o los 92 niveles más robustos bajando aún más la tasa de transmisión a 52 Kbps.

Para un camino de subida (upstream) de cliente a servidor, se realiza una conversión de analógico a digital, por lo tanto la tasa de subida se reduce a 33.6 Kbps .

3.1. Tasas máximas de transmisión para un cliente V.90.

SUBIDA (UPSTREAM) ⇒ 33.6 Kbps

BAJADA (DOWNSTREAM) ⇒ 56 Kbps

V.90 es la denominación de la recomendación para transmisión de datos desarrollado por el Grupo de estudio 16 de la ITU¹, provee una especificación para mejorar la velocidad de línea hasta 56kbps.

La tecnología V.90 permiten a los modems para recibir datos hasta 56kbps sobre el PSTN². V.90 sobrepasa el límite teórico impuesto sobre el estándar de modems analógicos explotando las conexiones digitales del Server que la mayoría de los ISP³ poseen para conectarse al PSTN.

Típicamente, la única porción analógica de la red telefónica es la línea de teléfono que conecta el sitio remoto al CO. Después de dos décadas, las compañías telefónicas locales han reemplazado porciones de su red analógica original con circuitos digitales. Pero la parte más lenta de la red a cambiar a sido la conexión de la casa al CO. Esta conexión analógica permanecerá sin cambio alguno aún por unos años.

3.2. Características principales del estándar V.90.

Canales Upstream y Downstream: Operación Asimétrica.

Las conexiones V.90 emplean conexiones bidireccionales, Upstream y Downstream. El canal de módem Downstream V.90(receptor) es capaz de velocidades elevadas debido a que no es perdida información en la conversión Digital – Analógico. El canal de módem Upstream(transmisor) realiza la conversión Analógico – Digital, el cual lo limita a velocidades V.34x.

Modo de Conexión del Módem V.90.

Durante la secuencia de iniciación, el módem V.90 prueba la línea para determinar que otra conversión Analógico – Digital de Downstream hay. Si el módem V.90 detecta otra conversión simplemente se conecta a V.34x. El módem analógico V.90 intenta conectarse a V.34x si el módem remoto no soporta V.90.

¹ International Telecommunications Union

² Public Switched Telephone Network

³ Internet Services Providers

3.3. Requerimientos del V.90.

Para obtener transmisión de 56kbps se requiere:

1. *Conexión Digital en uno de los extremos.* Hoy, la mayoría de los ISP poseen conexiones digitales al PSTN. Que uno de los extremos de la conexión V.90 deba de terminar en un circuito digital, significa que la troncal deba estar canalizado a T1, ISDN PRI, o ISDN BRI.
2. *Soporte del Protocolo en ambos extremos.* V.90 debe ser soportado en ambos extremos de la conexión, para el módem analógico como para el servidor de acceso remoto o conjuntos de módems en el host final.
3. *Una sola conversión Analógico - Digital.* Solo puede haber un CAD en la red telefónica a través del camino de llamada entre el módem digital V.90 y el módem analógico.

4. Tecnologías 56k propietarias.

Tecnología X2.

Desarrollado por 3COM. Difiere del V.90 en el "handshake" o secuencia de inicialización: Protocolo de Señalización V.8, es un standard internacional que determina las capacidades de los módems en ambos extremos de la llamada. El protocolo de señalización usada en V.90[DIL⁴] difiere del método usado en las tecnologías X2

Tecnología k56 flex.

Desarrollado por Lucen Technologies y Rockwell Semiconductors Systems. La ventaja de esta tecnología sobre el X2 es por su gran soporte a la industria base y por el hecho técnico de obtener una tasa de Downstream mayor (3kbps).

4.1. Interoperabilidad

V.90 finalmente permitirá conectar a cualquier ISP que posea módems interoperables con V.90. La interoperabilidad es un factor clave que permiten a diferentes módems conectarse. Lucen y 3Com/USR han anunciado que ambas compañías han estado trabajando para asegurarse que sus productos V.90 sean interoperables.

Tabla 1 : Matriz de Compatibilidad de Módems.

Cliente / Servidor	X2	K56flex	3Com V.90	Otros V.90	V.34
X2	56k	V.34	56k	V.34	V.34
K56flex	V.34	56k	V.34	?*	V.34
3Com V.90	56k	V.34	56k	56k	V.34
Otros V.90	V.34	?*	56k	56k	V.34
V.34	V.34	V.34	V.34	V.34	V.34

?* La compatibilidad depende de cada fabricante.

⁴ Digital Impairment Learning

4.2. Conclusiones.

- ◆ La tecnología de módems 56k es sensible en algunas aplicaciones, y no en otras. Por ejemplo, en las conexiones módem a módem (desktop video conferencing, telecommuting, games) no pueden alcanzar su velocidad máxima, porque un ISP digital es requerido en uno de los extremos.
- ◆ Acceso a Internet es una aplicación ideal para esta tecnología, pero velocidades superiores solo se aplican del servidor al cliente. Conexiones Upstream del módem del cliente no pueden ser superiores a V.34. Tenga en mente que muchos de los retrasos en Internet son relacionados con el tráfico y no pueden ser mejorados por la velocidad del módem.
- ◆ Dos tecnologías de módems de 56k están en desarrollo. Uno, liderado por Lucent y Rockwell, instalado en el 70% de los ISP. El otro, liderado por 3Com/USR, esta siendo incorporado y están reteniendo un segmento del mercado. Ambos están tratando de satisfacer las Organizaciones de estándares.

4. Referencias.

1. White paper del estándar V.90 y de la tecnología k56flex.

<http://www.k56.com>

2. Tecnología x2 de 3com/USRobotics.

<http://www.3com.com>

3. Estándar V.90. Funcionamiento. Principios teóricos.

<http://www.v90.com>

4. Transmisión de señales digitales a través de la red telefónica pública.

Sistemas de comunicaciones electrónicas.
Wayne Tomasi. Prentice Hall. 2da ed. 1996