



8

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIVISION DE INGENIERIA ELECTRICA

DIMENSIONAMIENTO Y ANALISIS DEL DESEMPEÑO
DE REDES EN BANDA ANCHA

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES
PRESENTAN

PERLA ORALIA COVARRUBIAS LOPEZ/
RODOLFO REZA REYES



ASESOR DE TESIS:
ING. JUAN FERNANDO SOLORZANO PALOMARES

MEXICO, D. F.

2002

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A Dios. ..

A mis padres

Juan Luis Covarrubias Mota y Eulalia López Hernández. Gracias por su confianza, comprensión y amor durante todos estos años de estudio.

A mi familia.

Sofy Mary. Gracias por estar conmigo incondicionalmente, las quiero mucho. Ramón, Julio, Juan Carlos, Raúl, gracias por su amistad y compañía.

A Rene

Gracias por estar ahí. ¡Lo logré!

A Rodolfo

Gracias por la confianza de mostrarte conmigo tal y como eres, he aprendido mucho de ti. Sigue con ese entusiasmo y llegarás muy lejos. Fue agradable trabajar contigo.

A nuestro asesor de tesis Fernando Solórzano Palomares

Por su apoyo en la realización de este trabajo.

A mis profesores

Con admiración y respeto por el amor y entrega al conocimiento que me transmitieron a través de sus clases.

A la UNAM.

Por todas las oportunidades de desarrollo que brinda a todo el que quiera hacer algo por nuestro país.

A mis amigos y compañeros

Por compartir conmigo el camino hacia esta meta.

Perla Oralia Covarrubias López

*Si en la lid el destino te derriba
Si todo tu camino es cuesta arriba
Si tu sonrisa es ansia insatisfecha
Si hay excesiva faena y vil cosecha
Si a tu cudad se interponen diques
Date una tragua pero no claudiques*

A mis padres

Presbítero Reza Valero y Ma. Esperanza Reyes Locra, por su inagotable esfuerzo y apoyo en todos estos años, gracias por toda la comprensión y paciencia, así como por todos los consejos que vertieron en mi persona.

A mis hermanos

Silvia, Ana, Roberto, Rubén, Reyna, Elía, a todos les dedico este trabajo, gracias por su amistad y unión en los momentos difíciles. A Erick, Jasmeene, Connor y Chad mis queridos sobrinos.

A Perla

Gracias amiga por brindarme tu amistad; esta tesis se logró con el esfuerzo de ambos, te deseo mucho éxito en tu vida profesional y suerte en todos los aspectos de tu vida; no me olvidaré de las experiencias que compartimos como amigos en estos meses de arduo y constante esfuerzo.

A Fernando Solórzano Palomares

Por todos los sabios consejos y sugerencias en la realización de la tesis. Gracias profesor.

A mis profesores

Por el entusiasmo y carácter que plasman en su labor, en especial a Bohumil, Martiniuk, Alfredo Ibarra, Carlos Rivera, Rolando Peralta, Lauro Santiago, Marco A. Torres H., Gustavo Balmori ... Su actitud en busca del conocimiento siempre será un ejemplo a seguir.

A mis amigos

A Sonia Herrera en especial, Lili, David, Edgar, Guillermo, Luis, Daniel, Karla, Alejandro, Jaime, Silvia, Blanca, Héctor, Andrés, Juan, Gabriel, Duran, Julio, Enrique, Marisol, César, Patty, Humberto, Abraham, Said, Carlos, Ricardo, José, Mariana, a todos mis amigos de La Rebel., Iker, Edith, Xochitl, Rodrigo, Matas, Mario, Jesús, a Bere; me faltan palabras para expresarles todo lo valiosos que son. En mí siempre estarán.

A la U.N.A.M.

En especial a la Facultad de Ingeniería, por todos los conocimientos que pones a nuestra disposición, porque me has hecho entender lo que significa ser universitario. Es el **orgullo azul y oro** el que está en mi corazón, el **orgullo de ser puma**.

Gracias Universidad, entiendo la grandeza de tu espíritu y la fortaleza de tu raza.

"Para ser PUMA, hay que tener la piel dorada y la sangre azul"

INDICE

INDICE	1
INTRODUCCIÓN	4
Capítulo 1. REDES DE COMUNICACIONES	6
1.1. GENERALIDADES	7
1.1.1 INTRODUCCION	7
1.1.2 CONCEPTO DE RED	7
1.1.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES DE DATOS.	7
1.1.4 VENTAJAS DE UTILIZAR UNA RED	9
1.1.5 TIPOS DE TRANSMISIÓN	9
Método Simplex.	9
Método Semidúplex.	10
Método Dúplex.	10
1.1.6 MODOS DE TRANSMISION	11
Concepto de Sincronismo.	11
Transmisión en serie Asíncrona	11
Transmisión en serie Síncrona	12
Transmisión en serie Isocrona	12
1.1.7 JERARQUÍAS DIGITALES	13
Historia	13
Velocidades	13
Definición de SDH	14
Ventajas de SDH	14
1.2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN	15
1.2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS	15
Par trenzado	15
Cable coaxial	16
Fibra óptica	17
1.2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS	19
Microondas terrestres	19
Microondas por satélite	20
Infrarrojos	20
1.3. TOPOLOGÍAS	21
1.3.1 BUS	21
1.3.2 ANILLO	21
1.3.3 ESTRELLA	22
1.3.4 JERARQUICA O ARBOL	22
1.3.5 MALLA	23
1.4. CLASIFICACION DE LAS REDES POR SU EXTENSIÓN GEOGRÁFICA	23
1.4.1 LAN (Local Area Network) Redes de Área Local.	23
1.4.2 MAN (Metropolitan Area Network) Redes de Área Metropolitana	24
1.4.3 WAN (Wide Area Network) Redes de Área Extensa	24
1.5. PROTOCOLOS	25
1.5.1 FTP	25
Tipos de datos en la transferencia por FTP:	25
1.5.2 HTTP	26
Características principales.	26
Etapas de una transacción HTTP	26
1.5.3 IPX/SPX	27
1.5.4 NFS	27
1.5.5 POP3	27
1.5.6 SCP	27
1.5.7 TCP/IP	28
El modelo OSI	28
Protocolo TCP	31
Protocolo IP	31
Envío de datos.	32



1.6. TECNOLOGÍAS	32
1.6.1 REDES LAN	32
Local Talk	32
Ethernet	33
Fast Ethernet	35
Token Ring	36
FDDI	37
Resumen Tecnologías de redes LAN	37
1.6.2 REDES WAN	38
Tipos De Redes	38
Frame Relay	39
ATM	40
1.6.3 RESUMEN DE TECNOLOGÍAS	41
Capítulo 2. REDES Y SERVICIOS DE BANDA ANCHA	42
2.1. GENERALIDADES	43
2.2. MODOS DE TRANSFERENCIA	45
2.2.1 REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO	46
2.2.2 MULTIPLEXACION ESTADÍSTICA	46
2.3. TECNOLOGÍAS	47
2.3.1 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS. RDSI	47
Los servicios RDSI	48
Arquitectura de RDSI-BA (ATM)	49
Ventajas de RDSI	50
2.3.2 MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO. ATM	50
Características	51
Arquitectura ATM	52
2.3.3 FRAME RÉLAY	54
Características	54
Inconvenientes	55
Ventajas	55
2.3.4 APLICACIONES DE BANDA ANCHA	55
2.3.5 RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS	56
Capítulo 3. DESEMPEÑO DE LAS REDES DE BANDA ANCHA	57
3.1. GESTIÓN DE RECURSOS Y CONTROL DE TRÁFICO EN REDES ATM	58
3.1.1 FUNCIONES Y OBJETIVOS	58
3.2. CARACTERIZACION DE TRÁFICO Y QoS	59
3.2.1 TIPOS DE TRÁFICO	59
3.2.2 CALIDAD DE SERVICIO. QoS	60
DEFINICION	60
Parámetros de la QoS	61
Funcionamiento de QoS	62
3.3. MODELADO Y ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE CONTROL DE TRÁFICO	62
3.3.1 REDES LAN	62
3.3.2 REDES MAN	64
FDDI	64
3.3.3 REDES WAN	65
X.25	65
Frame Relay	67
3.3.4 REDES DE ALTA VELOCIDAD	68
Objetivos de las redes de alta velocidad	68
Tipos de control de tráfico	69
La red ATM	70
Gestión de tráfico en redes ATM	71



Capítulo 4. ANÁLISIS DE SERVICIOS DE REDES DE BANDA ANCHA	76
4.1. INTRODUCCIÓN	77
4.2. TIPOS DE INFORMACIÓN	80
4.3. ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO	81
4.3.1 SERVICIOS CONVERSACIONALES	82
Telefonía convencional	82
Videotelefonía	83
Videoconferencia	84
Fax	84
Transmisión de datos (consultas)	85
Transmisión de datos (transferencias)	85
4.3.2 SERVICIOS DE MENSAJERÍA	86
Correo vocal	86
Correo de vídeo	86
Correo electrónico	86
4.3.3 SERVICIOS DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN	86
Videotex	86
HTTP	87
4.3.4 SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN	87
Televisión Digital	87
Capítulo 5. DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE BANDA ANCHA	89
5.1. INTRODUCCION	90
5.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS	90
Erlang	90
Cien-segundos-llamada	91
Factor de hora ocupada	92
Probabilidad de bloqueo	92
La hora de mayor ocupación	92
Grado de servicio	92
Líneas necesarias	92
Tráfico total	92
Tráfico medio por usuario	92
Velocidad por usuario	92
Tráfico por línea	93
Velocidad por línea	93
5.1.2 PLANIFICACIÓN	93
Planificación estratégica	93
Planificación táctica	93
Planificación operativa	93
5.1.3 DISEÑO DE REDES	94
5.1.4 DIMENSIONAMIENTO	94
5.2. CASO PRÁCTICO	94
5.2.1 MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO	95
Telefonía convencional	97
Videotelefonía	98
Videoconferencia	98
Fax	98
Transmisión de datos (consultas)	99
Transmisión de datos (transferencias)	99
HTTP	100
Correo electrónico	100
Televisión Digital	100
Capítulo 6. RESULTADOS Y CONCLUSIONES	101
6.1.1 Situación a largo plazo	104
BIBLIOGRAFÍA	105
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	105
REFERENCIAS EN INTERNET	105



INTRODUCCIÓN

Hoy en día, la Innovación Tecnológica se concibe como una ventaja estratégica para poder competir con éxito en los mercados. La evolución de las redes (hablando de Voz, Datos y Vídeo) están teniendo en estos tiempos una clara evolución a unificar estos servicios; lo que se conoce como redes de banda ancha.

Las tecnologías presentes y futuras relacionadas con las telecomunicaciones nos inducen a pensar de una manera diferente a como lo hemos hecho en el pasado. Los avances en tecnologías digitales y en transmisiones por fibras ópticas permiten hablar ahora de velocidades de transmisión y de conmutación menores de una mil millonésima de segundo.

La problemática planteada en el presente trabajo, es la integración de servicios de banda ancha en un futuro no muy lejano, que requerirá de un análisis profundo para integrarlo lo mejor posible a la infraestructura actual

Evaluar adecuadamente la información procedente de las mediciones hechas sobre redes instaladas, constituye el principal objetivo del proceso hacia la banda ancha, por lo que es necesario contar con procedimientos independientes y de aplicación inmediata sobre la red, que permita una adecuada valoración de la calidad, conocer las tendencias en el uso de la infraestructura del sistema, diferenciar los servicios y clientes incluso facilitar el proceso de predicción y creación de nuevos servicios de telecomunicaciones.

El objetivo es aplicar una metodología para el dimensionamiento y evaluación de desempeño de redes de banda ancha. Para lograr esto, las propuestas son:

- ❖ Caracterización de fuentes de información de servicios actuales e implementables sobre redes de banda ancha, tales como telefonía, televisión, videoconferencias, transmisión de datos, Internet entre otros; mediante un estudio de los servicios actuales y el análisis de la información procedente de estudios de otros investigadores.
- ❖ Establecimiento de los mecanismos y características inherentes al diseño de red basado en diferentes estrategias que contemplan requerimientos de servicios, velocidades y calidades (tecnologías, medios, técnicas de acceso,...).
- ❖ Análisis de las alternativas válidas para el dimensionamiento de redes de banda ancha que se aplican en la actualidad.
- ❖ Evaluación del desempeño de redes mediante el análisis de la información estadística y específica de redes de telecomunicaciones, con el fin de adaptarlas al ambiente de las redes actuales.

Al concluir el desarrollo de la tesis esperamos obtener un modelo confiable a seguir para el dimensionamiento de redes de banda ancha, lo cual se pretende conseguir al dividir el trabajo de la siguiente manera.

En el primer capítulo mostramos una recopilación basta y precisa de los conceptos básicos de redes de comunicaciones; comenzamos por hacer un recorrido cronológico en los avances tecnológicos, medios de transmisión, tecnologías con el fin de establecer las bases para el desarrollo de los capítulos siguientes.

En el segundo capítulo nos introducimos al estudio y análisis de las redes más comunes que soportan servicios de banda ancha, de ellas analizamos modos de transferencia y tecnologías. En el capítulo subsecuente profundizamos en el análisis de las técnicas de control de tráfico y calidad de servicio.



En el cuarto capítulo son presentadas las principales características de los servicios convencionales y de nueva generación, desde el punto de vista de formatos, compresión y anchos de banda.

Con base en lo expuesto en los capítulos previos, en el quinto capítulo, proponemos un método para dimensionar la red de banda ancha, tomando en cuenta los servicios que se proporcionarán; concluyendo con la aplicación de dicho método a un caso práctico.

Para concluir, en el sexto capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos para formular las conclusiones

Por último damos a conocer los resultados y análisis del trabajo realizado, presentándolos en un acumulativo; a su vez, expresamos las expectativas que visualizamos para las redes y servicios de banda ancha en las organizaciones, en un corto plazo.



Capitulo 1. **REDES DE COMUNICACIONES**



1.1. GENERALIDADES

1.1.1 INTRODUCCION

Cada uno de los tres siglos pasados ha estado dominado por una sola tecnología. El siglo XVIII fue la etapa de los grandes sistemas mecánicos que acompañaron a la Revolución Industrial. El siglo XIX fue la época de la máquina de vapor. Durante el siglo XX, la tecnología clave ha sido la recolección, procesamiento y distribución de información. Entre otros desarrollos, hemos asistido a la instalación de redes telefónicas en todo el mundo, a la invención de la radio y la televisión, al nacimiento y crecimiento sin precedente de la industria de la computación, así como a la puesta en órbita de los satélites de comunicación.

A medida que se avanzó hacia los últimos años del siglo pasado, se fue dando una rápida convergencia de estas áreas, y también están desapareciendo con rapidez las diferencias entre la captura, transporte almacenamiento y procesamiento de información. Organizaciones con centenares de oficinas dispersas en una amplia área geográfica esperan tener la posibilidad de examinar en forma habitual el estado actual de todas ellas, simplemente oprimiendo una tecla. A medida que crece nuestra habilidad para recolectar procesar y distribuir información, la demanda de más sofisticados procesamientos de información crece todavía con mayor rapidez.

La industria de la computación ha mostrado un progreso espectacular en muy corto tiempo. El viejo modelo de tener una sola PC para satisfacer todas las necesidades de cálculo de una organización se está reemplazando con rapidez por otro que considera un número grande de computadoras separadas, pero interconectadas, que efectúan el mismo trabajo. Estos sistemas, se conocen con el nombre de redes de computadoras. Estas nos dan a entender una colección interconectada de computadoras autónomas. Se dice que las computadoras están interconectadas, si son capaces de intercambiar información.

1.1.2 CONCEPTO DE RED

Respecto a la estructura física, los modos de conexión física, los flujos de datos, etc; podemos decir que una red la constituyen dos o más computadoras que comparten determinados recursos, sea hardware (Impresoras, sistemas de almacenamiento,...) sea software (aplicaciones, archivos, datos...).

Los orígenes de las redes de computadoras se remontan a los primeros sistemas de tiempo compartido, al principio de los años sesenta, cuando una computadora era un recurso caro y escaso.

La idea que encierra el tiempo compartido es simple. Puesto que muchas tareas requieren solo una pequeña fracción de la capacidad de una gran computadora, se sacará mayor rendimiento de esta, si presta servicios a más de un usuario al mismo tiempo. Del tiempo compartido a las redes hay solo un pequeño escalón.

1.1.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE COMUNICACIONES DE DATOS.

Una vez demostrado que un grupo de usuarios mas o menos reducido podía compartir una misma computadora, el paso siguiente fue compartir los recursos disponibles (discos, terminales, impresoras, e incluso programas especializados y bases de datos) en sus respectivas computadoras de tiempo compartido. Esto dio lugar al desarrollo de las redes y sistemas de comunicación.

A continuación se muestra el esquema general de un sistema de comunicaciones de datos muy sencillo. El proceso de aplicación (AP) es la aplicación final del usuario y consiste usualmente en un programa de computadora. Ejemplos típicos son bases de datos, algún sistema de reservación o de consulta, etc.



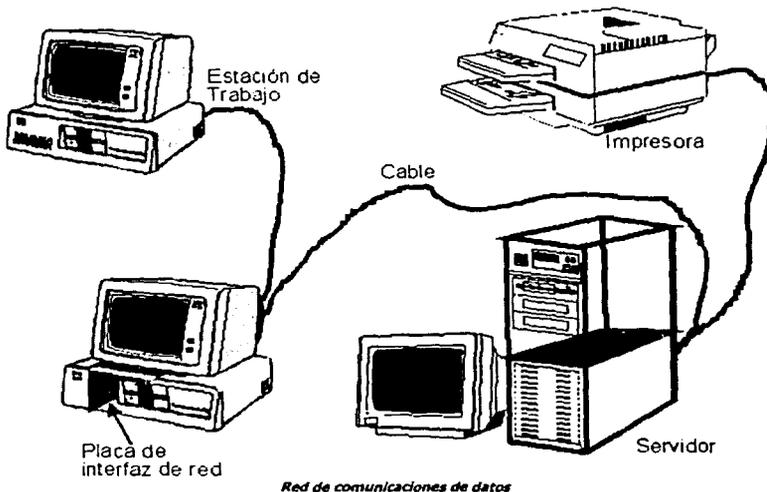


Se puede observar también como el sitio A puede ejecutar un programa y acceder a un proceso de aplicación en el sitio B; de manera similar, un proceso de aplicación que reside en el sitio B accede al proceso de aplicación en el sitio A.

La aplicación reside en las máquinas del usuario final que de manera genérica son denominadas data terminal equipment o DTE (equipo terminal de datos). Los DTE pueden ser tan grandes y complejos como un Main Frame de IBM o tan sencillos como una terminal o PC.

La función de una red de comunicaciones es interconectar DTEs, de tal forma que estos puedan comunicarse entre sí, permitiéndoles compartir recursos. Los dispositivos cuya función es precisamente conectar DTEs a la línea de comunicación son los llamados data circuit-terminating equipment o DCE. En sus orígenes estos equipos fueron diseñados exclusivamente para funciones de comunicaciones, pero hoy en día pueden tener implementadas nuevas funcionalidades relacionadas con el proceso de aplicación.

En la práctica, el esquema anterior lo vemos implementado de la siguiente manera:



Donde las funciones de cada componente de manera general son:

- ❖ Estaciones de trabajo (DTE): Son todas aquellas microcomputadoras desde las cuales un usuario puede utilizar la red.
- ❖ Servidor de Archivos (DTE): Es aquel equipo que permite compartir los archivos y programas que se encuentren en su(s) disco(s). Ordinariamente funciona también como servidor de impresoras.
- ❖ Tarjetas de Red (DCE): Cada nodo de la red, o sea la estación de trabajo o servidor de archivos, debe contar con una tarjeta de red. La tarjeta de red del servidor de archivos puede ser ligeramente diferente de las utilizadas en las estaciones de trabajo.
- ❖ Sistema de Cableado (DCE): Además del cable pueden ser necesarios algunos elementos adicionales asociados con él, como cajas de conexiones, conectores especiales, etc.
- ❖ Sistema Operativo de Red (AP): Además al MS-DOS es necesario que exista un sistema operativo para que administre las funciones de la red. Este sistema tiene dos partes: la del servidor de archivos y de las estaciones de trabajo.
- ❖ Software de Aplicación (AP): En última instancia, todos los elementos anteriores, son el funcionamiento para que el usuario de cada estación, pueda utilizar sus programas y archivos específicos. Este software puede ser tan amplio como se necesite ya que puede incluir procesadores de palabra, paquetes integrados, sistemas administrativos de contabilidad y áreas afines, sistemas especializados (Por ejemplo control de producción), correo electrónico, etc.

1.1.4 VENTAJAS DE UTILIZAR UNA RED

Entre las ventajas de utilizar una red se encuentran:

- ❖ Posibilidad de compartir periféricos costosos como son: impresoras láser, módem, fax, etc.
- ❖ Posibilidad de compartir grandes cantidades de información a través de distintos programas, bases de datos, etc., de manera que sea más fácil su uso y actualización.
- ❖ Reduce e incluso elimina la duplicidad de trabajos.
- ❖ Permite utilizar el correo electrónico para enviar o recibir mensajes de diferentes usuarios de la misma red e incluso de redes diferentes.
- ❖ Reemplaza o complementa mini computadoras de forma eficiente y con un costo bastante más reducido.
- ❖ Establece enlaces con mainframes. De esta forma, una Computadora de gran potencia actúa como servidor haciendo que pueda acceder a los recursos disponibles cada una de las Computadoras personales conectadas.
- ❖ Permite mejorar la seguridad y control de la información que se utiliza, permitiendo el acceso de determinados usuarios únicamente a cierta información o impidiendo la modificación de diversos datos.

Inicialmente, la instalación de una red se realiza para compartir los dispositivos periféricos u otros dispositivos de salida caros, por ejemplo, las impresoras láser, los fax, etc., pero a medida que va creciendo la red, el compartir dichos dispositivos pierde relevancia en comparación con el resto de las ventajas. Las redes enlazan también a las personas proporcionando una herramienta efectiva para la comunicación a través del correo electrónico. Los mensajes se envían instantáneamente a través de la red, los planes de trabajo pueden actualizarse tan pronto como ocurran cambios y se pueden planificar las reuniones sin necesidad de llamadas telefónicas.

1.1.5 TIPOS DE TRANSMISIÓN

Los distintos tipos de transmisión de un canal de comunicaciones pueden ser de tres clases:

- ❖ Simplex.
- ❖ Semidúplex.
- ❖ Dúplex.

Método Simplex.



Es aquel en el que una estación siempre actúa como fuente y la otra siempre como colector. Sólo es posible la transmisión en un sentido (de la fuente al receptor o receptores de la información). En este tipo de transmisión las partes implicadas tienen su función definida desde el comienzo y permanece fijada, es decir el emisor únicamente, y durante todo el tiempo que dure la comunicación puede emitir, y algo similar sucede con el receptor.

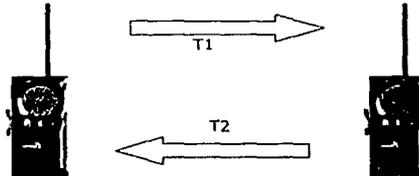
Existen más ejemplos de los que uno pudiera imaginar; por ejemplo, uno de ellos es cuando se utilizan sensores remotos para transmitir información del tiempo a una computadora central, se establece transmisión simplex. Otro ejemplo lo forman los miles de receptores de radio que reciben información de las diferentes emisoras.



Ejemplos de transmisión simplex

Método Semidúplex.

Permite la transmisión en ambos sentidos pero alternativamente. Es aquel en el que una estación A en un momento de tiempo, actúa como fuente y otra estación correspondiente B actúa como colector, y en el momento siguiente, la estación B actuará como fuente y la A como colector. Permite la transmisión en ambas direcciones, aunque en momentos diferentes. Un ejemplo es la conversación entre dos radioaficionados, pero donde uno espera que el otro termine de hablar para continuar el diálogo.



Ejemplos de transmisión semidúplex

Cuando se dispone de un sistema de computadoras en las que una de ellas hace de servidor y el resto hace uso de las facilidades de la primera, se suele establecer un sistema de transmisión semidúplex, en el que las computadoras secundarias deben esperar a que la principal les permita transmitir.

La forma en la que esto se realiza es: la computadora principal continuamente está preguntando a las secundarias si desean transmitir. Cuando una de ellas responde afirmativamente, la computadora principal espera los datos correspondientes hasta que la computadora secundaria acaba.

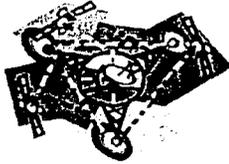
Método Dúplex.

Un sistema dúplex permite la transmisión en ambos sentidos simultáneamente. En el que dos estaciones A y B, actúan como fuente y colector, transmitiendo y recibiendo información simultáneamente. Permite la transmisión en ambas direcciones y de forma simultánea. Por ejemplo una conversación telefónica.

En la actualidad está totalmente difundido este tipo de transmisión interactivo, en la que las computadoras emiten y reciben en cualquier instante de tiempo. Esto acelera la comunicación y la hace más versátil, ya que las



partes implicadas en la transmisión no deben esperar. Esto exige un complejo control en la comunicación y no todos los dispositivos son capaces de realizarlo.



Ejemplos de transmisión dúplex

1.1.6 MODOS DE TRANSMISION

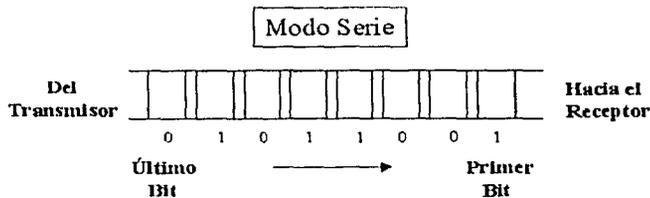
Se necesita saber donde comienza y donde termina un conjunto de bits que componen un carácter. Estos procedimientos deben estar bien definidos en dos situaciones típicas:

- ❖ Transmisión por medios analógicos.
- ❖ Transmisión de dos equipos en forma digital

Dentro de la transmisión en forma digital existen dos formas de transmitir:

- ❖ Serie
- ❖ Paralelo

En la transmisión en serie los bits que componen cada carácter se transmiten en "n" ciclos de 1 bit cada uno.



Concepto de Sincronismo.

Se refiere a que tanto la fuente como el receptor de datos, tengan una base de tiempo común para poder reconocer de forma inequívoca la transmisión de un 1 y de un 0.

La sincronización puede llevarse en tres niveles:

- ❖ Sincronismo por bit.
- ❖ Sincronismo por byte.
- ❖ Sincronismo por bloque.

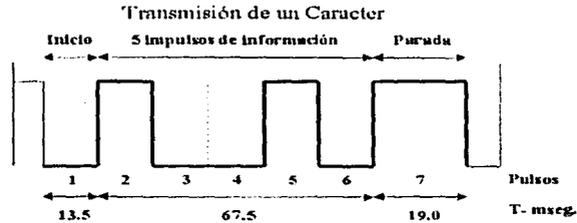
La transmisión en serie utiliza tres procedimientos

- ❖ Sincronía
- ❖ Asíncrona
- ❖ Isócrona

Transmisión en serie Asíncrona



Cada carácter a ser transmitido es delimitado por un bit denominado "Cabecera, inicio o arranque", y uno o dos bits denominados "terminación o parada".

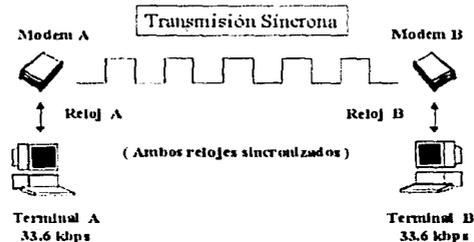


Descripción del procedimiento:

- ❖ La línea de comunicación está siempre en estado de tensión máxima (equivalente a un 1)
- ❖ El bit de arranque activa el mecanismo de muestreo para saber a partir de donde empieza el carácter transmitido. Este bit corresponde a una señal de tensión mínima, lo cual cambia el estado de la línea.
- ❖ Se transmiten los bits de datos, y se almacenan en una memoria intermedia para ser procesados.
- ❖ El bit de parada se encarga siempre de volver a colocar la señal de la línea al nivel máximo.

Transmisión en serie Síncrona

En la transmisión síncrona, se transmite un bloque de bits como una cadena estacionaria sin utilizar códigos de comienzo o parada. El bloque puede tener una longitud de muchos bits. Para prevenir la desincronización entre el emisor y el receptor, se deben sincronizar sus relojes de alguna manera.



Descripción del procedimiento de transmisión:

- ❖ Existen dos relojes, uno en transmisor y otro en el receptor.
- ❖ La información se transmite en dos grupos denominados delimitadores.
- ❖ Un grupo se denomina "encabezador" y se encarga de sincronizar los relojes, y uno de terminación.
- ❖ Los relojes permanecen estables un tiempo importante mientras se transmite, sin embargo, se deben efectuar resincronizaciones periódicas.

Transmisión en serie Isocrona

Se envían porciones de la información para ser transmitida en forma periódica (Slots de tiempo) donde cada sesión tiene asignado su slot independientemente de que envíe información.

1.1.7 JERARQUÍAS DIGITALES

Historia

A partir de la introducción de la tecnología PCM hacia 1960, las redes de comunicaciones fueron pasando gradualmente a la tecnología digital en los años siguientes. Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la Jerarquía PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona). Pero como las velocidades de transmisión de esta jerarquía no son las mismas para EEUU y Japón que para Europa, las pasarelas entre redes de ambos tipos es compleja y costosa. Además si se tiene en cuenta que para poder llegar a un canal de 64Kb/s (canal de voz), habría que desarmar toda la señal PDH, hasta llegar al mismo, es decir abrir que poner una cadena de multiplexores y demultiplexores, con el incremento de costo que esto significa.

El objetivo de la jerarquía SDH (Jerarquía Digital Sincrónica), nacida en los años 80's, era subsanar estas desventajas inherentes a los sistemas PDH, así como también normalizar las velocidades superiores a 140Mb/s que hasta el momento eran propietarias de cada compañía.

En el año 1985 la empresa Bell Core, le hace una propuesta al ANSI (American National Stándar Institute) de estandarizar las velocidades mayores a 140Mb/s, que hasta el momento eran propietarias de cada empresa.

En 1986, la Bell Core, y La AT&T, proponen al CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía de la UIT), posibles velocidades de transmisión para que las mismas sean estandarizadas, cada una de estas empresas propone diferentes velocidades de transmisión posibles.

En el año 1988 se produce la primera regulación de la Jerarquía Digital Sincrónica (JDS), o más conocida por sus siglas en la lengua inglesa "Synchronous Digital Hierarchy" (SDH). La CCITT saca entonces, en su "Serie azul", las recomendaciones G707, G708 y G709 que constituyen la primera regulación de esta forma de transmisión. Desde 1988 al día de hoy, han habido 6 modificaciones de las recomendaciones, estando vigente hoy en día solamente la recomendación G707, que es la que se utiliza actualmente.

Velocidades

	<i>Nombre</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Equivalencia</i>
Jerarquía Digital Norteamericana	DS-0	64 Kbps	
	DS-1 (T1)	1.54 Mbps	24 DS-0
	DS-3 (T3)	44.73 Mbps	28 DS-1
	DS-4	274.17 Mbps	6 DS-3

	<i>Nombre</i>	<i>Capacidad</i>	<i>Equivalencia</i>
Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)	DS-0	64 Kbps	
	E1	2.04 Mbps	30 DS-0
	E2	8.19 Mbps	4 E1
	E3	34.36 Mbps	16 E1 (4 E2)
	E4	139.26 Mbps	4 E3

	<i>Nombre SONET</i>	<i>Nombre UIT</i>	<i>Capacidad</i>
Jerarquía Digital Síncrona (SDH/SONET)	STS-1		51.84 Mbps
	STS-3	STM-1	155.52 Mbps
	STS-9	STM-3	466.56 Mbps
	STS-12	STM-4	622.08 Mbps
	STS-18	STM-6	933.12 Mbps
	STS-24	STM-8	1244.16 Mbps
	STS-36	STM-12	1866.24 Mbps
	STS-48	STM-16	2488.32 Mbps



A continuación presentamos una descripción de la jerarquía digital sincrona (SDH) debido a su utilización en las redes de banda ancha.

Definición de SDH

SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de "alta velocidad, y alta capacidad. Este es un sistema de transporte digital realizado para proveer una infraestructura de redes de telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

Ventajas de SDH

La tecnología SDH, ofrece a los proveedores de redes las siguientes ventajas:

a) Altas velocidades de transmisión

Los modernos sistemas SDH logran velocidades de 10 Gbit/s. SDH es la tecnología mas adecuada para los "backbones", que son realmente las superautopistas de las redes de telecomunicaciones actuales.

b) Función simplificada de inserción/extracción

Comparado con los sistemas PDH tradicionales, ahora es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad. Ya no hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, procedimiento que en el mejor de los casos era complejo y costoso. Esto se debe a que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

c) Alta disponibilidad y grandes posibilidades de ampliación

La tecnología SDH permite a los proveedores de redes reaccionar rápida y fácilmente frente a las demandas de sus clientes. Por ejemplo, conmutar las líneas alquiladas es sólo cuestión de minutos. Empleando un sistema de gestión de redes de telecomunicaciones, el proveedor de la red puede usar elementos de redes estándar controlados y monitorizados desde un lugar centralizado.

d) Fiabilidad

Las modernas redes SDH incluyen varios mecanismos automáticos de protección y recuperación ante posibles fallos del sistema. Un problema en un enlace o en un elemento de la red no provoca el colapso de toda la red, lo que podría ser un desastre financiero para el proveedor. Estos circuitos de protección también se controlan mediante un sistema de gestión.

e) Plataforma a prueba de futuro

Hoy día, SDH es la plataforma ideal para multitud de servicios, desde la telefonía tradicional, las redes RDSI o la telefonía móvil hasta las comunicaciones de datos (LAN, WAN, etc.) y es igualmente adecuada para los servicios más recientes, como el video bajo demanda (VOD) o la transmisión de video digital vía ATM.

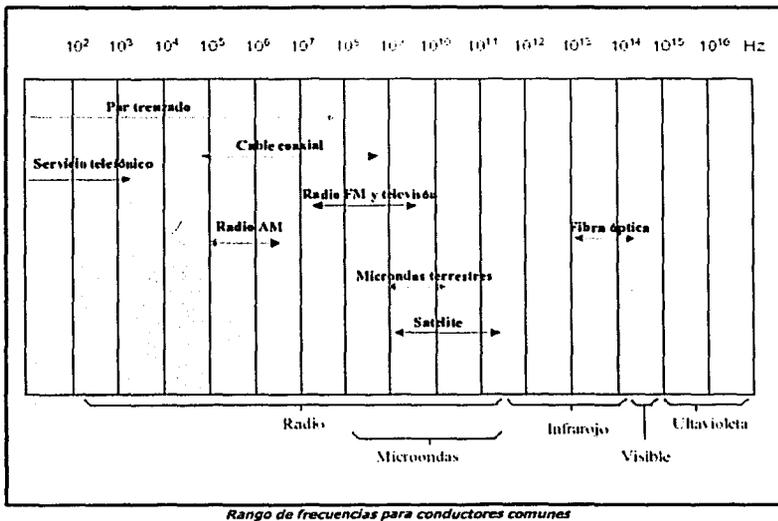
f) Interconexión

Con SDH es mucho más fácil crear pasarelas entre los distintos proveedores de redes y hacia los sistemas SONET. Las interfaces SDH están normalizadas, lo que simplifica las combinaciones de elementos de redes de diferentes fabricantes. La consecuencia inmediata es que los gastos en equipamiento son menores en los sistemas SDH que en los sistemas PDH. El motor que genera toda esta evolución es la creciente demanda de más ancho de banda, mejor calidad de servicio y mayor fiabilidad, junto a la necesidad de reducir costos manteniendo la competitividad.



1.2. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

La conexión física entre dispositivos que integran una red de datos puede implementarse de muy diversas formas, que van desde el uso del par de cobre diseñado para las comunicaciones telefónicas, hasta la fibra óptica.



Rango de frecuencias para conductores comunes

1.2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS

En los medios guiados, el ancho de banda o velocidad de transmisión dependen de la distancia y de si el enlace es punto a punto o multipunto. Las características y la calidad de la transmisión de datos están determinados por la naturaleza de la señal y la del medio. En el caso de medios guiados, el medio es el factor más importante que limita las tasas de transmisión alcanzadas. En seguida se detallan las características de los medios guiados de transmisión más comunes así como sus usos.

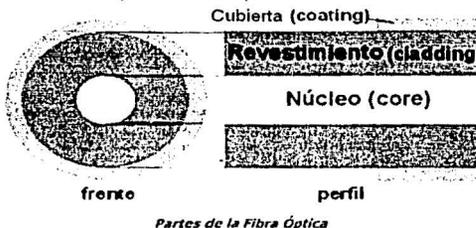
Par trenzado

Es el medio guiado más barato y más usado. Consiste en un par de cables, embutidos para su aislamiento, para cada enlace de comunicación. Con estos cables, se pueden transmitir señales analógicas o digitales. Es un medio muy susceptible a ruido y a interferencias. Para evitar estos problemas se suele trenzar el cable con distintos pasos de torsión y se suele recubrir con una malla externa para evitar las interferencias externas. Se utiliza mucho en telefonía pero su inconveniente principal es su poca velocidad de transmisión y su corta distancia de alcance. Aseguran la propagación de señales a corta o gran distancia por una banda de frecuencia de 300 a 3.400 Hz, lo que permite una reproducción fiel de la palabra.



Fibra óptica

Se trata de un medio muy flexible y muy fino que conduce energía de naturaleza óptica. Su forma es cilíndrica con tres secciones radiales: núcleo, revestimiento y cubierta.



El núcleo está formado por una o varias fibras muy finas de cristal o plástico. Cada fibra está rodeada por su propio revestimiento que es un cristal o plástico con diferentes propiedades ópticas distintas a las del núcleo. Alrededor de este conglomerado está la cubierta (constituida de material plástico o similar) que se encarga de aislar el contenido de aplastamientos, abrasiones, humedad, etc.

La fibra óptica es capaz de conducir un haz de luz inyectado en uno de sus extremos, mediante sucesivas reflexiones que lo mantienen dentro de sí para salir por el otro. Es una guía de onda y en este caso la onda es de luz.

La diferencia entre el índice de refracción del núcleo y del revestimiento (indicados con n) es lo que hace que el haz de luz se mantenga dentro del núcleo (siempre que el haz haya entrado con el ángulo apropiado y el n del núcleo sea mayor que el del revestimiento).



Transmisión a través de la Fibra Óptica

Entonces habrá cables con:

- ❖ núcleo y revestimiento de plástico
- ❖ núcleo de vidrio y revestimiento de plástico (PCS=plastic clad silica)
- ❖ núcleo y revestimiento de vidrio (SCS=silica clad silica)

Los conductores de fibra óptica comúnmente utilizados en transmisión de datos son de un grosor comparable a un cabello, variando el núcleo entre los 8 y los 100 μm (micrones), y el revestimiento entre 125 y 140 μm . Adicionalmente, los conductores ópticos tienen un revestimiento de color que sigue un código de identificación o numeración, el cual varía según el fabricante/norma.

Tipos de Fibra Óptica

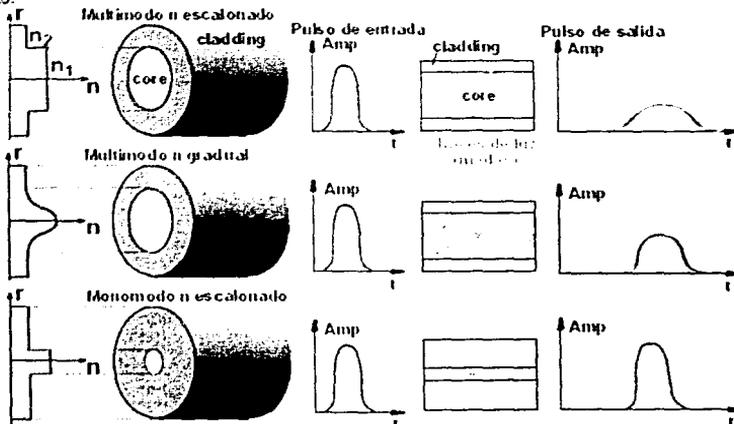
Existe otra clasificación, según la variación del índice de refracción dentro del núcleo, y según la cantidad de MODOS (haces de luz):

- ❖ Multimodo de índice escalonado [Multimode step index] MM
- ❖ Multimodo de índice gradual [Multimode graded index] MM
- ❖ Monomodo (índice escalonado) [Single Mode step index] SM



El método de transmisión es: los rayos de luz inciden con una gama de ángulos diferentes posibles en el núcleo del cable, entonces sólo una gama de ángulos conseguirán reflejarse en la capa que recubre el núcleo. Son precisamente esos rayos que inciden en un cierto rango de ángulos los que irán rebotando a lo largo del cable hasta llegar a su destino. A este tipo de propagación se le llama multimodal. Si se reduce el radio del núcleo, el rango de ángulos disminuye hasta que sólo sea posible la transmisión de un rayo, el rayo axial, y a este método de transmisión se le llama monomodal.

Los inconvenientes del modo multimodal es que debido a que dependiendo al ángulo de incidencia de los rayos, estos tomarán caminos diferentes y tardarán más o menos tiempo en llegar al destino, con lo que se puede producir una dispersión (los pulsos se ensanchan y pueden superponerse unos con otros), con lo que se limita la velocidad de transmisión posible. La cantidad de modos no es infinita y se puede calcular en base al radio del núcleo, la longitud de onda de la luz que se propaga por la fibra y la diferencia de índices de refracción entre núcleo y revestimiento.



Tipos de Fibra Óptica

<i>Multimodo índice escalonado</i>	<i>Multimodo índice gradual</i>	<i>Monomodo índice escalonado</i>
Menor ancho de banda BW = 20 a 200 MHz/Km	Ancho de banda medio BW = 500 a 1500 MHz /Km Diámetro de núcleo/revestimiento(mm): 50 / 125 62.5 / 125 100 / 140	Mayor ancho de banda BW > 10 GHz/Km Diámetro de núcleo/revestimiento (mm): 8 a 10 / 125

Como se puede observar en la gráfica del centro de la figura anterior, en el núcleo de una fibra multimodo de índice gradual el índice de refracción es máximo en el centro y va disminuyendo radialmente hacia afuera hasta llegar a igualarse al índice del revestimiento justo donde éste comienza. Por esto es que los modos (haces) se van curvando como lo muestra el dibujo. Dado que la velocidad de propagación de un haz de luz depende del índice de refracción, sucederá entonces que los modos al alejarse del centro de la fibra por un lado viajarán más rápido y por otro, al curvarse, recorrerán menor distancia, resultando todo esto en un mejoramiento del ancho de banda respecto a la de índice escalonado.

Existe además un tipo de fibra denominada DISPERSION SHIFTED (DS) (dispersión desplazada) de la cual sólo se dirá aquí que no debe empalmarse con las comunes.

Recientemente ha surgido la fibra del tipo NZD (Non Zero Dispersion) la cual posee un núcleo más reducido y requiere un cuidado especial al empalmarla.

Otros tipos:



CS (Cut-off shifted), NZ-DS (Non-Zero Dispersion shifted) y ED (Er doped).

La transmisión por FO consiste en convertir una señal eléctrica en una óptica, que puede estar formada por pulsos de luz (digital) o por un haz de luz modulado (analógica). La señal saliente del transmisor, se propaga por la fibra hasta llegar al receptor, en el cual se convierte la señal nuevamente a eléctrica.

Los emisores de luz utilizados son: LED, diodo emisor de luz (de bajo costo, con utilización en un amplio rango de temperaturas y con larga vida media) y ILD, diodo emisor de luz infrarroja (más caro, pero más eficaz y permite una mayor velocidad de transmisión).

Características

Es un medio muy apropiado para largas distancias e incluso últimamente para LAN's. Sus beneficios frente a cables coaxiales y pares trenzados son:

- ❖ Permite mayor ancho de banda, que permite el multiplexado sobre un mismo soporte de numerosos canales de televisión, teléfono, etc. La débil atenuación de las fibras conduce por consiguiente a considerar un espaciado mayor de los puntos de regeneración de señales transmitidas. Las fibras ópticas tienen un ancho de banda de alrededor de 1 THz, aunque este rango está lejos de poder ser explotado hoy día. De todas formas el ancho de banda de las fibras excede ampliamente al de los cables de cobre.
- ❖ Su rango de frecuencias es todo el espectro visible y parte del infrarrojo.
- ❖ Menor tamaño y peso. Esta reducción de tamaño y peso la hace fácilmente utilizable.
- ❖ Menor atenuación.
- ❖ Aislamiento electromagnético.
- ❖ Mayor separación entre repetidores.

Aplicaciones

Se encarga de la transmisión de datos hasta la conducción de la luz solar hacia el interior de edificios, o hacia donde pudiera ser peligroso utilizar la iluminación convencional por presencia de gases explosivos. También es utilizada en medicina para transmitir imágenes desde dentro del cuerpo humano.

1.2.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS

Como medios no guiados se utiliza principalmente la atmósfera. Se radia energía electromagnética por medio de una antena y luego se recibe esta energía con otra antena.

Hay dos configuraciones para la emisión y recepción de esta energía: direccional y omnidireccional. En la direccional, toda la energía se concentra en un haz que es emitido en una cierta dirección, por lo que tanto el emisor como el receptor deben estar alineados. En el método omnidireccional, la energía es dispersada en múltiples direcciones, por lo que varias antenas pueden captarla. Cuanto mayor es la frecuencia de la señal a transmitir, más factible es la transmisión unidireccional.

Por tanto, para enlaces punto a punto se suelen utilizar microondas (altas frecuencias). Para enlaces con varios receptores posibles se utilizan las ondas de radio (bajas frecuencias). Los infrarrojos se utilizan para transmisiones a muy corta distancia (en una misma habitación).

Microondas terrestres

Para este tipo de medio suelen utilizarse antenas parabólicas. Para conexiones a larga distancia, se utilizan conexiones intermedias punto a punto entre antenas parabólicas. Se suelen utilizar en sustitución del cable coaxial o las fibras ópticas ya que se necesitan menos repetidores y amplificadores, aunque se necesitan antenas alineadas. Se usan para transmisión de televisión y voz.

La principal causa de pérdidas en este medio es la atenuación debido a que las pérdidas aumentan con el cuadrado de la distancia (con cable coaxial y par trenzado son logarítmicas). La atenuación aumenta con las lluvias.



Las interferencias es otro inconveniente de las microondas ya que al proliferar estos sistemas, puede haber más interferencias de señales.



Microondas Terrestres

Microondas por satélite

El satélite recibe las señales y las amplifica o retransmite en la dirección adecuada. Para mantener la alineación del satélite con los receptores y emisores de la tierra, el satélite debe ser geoestacionario.

Se suele utilizar este sistema para:

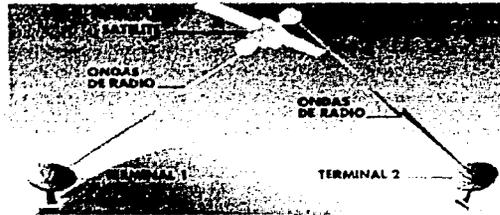
- ❖ Difusión de televisión.
- ❖ Transmisión telefónica a larga distancia.
- ❖ Redes privadas.

El rango de frecuencias para la recepción del satélite debe ser diferente del rango al que este emite, para que no haya interferencias entre las señales que ascienden y las que descienden.

Debido a que la señal tarda un pequeño intervalo de tiempo desde que sale del emisor en la Tierra hasta que es devuelta al receptor o receptores, ha de tenerse cuidado con el control de errores y de flujo de la señal.

Las diferencias entre las ondas de radio y las microondas son:

- ❖ Las microondas son unidireccionales y las ondas de radio omnidireccionales.
- ❖ Las microondas son más sensibles a la atenuación producida por la lluvia.
- ❖ En las ondas de radio, al poder reflejarse estas ondas en el mar u otros objetos, pueden aparecer múltiples señales "hermanas".



Microondas por Satélite

Infrarrojos

Los emisores y receptores de infrarrojos deben estar alineados o bien estar en línea tras la posible reflexión de rayo en superficies como las paredes. En sistemas infrarrojos no existen problemas de seguridad ni de interferencias ya que estos rayos no pueden atravesar los objetos (paredes por ejemplo). Tampoco es necesario permiso para su utilización (en microondas y ondas de radio si es necesario un permiso para asignar una frecuencia de uso).



1.3. TOPOLOGÍAS

Los nodos de red (las computadoras), necesitan estar conectados para comunicarse. A la forma en que están conectados los nodos se le llama topología. Una red tiene dos diferentes topologías: una física y una lógica. La topología física es la disposición física actual de la red, la manera en que los nodos están conectados unos con otros. La topología lógica es el método que se usa para comunicarse con los demás nodos, la ruta que toman los datos de la red entre los diferentes nodos de la misma. Las topologías física y lógica pueden ser iguales o diferentes. Las topologías de red más comunes son: bus, anillo y estrella.

1.3.1 BUS

Todos los dispositivos se encuentran conectados a un medio de transmisión de manera plana, es decir que la transmisión de uno es escuchada por todos al mismo tiempo.

En la topología en bus, todas las estaciones se encuentran conectadas directamente a través de interfaces físicas llamadas tomas de conexión a un medio de transmisión lineal o bus. Se permite la transmisión full-duplex y ésta circula en todas direcciones a lo largo del bus, pudiendo cada estación recibir o transmitir. Hay terminales a cada extremo del bus para que las señales no "reboten" y vuelvan al bus.

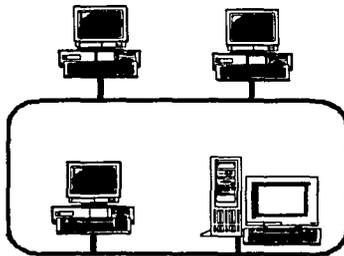


Topología Lineal o Bus

1.3.2 ANILLO

Aquí los dispositivos están conectados uno tras otro en cadena formando un anillo. Si un dispositivo quiere transmitir información a otro no directamente conectado, los dispositivos intermedios tendrán que retransmitir la información generada por el primer dispositivo hasta que llegue a su destino final.

La red consta de una serie de repetidores (simples mecanismos que reciben y retransmiten información sin almacenarla) conectados unos a otros en forma circular (anillo). Cada estación está conectada a un repetidor, que es el que pasa información de la red a la estación y de la estación a la red. Los datos circulan en el anillo en una sola dirección. La información también se desgaja en tramas con identificadores sobre la estación de destino. Cuando una trama llega a un repetidor, éste tiene la lógica suficiente como para reenviarla a su estación (si el identificador es el mismo) o dejarla pasar si no es el mismo. Cuando la trama llega a la estación origen, es eliminada de la red. Debe de haber una cooperación entre las estaciones para no solapar tramas de varias estaciones a la vez.

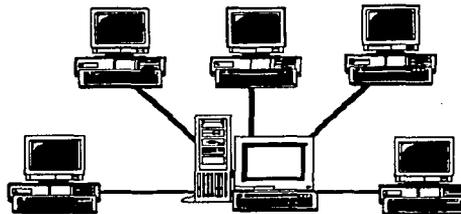


Topología de Anillo

1.3.3 ESTRELLA

Es el tipo de topología física más común, y consiste de un dispositivo central al cual se conectan todos los demás dispositivos para su comunicación.

En este caso, se trata de un nodo central del cuál salen los cableados para cada estación. Las estaciones se comunican unas con otras a través del nodo central; hay dos formas de funcionamiento de este nodo: el nodo es un mero repetidor de las tramas que le llegan (cuando le llega una trama de cualquier estación, la retransmite a todas las demás), en cuyo caso, la red funciona igual que un bus ; otra forma es de repetidor de las tramas pero sólo las repite al destino (usando la identificación de cada estación y los datos de destino que contiene la trama) tras haberlas almacenado.



Topología en Estrella

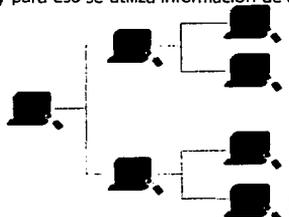
1.3.4 JERARQUICA O ARBOL

En esta topología varios dispositivos son concentrados en otro para su comunicación, que a la vez puede estar concentrado en otro dispositivo de mayor jerarquía para su comunicación.

La topología en árbol es similar a la de bus pero se permiten ramificaciones a partir de un punto llamado raíz, aunque no se permiten bucles.

Un problema asociado a estas dos topologías (bus y árbol) es que una vez que los datos son recibidos por todas las estaciones, hay que dotar a la red de un mecanismo para saber hacia qué destinatario van los datos; el otro problema se presenta cuando todas las estaciones transmiten y a la vez, hay que implantar un mecanismo que evite que unos datos interfieran con otros.

Para solucionar estos problemas, los datos se parten en tramas con una información de control en la que figura el identificador de la estación de destino. Cada estación de la red LAN está unívocamente identificada. Para evitar el segundo problema (la superposición de señales provenientes de varias estaciones), hay que mantener una cooperación entre todas las estaciones, y para eso se utiliza información de control en las tramas.



Topología Jerárquica o Árbol



1.3.5 MALLA

De uso común en redes WAN, consiste en la conexión entre dispositivos de acuerdo al interés de tráfico y de redundancia en conectividad.

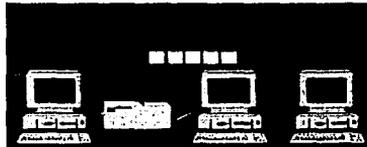


Topología de Malla

1.4. CLASIFICACION DE LAS REDES POR SU EXTENSIÓN GEOGRÁFICA

Por su extensión geográfica las redes se dividen en:

1.4.1 LAN (Local Área Network) Redes de Área Local.



Las características principales de las LAN son:

- ❖ Suele tratarse de redes privadas localizadas en un edificio o campus.
- ❖ Su extensión es de algunos kilómetros. Tienen un diámetro pequeño, de unos cuantos kilómetros como máximo.
- ❖ Muy usadas para la interconexión de computadores personales y estaciones de trabajo.
- ❖ Su tecnología de transmisión es por lo general broadcast.
- ❖ Son redes con velocidades entre 10 y 100 Mbps, tiene baja latencia y baja tasa de errores.
- ❖ En función de su velocidad se dividen en:
 - LAN, cuando su velocidad es entre 1 y 20 Mbit/seg.
 - HSLN (High Speed Local Networks) redes de alta velocidad, con una velocidad del orden de 100 Mbits/seg
- ❖ Las dos arquitecturas más utilizadas son:
 - Ethernet
 - Token Ring
- ❖ La conexión de procesador a procesador se realiza sin utilizar centrales de conmutación intermedias.
- ❖ Las redes de área local más utilizadas son las definidas en el estándar IEEE 802 y las redes Arcnet.



1.4.2 **MAN (Metropolitan Area Network) Redes de Área Metropolitana**



Las MAN cubren una ciudad. Los propietarios pueden ser las propias organizaciones que las utilizan o pueden alquilar recursos a alguna compañía de telecomunicaciones.

- ❖ Básicamente son una versión más grande de una Red de Área Local y utiliza normalmente tecnología similar.
- ❖ Puede ser pública o privada.
- ❖ Una MAN puede soportar tanto voz como datos.
- ❖ Una MAN tiene uno o dos cables y no tiene elementos de intercambio de paquetes o conmutadores, lo cual simplifica bastante el diseño.
- ❖ La razón principal para distinguirla de otro tipo de redes, es que para las MAN's se ha adoptado un estándar llamado DQDB (Distributed Queue Dual Bus) o IEEE 802.6.
- ❖ Utiliza medios de difusión al igual que las Redes de Área Local.
- ❖ Teóricamente, una MAN es de mayor velocidad que una LAN, pero ha habido una división o clasificación:
 - o privadas que son implementadas en Áreas tipo campus debido a la facilidad de instalación de Fibra Óptica
 - o públicas de baja velocidad (< 2 Mbps), como Frame Relay, ISDN, T1-E1, etc.

1.4.3 **WAN (Wide Area Network) Redes de Área Extensa**



Contiene una colección de máquinas dedicadas a ejecutar los programas de usuarios (hosts). Estos están conectados por la red que lleva los mensajes de un host a otro. Estas LAN de host acceden a la subred de la WAN por un router. Suelen ser por tanto redes punto a punto.

Sus características principales son:

- ❖ Este tipo de red tiene una cobertura geográfica mayor que la anterior y está constituida por varias LAN.
- ❖ El factor de consideración más importante aquí es la calidad del enlace utilizado entre LANs.
- ❖ Lo anterior restringe la velocidad de transmisión a las tasas que las compañías de telecomunicaciones ofrecen, 9.6 kbps, 64 kbps, 128 kbps, etc.
- ❖ La tasa de error en este tipo de redes tiende a ser mayor en comparación a la anterior.
- ❖ La forma de minimizar los efectos anteriores es mediante un control del flujo y de retardos más sofisticados.
- ❖ Existe el estándar IEEE 802.6 que abarca su definición.
- ❖ Creada para soportar la transmisión de datos, voz y vídeo a velocidades de 1 Mbps en distancia de 5 a 50Km.

La subred tiene varios elementos:

- ❖ Líneas de comunicación: Mueven bits de una máquina a otra.
- ❖ Elementos de conmutación: Máquinas especializadas que conectan dos o más líneas de transmisión. Se suelen llamar routers.

Cada host está después conectado a una LAN en la cual está el router que se encarga de enviar la información por la subred. Una WAN contiene numerosos cables conectados a un par de routers. Si dos routers que no comparten cable desean comunicarse, han de hacerlo a través de routers intermedios. El paquete se recibe completo en cada uno de los intermedios y se almacena allí hasta que la línea de salida requerida esté libre. Se pueden establecer WAN en sistemas de satélite o de radio en los que cada router tiene una antena con la cual poder enviar y recibir la información. Por su naturaleza, las redes de satélite serán de difusión.



1.5. PROTOCOLOS

Cuando utilizamos servicios en red, se necesita además de un componente físico que nos comunique, una forma preestablecida de comunicar los sistemas. Los protocolos pueden definirse como un conjunto de convenciones particulares, creadas para permitir la colaboración y la partición de recursos entre más ordenadores conectados entre sí en la que está definida como red o network. Los protocolos permiten comunicar sistemas heterogéneos, mediante reglas en común. Muchas veces y sin darnos cuenta usamos protocolos de comunicación comerciales de los que destacamos aquí los más frecuentes en Internet.

Los puntos que definen un protocolo son:

La sintaxis: formato de los datos y niveles de señal.

La semántica: Incluye información de control para la coordinación y manejo de errores.

La temporización: Incluye la sincronización de velocidades y secuenciación.

Todas estas tareas se subdividen en subtareas y a todo se le llama arquitectura del protocolo.

1.5.1 FTP

FTP (File Transfer Protocol, Protocolo de Transferencia de Archivos)

Los objetivos principales de este protocolo son:

- ❖ Posibilitar el compartimiento de archivos entre computadoras (programas y/o datos)
- ❖ Posibilitar el uso remoto de las computadoras
- ❖ Transferir datos de una forma segura y óptima entre computadoras.

FTP es usado por los programas para comunicarse, lo que facilita al usuario despreocuparse de las características del sistema con que conecta. Se creó en 1971 con un modelo de transferencia llamado RFC 141 el M.I.T, (lo que es OSI para TCP/IP). Fue hasta después de muchas revisiones se llegó a RFC 265 cuando ya se le consideró como un protocolo de transferencia de archivos completa entre HOSTS (servidores de archivos) de ARPANET. Al final de la edición de RFC 765 se incluyeron algunos de los que son ahora los comandos de este protocolo:

<i>CDUP</i>	<i>Change to Parent Directory</i>
SMNT	Structure Mount
STOU	Store Unique
RMD	Remove Directory
MKD	Make Directory
PWD	Print Directory
SYST	System

Tipos de datos en la transferencia por FTP:

- ❖ El tipo ASCII, es el más común en el protocolo FTP. Se usa cuando se transfieren archivos de texto, la computadora que envía (sender), debe convertir, cualquiera que sea su estructura de archivos interna, sus datos al formato genérico de 8 bits, y el que recibe (receiver) lo debe convertir de nuevo a su formato propio.
- ❖ El tipo EBCDIC es el más eficiente cuando ambos, el que recibe y el que envía, lo usan como formato propio; este tipo se representa también en 8 bits pero de forma EBCDIC. Lo único en lo que cambian es en la forma de reconocer los códigos de los caracteres.
- ❖ El formato de IMAGEN es cuando se compacta todo lo que se quiere enviar en cadenas seguidas de paquetes de 8 bits, esto es no importa el formato en que internamente se maneje la información, cuando se va a enviar se tiene que hacer una conversión de 8 bits en 8 bits y cuando el que recibe tiene todo el paquete, el mismo debe codificarlos de nuevo para que la transmisión sea completada.



En la estructura de datos en FTP se consideran tres tipos diferentes de archivos:

- ❖ **File - structure** donde no hay estructuras internas y el archivo es considerado una secuencia continua de bytes
- ❖ **Record - structure** donde los archivos contienen registros iguales en estructura y,
- ❖ **Page - structure** donde los archivos contienen páginas enteras indexadas separadas.

Al establecer una conexión por FTP se debe tomar en cuenta que el mecanismo de transferencia consiste en colocar bien la transferencia de datos en los puertos adecuados y al concluir la conexión estos puertos deben ser cerrados adecuadamente. El tamaño de transferencia es de 8 bits, en ambos. El que va a transferir, debe escuchar desde el puerto hasta que el comando enviado sea recibido y éste será el que dé la dirección de la transferencia. Una vez recibido el comando y establecida una transferencia del servidor a que solicita se inicializa la comunicación de la transferencia para verificar la conexión, esta es una cabecera con un formato específico, después de esto se comienza a enviar las tramas de 8 bits sin importar el tipo de datos que sea (antes mencionado), y al finalizar se envía otra trama cabecera ya establecida confirmando la transferencia completada.

1.5.2 HTTP

HTTP(Hyper Text Transfer Protocol, Protocolo para la Transferencia de Hipertextos).

El protocolo HTTP se usa en los sistemas de información distribuidos que necesitan mostrar la información y pasarla por una comunicación normal haciendo uso de las ligas de este lenguaje para articular los intercambios de información entre los clientes Web y los servidores HTTP.

Este Protocolo fue puesto en operación inicialmente por Tim Berners-Lee para WWW en 1991 como un protocolo rápido y sencillo que permite la transferencia de múltiples tipos de información de forma eficiente y rápida. Se denominó HTTP 0.9. El protocolo completo fue definido en 1992 puesto a punto en marzo de 1993.

Está soportado sobre los servicios de conexión TCP/IP, y funciona de la misma forma como los servicios comunes de los entornos UNIX: un proceso servidor escucha en un puerto de comunicaciones TCP (por defecto, el 80), y espera las solicitudes de conexión de los clientes Web. Una vez que se establece la conexión, el protocolo TCP se encarga de mantener la comunicación y garantizar un intercambio de datos libre de errores.

HTTP se basa en operaciones sencillas de solicitud/respuesta. Un cliente establece una conexión con un servidor y envía un mensaje con los datos de la solicitud. El servidor responde con un mensaje similar, que contiene el estado de la operación y su posible resultado. Todas las operaciones pueden adjuntar un objeto o recurso sobre el que actúan. Estos objetos Web (documento HTML, archivo multimedia o aplicación CGI) es conocido por su URL y está clasificado por su descripción MIME (descargando al protocolo de este aspecto).

Características principales.

- ❖ Toda la comunicación entre los clientes y servidores se realiza a partir de caracteres de 8 bits. De esta forma, se puede transmitir cualquier tipo de documento: texto, binario, etc., respetando su formato original.
- ❖ Permite la transferencia de objetos multimedia. El contenido de cada objeto intercambiado está identificado por su clasificación MIME.
- ❖ Existen tres verbos básicos (hay más, pero por lo general no se utilizan) que un cliente puede utilizar para dialogar con el servidor: GET, para recoger un objeto, POST, para enviar información al servidor y HEAD, para solicitar las características de un objeto.
- ❖ Cada operación HTTP implica una conexión con el servidor, que es liberada al término de la misma. Es decir, en una operación se puede recoger un único objeto.
- ❖ No mantiene estado. Cada petición de un cliente a un servidor no es influida por las transacciones anteriores. El servidor trata cada petición como una operación totalmente independiente del resto.
- ❖ Cada objeto al que se aplican los verbos del protocolo está identificado a través de la información de situación del final de la URL.

Etapas de una transacción HTTP

Cada vez que un cliente realiza una petición a un servidor HTTP, se ejecutan los siguientes pasos:



1. Un usuario accede a una URL, seleccionando un enlace de un documento HTML o introduciéndola directamente en el campo Location del cliente Web.
2. El cliente Web descodifica la URL, separando sus diferentes partes. Así identifica el protocolo de acceso, la dirección DNS o IP del servidor, el posible puerto opcional (el valor por defecto es 80) y el objeto requerido del servidor.
3. Se abre una conexión TCP/IP con el servidor, llamando al puerto TCP correspondiente.
4. Se realiza la petición. Para ello, se envía el comando necesario (GET, POST, HEAD,...), la dirección del objeto requerido (el contenido de la URL que sigue a la dirección del servidor), la versión del protocolo HTTP empleada (casi siempre HTTP/1.0) y un conjunto variable de información, que incluye datos sobre las capacidades del browser, datos opcionales para el servidor,...
5. El servidor devuelve la respuesta al cliente. Consiste en un código de estado y el tipo de dato MIME de la información de retorno, seguido de la propia información.
6. Se cierra la conexión TCP.
7. De forma natural al solicitar una página HTML se establecerían tantas conexiones como elementos incluyese (imágenes, sonidos,...) además de la de la propia página. Últimamente se ha mejorado el proceso permitiendo que una misma conexión se mantenga activa de forma que sea utilizada en sucesivas transacciones (HTTP Keep Alive).

1.5.3 **IPX/SPX**

IPX/SPX (Internetwork Packet Exchange, Sequence Packet Exchange).

Este es un protocolo usado y registrado por la compañía mundial de redes Novell.

1.5.4 **NFS**

NFS (Network file system, Sistema de archivos de RED).

NFS es un sistema distribuido para archivos, este es para las redes heterogéneas; con este protocolo, el usuario solo ve un directorio cuando está dentro de la red, claro que tiene ramas dentro, pero no puede ver más arriba del nivel en el que se entra. Por estar distribuidos, cabe la posibilidad de que los archivos dentro de esta estructura del directorio no estén en la misma computadora.

1.5.5 **POP3**

POP3 (Post Office Protocol Version 3).

Es un protocolo para la gestión de correo en Internet. Es el más utilizado junto con SMTP, porque aunque en algunos nodos menores de Internet normalmente es poco práctico mantener un sistema de transporte de mensajes (MTS), es posible que una estación de trabajo no tenga recursos suficientes (espacio en disco, entre otros) para permitir que un servidor de SMTP [RFC821] y un sistema local asociado de entrega de correo estén residentes y continuamente en ejecución. De forma similar, puede ser caro (o incluso imposible) mantener una computadora personal interconectada a una red tipo IP durante grandes cantidades de tiempo (el nodo carece del recurso conocido como "connectivity").

A pesar de esto, a menudo es muy útil poder administrar correo sobre estos nodos, y frecuentemente soportan un user agent (UA agente de usuario) para ayudar en las tareas de manejo de correo. Para resolver el problema, un nodo que sí sea capaz de soportar un MTS ofrecerá a estos nodos menos dotados un servicio de maildrop. Se entiende por maildrop, el "lugar" en el sistema con el MTS donde el correo es almacenado para que los otros nodos puedan trabajar con él sin necesidad de mantener su propio MTS. El Protocolo de oficina de correos - Versión 3 (POP3) está destinado a permitir que una estación de trabajo acceda dinámicamente a un maildrop en un host servidor de forma útil y eficiente. Esto significa que el protocolo POP3 se usa para permitir a una estación de trabajo recobrar correo que el servidor tiene almacenado.

1.5.6 **SCP**

SCP (Simple Communication Protocol).



Este es un simple protocolo que deja al servidor y al cliente tener múltiples conversaciones sobre una TCP normal, esto como es evidente declara que el protocolo SCP necesita montarse sobre el TCP. Este protocolo está diseñado para que sea simple su puesta en operación. El servicio principal de este protocolo es el control del diálogo entre el servidor y el cliente, administrando sus conversaciones y agilizadas en un alto porcentaje, este protocolo le permite a cualquiera de los dos (servidor/cliente) establecer una sesión virtual sobre la normal.

1.5.7 TCP/IP

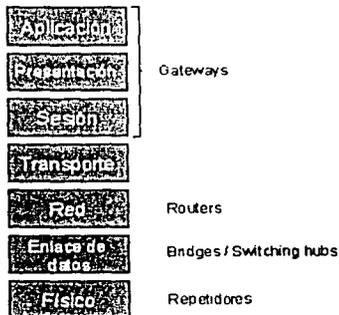
TCP/IP (Transfer Communication Protocol / Internet Protocol)

Antes de entrar en detalle acerca de este protocolo, es indispensable explicar el modelo OSI.

El modelo OSI

El modelo de referencia OSI describe como la información en una computadora es transferida a una aplicación que reside en otra computadora. El modelo de referencia OSI es un modelo conceptual compuesto de 7 capas, cada una de ellas especificando funciones particulares, siendo cada capa razonablemente autocontenida, es decir que entre capas no existen funciones comunes. El modelo es considerado como un modelo de arquitectura para comunicaciones entre computadoras, y es usado como referencia en la comparación de diferentes tecnologías (p.e. ATM y HDLSL).

La figura siguiente muestra las 7 capas que componen el modelo.



Capas del modelo OSI

Capa física

Esta capa define las especificaciones mecánicas, eléctricas y funcionales para activar, mantener y desactivar un enlace físico entre sistemas de comunicación. Esta capa define características tales como niveles de voltaje, sincronía, tasas de transmisión, distancias de conexión y conectores físicos.

Capa de enlace

Esta capa provee un tránsito confiable de datos a través del enlace físico. En esta capa se definen especificaciones tales como direccionamiento físico, topología de red, notificación de errores, control de flujo y secuenciación de frames.

Capa de red

En esta capa se proveen funciones de enrutamiento y otras relacionadas, que permiten integrar múltiples enlaces de datos en una red. Se define también un direccionamiento lógico que permite identificar un dispositivo en cualquier parte de una red.

Capa de transporte

Esta capa provee un tránsito confiable de datos a través de la capa de red. Las funciones que otorga esta capa son multiplexaje, control de flujo, detección y corrección de errores y administración de circuitos virtuales.

Capa de sesión

La capa de sesión establece, termina y administra sesiones de comunicación entre entidades de presentación, permitiendo a estas organizar y sincronizar el intercambio de datos.

Capa de presentación

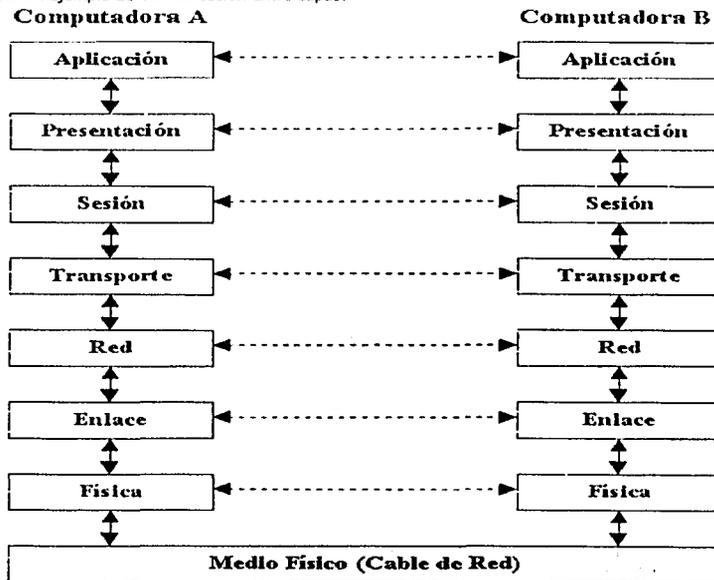
Provee la representación de la información que las entidades de aplicación presentan o referencian en su comunicación. La capa de presentación cubre dos aspectos complementarios:

- ❖ La representación de los datos a ser transferida entre entidades de presentación, y
- ❖ La representación de la estructura de datos a la cual entidades de aplicación hacen referencia en a lo largo de su comunicación en conjunto con la representación del conjunto de acciones que pueden ser aplicadas a las estructuras de datos manejadas.

A la capa de presentación le atañe la sintaxis pero no la semántica.

Capa de aplicación

Provee los medios necesarios a los procesos de aplicación para acceder al ambiente OSI, siendo la capa más alta en el modelo de referencia. Aquí se ubica la interfaz de las aplicaciones con los usuarios finales del sistema. La comunicación que procede de una capa del modelo, generalmente se da con otras tres capas; la capa inmediata superior, la capa inmediata inferior y la capa análoga (o peer) en la computadora a la que se comunicará. La siguiente figura muestra un ejemplo de comunicación entre capas:



Comunicación entre capas del modelo OSI

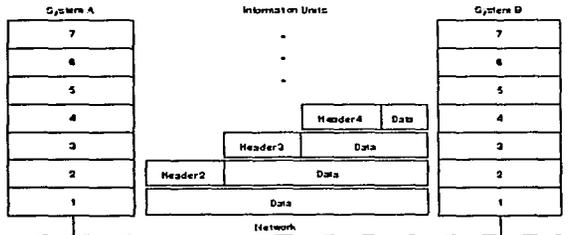
Con esta última figura se puede apreciar que a excepción de la capa más baja del modelo OSI, ninguna capa puede pasar información directamente a su contraparte en la otra computadora. La información que envía una computadora debe de pasar por todas las capas inferiores, La información entonces se mueve a través del cable de



red hacia la computadora que recibe y hacia arriba a través de las capas de esta misma computadora hasta que llega al mismo nivel de la capa que envió la información.

La interacción entre las diferentes capas adyacentes se llama interfase. La interfase define que servicios la capa inferior ofrece a su capa superior y como esos servicios son accedados. Además, cada capa en una computadora actúa como si estuviera comunicándose directamente con la misma capa de la otra computadora. La serie de las capas que se usan para la comunicación entre las capas se llama protocolo.

Las 7 capas del modelo usan información de control para comunicarse con otras capas. Esta información de control toma las formas de encabezado o colas. El encabezado es información añadida al principio de los datos, mientras que las colas consisten en información añadida al final de los mismos datos que pasan de capas superiores a capas inferiores del modelo de referencia. La siguiente figura muestra la adición de información de control entre capas:



Información entre capas

El TCP/IP es una familia de protocolos de comunicación que por su diseño permite conectar la más grande entre todas las redes existentes: Internet. El nombre más apropiado para indicar este conjunto de protocolos, es Internet Protocol Suite, es decir colección de protocolos de Internet. Los protocolos TCP/IP presentan las siguientes características o metas:

- ❖ Son estándares de protocolos abiertos y gratuitos. Su desarrollo y modificaciones se realizan por consenso, no a voluntad de un determinado fabricante. Cualquiera puede desarrollar productos que cumplan sus especificaciones.
- ❖ Independencia a nivel software y hardware Su amplio uso los hace especialmente idóneos para interconectar equipos de diferentes fabricantes, no solo a Internet sino también formando redes locales. La independencia del hardware nos permite integrar en una sola varios tipos de redes (Ethernet, Token Ring, X.25...)
- ❖ Proporcionan un esquema común de direccionamiento que permite a un dispositivo con TCP/IP localizar a cualquier otro en cualquier punto de la red.
- ❖ Son protocolos estandarizados de alto nivel que soportan servicios a los usuarios ampliamente disponibles y consistentes.

Aplicación						
Presentación	TELNET	FTP	SNMP	SMTP	DNS	HTTP
Sesión						
Transporte	TCP					
Red	IP					
Liga de Datos	802.2					X.25
	802.3	802.5	LAPB		LLC/SHAP	
Física	Ethernet	Token Ring	FDDI	Línea Síncrona WAN	SONET	

Modelo de capas TCP/IP relación con el modelo OSI.



Protocolo TCP

El TCP está estructurado en capas (niveles) y representa el sistema de transporte de Internet. El TCP se preocupa de 'empaquetar' bien todos los datos que le son suministrados por los protocolos de nivel superior; es posible que los subdivida en más partes si resultasen demasiado largos para un solo envío en red; asimismo recuerda lo que ha sido enviado, se acuerda de volver a enviarlo en el caso en que se hubiera perdido y controla que todo se realice de forma transparente para el usuario.

Protocolo IP

El IP es de más bajo nivel desde el momento, ya que TCP utiliza el IP para realizar determinadas acciones. De hecho, a pesar de que el TCP sea muy utilizado, existen protocolos que prefieren no usarlo y que para funcionar sólo necesitan las funciones que puede ofrecer incluso el más sencillo IP. La organización en capas, permite una gran eficiencia y un menor gasto de recursos.

Características de las direcciones IP:

- ❖ Longitud de 32 bits.
- ❖ Identifica a las redes y a los nodos conectados a ellas.
- ❖ Especifica la conexión entre redes.
- ❖ Se representan mediante cuatro octetos, escritos en formato decimal, separados por puntos.

Para que en una red IP las computadoras puedan comunicarse, han de estar identificadas unívocamente. La familia de protocolos TCP/IP utiliza un identificador denominado dirección Internet o dirección IP donde se identifican tanto a la red a la que pertenece una computadora como a ella misma en su red.

<i>Clases de Direcciones IP</i>			
Clases	Número de Redes	Número de Nodos	Rango de Direcciones IP
A	127	16,777,215	1.0.0.0 a la 127.0.0.0
B	4095	65,535	128.0.0.0 a la 191.255.0.0
C	2,097,151	255	192.0.0.0 a la 223.255.255.0

Bits de la dirección IP

Clase	0	1	2	3	4	8	16	24	31	
A	0	Id. de red				Id. de nodo				
B	1	0	Id. de red				Id. de nodo			
C	1	1	0	Id. de red				Id. de nodo		
D	1	1	1	0	dirección multitemisión					
E	1	1	1	1	0	reservado para usos futuros				

Tomando tal cual está definida una dirección IP podría surgir la duda de cómo identificar qué parte de la dirección identifica a la red y qué parte al nodo en dicha red. Lo anterior se resuelve mediante la definición de las "Clases de Direcciones IP". Para clarificar lo anterior veamos que una red con dirección clase A queda precisamente definida con el primer octeto de la dirección, la clase B con los dos primeros y la C con los tres primeros octetos. Los octetos restantes definen los nodos en la red específica.

En cada clase se pueden contar con un número determinado de subredes. Las subredes son redes físicas independientes que comparten la misma dirección IP (es decir aquella que identifica a la red principal). Con la máscara de dirección se consigue que, equipos que comparten el mismo identificador de red, pero se sitúan en redes físicas diferentes, puedan comunicarse usando computuertas.

Ejemplo de subredes en Direcciones IP

- ❖ Supóngase que la dirección IP de una equipo es 148.206.257.2
- ❖ La máscara de subred es 255.255.255.0
- ❖ El equipo por tanto está en la subred 148.206.257.0



Envío de datos.

El envío de datos entre dos servidores requiere mover los datos, a través de la red, hacia el servidor correcto y dentro de ese servidor hacia el usuario o proceso adecuado. Para realizar estas tareas el TCP/IP usa tres técnicas diferentes:

Direccionamiento: Las direcciones IP, que identifican de forma única cada servidor de la red, permiten el envío de datos al servidor correcto. Normalmente se usa el término inglés, *addressing*.

Routing: Los routers envían los datos a la red correcta. El término en español es enrutamiento (encauzamiento).

Multiplexión: Los números de protocolo y puerto se usan para enviar los datos al módulo de software correcto dentro del servidor. También en este caso es más frecuente el uso del término en inglés, *multiplexing*.

Hay que saber que un datagrama (*datagram*) representa cada uno de los paquetes de información que es enviado a través de la red. En caso necesario un conjunto de informaciones demasiado largo es subdividido en paquetes más pequeños (*datagramas*), que viajan individualmente en la red. Esto genera problemas, ya que en ocasiones llegan desordenados y hay que ordenarlos y pedirlos de nuevo si se extravían.

Mientras el datagrama es específico del TCP/IP y representa la mínima unidad lógica utilizable por los diversos protocolos, el paquete es una entidad física bien presente para quien administra una red de tipo Ethernet. En el caso, por lo demás muy frecuente, que en un paquete viaje un solo datagrama, la diferencia es sólo teórica pero existen también específicas configuraciones de hardware de red que utilizan paquetes de dimensión menor respecto a la del datagrama individual. Entonces sucede que un datagrama se descompone en más paquetes durante el envío a la red específica y se recompone a la llegada de forma transparente.

1.6. TECNOLOGÍAS

1.6.1 REDES LAN

Como se expuso anteriormente un protocolo es un conjunto de normas que rigen la comunicación entre las computadoras de una red. Estas normas especifican que tipo de cables se utilizan, qué tipologías se utilizarán, que topología tendrá la red, que velocidad tendrán las comunicaciones y de que forma se accederá al canal de transmisión.

Las tecnologías más populares son:

- ❖ LocalTalk
- ❖ Ethernet
- ❖ Fast Ethernet
- ❖ Token Ring
- ❖ FDDI

Local Talk

El protocolo LocalTalk fue desarrollado por Apple Computer, Inc. Para ordenadores Macintosh. El método de acceso al medio es el SCMA/CA. (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) Este método se diferencia en que el ordenador anuncia su transmisión antes de realizarla. Mediante el uso de adaptadores LocalTalk y cables UTP especiales se puede crear una red de ordenadores a través del puerto serie. El sistema operativo de estos establece relaciones punto a punto sin necesidad de software adicional aunque se puede crear una red cliente servidor con el software AppleShare.

Con el protocolo LocalTalk se pueden utilizar topologías bus, estrella o árbol usando cable UTP pero la velocidad de transmisión es muy inferior a la de Ethernet.



Ethernet

Ethernet es hoy en día el standard para las redes de área local. Ethernet se define como un modo de acceso múltiple y de detección de colisiones, es el conocido carrier sense multiple access/collision detection (CSMA/CD). Cuando una estación quiere acceder a la red escucha si hay alguna transmisión en curso y si no es así transmite. En el caso de que dos redes detecten probabilidad de emitir y emitan al mismo tiempo, se producirá una colisión pero esto queda resuelto con los sensores de colisión que detectan esto y fuerzan una retransmisión de la información.

Características técnicas:

- ❖ IEEE 802.3
- ❖ Topología de bus/ BroadCasting
- ❖ Técnica de acceso al medio CSMA/CD
- ❖ Velocidad de potadora 10Mbps

Cableado

- ❖ 10Base5 / 10Base2 /10BaseT/1Base5/1Broad36/10BaseF

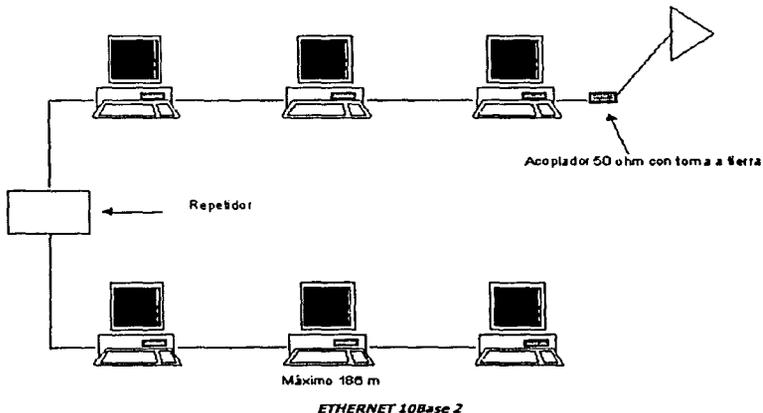
Ventajas

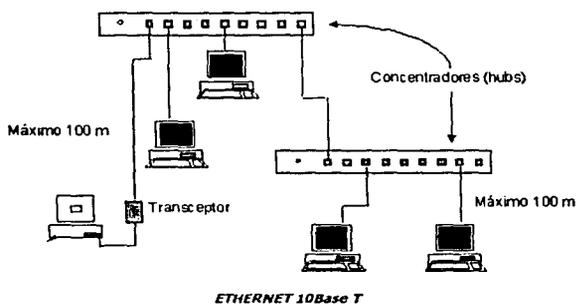
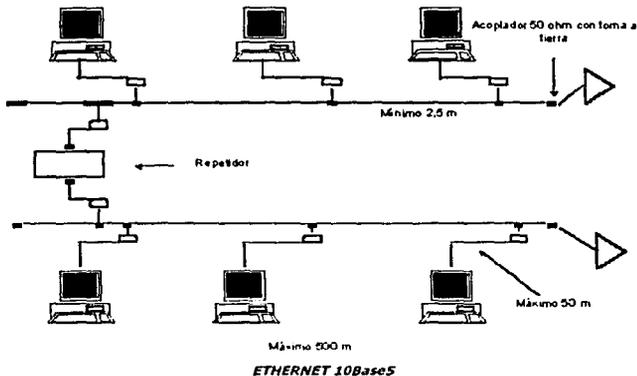
- ❖ Excelente para tráfico en ráfagas
- ❖ Equipos relativamente económicos

Desventajas

- ❖ Limitaciones topológicas
- ❖ La técnica CSMA/CD reduce el desempeño de la red
- ❖ A medida que crece el número de nodos instalados se congestiona la red

Tipo de Ethernet	VELOCIDAD (Mbps)	DISTANCIA MEDIA	TIPO DE CABLE
10 base 5	10	500 m	Coaxial Grueso
10 Base 8	10	185m	Coaxial Fino
10 Base T	10	100m	UTP





Al tratarse de una tecnología relativamente antigua (20 años), la Ethernet se ha visto en los últimos tiempos ante el difícil compromiso de evolucionar.

Las siguientes técnicas muestran esta evolución:

- ❖ Full Duplex Ethernet
- ❖ 100BASE T y Anylan
- ❖ Ethernet Síncrono
- ❖ Gigabit Ethernet



Fast Ethernet

Fast Ethernet, llamado también 100BASEX, es una extensión del estándar Ethernet que opera a velocidades de 100 Mbps, un incremento 10 veces mayor que el Ethernet estándar de 10 Mbps.

100baseFX: Opera a 100Mbps usando fibra óptica multimodo, y permite una distancia máxima de 42 metros por cable. Esta implementación usa dos hilos de fibra por cable, uno para transmisión y otro para recepción. Los conectores usados son del tipo SC, ST o MIC.

100baseSX, 100baseLX. Implementaciones físicas de ethernet a 1 Gbps que usan fibra óptica. En la implementación Sx se pueden tener distancias de hasta 440 metros, mientras que en LX las distancias pueden ser de hasta 3 kilómetros.

Características Técnicas

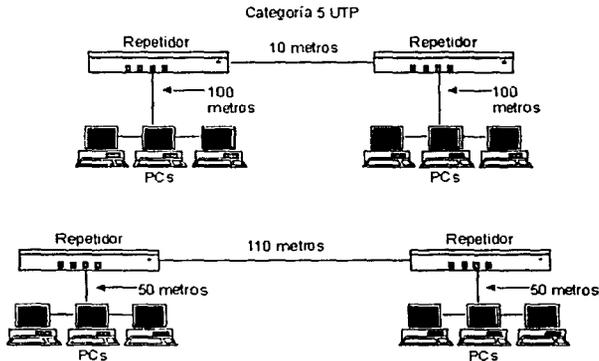
- ❖ IEEE 802.3u
- ❖ Topología de bus / Broadcasting
- ❖ Método de acceso al medio: CSMA/CD
- ❖ Velocidad de portadora 100Mbps

Cableado

- ❖ 100 Base T4 / 100 Base TX / 100 Base FX

Ventajas

- ❖ Buena velocidad para backbones económicos
- ❖ Inter operable con ethernet 10Mbps vía switching hubs.
- ❖ Equipos relativamente económicos para la velocidad a la que operan.



FAST ETHERNET

Hasta 100m entre dos dispositivos

Distancia máxima entre nodos $400 - (r \times 95)$ r: número de repetidores



Token Ring.

El protocolo Token Ring fue desarrollado por IBM a mediados de los 80. El modo de acceso al medio está basado en el traspaso del testigo o token passing. En una red Token Ring los ordenadores se conectan formando un anillo. Un testigo o token electrónico pasa de un ordenador a otro.

Cuando se recibe este testigo se está en disposición de emitir datos. Estos viajan por el anillo hasta llegar a la estación receptora. Las redes Token Ring se montan sobre topologías estrella cableada o star-wired con par trenzado o fibra óptica. Se puede transmitir Información a 4 o 16 Mbs. Esta tecnología está siendo desplazada actualmente por el auge de Ethernet.

Características técnicas

- ❖ IEEE 802.5
- ❖ Topología en anillo
- ❖ Método de acceso al medio: Token Passing
- ❖ Velocidad de portadora 4-16 Mbps

Cableado

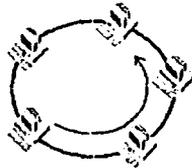
- ❖ STP/UTP/Fibra Óptica

Ventajas

- ❖ Tiempos de respuesta confiables y alto throughput
- ❖ Alto grado de flexibilidad en la topología

Desventajas

- ❖ Costo relativamente alto
- ❖ No puede haber más de 250 estaciones por LAN



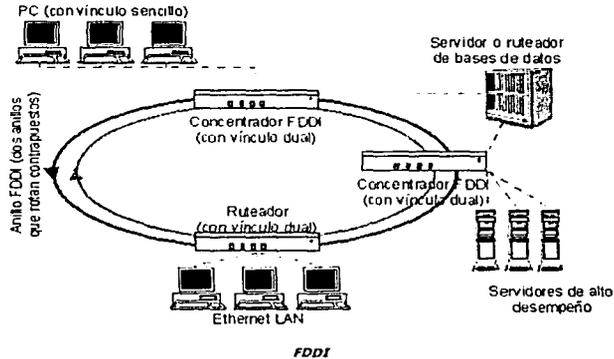
TOKEN RING



FDDI

La interfaz de distribución de datos por fibra óptica (FDI) usa fibra óptica como principal medio de transmisión, permitiendo distancias de 2 kms usando fibra multimodo y de distancias aún mayores usando fibras monomodo, los tipos de conectores usados son MIC. El estándar ANSI X3T9.5 para FDDI especifica una velocidad de 100 Mbps.

FDDI utiliza dos fibras, las cuales transmiten información en sentidos opuestos formando dos anillos. En operación normal, sólo un anillo es usado para la transmisión de información a 100Mbps, quedando el otro como respaldo en caso de alguna falla. Los dispositivos llamados "Dual Station Attachment" o DAS, tienen conexión a ambos anillos y son capaces de conectar ambos anillos para dar continuidad a la conectividad de las estaciones en caso de falla de alguna fibra o dispositivo. Los dispositivos "Single Attachment Station" o SAS son concentrados por un "Dual Attachment Concentrator" o DAC para su conexión al anillo principal.



Características

- ❖ MAC: Token Passing con dos anillos
- ❖ Distancia máxima entre estaciones: 2Km
- ❖ Gran tolerancia a fallas

Cableado

- ❖ UTP 5
- ❖ Fibra Óptica

Resumen Tecnologías de redes LAN

Protocolo	Cable	Velocidad	Topología
Ethernet	Par Trenzado	10 Mbps	Bus
	Coaxial		Star
	Fibra Óptica		Tree
Fast Ethernet	Par Trenzado	23 Mbps	Bus
	Fibra Óptica		Star
Local Talk	Par Trenzado	23 Mbps	Bus
			Star
Token Ring	Par trenzado	4 Mbps –	Star
		16 Mbps	Wired Ring

1.6.2 **REDES WAN**

Ofrecen servicios para interconectar Redes de computadoras que van desde los enlaces de datos sencillos y a baja velocidad que funcionan basándose en la Red pública de telefonía hasta los complejos servicios de alta velocidad (como Frame Relay y SMDS- Synchronous Multimegabit Data Service.) adecuados para la interconexión de las LAN. Estos servicios de datos a alta velocidad suelen denominarse conexiones de banda ancha. Se prevé que proporcione los enlaces necesarios entre LAN para hacer posible lo que han dado en llamarse autopistas de la información.

En conclusión una Red WAN es una Red en la cual pueden transmitirse datos a larga distancia, interconectando redes entre diferentes localidades de un país. En estas redes por lo general se ven implicadas las compañías telefónicas.

Tipos De Redes

Las redes según sea la utilización por parte de los usuarios puede ser: exclusiva o compartida.

Redes dedicadas o exclusivas.

Son aquellas que por motivo de seguridad, velocidad o ausencia de otro tipo de red, conectan dos o más puntos de forma exclusiva. Este tipo de red puede estructurarse en redes punto a punto o redes multipunto.

- ❖ Redes punto a punto.- Permiten la conexión en línea directa entre terminales y computadoras.
- ❖ La ventaja de este tipo de conexión se encuentra en la alta velocidad de transmisión y la seguridad que presenta al no existir conexión con otros usuarios. Su desventaja sería el precio muy elevado de este tipo de red.
- ❖ Redes multipunto.- Permite la unión de varios terminales a su correspondiente computadora compartiendo una única línea de transmisión. La ventaja consiste en el abaratamiento de su costo, aunque pierde velocidad y seguridad.
- ❖ Este tipo de redes requiere amplificadores y difusores de señal o de multiplexores que permiten compartir líneas dedicadas.

Redes compartidas

Son aquellas a las que se une un gran número de usuarios, compartiendo todas las necesidades de transmisión e incluso con transmisiones de otras naturalezas. Las redes más usuales son las de conmutación de paquetes y las de conmutación de circuitos.

- ❖ Redes de conmutación de paquetes.- Son redes en las que existen nodos de concentración con procesadores que regulan el tráfico de paquetes.
- ❖ Paquete.- Es una pequeña parte de la información que cada usuario desea transmitir. Cada paquete se compone de la información, el identificador del destino y algunos caracteres de control.
- ❖ Redes de conmutación de circuitos.- Son redes en las que los centros de conmutación establecen un circuito dedicado entre dos estaciones que se comunican.

Otro concepto relacionado con las redes compartidas son las redes abiertas; este concepto comienza a ser de peso con la aparición de las primeras LAN. Comienza a pensarse en dos sentidos que finalmente se fusionarán. Primero como una transmisión de datos entre redes hacia fuera, es decir ampliando la capacidad de distribución a nivel mundial. Segundo como la posibilidad de interconectar redes independientes, de distintas dimensiones y con propósitos distintos.



Redes digitales de servicios integrados(RDSI)

Se basan en desarrollos tecnológicos de conmutación y transmisión digital. La RDSI es una red totalmente digital de uso general capaz de integrar una gran gama de servicios como son la voz, datos, imagen y texto.

La RDSI requiere de la instalación de centrales digitales.

Las redes según los servicios que satisfacen a los usuarios se clasifican en:

- ❖ Redes para servicios básicos de transmisión.- Se caracterizan por dar servicio sin alterar la información que transmiten. De este tipo son las redes dedicadas, la red telefónica y las redes de conmutación de circuitos.
- ❖ Redes para servicios de valor agregado.- Son aquellas que además de realizar la transmisión de información, actúan sobre ella de algún modo.

Pertenecen a este tipo de red: las redes que gestionan mensajería, transferencia electrónica de fondos, acceso a grandes bases de datos, videotex, teletex, etc.

Las redes según el servicio que se realice en torno a la empresa puede subdividirse en:

- ❖ Redes intraempresa.- Son aquellas en las que el servicio de interconexión de equipos se realiza en el ámbito de la empresa.
- ❖ Redes interempresa.- Son las que proporcionan un servicio de interconexión de equipos entre dos o más empresas.

Las redes según la propiedad a la que pertenezcan pueden ser:

- ❖ Redes privadas.- Son redes gestionada por personas particulares, empresas u organizaciones de índole privado. A ellas sólo tienen acceso las terminales de los propietarios.
- ❖ Redes públicas.- Son las que pertenecen a organismo estatales, y se encuentran abiertas a cualquier usuario que lo solicite mediante el correspondiente contrato.

Ej.: Redes telegráficas, redes telefónicas, redes especiales para transmisión de datos.

Frame Relay

El Frame Relay (retransmisión de tramas) es un servicio orientado a la conexión, para mover datos de un nodo a otro a una velocidad razonable y bajo costo. El Frame Relay puede verse como una línea virtual rentada. El usuario renta un circuito virtual permanente entre dos puntos y entonces puede enviar tramas o frames (es decir, paquetes) de hasta 1600 bytes entre ellos. Además de competir con las líneas rentadas, el Frame Relay compete con los circuitos virtuales permanentes de X.25.

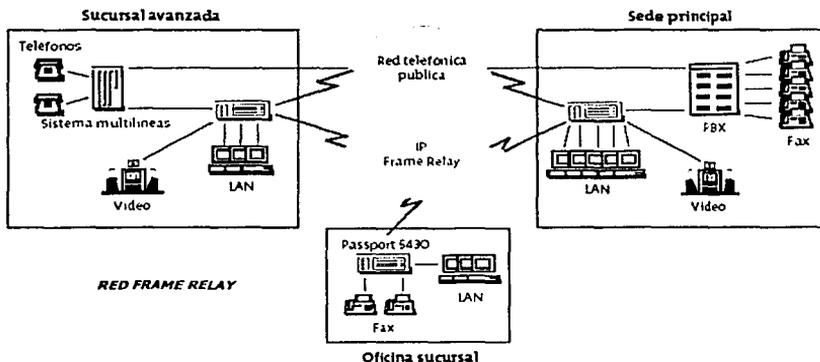
Frame Relay es una tecnología para redes de área amplia (WAN) que surge de la necesidad de construir un protocolo que requiera mínimo procesamiento de los nodos de conmutación.

El principio de Frame-Relay es dividir el nivel de enlace en dos subniveles con el fin de incrementar el desempeño y la velocidad de la red. Pero, al igual que X.25, aunque de una manera diferente (debido a esa división de la capa) Frame-Relay utiliza el protocolo HDLC lo que hace que aunque se disminuya el retardo en los puntos de enlace se siga teniendo cierta demora en los mismos.

Las dos características más destacadas entre los usuarios de Frame Relay son:

- ❖ Ellos tienen una red que interconecta LANs usando routers para circuitos alquilados o de ancho de banda controlado y están buscando reducción de costos o el crecimiento de la red.
- ❖ Las redes están basadas en topología de estrella.

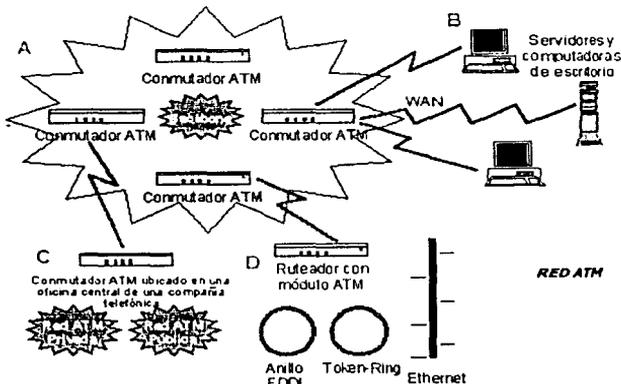




ATM

ATM (Asynchronous Transfer Mode) Modo de Transferencia Asíncrono. Es un conjunto de estándares internacionales para la transferencia de datos, voz y video por medio de una red a muy altas velocidades. Puesto que opera a velocidades que van desde 1.5 Mbps hasta 1.5 Gbps, ATM incorpora parte de los estándares Ethernet, Token Ring y FDDI para la transferencia de datos, es una tecnología de transmisión orientada a la conexión que trabaja con unidades de datos de longitud fija (de 53 bytes) llamadas celdas. Cada celda ATM está constituida por una cabecera de 5 bytes que transporta la información de control y por un cuerpo de 48 bytes constituido por información útil (de usuario, de gestión, etc.).

En una red ATM las comunicaciones se establecen a través de un conjunto de dispositivos intermedios llamados switches. Por lo tanto ATM es una tecnología de switching. ATM es el complemento de STM (Modo de Transmisión Síncrona). El STM es usado en las redes de telecomunicaciones para transmitir paquetes de datos y voz a lo largo de grandes distancias. La red se basa en la tecnología de conmutadores donde una conexión se establece entre dos puntos antes de que empiece la transmisión de datos. De esta forma, los puntos finales localizan y reservan un ancho de banda para toda la conexión.



1.6.3 RESUMEN DE TECNOLOGIAS

En el siguiente cuadro se presenta un resumen de los aspectos expuestos en este capítulo respecto Redes:

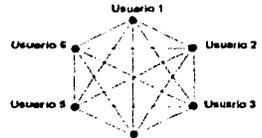
Extensión Geográfica	Topologías	Protocolos	Tecnologías o Arquitectura	Método de Acceso
LAN	Bus	FTP	LAN	CSMA/CD
MAN	Anillo	HTTP	Local Talk	Token Passing
WAN	Estrella	IPX/SPX	Ethernet	Token Bus
	Jerárquica o árbol	NFS	Fast Ethernet	
	Malla	POP3	Token Ring	
		TCP/IP	FDDI	
		SCP	WAN	
			Frame Relay	
			ATM	

Capítulo 2. REDES Y SERVICIOS DE BANDA ANCHA



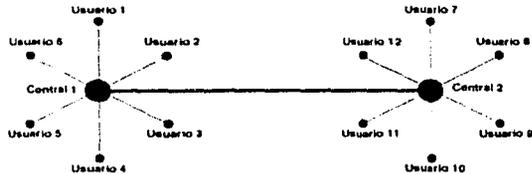
2.1. GENERALIDADES

La red telefónica básica se creó para permitir las comunicaciones de voz a distancia. En sus inicios (1876 - 1890), los enlaces entre los usuarios eran punto a punto, por medio de un par de cobre (en un principio un único hilo, de hierro y después de cobre, con el retorno por tierra) entre cada pareja de usuarios. Esto dio lugar a una topología de red telefónica completamente en malla, tal y como se muestra en la siguiente figura



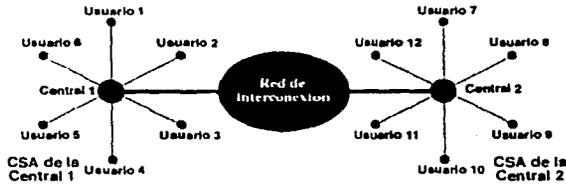
Conexión mediante una red en malla

Si se hacen las cuentas, esta solución se ve que es claramente inviable. Si se quiere dar servicio a una población de N usuarios, con este modelo en malla, harían falta $N \times (N - 1) / 2$ enlaces. Por esa razón se evolucionó hacia el modelo en el que cada usuario, por medio de un par de cobre se conecta a un punto de interconexión (central local) que le permite la comunicación con el resto.



Conexión mediante una red en estrella

La estructura de la red telefónica mostrada en la figura anterior es la que básicamente hoy se sigue manteniendo. Lo único es que la interconexión entre las centrales se ha estructurado jerárquicamente en varios niveles dando lugar a una red de interconexión. De este modo, la red telefónica básica se puede dividir en dos partes: la red de acceso y la red de interconexión



Estructura de la red telefónica

El bucle de abonado es el par de cobre que conecta el terminal telefónico del usuario con la central local de la que depende. El bucle de abonado proporciona el medio físico por medio del cual el usuario accede a la red telefónica y recibe el servicio telefónico. La red de interconexión es la que hace posible la comunicación entre usuarios ubicados en diferentes áreas de acceso (CSAs).

Como ya se indicó, la red telefónica básica se diseñó para permitir las comunicaciones de voz entre los usuarios. Las comunicaciones de voz se caracterizan porque necesitan un ancho de banda muy pequeño, limitado a la banda de los 300 a los 3.400 Hz, es decir, la red telefónica es una red de comunicaciones de banda estrecha.

La red de interconexión ha ido mejorando progresivamente, tanto en los medios físicos empleados, como en los sistemas de transmisión y equipos de conmutación que la integran.

Los medios de transmisión han evolucionado desde el par de cobre, pasando por los cables coaxiales, hasta llegar a la fibra óptica, un medio de transmisión con capacidad para transmitir enormes caudales de información. Los sistemas de transmisión han pasado de sistemas analógicos de válvulas electrónicas hasta llegar a sistemas de transmisión digitales. Por último, la capacidad de los equipos de conmutación empleados ha ido multiplicándose hasta llegar a centrales de conmutación digitales con capacidad para conmutar decenas de miles de conexiones de 64 Kbps.

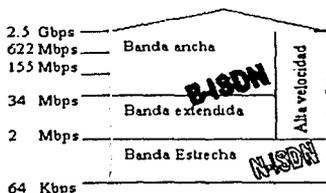
Todos estos avances y la creciente demanda de servicios de telecomunicaciones por parte de los usuarios, ha llevado a contemplar un nuevo tipo de tecnología denominado Banda Ancha que permite transmitir por un solo medio físico diversos canales de información como voz, datos y video simultáneamente y de forma automática a una velocidad que puede oscilar entre los 256 y 1024 Kbps.

Un primer paso, hacia una sola red universal, es la introducción de la ISDN (RDSI-BE Red Digital de Servicios Integrados de Banda Estrecha) sobre la cual la voz y datos son transportados sobre un sólo medio. Esta red no puede transmitir señales de TV debido a sus capacidades limitadas de ancho de banda, por lo tanto, aún se requiere de una red especial para TV. Sin embargo, dentro de la misma red de datos, existirá todavía por un buen tiempo una subred de conmutación de paquetes y una de conmutación de circuitos como dos redes sobrepuestas incapaces de transportar otros tipos de tráfico y cada una dimensionada ya sea para voz o para datos X.25.

El progreso de las tecnologías de la transmisión de información tiene pocos campos de la tecnología que lo puedan igualar. El aumento de las prestaciones de los sistemas de comunicación de datos es realmente espectacular, de varios ordenes de magnitud en los últimos años. Los factores clave de este progreso son:

- el uso universal de la tecnología digital en las redes públicas de telecomunicaciones,
- la madurez de la fibra óptica como medio de transmisión de alta capacidad, y
- la adopción universal de algunos protocolos (CSMA/CD-Ethernet, o TCP/IP), en Internet.

En cuanto a las velocidades en las que se opera el concepto de banda ancha para algunos entes normalizadores, incluyendo la CCITT (Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía de la UIT), la banda ancha comprende las velocidades superiores a 2048 kbit/s (miles de bit por segundo) llamada también alta velocidad. En cambio para otros, señalan que la banda ancha comprende el rango de velocidades superiores a 34 Mbit/s (millones de bits por segundo). En este caso se considera que las velocidades entre 2048 kbit/s y 34 Mbit/s se les llamará banda extendida por el hecho de que las velocidades hasta 2048 kbit/s se les llama RDSI de banda estrecha (N-ISDN del inglés.)



□ Visión de la UIT-1.

Evolución de las redes.

En la tabla siguiente se presenta un resumen en forma cuantitativa y cualitativa de las diferencias entre redes de velocidad estándar y las redes de alta velocidad. Los datos numéricos son orientativos.

	<i>Velocidad estándar</i>	<i>Alta velocidad</i>
Paquetes por segundo	Miles	Millones
Ancho de banda	64 Kbps – 2 Mbps	150-620 Mbps
Asignación de banda	Fija	Dinámica
Tipos de tráfico	Datos (voz)	Multimedia
Retardo por conmutación	20-50 ms	10 ms
Retardo por propagación	Insignificante	Significativo
Control de errores	Enlace a enlace	Extremo a extremo
Cuello de botella	Ancho de banda de los enlaces	Capacidad (ancho de banda) de conmutación

2.2. MODOS DE TRANSFERENCIA

Es interesante analizar los últimos años de historia para descubrir las razones básicas por las cuales algunos "Modos de Transferencia" han sido muy exitosos en el pasado y algunos otros nunca lo fueron.

Telegrafía: El primer "Modo de Transferencia" usado en el mundo de las Telecomunicaciones fue una especie de "Conmutación de Paquetes". De esta manera en Telegrafía un "paquete" (el mensaje, en este caso) era transmitido de estación en estación por relevo. Este paquete también contenía la dirección del origen y del destino además del contenido del mensaje. Este tipo de técnica de "conmutación de paquetes" estaba sujeto a las limitaciones tecnológicas de ese periodo, que se reducían al uso de algunos cables y la llave generadora de pulsos. Básicamente, se hacía uso de la inteligencia de cada operador humano para decidir que se hacía con cada mensaje individual. Es interesante el hacer notar que el modo en que cada mensaje es codificado es más o menos digital, puesto que sólo era posible el uso de valores discretos (pulsos cortos y largos).

Telefonía: El siguiente "Modo de Transferencia", introducido a finales del siglo pasado fue la "Conmutación de Circuitos", para ser usado por los operadores de "Telefonía Pública", es decir el servicio de telefonía clásica. En esta aplicación el circuito es establecido por la duración completa de la conversación.

Dos razones poderosas han forzado la introducción de este "Modo de Transferencia":

- ❖ El uso de una estación de relevo como en las aplicaciones de telegrafía (como si fuera un operador repitiendo toda la conversación) es poco práctico puesto que no solo inhibe el contacto directo entre dos interlocutores sino que reduce la exactitud del mensaje recibido en el destino.
- ❖ La existencia del terminal telefónico no requirió más de la codificación de la señal en digital puesto que esta podía ser transmitida en forma analógica. El único requisito, era que en algún lugar de la red, uno o más "switches" se cerraran para que de esta manera se estableciera un circuito punto a punto y permitiera que la señal viaje del origen al destino.

En una etapa inicial, el cierre de este circuito era realizado manualmente por un operador. Con la llegada de los switches automáticos, el cierre o apertura de este switch era controlado mecánicamente. Posteriormente la apertura y cierre de este switch fue electromecánica y finalmente electrónica. A pesar de los avances tecnológicos en el manejo de estos switches, no varió el modo de transferencia de conmutación usado por el servicio de telefonía pública, es decir la conmutación de circuitos. No había ninguna razón suficiente para cambiar el modo de transferencia de una red que sólo transmite voz, puesto que los únicos requerimientos del servicio telefónico es mantener cerrado un circuito (conexión) durante todo el tiempo que dura la conversación.

Datos: Cuando los requerimientos de interconexión de computadoras y terminales aparecieron como una aplicación para las redes de telecomunicación, se utilizó originalmente la red telefónica de conmutación de circuitos existente. Se requería de módems para convertir la señal digital de la computadora a señal analógica de la línea telefónica; incluso ahora, un gran porcentaje de las conexiones entre terminales y computadora siguen utilizando la red telefónica.



El hecho de utilizar la línea telefónica es obvio, pues se trata de aprovechar una red ya existente. Sin embargo, puesto que las aplicaciones de datos son típicamente a ráfagas (la transmisión de datos se da solamente en intervalos cortos de tiempo), la conmutación de circuitos no es la solución ideal.

Desde los sesenta la gente empezó a darse cuenta de que existían mejores soluciones especialmente adaptadas para las aplicaciones de datos, con su carácter de ráfagas. Inicialmente se consideraron como candidatos dos técnicas de transferencia: conmutación de circuitos y conmutación de paquetes. Las dos propuestas fueron trabajadas y estandarizadas por el CCITT (La norma X.21 para conmutación de circuitos y la X.25 para conmutación de paquetes). La naturaleza impulsiva o de ráfagas de las fuentes de datos promovió el éxito de la conmutación de paquetes la cual esta disponible ahora en más países. Esto significa, que en una red de conmutación de paquetes los recursos se utilizan solo cuando realmente se transfiere información, mientras que en una red de conmutación de circuitos los recursos se están ocupando durante la conexión completa (incluyendo también los periodos donde no hay transmisión de información).

2.2.1 REQUERIMIENTOS DE FUNCIONAMIENTO

En la futura red de banda ancha, tienen que soportarse un número muy grande de servicios. Entre estos, hay servicios de baja velocidad, como telemetría, telecontrol, tele alarmas, voz, fax, datos a baja velocidad,... de mediana velocidad, como sonido hifi, video telefonía, datos a velocidad alta,... y los de muy alta velocidad como la distribución de video de alta calidad, video bajo demanda, etc. Por lo tanto, el modo de transferencia para esta futura red no puede ser diseñado específicamente en función de un determinado servicio.

Es preferible la instalación de una sola red que sea capaz de transferir todo tipo de servicios, que la instalación de una red por cada tipo de servicio, y esto se debe a que será muy costoso el desarrollo, instalación y mantenimiento de redes superpuestas para cada servicio. Adicionalmente se tendrían que proporcionar servicios de interfuncionamiento entre las diversas redes, lo que hace que la solución de usar redes especializadas es aún más problemático. Por lo tanto, se debe definir una sola Red Universal de Banda Ancha, capaz de satisfacer todos los requerimientos de servicios existentes y aún los que se espere que aparezcan en un futuro próximo.

Para poder definir el modo de transferencia que se deberá utilizar, es muy importante el entender las características de los servicios existentes y los requerimientos del modo de transferencia que resulten más óptimos. Para anticipar un servicio futuro desconocido debemos tratar de caracterizar un servicio tan general como sea posible.

En vez de usar tan solo la información de *bit rate* (Régimen Binario) generado, es más genérico el caracterizar los servicios por un natural *information rate* (Régimen natural de información). Este es un régimen al que la fuente está generando información sin que haya limitaciones en términos de funcionalidad y costo de la red de telecomunicaciones. El régimen natural de información de cada fuente (por ejemplo, voz, video,...) es muy dependiente de la técnica de codificación y compresión utilizada, y por lo tanto también del estado de arte del procesamiento de señal y tecnología con la factibilidad económica relativa.

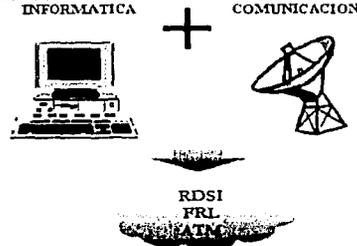
2.2.2 MULTIPLEXACION ESTADÍSTICA

Es necesario caracterizar las distintas fuentes de información en términos estadísticos fdp (es decir en términos de la función densidad de probabilidad), dado que gran parte de los procesos en un sistema ATM hacen uso de los recursos necesarios, lo que se determina en términos estadísticos (el ancho de banda asignado a un enlace donde se multiplexan estadísticamente muchas fuentes de tráfico, el control de admisión de la red para asegurar los recursos disponibles y un nivel de Calidad de Servicio determinado, etc.) necesarios para la interoperabilidad.



2.3. TECNOLOGIAS

En general un sistema de comunicaciones esta integrado por la información y un medio de comunicación que interactúan por medio de alguna tecnología. En el caso particular de los sistemas de banda ancha lo podemos representar mediante la siguiente ilustración.



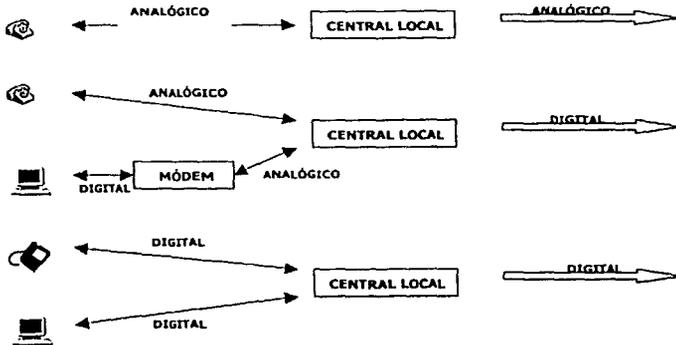
Convergencia de la Informática y las comunicaciones

En donde el medio de comunicación son redes abiertas por las tecnologías de transmisión y conmutación y, por otro lado, se debe contar con potencia en los dispositivos Informáticos.

Las tecnologías más importantes en el ámbito de las redes de banda ancha son RDSI-B, Frame Relay y ATM, ya que son las pioneras en este aspecto y han tenido un rápido camino de desarrollo y aceptación en el mercado mundial.

2.3.1 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS. RDSI

RDSI es una red de área extensa. En la siguiente figura se presenta la evolución de las redes telefónicas que ha conducido hacia la RDSI.



Evolución de las redes telefónicas



La evolución ha sido la siguiente:

- ❖ Se parte de una red totalmente analógica.
- ❖ El primer paso ha sido la digitalización de los elementos de conmutación de la red y de las arterias de transmisión. Es lo que se denomina Red Digital Integrada (RDI).
- ❖ El paso siguiente es la digitalización del elemento de unión entre la central telefónica y el domicilio del usuario, con lo que se consigue una vía de conexión digital entre el usuario y la red y, por lo tanto, entre los usuarios extremos de cada comunicación. Esto proporciona la posibilidad de ofrecer muchos y variados servicios.

El tratamiento único e integrado de todos estos servicios en una única red, precisa de un importante intercambio de información de control y señalización entre los usuarios y la red y entre los nodos de la red; lo que conlleva la adopción de mecanismos de señalización adecuados que se tratan más adelante.

La UIT-T (cuando se denominaba CCITT) define la RDSI como *una red evolucionada de la red de telefonía integrada digital extremo a extremo para dar soporte a una amplia gama de servicios, a los cuales los usuarios tienen acceso a través de un conjunto limitado de interfaces estándar multipropósito.*

El concepto extremo a extremo significa que RDSI es una tecnología diseñada para digitalizar hasta el último metro, es decir, lleva la red digital hasta el abonado, fábrica u oficina. Pero a pesar de que RDSI no ha alcanzado el desarrollo universal esperado, se encuentra ya en su segunda generación.

La primera generación, a la que a veces se llama RDSI de banda estrecha, RDSI-BE, (Narrowband ISDN) es una red que procede por evolución de la red telefónica existente, basada en conexiones por conmutación de circuitos a 64 Kbps, que ofrece conexiones digitales extremo a extremo, proporcionando múltiples servicios: voz, imagen, texto, datos. Sigue una arquitectura estándar internacional definida en las recomendaciones UIT-T y de ISO, y dispone de múltiples canales duplex de información; así como de un canal común de señalización.

La segunda generación denominada RDSI de banda ancha, RDSI-BA, (BISDN, Broadband ISDN) soporta velocidades de transmisión muy altas, cientos de Mbps y está basada en la tecnología ATM (Asynchronous Transfer Mode) o Modo de Transferencia Asíncrono.

Los servicios RDSI

La serie de recomendaciones UIT-T I.200, conocidas como capacidades de servicio, proporciona una clasificación y un método de descripción de los servicios de telecomunicaciones soportados por RDSI. Estas recomendaciones recogen servicios existentes y definen algunos adicionales. Su propósito es proporcionar un marco común para examinar estos servicios y exponer los requisitos de usuario para RDSI. No imponen guías de configuración o implementación; es decir, no definen el modo en el que servicio debe ser suministrado.

UIT-T define tres tipos de servicios: Servicios portadores, Teleservicio y Servicios Suplementarios.

- ❖ Los Servicios Portadores proporcionan los medios para transmitir información (voz, datos, video,...) entre usuarios en tiempo real y sin alteración del contenido del mensaje. Son los que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación de red definidos. Entre ellos podemos citar la telefonía digital y la transmisión digital de datos.
- ❖ Los Teleservicios combinan la función de transporte con la de procesamiento de la información. Emplean servicios portadores para transmitir los datos y, además, proporcionan un conjunto de funciones de alto nivel. Un ejemplo de teleservicio es el correo electrónico.
- ❖ Tanto los servicios portadores como los teleservicios pueden ser ampliados mediante los servicios suplementarios. Por definición, los servicios suplementarios se ofrecen como complemento a los anteriores, no independientemente. Comprenden funciones como llamada abreviada, identificación de llamada entrante, conferencia entre varios usuarios, etc.

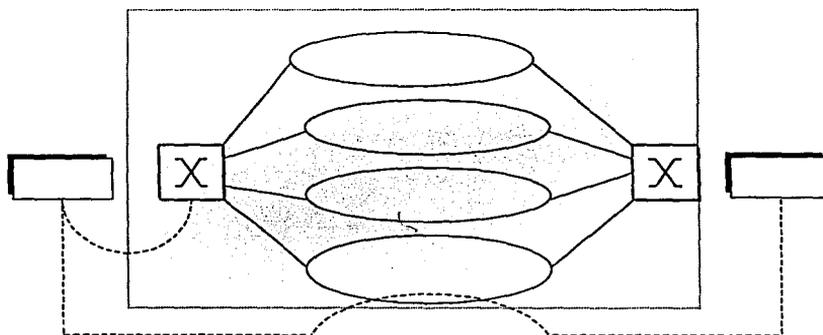


Arquitectura de RDSI-BA (ATM)

Para reunir los requisitos para vídeo de alta resolución, se necesitan velocidades de 150 Mbps, además, para poder ofrecer uno o más servicios interactivos y distribuidos se necesita una velocidad de línea de abonado de 600 Mbps. La única tecnología que permite estas velocidades es la fibra óptica. Por tanto la introducción de la RDSI-BA depende del ritmo de introducción del bucle de abonado de fibra. El dispositivo de conmutación debe soportar un amplio rango de velocidades diferentes y de parámetros de tráfico. Por eso se utiliza una tecnología de conmutación de paquetes rápidos que admite fácilmente el protocolo ATM.

Arquitectura funcional

En la siguiente figura vemos la arquitectura funcional de RDSI-BA:



Arquitectura funcional de la RDSI-BA

RDSI-BA debe dar soporte a todos los servicios de transmisión a 64 Kbps que son admitidos por RDSI-BE para facilitar la conexión de RDSI-BE a RDSI-BA.

El control de RDSI-BA se basa en señalización de canal común. Se usa un SS7 (sistema de señalización número 7) mejorado para admitir capacidades suplementarias de red de mayor velocidad.

En cuanto al protocolo de señalización, dos son los organismos que han definido estándares utilizados en ATM. El ITU-T definió el estándar Q.2391, versión mejorada del Q.391 utilizado en RDSI-BE. Por otro lado, el ATM FORUM (asociación de fabricantes) propuso la señalización UNI 3.0, basada precisamente en el Q.2391, que permite la interoperatividad entre distintos fabricantes.

Las diferencias entre Q.391 y Q.2391 son:

- ❖ En Q.2391 no existe un canal común para la señalización, sino un canal virtual independiente para cada terminal.
- ❖ Se negocia una conexión de canal virtual entre extremos de la comunicación.



Ventajas de RDSI

- ❖ Comunicaciones telefónicas sobre enlaces completamente digitales.
- ❖ Comunicaciones telefónicas con transmisión simultánea de señales de datos, texto e imágenes.
- ❖ Capacidad de intercambio de información en ambas direcciones en forma simultánea (Full Duplex)
- ❖ Evolución de las velocidades de transmisión de la información, pues la conexión al usuario puede realizarse a 64 kbps o hasta 2048 Mbps
- ❖ Ampliar las posibilidades de conexión de terminales a la red telefónica, ya que se pueden conectar al mismo par con servicio RDSI hasta 8 tipos de terminales de comunicación diferentes.
- ❖ Posibilidad de conexión a redes múltiples.
- ❖ Estos enlaces en fibra óptica son los más baratos que existen en la actualidad.

2.3.2 MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO. ATM

La proliferación de redes y servicios hace necesario plantearse un sistema integrado, aplicable a todos, que evite la problemática derivada de la diversificación actual. Se requiere un sistema de transferencia multipropósito que debe funcionar con todo tipo de servicio, tráfico y demanda, opere sobre todas las distancias y alcance velocidades de gama muy elevada hasta los Gbps.

Entre los problemas que surgen de la dispersión de arquitecturas existentes en la actualidad están los siguientes:

- ❖ Las LAN, WAN y MAN utilizan arquitecturas heterogéneas; básicamente acceso al medio compartido y no orientado a conexión en las LAN y MAN, y conmutación de paquetes o circuitos, orientados a conexión en las WAN.
- ❖ Las MAN han propiciado la aparición de nuevos protocolos, muchas veces derivados pragmáticamente de los ya existentes. Es el caso, en cierto modo, de FDDI.
- ❖ Las arquitecturas de redes WAN se han diseñado en sus orígenes para redes con baja fiabilidad y relativamente baja capacidad de ancho de banda. Esto hace que los sistemas operen con los enlaces muy cargados y con sofisticados métodos de control de error y de control de flujo, como es el caso de X.25.

Frame Relay mejora la situación, reduciendo los procesos en los nodos de conmutación y permitiendo mayores velocidades de acceso.

- ❖ RDSI-BE aparte de clásica red telefónica conmutada, es el único tipo de red que ha sido diseñado específicamente para la transmisión de tráfico isócrono, por lo que permite la integración de datos, audio e imagen estática y animada. Sin embargo, al ser una tecnología TDM síncrona presenta el grave inconveniente del desaprovechamiento del ancho de banda para los servicios con demanda variable de tráfico

Para solucionar los problemas ya mencionados e integrar los nuevos servicios demandados se requiere de un nuevo concepto de transferencia que presente las siguientes características:

- ❖ Funcionar en entornos LAN, MAN y WAN, y poder utilizar las posibilidades de tecnología de fibra, que proporcione independencia de la distancia y un ancho de banda ilimitado. Funcionar con la base instalada de cable de pares, particularmente UTP.
- ❖ Funcionar con el tráfico integrado de datos/audio/video.
- ❖ Cubrir una amplia gama de velocidades hasta Gbps.
- ❖ Estar diseñado para redes de alta confiabilidad. En la actualidad, tecnologías como la fibra proporciona una tasa de errores entre 10^{-12} y 10^{-15} ; por lo cual los protocolos de red no tienen que encargarse del control de error y del control de flujo, ya que estos pueden realizarse extremo a extremo en los equipos terminales, por los protocolos de nivel superior.
- ❖ Basarse en conceptos de conmutación de alta velocidad. La tendencia es que la conmutación se realice por hardware y con celdas de longitud fija, para que pueda ser transportado el tráfico sensible al retardo como la voz y la imagen animada.

Es así como surge el concepto de ATM (Asynchronous Transfer Mode, Modo de Transferencia Asíncrono).



Características

En esencia, las características más significativas de las redes ATM son su capacidad de integración de diversos tipos de tráfico, la asignación dinámica y flexible del ancho de banda, la optimización del compromiso entre *caudal y latencia* y la ganancia estadística, es decir, su capacidad de optimizar la relación entre *la suma de las velocidades de pico de las fuentes y la velocidad del enlace*. Es por ello que ATM es considerada como la solución universal para redes de banda ancha.

Sus principales características son:

- ❖ Diseñado para todo tipo de tráfico: voz, datos, imagen, video, gráficos y multimedia.
- ❖ Compatibilidad: ATM no está basado en un tipo específico de transporte físico. Es compatible con las actuales redes físicas. ATM puede ser implementado sobre par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.
- ❖ Escalabilidad: Permite incrementar el ancho de banda y la densidad de los puertos dentro de las arquitecturas existentes. Esto simplifica el diseño y la administración de las redes, permitiendo a su vez la integración con las redes existentes.
- ❖ Operación por conmutación de paquetes, si bien se utilizan paquetes de longitud fija (48 octetos de información y 5 octetos de control) denominados células. Esta opción de células de tamaño fijo permite el uso de nodos de conmutaciones a velocidades muy altas.
- ❖ Velocidad: Capacidades escalables de 34, 45, 100, 155, 622, 2488 Mbps
- ❖ Orientado a conexión al nivel más bajo. La información se transfiere por canales virtuales asignados durante la duración de la conexión.
- ❖ La asignación del ancho de banda se realiza en función de la demanda de envío de tráfico.
- ❖ La multiplexación estadística del sistema ATM (también conocida como asignación bajo demanda) permite aprovechar todos los recursos disponibles; es decir si un usuario/a no tiene nada que transmitir en un momento determinado su canal queda desaprovechado y pasa a ser utilizado por otro usuario/a que tiene que transmitir mucha información.
- ❖ No se realiza control de errores en el campo de datos ni control de flujo en la red ATM. Con ello se maximiza la eficiencia.
- ❖ Proporciona transparencia temporal, es decir, pequeñas variaciones de retardo entre las señales de la fuente y el destino. Por ello permite la transferencia de señales isócronas.
- ❖ Las células se transmiten a intervalos regulares; si no hay información se transmiten células no signadas.
- ❖ Se garantiza que las células llegan a su destino en el mismo orden en que fueron transmitidas.
- ❖ Despliegue Universal: Adaptable para LAN (Redes de área Local) y WAN (Redes de área extensa)
- ❖ Largo periodo de vida de la arquitectura: los sistemas de información y las industrias de telecomunicaciones se están centrando y están estandarizando el ATM. ATM ha sido diseñado desde un principio para ser flexible en: distancias geográficas, número de usuarios/as, acceso y ancho de banda (hasta ahora las velocidades de transmisión varía de Megas a Gigas).

Los cinco octetos de control de la célula constituyen la cabecera que contiene información que pueden ser identificadores, que se utilizan para la identificación de las conexiones y encaminamiento, entre otros fines.

El tamaño de la célula de 48 octetos se deriva de un compromiso entre una serie de características deseables para cada tipo de tráfico. Desde el punto de vista de la transmisión de datos, es aconsejable que las células tengan tamaños grandes para evitar una excesiva segmentación; hasta 64 octetos como tamaño mínimo razonable. Sin embargo, para las aplicaciones sensibles al retardo o a la variación de retardo, como es el caso de la telefonía, es aconsejable que las células sean de la menor longitud posible; desde 32 octetos. Por ejemplo, el retardo de empaquetado de una célula de 48 octetos para el tráfico telefónico a 8000 octetos por segundo es de 6ms, esto es aceptable para la transmisión de voz, aun considerando otros retardos que se producen en la red.

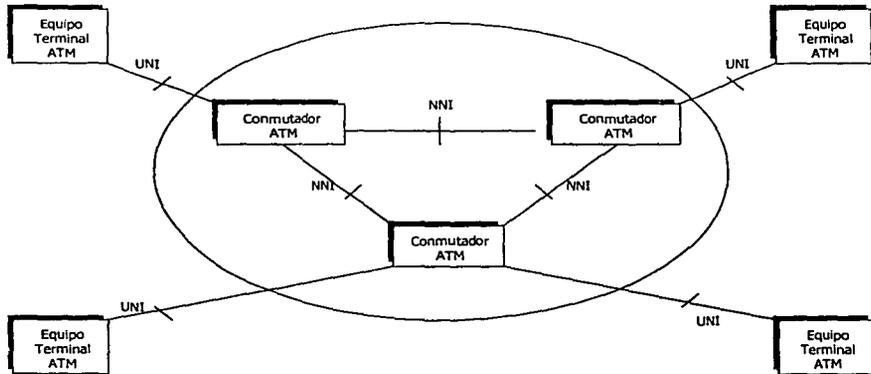


Arquitectura ATM

Al ser ATM una técnica orientada a conexión, tiene que establecerse una conexión virtual entre usuarios finales antes de que se comience a transmitir la información. Las conexiones pueden establecerse mediante procedimientos de señalización del plano de control o pueden ser permanentes o semipermanentes, establecidas por procedimientos del plano de gestión.

A cada conexión se le asigna un conjunto de parámetros de tráfico y de calidad de servicio, de acuerdo con las peticiones del usuario, siempre que puedan ser proporcionadas por la red. Esta asignación se realiza normalmente durante el establecimiento de la conexión, mediante un proceso denominado Control de Admisión de conexión (CAC). Este proceso determina los parámetros que se asignan a la conexión en función de los requisitos de los usuarios; se establece entonces lo que se denomina un "contrato de tráfico".

Durante la transferencia tiene lugar también otro proceso denominado Control de Parámetros de Usuario, UPC, denominado familiarmente "policía de tráfico", cuya misión es monitorizar la conexión y tomar las medidas oportunas en caso de que la conexión exceda los límites asignados.



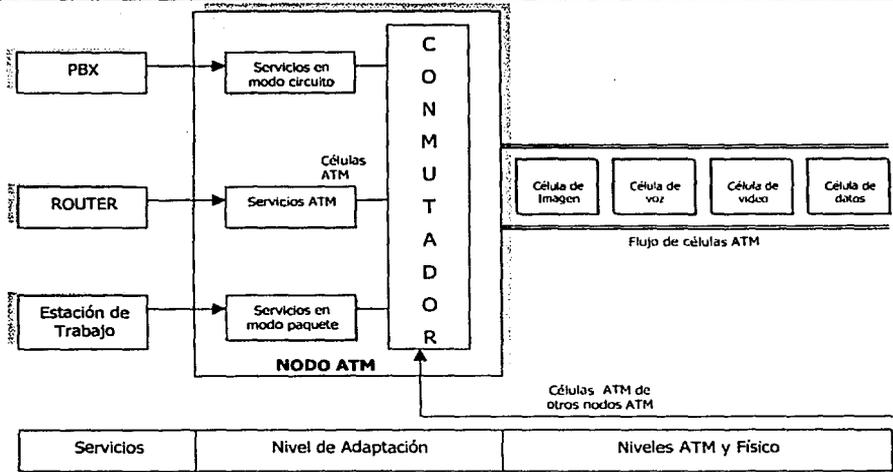
Interfaces de ATM (UNI y NNI)

Los estándares ATM definen dos interfaces significativas: la UNI (User-to-Network Interface) y la NNI (Network-to-Network Interface).

La UNI proporciona la conexión a la red ATM desde un equipo terminal ATM o bien desde un sistema intermedio, IS, tal como hub, puente o encaminador, que a su vez controla equipos de usuario final.

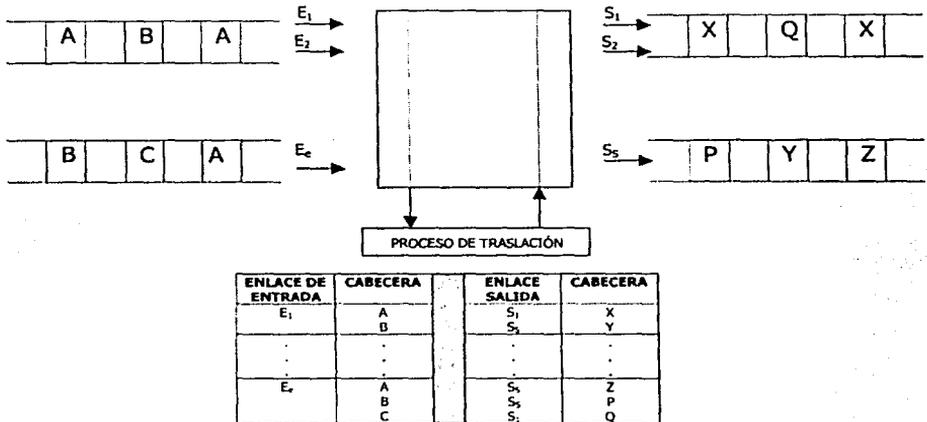
La NNI define la interfaz entre dos nodos ATM; cuando la NNI conecta nodos pertenecientes a distintas redes se denomina NNI-ICI, es decir, NNI-Inter Carrier Interface.

La figura representa el esquema de principio de un conmutador ATM que controla varios tipos de dispositivos y de tráfico, como routers, PBX o estaciones de trabajo con interfaz nativa ATM.



Esquema de un conmutador ATM

Para adecuar la velocidad del enlace ATM a la de los dispositivos conectados se insertan células no asignadas. La operación básica de un conmutador ATM se representa en la figura siguiente. El flujo ATM se transporta a través de una serie de enlaces de entrada (E_1, E_2, \dots, E_c). En función de la cabecera que identifica el canal virtual, así como otro concepto denominado trayecto virtual, la información se transfiere hacia los enlaces de salida (S_1, S_2, \dots, S_s). Se observa que los identificadores de cabecera pueden cambiar tras ser procesados por el conmutador ATM.



Operación básica de un conmutador ATM

Las conexiones lógicas en ATM se denominan Conexiones de Canal Virtual (CCV), concepto heredado del circuito virtual de las redes de paquetes X.25, también similar a la conexión lógica en Frame Relay.

Adicionalmente a las CCV, en ATM se introduce el concepto de Trayecto Virtual. Una conexión de Trayecto Virtual, CTV, es un conjunto de CCV que tienen los mismos puntos de terminación. Por consiguiente, todas las células del conjunto de los CCV se conmutan conjuntamente en una única CTV. De esta forma, se reducen los costes de control y gestión de la red.

2.3.3 **FRAME RELAY**

Hasta hace relativamente poco tiempo, X.25 se ha venido utilizando como medio de comunicación para datos a través de redes telefónicas con infraestructuras analógicas, en las que la norma ha sido la baja calidad de los medios de transmisión, con una alta tasa de errores. Esto justificaba los abundantes controles de errores y sus redundantes mecanismos para el control de flujo, junto al pequeño tamaño de los paquetes. En resumen, se trataba de facilitar las retransmisiones para obtener una comunicación segura.

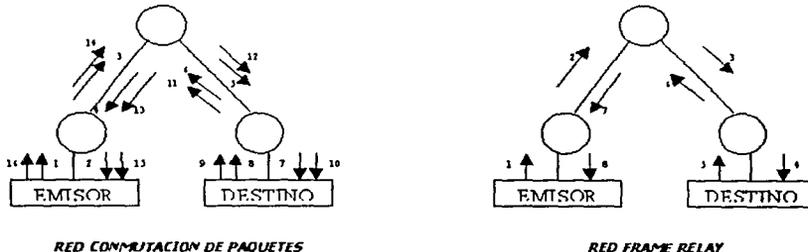
Frame Relay comenzó como un movimiento a partir del mismo grupo de normalización que dio lugar a X.25 y RDSI: El ITU (entonces CCITT). Sus especificaciones fueron definidas por ANSI, fundamentalmente como medida para superar la lentitud de X.25.

Características

Las características principales en los que Frame Relay se diferencia de un servicio de conmutación de paquetes convencional son:

- ❖ Control de llamadas fuera de banda. La señalización del control de llamada se realiza en una conexión lógica separada de la conexión para la transmisión de los datos de usuario.
- ❖ La multiplexación y conmutación de conexiones lógicas tiene lugar a nivel 2 en vez de a nivel 3, eliminando de esta manera un nivel entero de procesamiento.
- ❖ La red deja de preocuparse del control de errores y del control de flujo. Estos, si se emplean, pasan a ser responsabilidad del nivel superior y se realizan extremo a extremo.

La figura nos muestra la operación de Frame Relay en la que se envía una única trama de datos del origen al destino y se genera un acuse de recibo en el nivel superior, transmitido de vuelta en otra trama. La conmutación de tramas o frame switching opera también a nivel 2; sin embargo, realiza las funciones de control de errores y control de flujo de este nivel.



Inconvenientes

- ❖ El inconveniente principal de Frame Relay frente a X.25 es que se pierde la capacidad de realizar el control de flujo y el control de errores en cada uno de los enlaces de la red, pero ésta funcionalidad puede ser proporcionada, extremo a extremo por el nivel superior.
- ❖ Es necesario la disponibilidad de líneas de alta calidad.
- ❖ No existe un estándar para la interconexión de servicios de Frame Relay, como lo es el estándar X.75 para X.25

Ventajas

- ❖ La mayor ventaja de Frame Relay es que hace más eficiente el proceso de comunicación. La funcionalidad del protocolo requerida en la interfaz usuario-red se reduce, así como el procesamiento interno de la red. Esto conlleva un menor retardo y un mayor rendimiento. El tiempo de proceso de la trama es del orden de la décima parte que en X.25
- ❖ La velocidad de acceso puede alcanzar típicamente los 2Mbps, frente a los 64Kbps de X.25.
- ❖ La interfaz de usuario es sencilla y conlleva una migración relativamente simple desde X.25.

2.3.4 APLICACIONES DE BANDA ANCHA

Aplicaciones Residenciales

- Acceso a Internet a Alta Velocidad.
- Video por demanda
- Música por demanda
- Juegos interactivos
- Videoconferencia
- Home Banking
- Home Shopping
- Video Seguridad

Aplicaciones para Empresas

- Acceso a Internet a alta velocidad
- Interworking
 - LAN to LAN
 - PC to LAN
- Transmisión de Datos
- Videoconferencia
- Teletrabajo
- Teleeducación
- Voz sobre IP



2.3.5 RESUMEN DE LAS TECNOLOGÍAS

	<i>RDSI</i>	<i>ATM</i>	<i>FRAME RELAY</i>
VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN	Banda angosta: hasta 2 Mbps Banda ancha: hasta 620 Mbps	Vel. Máx. 155 Mbps	De 64 kbps a 2Mbps y mas
TRÁFICOS	Voz, Datos y Video	Voz, datos y video	Voz y datos
CARACTERÍSTICAS DE LA TRAMA	Europa: 8 bits por 8000 muestras. E.E.U.U.: 7 bits por 8000 muestras.	Tamaño fijo de 53 bytes Formato de celda Celdas de encabezado Celdas de datos	Variable de hasta 8 KB La información transmitida en una trama Frame Relay puede oscilar entre 1 y 8,000 bytes, aunque por defecto es de 1.600 bytes.
OTRAS CARACTERÍSTICAS	<p>Topología</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bus pasivo corto • Bus pasivo extendido • Bus largo <p>Ventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enlaces digitales. • Full Dúplex • Conexión al usuario a 64 kbps hasta 2048 Mbps • Se pueden conectar al mismo par con servicio RDSI hasta 8 tipos de terminales de comunicación diferentes. • Conexión a redes múltiples. • Solamente se factura el tiempo que se usa el canal. • Enlaces en fibra óptica baratos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad media de transmisión • Sensibilidad a la pérdida de celdas • Acceso conmutado 	<ul style="list-style-type: none"> • Orientado a conexión • No realiza control de flujo ni de errores • Administración por LMI.

Capítulo 3. **DESEMPEÑO DE LAS REDES DE BANDA ANCHA**



3.1. GESTIÓN DE RECURSOS Y CONTROL DE TRÁFICO EN REDES ATM

Está claro que la congestión ocurre en situaciones de alta carga de tráfico en la red. Así la definición de congestión debe incluir aspectos del comportamiento de la red en esa circunstancia. Comenzaremos por introducir la congestión en redes sin reserva de recursos (es una característica común de muchas de las redes de conmutación de células). En estas redes la velocidad de llegada de células a la red puede exceder la velocidad de servicio por cortos periodos de tiempo. El límite (cuello de botella) puede estar tanto en el procesador del conmutador de células como en el enlace de salida, en ambos se puede producir la congestión. La consecuencia de la congestión es que las células aumentan su espera en los buffers, y, si la ocupación del buffer supera su propia capacidad, finalmente se pierden células. En ese estado, el sistema queda dominado por las retransmisiones; el flujo efectivo y la eficiencia de la red caen de manera drástica.

Las definiciones clásicas de congestión incluyen uno o varios de esos tres aspectos (retardo, pérdidas de células o caída del flujo efectivo), el problema es determinar, con esas definiciones, el punto exacto a partir del cual podemos decir que la red está en congestión. Únicamente las redes de comportamiento determinista tienen un punto bien definido de congestión en la curva retardo-carga caracterizado por un codo abrupto (la gráfica se muestra en la página 69). El problema es que, en general, la degradación de los mencionados parámetros afecta de forma diferente a los usuarios y/o a los servicios de la red. De manera que podemos acordar que la congestión de una red depende de la perspectiva del usuario. Tampoco es fácil definir el periodo de tiempo en el que definimos la congestión (ms, seg., min., horas, ...). La clave está en definir el concepto de "utilidad" de la red para un usuario, la degradación de está utilidad en términos de máximo retardo, máxima pérdida de células, etc. o servicios que garanticen un conjunto cerrado de ellos (por ejemplo, un retardo máximo de 1 seg. y una transferencia de 200 células por segundo, o bien un retardo de 100s y una transferencia de 100000 células por seg.).

En términos generales podemos definir a la congestión como la degradación del rendimiento cuando existe mucho tráfico en una red o en un segmento de esta. La congestión se presenta cuando la demanda de un recurso excede la capacidad con que éste puede operar.

La ISO (International Organization for Standardization) define la gestión de red como: "El conjunto de elementos de control y supervisión de los recursos que permiten que la comunicación tenga lugar sobre la red". Uno de los elementos que integran la gestión de red es el control de tráfico ya que es una manera de reducir los efectos de la congestión en una red y prevenir su expansión.

3.1.1 FUNCIONES Y OBJETIVOS

A continuación mostraremos de forma relacionada diferentes mecanismos de control de tráfico utilizados en tecnologías de red diferentes, en niveles de protocolo diferentes y en diferentes entornos de trabajo. No se pretende un desarrollo detallado de dichos mecanismos, ni una enumeración completa. El principal objetivo es mostrar un conjunto de reflexiones alrededor de un nexo común: el control de tráfico en redes de comunicaciones y su relación con la migración hacia las redes de altas prestaciones. A través de la presentación de dichos mecanismos se incidirá en sus debilidades cuando se aumenta la velocidad de los enlaces, la longitud de sus canales, o ambas cosas. Se indicará el punto débil de los sistemas, sea el protocolo, sea el tamaño de las células, etc.

El término "alta velocidad" es relativo. En los años 70, una línea de datos dedicada de 4800 bps era considerada de "muy alta velocidad", hoy en día enlaces de redes metropolitanas de 2.34 Mbps o superiores, y redes de área local de 10, 100 (incluso 1000) Mbps son normales. En cambio los mecanismos de control y gestión de estas redes son incapaces, o cuando menos simplemente ineficientes, para conseguir objetivos similares en redes de mayor velocidad. Aquí es donde aplicaremos el término "alta velocidad", es decir aquella velocidad para la cual se requieren nuevas técnicas de gestión y control de la red que la soporta.

En redes de comunicaciones de altas prestaciones, el producto velocidad-retardo de las conexiones es grande. Esto provoca que los controles de congestión basados en el mecanismo de ventana pierdan eficiencia respecto a su utilización en las redes de baja/media velocidad.



De manera intuitiva, podemos apreciar que el gran valor del producto velocidad-retardo, requiere un gran tamaño de ventana para que sea efectivo el protocolo de retransmisiones. Sin embargo, el receptor de información no puede controlar la gran cantidad de células que almacena la red. Es el caso de un nodo de la red con una gran cantidad de células en las colas, o simplemente las células se encuentran viajando por los enlaces. Así, parece que lo más razonable es el control de la velocidad de emisión en origen, perdiendo de alguna manera la retroalimentación del estado de la red. Este es un caso claro de muchas de las clases de tráfico de ATM.

Otro aspecto clave es el control de admisión de nuevas conexiones, este mecanismo sí tiene en cuenta el estado de la red para admitir únicamente el tráfico que puede transportar en condiciones óptimas, o como mínimo las garantizadas a los usuarios. Para saber los recursos que requiere una nueva conexión en la red, aparece toda una compleja disciplina del cálculo analítico de este tipo de sistemas, los estudios de modelos de tráfico, ciertamente complicados, o la utilización de técnicas de simulación o de toma de medidas en redes existentes. En definitiva, este es un campo abierto todavía y sin soluciones generales.

3.2. CARACTERIZACION DE TRÁFICO Y QoS

3.2.1 TIPOS DE TRÁFICO

Antes de comenzar a explicar los mecanismos de control de tráfico es necesario conocer los diferentes tipos de tráfico, a continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos.

CBR

Tasa de bit constante. Se garantiza el ancho de banda requerido y la variación en el retardo de las celdas que se envían. Este tipo de tráfico es apropiado para aplicaciones en tiempo real sensibles a variaciones y pérdidas de información.

VBR

Tasa de bit variable, al igual que con CBR, se garantiza el ancho de banda requerido y la variación en el retardo de las celdas que se envían, aunque se permite el aumento y disminución dinámico del ancho de banda según la aplicación lo requiera.

UBR

Tasa de bit no especificada. No se ofrecen garantías de ningún tipo, la transmisión se efectúa a "mejores esfuerzos". Es apropiado para enviar mensajes cortos.

ABR

Tasa de bit disponible. Clase de tráfico definida por el ATM Forum. Trata de transmitirse en forma garantizada a través del ancho de banda no utilizado en los enlaces. Se garantiza la transmisión mediante mecanismos de control de flujo.

La tabla muestra las diferencias entre las clases de servicio definidas por el ATM Forum.

Clase de servicio	Garantía de ancho de banda	Garantía de variac. de retardo	Garantía de rendimiento	Realimentación de congestión
CBR	⊗	⊗	⊗	○
VBR	⊗	⊗	⊗	○
UBR	○	○	○	○
ABR	⊗	○	⊗	⊗

⊗ Si cumple

○ No cumple

Diferencias entre las clases de servicio definidas por el ATM Forum



Todos los servicios de banda ancha incluyen tráfico tanto de tipo VBR (Variable Bit Rate), dentro del cual está incluido el tráfico a ráfagas, como del tipo CBR (Constant Bit Rate). La futura red de banda ancha ha de ser capaz de soportar los dos tipos de tráfico. Los parámetros utilizados para definir los diferentes tipos de tráfico son:

- ❖ La velocidad punta de llegada de información o, lo que es lo mismo, la velocidad de transmisión máxima de la fuente.
- ❖ La velocidad media de llegada de información, es decir, la velocidad de transmisión media de la fuente medida sobre la duración total de la conexión.
- ❖ La duración media del intervalo de tiempo durante el cual la fuente transmite a su velocidad punta.

El tráfico VBR se caracteriza por que la velocidad punta de transmisión es más grande que la velocidad media y, por tanto, sus necesidades de ancho de banda varían con el tiempo. Si se asigna a una conexión VBR el ancho máximo que necesita, es muy fácil soportar esta conexión, pero al mismo tiempo se está desaprovechando una gran cantidad de ancho de banda ya que hay pocos momentos en la vida de la conexión en que se utiliza el máximo ancho de banda.

Las conexiones CBR se caracterizan por que la velocidad punta y la velocidad media de transmisión coinciden y, por tanto, mantienen la demanda de ancho de banda constante durante todo el tiempo que dura la conexión. Así pues, asignando este ancho de banda constante se puede garantizar la calidad deseada en la conexión. Obviamente, la alternativa a proporcionar el máximo ancho de banda a una conexión VBR, es proporcionarle un ancho de banda medio estimado (a menudo denominado ancho de banda equivalente o virtual) más pequeño que el ancho de banda máximo. En este caso, se puede producir pérdida de información en momentos en que se necesita más ancho de banda que el que tiene asignado. Para hacer frente a esta problemática se tendría que buscar una técnica adecuada para el transporte de la información.

3.2.2 CALIDAD DE SERVICIO. QoS

DEFINICION

Durante los últimos años, han surgido varios mecanismos para ofrecer redes de servicio de calidad (QoS). El principal objetivo de estos mecanismos es proporcionar un "servicio" de redes mejorado a las aplicaciones en los extremos de la red.

En términos generales la Calidad de Servicio es controlar la red eficazmente, establecer prioridades en el flujo de tráfico de red, reservar el ancho de banda de la red o recursos a diferentes aplicaciones y usuarios, activar seguridad sobre las aplicaciones y los usuarios que entran a la red, y sincronizar las necesidades del usuario con un comportamiento deseado.

El servicio de una aplicación es la funcionalidad proporcionada al usuario (hablar, ver un vídeo, transferir un archivo,...). La descripción de su rendimiento es la calidad de servicio de la aplicación ("QoS, Quality of Service, de la aplicación"). Se trata de una medida cualitativa de la satisfacción del usuario, la diferencia entre lo que el usuario espera y lo que percibe. Por ello, la "QoS de la aplicación" requerida depende tanto del servicio o tipo de aplicación como de los deseos de los usuarios.

La QoS podría referirse a la fidelidad del mensaje original (la intangibilidad de la voz, su calidad, el movimiento de la imagen en video, los errores en la transferencia de un archivo...), a la interactividad (tiempo de espera de la respuesta durante una conversación telefónica, tiempo de espera de recepción de una página web...) o a la sincronización entre varios flujos (la voz y el movimiento de un lápiz en una pizarra compartida, las voces de varios interlocutores en una audioconferencia...). Naturalmente esta QoS debe traducirse a parámetros cuantitativos o medibles (un número de imágenes reproducidas por segundo, un máximo tiempo de espera...).



La "QoS de aplicación" ofrecida depende de dos factores. Por un lado está el comportamiento de la red o "QoS de la red" que hace referencia a como la red entrega el flujo de paquetes, las pérdidas y los retardos que se producen, este aspecto es variable, la misma red se puede comportar de diferentes maneras en función de su estado de carga.

Por otro lado está la implementación de la aplicación. Hay aplicaciones que, a partir de una misma "QoS de la red", son capaces de ofrecer un mejor rendimiento a sus usuarios que otras. Como ejemplo sencillo podemos mencionar que si durante la visualización de un vídeo no se dispone de la imagen actual, es mejor repetir la anterior que mostrar una oscura.

A nivel de red, la Calidad de Servicio se refiere a la pérdida de células, al retardo y a la variación de retardo en que incurren las células pertenecientes a esa conexión en una red ATM. Para ATM, la calidad de Servicio de una conexión está estrechamente ligada al ancho de banda que esta usa.

Cabe destacar aquí el uso de la función de policía; la cuál, esta definida por un conjunto de acciones tomadas por la red para monitorear y controlar el tráfico en una conexión ATM, en términos del volumen de tráfico y de la validación del enrutamiento de las células.

El propósito fundamental de la función policía es el forzar a que cada conexión ATM cumpla con el contrato de su tráfico negociado. Todo esto se hace a través del UPC/UNC (Usage Parameter and Network Control) en la UNI y en la NNI.

Un algoritmo UPC/NPC debería exhibir las siguientes funciones principales:

- Capacidad de detectar cualquier situación ilegal de tráfico.
- Tiempos de respuesta rápidos en caso de violaciones de parámetros
- Simplicidad de implementación.

Algunos servicios se pueden beneficiar de una indicación de Prioridad de Pérdida de células explícita en cada célula, llevada en un bit específico dentro del encabezado, como un medio de gestionar la pérdida de células durante periodos de congestión de la red.

Esto permite al usuario el elegir entre dos regímenes de pérdida de células en una sola conexión virtual: prioridad alta para células que llevan información básica, y células con prioridad baja cuando estén sujetas a ser descartadas, dependiendo de las condiciones de la red. Sin embargo, si este indicador se usa, será necesario indicar durante la fase de inicialización de la llamada la incidencia esperada de este indicador. Esto facilitará la asignación apropiada de los recursos de la red y la aplicación de los parámetros de control de la red.

Parámetros de la QoS

- Retardo de conexión: tiempo que tarda en establecerse la conexión.
- Probabilidad de fallo en el establecimiento de la conexión: probabilidad de que la conexión no se establezca en el tiempo previsto.
- Caudal: volumen de información por unidad de tiempo que se puede cursar por esa conexión.
- Retardo de tránsito: a nivel de transporte, desde que el nivel de transporte emite una primitiva hasta que se recibe la indicación en él. Incluye más elementos que el retardo de tránsito a nivel de red.
- Tasa residual de errores: probabilidad de que un bit transmitido sea diferente a uno recibido.
- Probabilidad de fallo en la transferencia: probabilidad de que no se respeten los parámetros de calidad de servicio que habían sido acordados.
- Retardo de desconexión: tiempo para liberar una conexión.
- Probabilidad de fallo de desconexión: probabilidad de que la conexión no se libere en el plazo.
- Protección: permite solicitar distintos niveles de protección frente a intrusos.
- Prioridad: fija distintos niveles de importancia, para poder asignar los recursos, en el caso de escasez, a las conexiones más importantes.
- Fiabilidad: mide el comportamiento del sistema en cuanto a las conexiones.



Funcionamiento de QoS

Las aplicaciones generan tráfico a ritmos variables y requieren normalmente que la red pueda transportar tráfico al ritmo que las aplicaciones lo han generado. Asimismo, las aplicaciones son más o menos tolerantes a retrasos de tráfico en la red y a variaciones de los mismos. Algunas aplicaciones pueden tolerar cierto grado de pérdida de tráfico, mientras que otras no. Si dispusiéramos de recursos de red infinitos, todo el tráfico de las aplicaciones podría transportarse al ritmo requerido, sin latencia y sin pérdida de paquete. Sin embargo, los recursos de red no son infinitos. Como consecuencia, hay partes de la red en las que los recursos no pueden responder a la demanda.

Las redes están construidas mediante la unión de dispositivos de red, tales como modificadores y enrutadores. Estos dispositivos se intercambian el tráfico entre ellos mediante interfaces. Si la velocidad en la que el tráfico llega a una interfaz es superior a la velocidad en la que la interfaz puede enviar tráfico al siguiente dispositivo, se produce una congestión. De esta forma, la capacidad de una interfaz para enviar tráfico constituye un recurso de red fundamental. Los mecanismos de QoS funcionan al establecer preferencias en la asignación de este recurso en favor de cierto tráfico.

Para poder realizar esta acción, es necesario, en primer lugar, identificar tráficos diferentes. El tráfico que llega a los dispositivos de red se separa en distintos flujos mediante el proceso de clasificación de paquetes. El tráfico de cada flujo se envía a una cola en la interfaz de reenvío. Las colas de cada interfaz se gestionan de acuerdo con algunos algoritmos. El algoritmo de administración de cola determina la velocidad a la que se reenvía el tráfico de cada cola. De este modo, se determinan los recursos que se asignan a cada cola y a los flujos correspondientes. Para proporcionar QoS en redes, es necesario configurar y proporcionar a los dispositivos de red lo siguiente:

1. Información de clasificación por la que los dispositivos separan el tráfico en flujos.
2. Colas y algoritmos de administración de cola que controlan el tráfico de los diferentes flujos.

Ambos son mecanismos de control de tráfico. Los mecanismos de control del tráfico por separado no resultan útiles. Deben proporcionarse o configurarse a través de muchos recursos de una forma coordinada que proporcione servicios de un extremo a otro en una red. Para proporcionar servicios útiles, son necesarios tanto los mecanismos de control de tráfico como los mecanismos de provisión y configuración.

3.3. MODELADO Y ANÁLISIS DE TÉCNICAS DE CONTROL DE TRÁFICO

3.3.1 REDES LAN

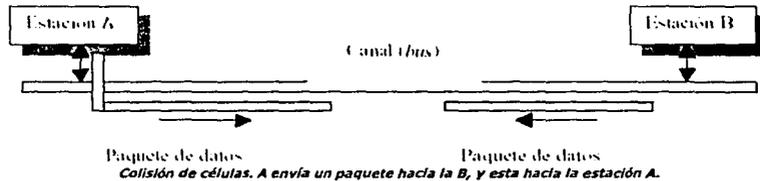
Imaginemos que colocando repetidores queremos aumentar indefinidamente la longitud de una red de área local basada en este principio, para convertirla en una red metropolitana, o quizás en una red de larga distancia. Ignoraremos las cuestiones tecnológicas relacionadas con la pérdida de señal, etc. y veamos con más detalle el acceso al medio SMA/CD, como mecanismo de control de tráfico para ver sus características y sus limitaciones. Como sabemos, el protocolo básico CSMA/CD es el siguiente:

- ❖ 'Escuchar' y esperar que el canal (bus) esté inactivo.
- ❖ Cuando se da la anterior circunstancia, transmitir y escuchar el canal simultáneamente.
- ❖ Si se detecta una colisión, esto es: la señal que se escucha no es igual a la que se envía, entonces se envía una señal de guarda (una determinada secuencia de ceros y unos) y se espera durante un período de tiempo aleatorio.

Esa es, de manera simplificada, la mecánica del método. La debilidad aparece en función del tiempo de propagación. Efectivamente la limitación de la máxima información que puede ser transmitida viene dada por el hecho de que dos estaciones inicien la transmisión simultáneamente antes de detectar que el canal está ocupado.



Eso puede suceder de manera normal: Imaginemos que las estaciones que se sitúan en los extremos del bus desean enviar un paquete, ambas detectan inactividad del canal, y emiten su secuencia de bits. Hasta que el tren de impulsos no llegue al extremo contrario, las estaciones no detectarán la colisión.



La figura presenta la situación descrita, ambas estaciones inician el envío de datos por inactividad del canal, pero cuando las cabezas de las células llegan a los extremos contrarios se detectará la colisión. En la misma figura se puede observar otro efecto, si un paquete es demasiado corto, la estación emisora de ese paquete puede darlo como enviado correctamente, cuando en realidad ha habido una colisión. Si el paquete que envía la estación B es corto, como se aprecia en la figura, la estación A detecta la colisión entre el paquete que está enviando y el que recibe de B, pero a la estación B le llega el paquete de A 'limpio' (sin detectar la colisión), dando como buena la emisión de su paquete.

Como podemos comprobar de manera intuitiva, la probabilidad de que se dé ésta circunstancia depende de la relación entre la longitud del bus, y la del paquete que se envía. En la práctica se limita la distancia máxima de la red, y se fija también una longitud mínima de paquete para asegurar la detección de las colisiones. Admitiremos la siguiente expresión para el cálculo de la máxima utilización de una red de área con control de acceso CSMA/CD

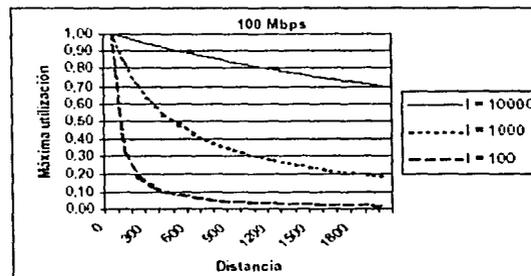
$$Max\ Util = \frac{1}{1 + 6.44\rho}$$

Donde ρ es la relación entre el retardo de propagación extremo a extremo de la red y el tiempo de transmisión de un paquete. Esta relación puede ser evaluada por:

$$\rho = \frac{l/c}{l/v}$$

Donde d es la longitud del canal, c es la constante de propagación de la señal eléctrica (se aproxima a la velocidad de la luz), l es la longitud del paquete y v la velocidad del canal (la podemos considerar constante para una tecnología determinada).

La Figura presenta una red con control CSMA/CD de velocidad 100 Mbps, en función de la longitud del canal, de 0 a 2000 m, y variando las longitudes de las células de 100 a 10000 bits.



Gráfica de la máxima utilización de una red.

Como podemos observar en la figura, la utilización se reduce cuando aumenta la distancia, cuando disminuye el tamaño del paquete, y, aunque no hemos incluido gráficas, también cuando aumenta la velocidad de transporte del canal. Es decir, disminuye la efectividad para redes de alta velocidad de áreas extensas. Merece un comentario aparte la cuestión del tamaño del paquete, aparentemente, si se aumenta conseguiríamos trabajar con la misma tecnología, pero en ese caso el problema es el retardo. En efecto, la transmisión de células de gran tamaño es eficiente desde el punto de vista de la eficacia en bits por segundo, pero añade un retardo muy alto para servicios interactivos o en tiempo real. Una parte del retardo aparece porque la información no puede ser procesada hasta que llega la totalidad del paquete, es el caso del control de errores (checksum). La reducción del tamaño del paquete es una tendencia de las nuevas tecnologías de comunicaciones de datos.

Otras alternativas de tecnologías de redes de área local como Token Bus (IEEE 802.4) y Token Ring (IEEE 802.5) menos utilizadas pero igualmente bien conocidas, se basan en un control al medio basado en el control de un paquete "testigo" o token, que da la posibilidad de transmitir. Los mecanismos de control son complejos, especialmente en relación a CSMA/CD, pero la eficiencia de los protocolos aumenta con la carga, al contrario que en CSMA/CD donde aumentos de la carga provocan caídas espectaculares del rendimiento (aumentan las colisiones rápidamente). Un inconveniente es que con bajas cargas tienen un mayor retardo. A su favor, podemos decir que permiten el transporte de células de pequeño tamaño, la implementación de prioridades y un control más determinista del tráfico que en CSMA/CD. En esta línea presentaremos a continuación las tecnologías existentes de redes metropolitanas en el camino a las redes de alta velocidad.

3.3.2 REDES MAN

Las redes de área metropolitana responden a la necesidad de interconexión entre diferentes redes de área local, pertenecientes a la misma corporación o empresa, en un área geográfica restringida.

FDDI

La clave para comprender como funciona el Control de Tráfico en estas redes, es entender el concepto de TTRT (Timed Token Rotation Protocol) que es un valor negociado durante la inicialización de la red y que es conocido por todas las estaciones. El TTRT es un indicador del tiempo de que dispone el token para realizar una circulación completa a plena carga. El valor del TTRT queda limitado por la siguiente expresión:

$$D_{max} + F_{max} + TokenTime + \sum_i S_i \leq TTRT$$

Donde D_{max} es el tiempo de propagación para un ciclo completo del anillo (latencia), F_{max} es el tiempo requerido para transmitir un paquete de longitud máxima (4500 bytes), $TokenTime$ es el tiempo necesario para transmitir un Token, y finalmente una parte importante, S_i corresponde a la banda para tráfico síncrono que se reserva para cada estación, se expresa en términos de tiempo. El valor de TTRT puede ser fijado entre 4 y 165 ms, diferentes estudios recomiendan valores alrededor de 8 ms. Cada estación tiene sus contadores particulares para saber el tiempo de que dispone para enviar información. Para ello compara el valor de dichos contadores con el valor de TTRT en el momento en el que le llega el Token. Con este mecanismo se consigue asegurar una banda para tráfico síncrono en cada estación, y aprovechar al máximo el resto de la banda disponible entre todas las estaciones.

Desde el punto de la eficiencia de las redes FDDI, el factor determinante es la relación entre la latencia del anillo y el valor elegido de TTRT. Si la red es pequeña, en longitud y en cantidad de estaciones, el valor de TTRT permite que todas tengan el Token relativamente a menudo, y además que se pueda reservar banda síncrona con relativa facilidad. Con el aumento de estaciones y de la distancia, la relación $TTRT/latencia$ del anillo resulta desfavorable, y las prestaciones de la red decaen, reduciendo tanto la capacidad para repartir banda síncrona entre las estaciones como la transferencia global de información (throughput). Si aumentamos el valor de TTRT (más de 8 ms) aumentaremos la eficiencia, pero no podemos dar servicios en tiempo real porque el retardo resulta excesivo.

Un problema relacionado con el protocolo es el hecho de negociar un valor de TTRT para todas las estaciones de la red, lo que hace difícil su utilización como red pública. Por otro lado la topología en anillo no es la más indicada para implantar una estructura jerárquica que intenta construir cualquier operador de red.

3.3.3 REDES WAN

En este punto, describiremos brevemente el desarrollo de las tecnologías de transporte a larga distancia, que en general son gestionadas por los grandes operadores de redes públicas. Estas propiedades caracterizan también las soluciones implementadas, tanto desde el orden más tecnológico como en el de la gestión y más aún de las interconexiones entre redes. En el campo que nos ocupa, la gestión y control de tráfico, es aún más determinante: las interfaces y los parámetros de tráfico han de ser comunes para usuarios de diferentes entidades (incluso de otros operadores de red), y por tanto de características diferentes. Este entorno es una restricción para los estándares, que, por ser más generales, son más rígidos y difíciles de modificar.

Como es natural dedicaremos este capítulo a las redes de conmutación de células. Las redes de conmutación de circuitos no presentan dificultades específicas de control del tráfico de datos que circulan por ellas, este es el caso general de las redes de telefonía. Si hablamos de redes públicas de conmutación de células, debemos empezar por la norma X.25.

X.25

Basaremos el desarrollo de las típicas redes de conmutación de células en la recomendación X.25, la cual es un conjunto de normas de comunicaciones que abarca hasta el nivel 3 de la estructura de niveles OSI. Si nos ceñimos a los aspectos de X.25 relativos al control de tráfico, veremos que la aportación es importante. La implementación más frecuente de X.25 es utilizada para el establecimiento de Circuitos Virtuales (a menudo permanentes). La red toma el control absoluto del flujo de tráfico, del control de errores, de la ordenación de células, incluso de empaquetar y desempaquetar la información si es necesario, simplificando la tarea de los terminales (que pueden ser extremadamente simples).

Control de congestión

El control de la congestión puede proteger la 'utilidad' que esperan los usuarios de la red de dos maneras fundamentales. La primera es mediante la reserva de recursos suficientes para que los niveles de rendimiento pactados por el usuario se puedan mantener. Este es un control activo (preventivo), esto es, orientado a la reserva.

La otra alternativa es permitir que los usuarios emitan información sin reserva de recursos, pero con la posibilidad de que la red disminuya su flujo útil de células (throughput). Los usuarios se deben adaptar necesariamente a la velocidad que la red permite. Eso sucede cuando actúan los mecanismos de control de flujo, por ejemplo los basados en ventanas.

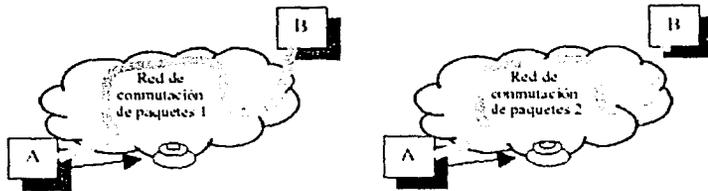
Control de flujo

El control de flujo es necesario para evitar que las estaciones emisoras no saturen la capacidad de proceso (tratamiento, presentación, almacenaje, etc.) de la estación receptora. Sin el control de flujo, puede ocurrir que lleguen nuevos datos cuando los existentes en los buffers aún no han sido procesados.

Parada y espera

La técnica más elemental de control de flujo, es la de parada y espera (stop-and-wait), ésta consiste en enviar un paquete (o trama) y esperar la confirmación del mismo. De este modo si el equipo receptor desea parar temporalmente la recepción de datos, le basta con no enviar el paquete de acuse de recibo (acknowledgment). En este caso solo hay un paquete en la red por cada conexión. Si las células son largas en relación con la red (el tiempo de transmisión es mucho mayor que el de propagación) el método de parada y espera es difícil de mejorar.



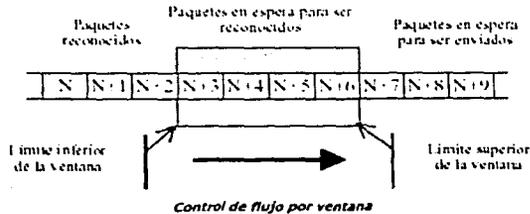


Redes de conmutación de células. Caso 1 células largas. Caso 2 células cortas.

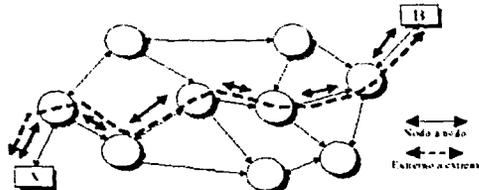
Pero cuando los mensajes se envían fragmentados en células (o tramas) de menor tamaño, el mecanismo resulta ineficiente. Es habitual que los mensajes se transmitan en células de longitud limitada, algunas razones para ello son las siguientes:

- a) la limitación del tamaño de los buffers receptores,
- b) para limitar los tiempos de retransmisión es caso de errores (se deben retransmitir células o tramas enteras) y
- c) para limitar el tiempo de la ocupación de los canales (sean compartidos o no) para poder ofrecer servicios con cotas máximas de retardo (aplicaciones interactivas o de tiempo real).

La clave del problema del control por parada-espera está en que la red admite la transmisión de una única trama por conexión. Esto, que para protocolos de bajo nivel (2 enlace) puede resultar útil (especialmente nodo a nodo), para redes extensas y de longitud de paquete pequeño resulta inadecuado. Una solución al problema es la utilización de ventanas.



En el control de flujo por ventana se necesita que las células sean distinguibles (tienen un número de secuencia). El control del tráfico se hace en la red nodo a nodo, ello provoca una complejidad muy alta en la gestión y en el control del tráfico. Otro factor destacable, es que X.25 nace en un momento en que la tecnología de las redes de comunicaciones era inestable y las tasas de errores en los sistemas de transmisión eran altas y su diseño se hizo en base a eso.



Control de flujo extremo a extremo y nodo a nodo

Frame Relay

Con el aumento de la fiabilidad de los equipos de transmisión (en gran medida por la utilización de la fibra óptica) y el aumento de la capacidad de computación de los terminales, (a menudo equipos de gran potencia), la compleja funcionalidad de X.25 resulta ineficiente y superflua en algunos aspectos. Parte de las funciones de red (nivel 3) se pueden realizar en la capa de transporte (nivel 4), pues el usuario prefiere más velocidad y simplicidad en la red. En los casos donde no se pueden admitir errores o pérdidas de datos, las capas altas pueden resolver los problemas. En definitiva, se pasa de un control de flujo nodo-a-nodo a un control extremo-a-extremo. La banda de trabajo normal en FR admite desde los 64 Kbps hasta los 2Mbps.

En FR se aplica un importante concepto: la banda bajo demanda (bandwidth on demand). La banda puede ser asignada de manera dinámica por la red. FR elimina muchas funciones 'superfluas' de los niveles 2 y 3. Las células son de longitud variable y admiten de manera natural células de 1500 bytes (muy utilizados en redes de área local) mientras que X.25 utiliza células de 128 a 512 bytes de manera habitual. Al reducir el proceso en los nodos, también se reduce el retardo, por ello FR admite el transporte de tráfico de voz.

Control de congestión

Las células de FR pueden ser marcadas por los nodos con información sobre la congestión. Aunque los principios sobre el control de tráfico son premeditadamente simples en FR, cuando un sistema se acerca a un punto de carga cercano a la congestión, es decir se empiezan a perder células y va aumentando el retardo, el rendimiento cae de manera muy rápida. Se utiliza un bit en la cabecera de las células FR para dar información explícita de congestión hacia delante (forward) y hacia atrás (backward) desde el punto de vista del sentido origen-destino de la comunicación.

Control de flujo

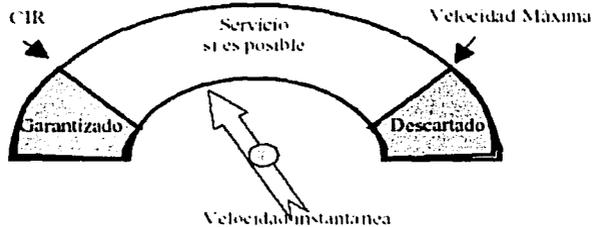
FR utiliza técnicas implícitas de control de tráfico. De hecho se limita a informar a los nodos del estado de carga (o congestión) en la red. Con ello se pretende que sean los propios nodos los que reduzcan la velocidad de trabajo. A los nodos les conviene hacerlo, porque sino corren el riesgo de que una parte importante de sus tramas sea marcada como 'descartable', y por tanto susceptible de ser descartadas.

La técnica más relevante para el control de tráfico es la utilización del mecanismo del CIR (Committed Information Rate). El método se basa en la determinación de una media de tráfico máxima durante un período de tiempo determinado. Para la implementación de este concepto, se necesitan dos valores: la velocidad de tráfico contratada (B_c) y la velocidad de ráfaga en exceso (B_e). Ambas definen una cantidad de tráfico sobre un período prefijado T_c . CIR y B_c están relacionadas por:

$$CIR = \frac{B_c}{T_c}$$

El mecanismo funciona de una manera muy simple (en general Frame Relay utiliza mecanismos simples), la fuente de tráfico envía información a la red a una velocidad que puede variar entre 0 y una velocidad máxima. Si la velocidad de emisión es inferior al CIR, todo el tráfico será cursado con garantías.

Si la velocidad supera ese valor, las tramas se marcan como descartables (se activa el bit DE, Discard Eligibility) y por tanto serán transportadas por la red en una política best effort, esto significa que llegaran a destino si durante el recorrido no hay congestiones importantes. Recordemos que en esa situación se servirán primero todas las tramas prioritarias, las que fueron enviadas con una velocidad inferior al CIR.



Control de Flujo en Frame Relay

El inconveniente de Frame Relay es que está orientada a redes de larga distancia exclusivamente. Otro inconveniente es el tamaño variable de las tramas hace que el proceso de las mismas sea difícil de optimizar por los sistemas hardware, y la ayuda de estos sistemas es imprescindible cuando el aumento de velocidad es importante.

3.3.4 REDES DE ALTA VELOCIDAD

Podemos enumerar brevemente algunas redes de alta velocidad:

- ❖ Fast and Switched Ethernet, son variaciones de Ethernet donde se aumenta la velocidad y se incluye la topología en estrella, pero en cualquier caso utiliza el mismo protocolo CSMA/CD para control de tráfico.
- ❖ SMDS (Switched Multimegabit Data Service) es el nombre que reciben las redes públicas especializadas en transporte de datos a media/alta velocidad, y en general no soportan servicios en tiempo real.
- ❖ SDNET (Synchronous Optical Network) o Synchronous Digital Hierarchy (SDH) son redes portadoras, ofrecen servicio a bajo nivel, utilizan fibra óptica y multiplexación digital jerárquica.

Existen otras variaciones basadas en las tecnologías mencionadas, pero nos centraremos en la red de transporte ATM (Asynchronous Transfer Mode) como modelo de red de alta velocidad (altas prestaciones).

Objetivos de las redes de alta velocidad

Cuando hablamos de alta velocidad, esta claro que queremos expresar más conceptos que un 'simple' aumento de la velocidad de transmisión de una red. A continuación se enumeran algunos de los parámetros clave que se quieren mejorar en este tipo de redes:

Rendimiento

Rendimiento de los nodos en células, o unidades de información por segundo. El concepto es simple si pensamos en términos de la cantidad de enlaces activos de alta velocidad en un centro de comunicaciones y el tráfico que cursan en células conmutados. Las cifras son imaginables en una red privada, pero en una red pública atendiendo a miles de usuarios, la magnitud de las cifras es enorme.

Tiempo de tránsito del nodo

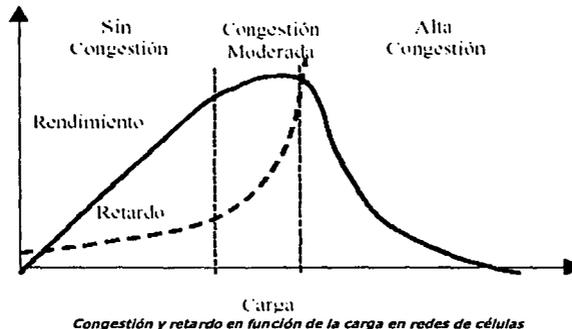
Se trata del tiempo que necesita una unidad de información desde que accede a un nodo, hasta que lo abandona. El valor de este parámetro viene dado por dos factores básicos: el tiempo de proceso del paquete (es constante) y el tiempo de espera en las colas para ser servido (variable). Despreciaremos otros factores como el

tiempo de propagación en el seno del nodo. Es un parámetro muy importante para los servicios conversacionales o interactivos. El retardo variable es uno de los que más influye en la calidad final de esta clase de servicios, y también en los de difusión de información audiovisual.

Para obtener las mejoras descritas se debe actuar desde diferentes ángulos, de los que destacamos:

- ❖ Conmutación de las células por hardware. Hasta donde sea posible, los conmutadores de células deben tener hardware especializado en el tratamiento de las cabeceras de las células. En este sentido las redes que utilizan células de tamaño fijo se benefician mejor de las tecnologías de conmutación hardware.
- ❖ Recuperación de errores de los enlaces. En este caso, y dados los bajos porcentajes de errores las fibras ópticas, se requiere un control exclusivamente sobre errores en la cabecera de las células. El resultado de la detección de errores en la cabecera puede dar lugar a diferentes acciones, la tendencia es a simplificarlas. La opción más frecuente es simplemente descartar el paquete.
- ❖ Reducción de la longitud de las células. Como sabemos, cada nodo debe recibir el paquete completo antes de procesarlo. Si las células son pequeñas, reducimos el tiempo de tránsito del nodo, y en consecuencia el retardo extremo a extremo.
- ❖ Control de flujo y control de congestión. Este es el tema que hemos desarrollado en parte, y al que nos referiremos con mayor detalle en puntos posteriores.
- ❖ Recepción secuencial (ordenada) de las células. Si la red garantiza el orden de transmisión de las células, podemos simplificar los protocolos, y por tanto la gestión en la red, dado que no es necesario distinguirlos de manera individual. En redes de alta velocidad significa normalmente que se deben establecer encaminamientos invariables para cada conexión.
- ❖ Sistema de prioridades. Es un tema ciertamente abierto, con diferentes soluciones. Consideraremos que se debe distinguir entre flujos de diferentes clases de tráfico y por tanto con diferentes requerimientos de calidad de servicio. No obstante estos tráficos deben compartir la mayoría de los recursos de la red.

Antes de presentar las herramientas que se utilizan para alcanzar estos objetivos, veamos de manera gráfica cual es el rendimiento y el retardo de las redes de conmutación de células en general.



A la vista de la figura, se comprende que los mecanismos para evitar entrar en el estado de congestión son vitales en este tipo de redes para evitar la rápida caída del rendimiento y la dificultad para recuperar una situación normal.

Tipos de control de tráfico

Antes de entrar en más casos concretos, veremos unos aspectos relacionados con el modo en que el tráfico puede ser controlado en los puntos de entrada de la red:



Control de flujo explícito

Se trata de una limitación específica del tráfico que pueden generar los usuarios. Cuando la red envía un mensaje de este tipo, el usuario está obligado a disminuir, o incluso parar, su flujo de tráfico hacia la red, hasta que la situación se normalice.

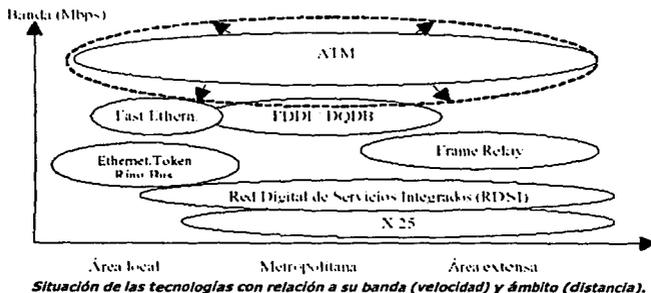
Control de flujo implícito

Aunque el objetivo es el mismo, en este caso se le 'sugiere' a los usuarios que reduzcan su flujo de tráfico hacia la red. Normalmente hay dos razones por las que se envían este tipo de mensajes: por violación de los parámetros del contrato de servicio, o por congestión de la red. En cualquier caso, si el usuario continúa enviando tráfico a igual velocidad, corre el riesgo de que la red lo marque para que sea descartado en el momento en el que lo considere necesario. No hay control de flujo. No se establece ningún control de flujo, pero la red siempre puede descartar el tráfico que le pueda crear problemas. También tenemos que suponer que tanto los niveles superiores (aplicación, etc) como los inferiores (detección de colisiones en una red ethernet, etc) contribuyen de alguna manera a controlar el flujo.

Otros métodos como la retrocontención (backpressure) por estrangulamiento de tráfico que recibe un nodo, no es útil en los sistemas de alta velocidad que no tienen mecanismos de control de flujo que detecten falta de capacidad de recepción en el nodo destino. Un caso similar es la utilización de células de bloqueo (choke) que obligan a las estaciones emisoras a parar de manera inmediata hasta que se reciban células de inicio de transmisión. Por otro lado, cuando las redes trabajan con células de tamaño pequeño y a alta velocidad, la congestión se produce a pequeña escala de tiempo, y muy localizada, por lo que los esquemas de retrocontención y bloqueo también se presentan ineficientes.

La red ATM

Antes de presentar el problema del control de tráfico en redes ATM, recordaremos brevemente las características generales de la red, ATM está basada en la conmutación rápida de células de tamaño pequeño y fijo (53 bytes) llamadas celdas. La red está orientada a la conexión, por lo que antes de iniciarse el intercambio de datos se debe establecer un proceso de asignación de recursos y de identificación interna del flujo de datos.



La red garantiza la llegada en orden de las celdas, pero puede haber pérdidas de celdas debido a la multiplexación estadística en los enlaces entre nodos. Dichas pérdidas estarán siempre por debajo de unos valores negociados entre la red y los usuarios. Uno de los principales objetivos de la red es maximizar la cantidad de tráfico transportado manteniendo la calidad de servicio acordada.



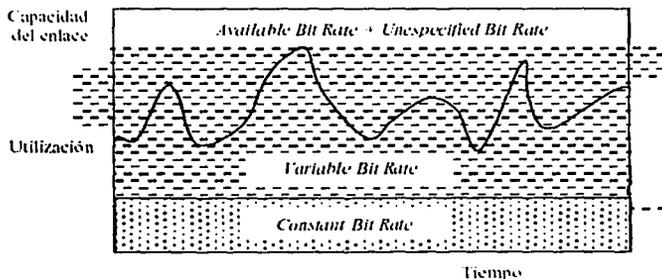
Gestión de tráfico en redes ATM

Como objetivo global, en redes ATM se pretende obtener un conjunto de procedimientos de control de tráfico y control de congestión que minimicen la complejidad de la red y de los equipos terminales maximizando al mismo tiempo la utilización de la red. Ello debe ser compatible con la provisión de diferentes clases de tráfico y de diferentes calidades de servicio a los usuarios de la red.

Por su naturaleza, las funciones de control de congestión son reactivas, es decir, actúan cuando ya se da en un cierto grado la congestión. En cambio, las funciones de control de flujo son preventivas. La única excepción es la gestión rápida de recursos, donde existe un dialogo extremo a extremo que regula el intercambio de datos en función de la carga instantánea de la red. Esto sería un control reactivo. Ambos mecanismos, preventivo y reactivo, no son mutuamente excluyentes, pueden actuar de manera simultánea y combinar los aspectos positivos de los dos métodos. A continuación presentamos una tabla que muestra las diferentes funciones de control de tráfico y de control de congestión en redes ATM:

<i>Escala de Tiempo</i>	<i>Control de Tráfico</i>	<i>Control de Congestión</i>
Larga Duración Duración de Conexión Tiempo de Propagación	Gestión de Recursos (Caminos Virtuales) Control de admisión de conexiones (CAC) Gestión Rápida de Recursos	Indicación explícita de congestión Control del flujo del tráfico ABR Descarte selectivo de celdas Descarte de Tramas
Inserción de Celda	Control de Utilización (UPC) Prioridad Conformado de Tráfico	

ATM soporta diferentes clases de tráfico, se pueden ver en la figura, cada clase requiere los mecanismos de control que mejor se adapten.

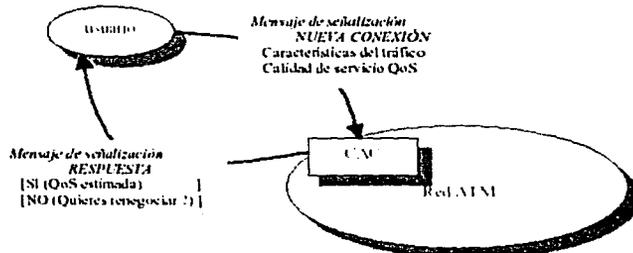


Banda ocupada por los tipos de tráfico ATM

Control de Aceptación de Conexiones (CAC)

Se denomina sistema de aceptación de conexiones al conjunto de mecanismos que se utilizan para determinar si una nueva conexión puede ser aceptada o no. Esta decisión se toma en función de los parámetros declarados por la conexión, los requerimientos de calidad de servicio y del estado de la red. Durante el establecimiento de la conexión se establece un contrato de tráfico. El proceso es simple: el usuario envía un mensaje de señalización a la red, indicando las características del tráfico y la calidad de servicio que se requiere, y el sistema CAC decide si puede aceptar la llamada, o no, e informa al usuario mediante un nuevo mensaje de señalización. Si se acepta, también se envían las condiciones previstas de calidad. Si la respuesta es negativa, se puede renegociar de nuevo con la red, bien rebajando las velocidades de servicio determinadas o bien rebajando la calidad de servicio solicitada inicialmente.

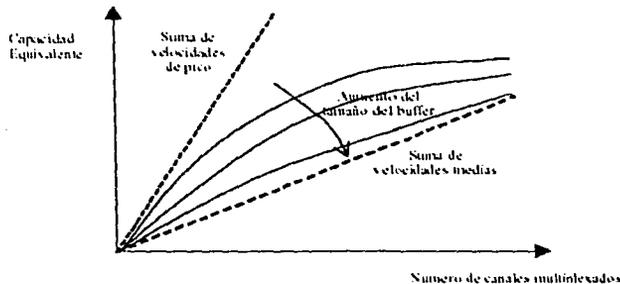




Establecimiento del contrato de tráfico.

En el sistema de CAC, el cálculo de la banda que necesitan las conexiones es una cuestión clave. Debido a la multiplexación estadística, para el tráfico VBR el problema es complejo. La banda necesaria no depende exclusivamente de las características de la fuente: el número de conexiones y el tamaño del buffer del enlace deben ser tenidas en consideración. En general podemos decir que la banda ocupada por un conjunto de llamadas en presencia de multiplexación estadística se encuentra entre la suma de las velocidades medias y la suma de las velocidades de pico de todas las conexiones. Como se puede suponer, para tráfico muy variable (con un alto grado de ráfaga), la diferencia entre esos dos valores puede ser grande.

En la figura siguiente podemos observar algunos detalles interesantes. En primer lugar, el aumento del número de conexiones acerca la banda necesaria a la media, eso significa una disminución de la banda por conexión. Por otro lado, el aumento del tamaño del buffer también provoca una disminución de la banda por conexión. Si aumentamos indefinidamente el buffer, podríamos llegar a igualar virtualmente la banda necesaria a la media (que es el límite inferior). Pero el aumento del buffer no significa únicamente aumentar los recursos de la red, como aumentar la capacidad de los enlaces, sino que aumenta el retardo hasta niveles inadecuados para tráfico interactivo.



Banda necesaria en función de la cantidad de conexiones y del tamaño del buffer.

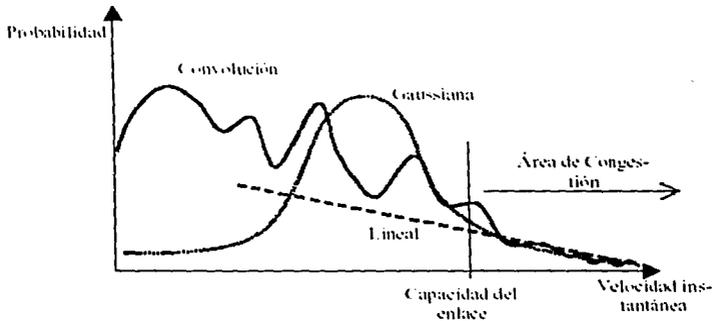
Existen diferentes métodos de evaluación de la banda necesaria para aplicar el CAC. Enumeraremos a continuación las características de los más conocidos de manera esquemática:

Flujo de fluidos

Se asume que el flujo de celdas es continuo, en lugar de discreto como es en realidad. De este modo se pueden aplicar técnicas de cálculo utilizadas en el análisis de flujo de fluidos. Estos métodos resultan satisfactorios en sistemas con tamaño de buffer grande.

Métodos de análisis estacionario

El factor dominante es la multiplexación estadística. Las aproximaciones son mejores para buffers pequeños. Se basan en el cálculo de la distribución probabilística de velocidades, es decir el conocimiento de la probabilidad de que el conjunto de fuentes estén emitiendo a una velocidad dada. A partir del resultado anterior se evalúa la probabilidad de congestión y a partir de ésta la probabilidad estimada de pérdida de celdas. Existen diferentes aproximaciones: la convolución, gaussiana y la lineal. El método analítico de la convolución es el más exacto, pero requiere un gran esfuerzo de cálculo. A velocidades altas, que es donde ocurre la congestión, la gaussiana aproxima la distribución probabilística de velocidades a la curva de una función de distribución Gaussiana. La Gaussiana se denomina también de los "dos momentos", porque se evalúa conociendo la media y la desviación típica de cada una de las fuentes. Finalmente, la aproximación lineal aproxima la parte final de la distribución a una recta, es suficientemente exacta en entornos homogéneos.



Métodos estacionarios, distribuciones: Convolución, Gaussiana y Lineal.

Banda equivalente

La idea es simple, se trata de asignar un valor único (en bit/s) a la banda de una fuente. Este valor intenta concentrar todo el comportamiento de la fuente. En el cálculo de este valor interviene todo el entorno de la red: tamaño del buffer, máximo número de pérdidas, etc. El inconveniente es que a pesar de que se utilizan métodos más exactos, como los del punto anterior, se aplican a grupos de conexiones homogéneas para evaluar la Banda Equivalente de cada tipo de tráfico. Pero cuando se suman los valores evaluados en el caso de tráfico heterogéneo la exactitud decae.

Métodos heurísticos

Se basan en hacer predicciones del futuro comportamiento de la red basándose en el estado actual, pero también se utilizan mediciones reales del tráfico existente. De la diferencia entre las predicciones y de las mediciones reales, el sistema ajusta sus cálculos. En esta dirección, los trabajos realizados siguen estrategias muy diferentes, desde la utilización de la lógica difusa (fuzzy logic), pasando por redes neuronales, o sistemas de inteligencia artificial entre otros.

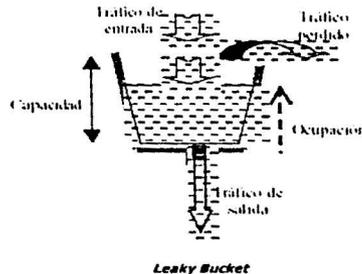


Control de utilización UPC (Usage Parameter Control)

Como sabemos, la red basa la garantía de la calidad de servicio solicitada en la existencia de un contrato de tráfico, pero, ¿qué pasa si un usuario, por defectos de su sistema, o premeditadamente, emite un tráfico por encima del contratado?. La consecuencia inmediata puede ser la degeneración de la calidad de servicio, no sólo para ese usuario en cuestión, sino para el resto de usuarios que comparten los mismos recursos. Para evitar esta situación se utiliza un mecanismo de control asignado a cada fuente de tráfico que verifica de manera continua el comportamiento del tráfico. El método más utilizado es GCRA (Generic Cell Rate Algorithm), está basado en la idea del "cubo goteante" o Leaky Bucket. La idea es sencilla, se basa en disponer de un recipiente de capacidad limitada en el que la fuente de tráfico añade contenido en relación a su velocidad de transmisión. Por otro lado el recipiente extrae contenido a velocidad constante. Si durante un periodo demasiado largo, el aporte de la fuente es superior al de drenado, el recipiente se llena, y se pierde parte de la información emitida.

En este mecanismo se deben fijar únicamente dos parámetros: la capacidad del recipiente y la velocidad de drenado. La velocidad de drenado corresponde a la velocidad media contratada, y la capacidad del recipiente da una idea del volumen de información durante el cual se toma esa medida de la media. La reformulación del mecanismo en forma del algoritmo GCRA es simple.

Una cuestión interesante desde el punto de vista del usuario es el conformado de tráfico (traffic shapper), este consiste en aplicar el GCRA antes de colocar el tráfico en la red con lo que el usuario puede asegurar un 'suavizado' de su tráfico que le permite obtener el máximo provecho de su contrato.



Control del tráfico ABR

Finalmente, haremos una breve descripción del control de tráfico ABR. La calidad de servicio proporcionada para CBR, y VBR se basa en el contrato de tráfico, y el control de los parámetros del usuario por la función UPC. No hay ninguna realimentación hacia la fuente de tráfico relativa al estado de la red, en particular a una posible congestión.

La gestión del tráfico ABR permite utilizar la capacidad residual de las mencionadas clases, entre algunas fuentes ABR utilizando mecanismos de realimentación. El contrato de tráfico ABR especifica las siguientes velocidades de trabajo: la permitida (que varía dinámicamente durante la conexión), la mínima, la de pico y la inicial.

Es evidente que la velocidad permitida puede tomar valores entre la mínima y la de pico. Al inicio de la conexión la velocidad permitida toma el valor de la inicial, después se ajusta en función de la información de realimentación de la red. Dicha información se envía de manera periódica a través de celdas RM (Resource Management).

Las celdas RM pueden indicar: congestión (CI, Congestion Indication), no incrementar (NI, No Increase), y fijar velocidad (ER, Explicit Rate).

Para ver el funcionamiento lo mejor es estudiar el algoritmo de gestión de la velocidad permitida:

```
Si (CI=1){ /* hay_congestion */  
    Reducir la velocidad permitida en proporción a la actual. (nunca por debajo de la mínima)  
}  
sino {  
    si (NI=0){ /* no_incrementar es falso */  
        Aumentar la velocidad permitida en proporción a la actual. (nunca por encima del pico)  
    }  
}  
si (velocidad_permitida > velocidad_explicita)  
velocidad_permitida = máximo (velocidad_explicita, velocidad mínima)
```

Este mecanismo permite un control dinámico del control de la velocidad de la fuente en función de la carga, o posible congestión, del sistema. El inconveniente es que lo hace a una escala de tiempo relacionada con el tiempo de latencia de la red, que es el tiempo que necesitan las celdas RM para circular por los nodos y poder informar al usuario. Esta gestión permite una garantía de servicio al usuario para servicios que admitan un cierto retardo y su variación. Por último cabe decir que el tráfico UBR, no tiene ningún mecanismo de control ni garantía de servicio, y que depende de la actividad del resto del tráfico para poder colocar sus celdas.



Capítulo 4. **ANÁLISIS DE SERVICIOS DE REDES DE BANDA** **ANCHA**



4.1. INTRODUCCIÓN

Se considera a lo largo de este capítulo una red con distintos centros que ofrecen tráfico a la red, y únicamente servicios interactivos y no de distribución de información.

Los servicios interactivos son aquellos en los que existe una transmisión de información en dos direcciones, mientras que los de distribución solamente transportan información en una dirección (aunque en la otra dirección pueden transportar señalización) y el usuario no controla el flujo de información.

Los servicios interactivos están destinados a sustituir a los servicios convencionales (vía radio) de televisión, radiodifusión y teletexto en lugares donde pueda llegar la red de alta velocidad. La capacidad necesaria para servicios de distribución no puede ser estimada en base a medias de tráfico, sino que debe ser contabilizada la capacidad necesaria para cada servidor de información concreto.

La clasificación de los servicios que seguimos aquí es la del ITU-T, en la que se dividen los servicios interactivos en tres clases:

- ❖ **Conversacionales:** Emisor y receptor están a la vez activos durante la transmisión que es bidireccional y en tiempo real. Ello no implica forzosamente el que se trate de servicios orientados a conexión. Como ejemplos podemos citar la telefonía y el fax.
- ❖ **Mensajería:** Se manda información que va a ser recuperada por el receptor en otro momento, requiriendo unidades intermedias de almacenamiento, ya que emisor y receptor no tienen por que estar simultáneamente activos. Un ejemplo es el correo electrónico.
- ❖ **De obtención de información:** El usuario extrae la información que desea de bases de datos, las cuales están a disposición de un colectivo determinado. Un ejemplo es la obtención de información del WWW vía Internet.

Por otro lado los servicios no interactivos o de distribución son servicios que permiten establecer una comunicación con flujo unidireccional de la información desde un punto de la red a múltiples destinos. Generalmente son conocidos como servicios de entretenimiento. Se dividen en dos categorías:

- ❖ **Servicios de distribución sin control de la presentación por el usuario:** son servicios en los que el usuario accede a la información sin tener control sobre el orden o comienzo de la presentación.
- ❖ **Servicios de distribución con control de la presentación por el usuario:** servicio que le permite al usuario acceder a la información distribuida de manera secuencial y cíclica permitiendo el control del comienzo y orden de la información y selección de entidades de información individuales.

A continuación se presenta una tabla resumen de la clasificación de los servicios que ha sido realizada por la UIT-T de acuerdo a los servicios que pueden ser soportados (formas de comunicación y aplicaciones) por una red banda ancha (B-ISDN) desde el punto de vista de la red y no del usuario:



Clase del servicio		Teleservicio
Interactivo	Conversacional (punto a punto o multidifusión)	Telefonía Videotelefonía Telefax Teletex Facsimil en color Transferencia de archivos de datos Datos interactivos Videoconferencia
	Mensajería	Videotex con movimiento Consulta de video Videotex Transferencia de archivos de datos Datos interactivos Servicios de correo electrónico para imágenes en movimiento Información audio Imágenes alta resolución
	Consulta	Imágenes de alta resolución Imágenes en movimiento (películas) Información audio Información de archivos
No interactivo (De distribución)	Servicio de distribución sin control de la presentación por el usuario	TV de calidad estándar TV alta definición Sonido HI-FI
	Servicio de distribución con control de la presentación por el usuario	Videografía de difusión

A continuación se presenta ejemplos de posibles servicios de acuerdo a la recomendación I.121, cuadro A-1.

Clases de servicios	Tipo de Información	Ejemplos de servicios banda ancha	Aplicaciones	Algunos posibles valores de atributos.
Servicios conversacionales	Imágenes en movimiento (video) y sonido.	Videotelefonía en banda ancha	Comunicación para transferencia de voz, imágenes en movimiento, imágenes fijas exploradas en video y documentos persona a persona:	-por demanda/reservado/permanente -Punto a punto /multipunto - Bidireccional simétrico/bidireccional asimétrico
		Videoconferencia en banda ancha	- Tele-educación - Telecompra - Telepublicidad	
		Vigilancia por video	- Seguridad de edificios - Vigilancia de tráfico	
		Servicios de transmisión de información video/audio.	- Transferencia de señales TV - Diálogo video/audio - Contribución de información.	
	Sonido	Señales radiolónicas múltiples	- Transferencia de programas múltiples	
	Documentos	Telefax a alta velocidad	Transferencia de usuario a usuario de texto, imágenes, dibujos, etc	
		Servicio de comunicación de imágenes de alta resolución	- Imágenes para profesionales - Imágenes para usos médicos - Telejuegos y redes de juegos	
Servicio de comunicación de datos		Transferencia de usuario a usuario de documentos mixtos		



	Datos	Servicios de transmisión de información digital sin restricciones a alta velocidad	<ul style="list-style-type: none"> - Transferencia de datos a alta velocidad (interconexión de LAN e Interconexión PC a PC) - Transferencia de vídeo y otros tipos de información - Transferencia de imágenes fijas 	
		Servicio de transferencia de archivos de gran volumen Teleacción a alta velocidad	<ul style="list-style-type: none"> - Transferencia de archivos de datos. - Control en tiempo real. - Telemedía - Alarmas 	
Servicios de mensajería	Imágenes en movimiento (vídeo) y sonido	Servicio de correo de imágenes	Servicio de buzón electrónico para la transferencia de imágenes en movimiento acompañadas de sonido	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda - Punto a punto / multipunto - Bidireccional - Simétrico/bidireccional asimétrico
	Documentos	Servicio de correo electrónico de documentos	Servicio de buzón electrónico para documentos mixtos	
Servicios de consulta	Texto, datos, gráficos, sonido, imágenes fijas, imágenes en movimiento.	Videotex de banda ancha	<ul style="list-style-type: none"> - Videotex - Telecapacitación - Telesoporteo lógico - Telecompra - Telepublicidad - Consulta de noticias 	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda - Punto a punto - Bidireccional asimétrico
		Servicio de consulta de vídeo	<ul style="list-style-type: none"> - Fines recreativos - Tele-educación y telecapacitación. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda / reservado - Punto a punto / multipunto - Bidireccional asimétrico
		Servicio de imágenes de alta resolución	<ul style="list-style-type: none"> - Fines recreativos - Tele-educación y Telecapacitación - Comunicaciones de imágenes para usos profesionales - Comunicación de imágenes para usos médicos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda / reservado - Punto a punto / multipunto - Bidireccional asimétrico.
		Servicio de consulta de documentos	Consulta de documentos mixtos de centros de información, archivos, etc.	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda - Punto a punto / multipunto - Bidireccional asimétrico
		Servicio de consulta de datos	Transporte lógico	
Servicios de distribución con control de la presentación por el usuario.	Video	Servicio de distribución de TV de calidad estándar	Distribución de programas de TV	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda (selección) permanente. - Difusión - Bidireccional asimétrico/unidireccional.
		Servicio de distribución de TV de calidad ampliada (definición mejorada, alta calidad)		
		Servicio de distribución de TV de alta definición		
		Televisión de pago (por emisión, por canal)		
	Pruebas, gráficos, imágenes fijas	Servicio de distribución de documentos	<ul style="list-style-type: none"> - Periódico electrónico - Publicidad electrónica 	<ul style="list-style-type: none"> - Por demanda (selección) permanente - Difusión/multipunto - Bidireccional asimétrico/unidireccional
	Datos	Servicio de distribución de información digital a la velocidad sin restricciones	Distribución de datos sin restricciones	<ul style="list-style-type: none"> - Permanente - Difusión - Unidireccional
	Imágenes en movimiento y sonido	Servicio de distribución de información vídeo	Distribución de señales vídeo/audio	<ul style="list-style-type: none"> - Permanente - Difusión - Unidireccional
Texto, gráficos, sonido, imágenes	Videotexto con difusión por canal completo	<ul style="list-style-type: none"> - Tele-educación y tele-capacitación - Telepublicidad - Consulta de noticias - Telesoporteo lógico 	<ul style="list-style-type: none"> - Permanente - Difusión - Unidireccional. 	

4.2. TIPOS DE INFORMACIÓN

Las redes de Banda ancha deben ser mucho más flexibles que las redes solo de datos. En las redes que solo manejan datos, varias transacciones pueden compartir el tiempo de uso del mismo medio de transmisión sin que el servicio deje de ser satisfactorio, en contraste, las transacciones que implican la transferencia de audio y video requieren una capacidad de transmisión de tasa de bits constante (y por tanto un ancho de banda reservado) posiblemente durante toda la transacción.

Normalmente se aplica compresión a la información de origen antes de transmitirla, a fin de reducir el ancho de banda de red requerido en las aplicaciones y se aplica el algoritmo de descompresión correspondiente a la información recibida antes de enviarla a la salida.

La compresión de información es una técnica que representa los datos con la menor cantidad de bytes posible. Nos permite el almacenamiento masivo y mayor velocidad de transferencia de datos.

Los métodos de compresión se valoran por:

- ❖ Tiempo de ejecución
- ❖ Espacio requerido durante el proceso
- ❖ Porcentaje de compresión
- ❖ Calidad visual

Hay aplicaciones que utilizan la compresión con distintas expectativas:

- ❖ compresión de datos
- ❖ vídeo
- ❖ voz
- ❖ compresión en tiempo real

Cada uno de estos usos requiere características de velocidad, reversibilidad pérdida mínima de información, etc.

Los algoritmos con que se comprimen datos (texto) deben ser sin pérdidas, es decir, no debe perderse información después de las operaciones de compresión y la subsiguiente descompresión. En cambio, cuando se aplican algoritmos de compresión de voz, imágenes y vídeo, el objetivo principal es minimizar la cantidad de información que se debe transmitir, conservando sólo la inteligibilidad de la información de origen.

En general, ninguno de los algoritmos que se usan con este tipo de medios produce una réplica exacta de la información de origen después de la descompresión; más bien, se obtiene una versión de dicha información, que, se espera, tendrá una calidad aceptable para el destinatario. Por lo anterior estos algoritmos se conocen como algoritmos de compresión con pérdidas.

En la siguiente tabla se representan los anchos de banda que suelen requerirse con compresión y sin ella para transmitir diversos tipos de información.



Medio	Tipo de Transacción	Formato	Dimensiones de muestreo pixel, línea, cuadros / s	Tasa de bits sin compresión	Tasa de bits máxima con compresión	
Voz y música	Telefonía		8 kbps x 8 bits/muestra	64 kbps	8 – 32 kbps	
			16 kbps x 8 bits/muestra	128 kbps	48 – 64 kbps	
			44.1 kbps x 16 bits/muestra	705.6 kbps	128 kbps	
			11.025 kbps x 8 bits/muestra	88 kbps	8 Kbps	
			22.05 kbps x 16 bits/muestra	705.6 kbps	32 Kbps	
Imagen	Radio AM Radio FM CD DAT(Digital Audio Tape)		44.1 kbps x 16 bits/muestra	1411.2 kbps	128 Kbps	
			48 kbps x 16 bits/muestra	1536 Kbps	128 kbps	
		SVGA	640 pix x 480 líneas x 8 bits/pix	2.458 Mbits	24k – 245 kbps	
		JPEG	720 pix x 576 líneas x 16 bits/pix	2.636 Mbits	1024 k – 3Mbps	
			1280 pix x 1024 líneas x 24 bits/pix	31.46 Mbits	300 k – 3Mbps	
Video de negocios	Videófono	QCIF	176 pix x 144 líneas x 12 bits x 30 cuad/seg	9.115 Mbps	P x 64 kbps (p=1,2,...)	
		(H.261)				
		MPEG-4 (H.320)	176 pix x 144 líneas x 12 bits x 10 cuad/seg	3.04 Mbps	64 kbps	
		CIF (H.261)	352 pix x 288 líneas x 12 bits x 30 cuad/seg	36.45 Mbps	m x 384 kbps (m=1,2,...,5)	
		MPEG-1 (PAL)	352 pix x 288 líneas x 12 bits x 25 cuad/seg	30.4 Mbps	1.15 M – 3 Mbps	
Video de entretenimiento	Televisión de difusión Televisión de alta calidad	MPEG-1 (NTSC)	352 pix x 240 líneas x 12 bits x 30 cuad/seg	30.4 Mbps	1.15 M – 3 Mbps	
		VCR	CIF	352 pix x 240 líneas x 12 bits x 30 cuad/seg	30.4 Mbps	4 Mbps
		Televisión de difusión	(MPEG-2)			
			MPEG-2 (PAL)	720 pix x 576 líneas x 12 bits x 25 cuad/seg	124.4 Mbps	15 Mbps
			MPEG-2 (NTSC)	720 pix x 480 líneas x 12 bits x 30 cuad/seg	124.3 Mbps	15 Mbps
	HDTV	1920 pix x 1080 líneas x 16 bits x 30 cuad/s	994.3 Mbps	135 Mbps		
	MPEG-3	1920 pix x 1080 líneas x 12 bits x 30 cuad/s	745.8 Mbps	20M – 40 Mbps		

4.3. ESTIMACIÓN DEL TRÁFICO

Para introducirnos adecuadamente en este tema, es importante aclarar que algunas de las estimaciones referidas a continuación pueden parecer excesivamente arriesgadas e incluso arbitrarias, sin embargo debe considerarse la dificultad de realizar previsiones sobre servicios para los que el ancho de banda disponible ha crecido de forma espectacular en un tiempo muy corto: la capacidad de transmisión ha crecido con más aceleración que la capacidad de inventar servicios o acceder a nuevas parcelas de mercado. En este entorno, predicciones con intervalos de confianza del 50%, deben ser considerados como muy buenos. Para obtener un diseño más conservador se toman los datos que representan una mayor carga para la red.

Difícilmente una estimación a largo plazo será buena si se desconoce la situación actual de la red. En muchas ocasiones la obtención de dicha información no es trivial, y puede estar diseminada o presentar alguna dificultad en su obtención. En general puede acudirse a los siguientes medios de estimación, los cuales difieren entre sí tanto en el costo como en la fiabilidad de los datos obtenidos:

- ❖ Estadísticas de nodos de conmutación como centrales, centralitas, routers. Si la tecnología de los equipos es avanzada, es habitual disponer de estadísticas y auditorías de los tráficos que son conmutados en los mismos.
- ❖ Facturación indicativa del consumo que se está realizando con redes públicas en algunos servicios, principalmente voz y datos, y que en el futuro será objeto de la red corporativa.
- ❖ Número de terminales y líneas. Puede asumirse que a lo largo de los últimos años la red se ha ido "auto dimensionando", es decir, si la capacidad no era suficiente se han añadido líneas para obtener una calidad de servicio aceptable (en términos de probabilidad de bloqueo, retardos, etc.). A partir de la calidad de servicio (que puede ser medido) y del número de líneas es sencillo estimar el tráfico.
- ❖ Es posible realizar medidas y observaciones de campo del tráfico actual en algunos servicios.
- ❖ Realización de encuestas a usuarios y administradores de redes.



Si bien los datos actuales de tráfico son necesarios como punto de partida, a medio y largo plazo los servicios de telecomunicaciones van a variar. Debemos considerar la mejora de los servicios actuales, la sustitución por servicios mejores y la adición de servicios actualmente no considerados, todo ello tendiente a aumentar el ancho de banda necesario. En este sentido las siguientes evoluciones son ya actualmente previsibles:

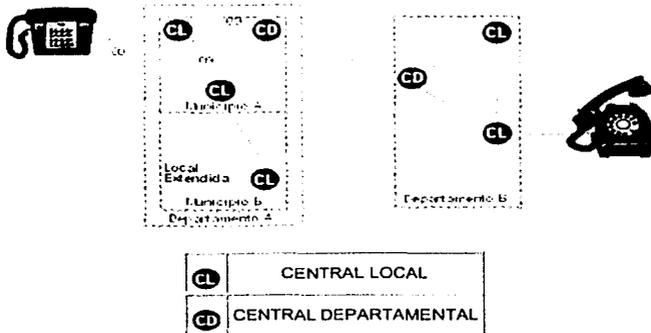
- ❖ Telefonía, videotelefonía, mejora en calidad de voz e imagen, videoconferencia.
- ❖ Datos sobre líneas punto a punto, X.25, Frame Relay, ATM.
- ❖ Fax G3, Fax G4, Fax Color, Correo Electrónico.

4.3.1 SERVICIOS CONVERSACIONALES

Telefonía convencional

Actualmente la telefonía convencional puede utilizar velocidades de entre 9,6 y 64 Kbps en función del codificador y técnicas de modulación empleadas. Consideramos aquí el servicio de comunicación de voz digitalizada a 64 Kbps, ya que el transporte y conmutación a velocidades inferiores puede acarrear problemas de compatibilidad, disponibilidad de equipos, falta de estándar, etc. La calidad de voz a 64 Kbps es de un ancho de banda de entre 3.1 Khz (procedente de la telefonía analógica y mantenido en modulación PCM a 64 Kbps) y 7 Khz que se pueden conseguir con mejoras en la modulación y codificación. Se trata de un servicio orientado a conexión y simétrico en cuanto a capacidad de transmisión, es decir, requiere la misma velocidad en ambos sentidos de la transmisión. Hasta la actualidad la telefonía convencional sigue representando la mayor participación en cuanto a volumen de información transportada por las redes de telecomunicación para servicios interactivos.

En principio con sólo 128 Kbps sería suficiente, pero hay que hacer frente a problemas de retardos (de paquetización, de red,...) por lo que con técnicas fiables se necesitan unos 600 Kbps.



Telefonía convencional

Videotelefonía

La videotelefonía consiste básicamente en añadir a la telefonía convencional la transmisión de la imagen del interlocutor, con una calidad suficiente para causar la sensación de presencia del interlocutor. Es por tanto un servicio orientado a conexión y simétrico, al igual que la telefonía. Consideramos un ancho de banda necesario de 64 Kbps para la voz (con lo cual se mantendrá una compatibilidad total con la telefonía convencional) y 64 Kbps para la imagen de calidad QCIF, es decir 128 Kbps en total. En general y para mejorar la calidad de la imagen pueden utilizarse capacidades de $n \times 64$ Kbps para el transporte de imagen.



Videotelefonía

Descripción de algunas de las normas:

- ❖ H.261: describe el algoritmo de codificación y decodificación de imágenes móviles para asegurar la interoperabilidad entre dispositivos de diferentes fabricantes. La resolución de las imágenes definida en términos de píxeles y líneas codificadas puede ser en dos formatos:
 - CIF: emplea 352 píxeles/línea y 240 líneas/cuadro.
 - QCIF: emplea 176 píxeles/línea y 144 líneas/cuadro.
- ❖ H.321: define la estructura de la trama de un protocolo para servicios audiovisuales con velocidades de transmisión entre 64 kbps y 1920 Kbps, para los diferentes tipos de información codificada (audio, video, datos y control).
- ❖ H.242: se usa en el videoteléfono para establecer y liberar la conexión entre dos dispositivos terminales, transmitir datos durante la conexión y reaccionar frente a posibles errores, describe la señalización dentro de banda.
- ❖ H.230: describe el intercambio de tramas sincronizadas de la información de control.

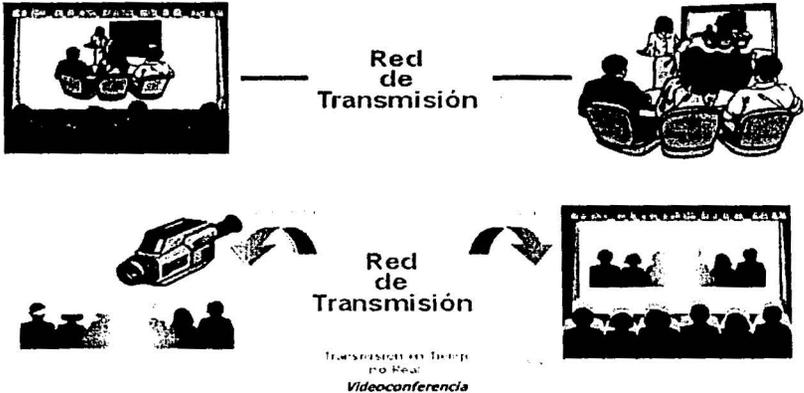
La videotelefonía tiene dos posibles modalidades de acuerdo a la calidad del servicio:

- ❖ Calidad normal: ofrece imágenes con resolución reducida y puede ser soportado por dos canales de 64 Kbps en la Red Digital de Servicios Integrados (ISDN), repartiendo el flujo de información entre los canales.
- ❖ Alta calidad: ofrece imágenes con calidad análoga a la televisión comercial y puede ser soportada por un canal de alta velocidad de la ISDN banda ancha.



Videoconferencia

Dada la orientación de este servicio a sustituir reuniones, la calidad debe ser suficiente para permitir captar reacciones no verbales de los interlocutores. La red puede ofrecer entre 100Kbps y 1Mbps, lo que da una gran calidad a la señal sin olvidar la interactividad. Cabe esperar una mejora en calidad, en cuanto se disponga en la red del ancho de banda suficiente, estimando la transmisión entre 384 Kbps y 14Mbps pudiéndose llegar a 135 Mbps. El servicio de videoconferencia es orientado a conexión, sin embargo la transmisión puede ser simétrica o asimétrica dependiendo de la aplicación: la teleenseñanza es un claro ejemplo de videoconferencia que requiere una capacidad mucho más elevada en el sentido profesor alumnos que en sentido inverso.



Fax

A continuación se muestran las características de los diferentes grupos de faxes

	Grupo 3	Grupo 4	Color
Velocidad	< 9.6 Kbps	64 Kbps	2 Mbps
Conmutación	Circuito	Circuito o paquete	Circuito o paquete
Transmisión	Asimétrica	Asimétrica	Asimétrica
Calidad	200 x 200 ppp	400 x 400 ppp	Color
Tráfico	Poisson	Poisson	Poisson



Fax

Transmisión de datos (consultas)

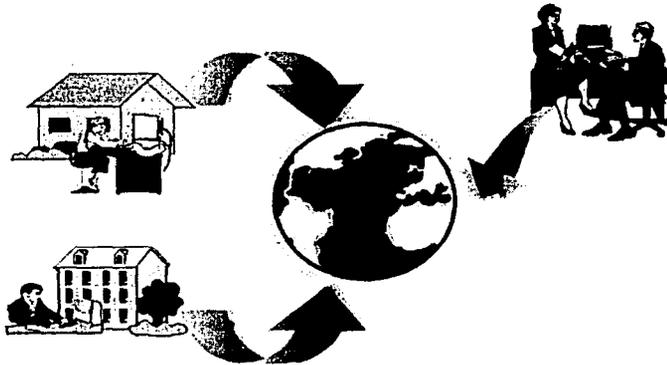
Por consulta o diálogo de datos entendemos las transmisiones de datos rápidas (reservas de avión, consultas a bases de datos, etc.), excluyendo por tanto las transferencias de archivos. Este servicio puede ser transportado por la red mediante conmutación de circuitos o de paquetes, y la transmisión es asimétrica: la petición suele transportar algunos bytes y caracteres de control, mientras que la respuesta suele consistir en una pantalla de ordenador (25 x 80 bytes).



Transmisión de datos (Consultas)

Transmisión de datos (transferencias)

Se incluyen aquí las transmisiones entre ordenadores dedicadas a transferencias de archivos, uso de programas remotos, sistemas operativos de red y demás interacciones entre terminales distintas de la simple consulta y que transportan un volumen mucho mayor que ésta. Las características del tráfico son difíciles de evaluar y no se corresponden con las distribuciones de probabilidad más conocidas. En general las llegadas son a ráfagas.



PROVEEDOR DEL SERVICIO
Transmisión de datos (Transferencias)



4.3.2 SERVICIOS DE MENSAJERÍA

Correo vocal

El servicio de correo vocal permite al usuario el disponer de un buzón de voz donde en su ausencia se depositan los mensajes. Es muy difícil evaluar la repercusión del correo vocal en el tráfico de la red. De hecho, cada mensaje genera tres llamadas (en la mayoría de casos): la llamada que deja el mensaje, la que lo recoge (si solamente hay un mensaje en el buzón) y probablemente una tercera de receptor a emisor para conversar. Hay que notar que dos de estas llamadas son muy cortas, y que se evitan repetidos intentos de llamada infructuosos por ausencia del llamado, pero de cierta duración en ocupación de circuitos. De modo cualitativo se puede observar que el correo vocal no provoca un incremento neto de tráfico en la red, dado que representa una disminución del mismo orden de magnitud en el tráfico de telefonía convencional.

No realizamos previsión de tráfico entendiendo que la previsión de telefonía convencional engloba también la de correo de voz.

Correo de vídeo

Podemos realizar la misma consideración que en la sección anterior y suponer que el volumen de tráfico de correo de imagen asociado a la videotelefonía está ya contabilizado.

Correo electrónico

Consiste en la transmisión de documentos entre ordenadores. No requiere la simultaneidad en la conexión de ambos terminales emisor y receptor (de ahí su clasificación de mensajería). Se trata de un servicio soportado por redes de conmutación de paquetes. La ausencia de exploración física del documento y la economía de la conmutación de paquetes lo hacen mucho más eficiente. Su facilidad de integración en aplicaciones de oficina junto a la economía que supone su uso, hacen previsible una rápida penetración de este servicio.

Si en duda a largo plazo este servicio crecerá en demanda, aumentando el volumen por mensaje al aumentar los contenidos gráficos.



Correo Electrónico

4.3.3 SERVICIOS DE OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN

Videotex

Es un servicio de obtención de información de bases de datos para diferentes propósitos (telecompra, telebanco, viajes, etc.). Es soportado por conmutación de paquetes y la transmisión es asimétrica: volumen mucho mayor de servidor a cliente que en sentido inverso.



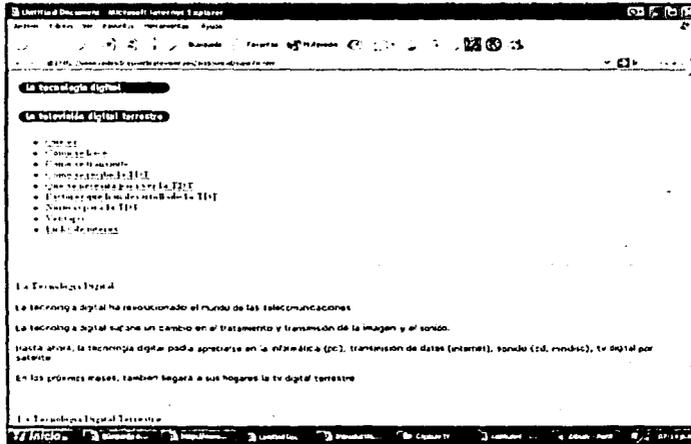
Videotex



HTTP

De los diferentes servicios que ofrece Internet es el de obtención de información vía protocolo HTTP el que experimenta un mayor crecimiento y el que ocupa un mayor consumo de ancho de banda. El rápido desarrollo de Internet ha propiciado el hecho de que el servicio de videotex pierda atractivo frente a la posibilidad por parte de los proveedores de información de estar presentes en el WWW, donde pueden obtener las mismas ventajas que a través del videotex potenciadas por la gran difusión que experimenta Internet. De este modo no es difícil vaticinar una progresiva sustitución del servicio videotex por el acceso a servidores HTTP.

Este tipo de tráfico es asimétrico al igual que el videotex.



4.3.4 SERVICIOS DE DISTRIBUCIÓN

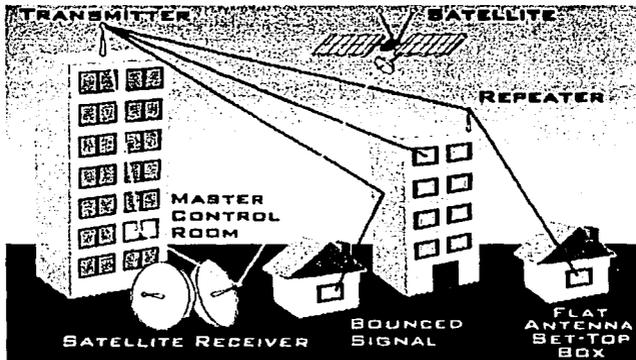
Televisión Digital

La televisión digital, recibe este nombre porque la señal que se recibe es un código binario o de dígitos (0 y 1), lo cual permite una mejor calidad del sonido y la imagen. Esta señal puede recibirse a través de dos vías y para traducir la señal digital se necesita el decodificador o la set-top-box. La bidireccionalidad que permite la televisión digital facilita interactuar con la cabecera lo cual, es una de las innovaciones de la televisión digital pudiendo plantear otros tipos de programas.

La señal digital recibida es recogida y traducida por el decodificador para poder verla en la televisión, sin tener que comprar ninguna televisión especial, puede funcionar con las que hay en la actualidad. Los pasos que seguiría la señal sería los siguientes.

- ❖ Los programas que van a ver son convertidos a señal digital.
- ❖ Estos se envían a través de dos vías, cable óptico o al satélite si va a ser recibido por antena parabólica.
- ❖ La señal recibida es recogida por el decodificador que vuelve a convertir la señal recibida en imágenes y sonidos.

De esta forma nos llega la imagen a la televisión.



Capítulo 5. **DIMENSIONAMIENTO DE REDES DE BANDA ANCHA**



5.1. INTRODUCCION

Como cualquier otro servicio público, un sistema de telecomunicaciones tiene que proveer medios adecuados para satisfacer una demanda que solo se puede predecir con un grado limitado de exactitud. La naturaleza del servicio requiere un alto estándar de rendimiento, desde el punto de vista del usuario la gran mayoría de las demandas deben ser satisfechas con poco o ningún retraso, de lo contrario considerará un servicio inaceptable. Al mismo tiempo, los equipos de transmisión y conmutación son caros y deben ser eficientemente utilizados. De esta manera vemos la importancia de la planificación del diseño de redes ya que debe hallarse el punto exacto en que la calidad del servicio justifique la inversión en el equipo.

5.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS

El tráfico en una red de comunicaciones se refiere al acumulado de todas las solicitudes de los usuarios que la red está atendiendo. En lo que a la red se refiere, las solicitudes de servicio arriban aleatoriamente y usualmente requieren tiempos de servicio impredecible. El primer paso del análisis de tráfico es la caracterización de los arribos de tráfico y tiempos de servicio. A partir de lo cuál la red pueda ser evaluada en términos de cuánto tráfico transporta bajo cargas normales o promedio y con que frecuencia el volumen de tráfico excede la capacidad de la red.

Para determinar el dimensionamiento de las instalaciones en concordancia con las necesidades de los usuarios, se requiere la comprensión de la naturaleza del tráfico y su distribución con respecto al tiempo y destino. Los volúmenes de tráfico varían de estación a estación, de mes a mes, de día a día, de hora a hora y aún de minuto a minuto dentro de una misma hora.

La duración de las conexiones es otra importante variable a considerar. La duración de conexión puede variar considerablemente entre temporadas del año.

Erlang

A la unidad internacional de tráfico telefónico se le denomina Erlang en reconocimiento al matemático danés A. K. Erlang, fundador de la teoría de tráfico telefónico. Un Erlang representa un circuito ocupado por una hora. La intensidad de tráfico expresada en erlangs representa:

1. El número promedio de conexiones en progreso simultáneamente durante el periodo de una hora.
 2. El número promedio de conexiones originadas durante un periodo de tiempo igual al promedio de una conexión normal.
 3. El tiempo total, expresado en horas, para transportar todas las conexiones.
-
1. El número promedio de troncales ocupadas es 9.
 2. En promedio se originan 9 conexiones cada tres minutos, ó tres conexiones por minuto, ó un total de 180 conexiones originadas en una hora (9/3 * 60).
 3. El tiempo total ocupado para transportar las 180 conexiones es de 9 horas (180 * 3/60).

Para la proporción de llamadas perdidas en un grupo que comprende n dispositivos dedicados exclusivamente a ese servicio y distribuidos de manera que cualquier llamada que no encuentre un dispositivo libre se pierda, el matemático danés A. K. Erlang ha dado la siguiente expresión:

$$P = \left(\frac{A^n}{n!} \right) / \left(\sum_{r=0}^n \frac{A^r}{r!} \right)$$



Donde A es el flujo de tráfico ofrecido expresado en erlangs. Esta fórmula es frecuentemente usada en la estimación del número de dispositivos requeridos dependientes del tráfico en las plantas telefónicas. No solamente se usa para los grupos dedicados al servicio en cuestión sino también para estimar las condiciones del tráfico en los grupos con disponibilidad restringida. La relación entre el número de dispositivos n, el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{1,n}$ (A) como se estableció en la ecuación anterior involucran demasiados cálculos matemáticos, en consecuencia hacemos referencia a tablas precalculadas por el mismo Erlang.

Estas tablas consisten de dos partes. La parte uno da los valores de A en función de $E_{1,n}$ y n, donde $E_{1,n}$ tiene 20 valores constantes entre 0.00001 y 0.4 y $n \leq 6000$. La parte dos da valores de $E_{1,n}(A)$ como una función de n y A, donde $n \leq 1000$ y $0.01 \leq A \leq 1000$.

En su forma original como se estableció anteriormente la fórmula de pérdidas "Erlang" se constató que su cálculo es complejo, de cualquier manera hay métodos conocidos disponibles para calcular el flujo de tráfico A y la cantidad $E_{1,n}$ de la expresión original. Los métodos usados en las presentes tablas dan una alta aproximación a los valores calculados originalmente.

Tabla de A para valores dados de $E_{1,n} = E$ y n.

En la parte I, el flujo de tráfico ofrecido A es tabulado para valores dados de la probabilidad de pérdida $E_{1,n} = E$, y el número de dispositivos n.

La probabilidad de pérdida E, tiene los siguientes valores constantes: 0.00001, 0.00005, 0.0001, 0.0005, 0.001, 0.002, 0.003, 0.004, 0.005, 0.006, 0.007, 0.008, 0.009, 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.1, 0.2, y 0.4.

$n = 1 - 301$

Las series de valores para el número de dispositivos son limitadas a ciertos valores guía para el rango de $n = 1000 - 6000$. Todos los valores intermedios pueden ser determinados con suficiente exactitud por interpolación lineal.

Ejemplo numérico

Encuentre el número de dispositivos n requerido para A = 60 erlang y la probabilidad de pérdida E = 0.001.

En la columna para E = 0.001, puede verse que n = 83 corresponde al valor A de 60.403 erlang, y n = 82 al de A = 59.537. Consecuentemente, el número requerido de dispositivos es 83.

82	50.277	53.012	54.325	57.798	59.537	61.480	62.737	63.693	64.479	65.153	82
83	51.062	53.822	55.146	58.649	60.403	62.362	63.629	64.594	65.386	66.065	83
84	51.849	54.633	55.968	59.500	61.269	63.244	64.522	65.495	66.294	66.979	84
	0.00001	0.00005	0.0001	0.0005	0.001	0.002	0.003	0.004	0.005	0.006	
N	Probabilidad de pérdida (E)										n

Cien-segundos-llamada

Los términos "unidad de llamada" UC ("Unit call") ó su sinónimo "Cien-segundos-llamada" CCS ("Hundred-call-seconds") son de uso mas o menos generalizado. Y corresponde al número de circuitos ocupados en observaciones de cada 100 segundos. La relación de los CCS con el Erlang es:

$1 \text{ Erlang} = 36 \text{ CCS}$

En un ejemplo precedente, la suma de 36 observaciones es $36 \cdot 9 = 324 \text{ CCS}$

Factor de hora ocupada

Es el porcentaje de minutos diarios que son ofrecidos durante la hora más ocupada del día.

Probabilidad de bloqueo

Para una mejor explicación de este concepto haremos uso de un ejemplo práctico:

Asumimos que el servicio se ofrece a 5 000 usuarios y que no más del 10% de los usuarios desean el servicio simultáneamente. Cada conexión puede ser entre cualquiera de los 5 000 usuarios. Si el usuario 501 intenta hacer una conexión no puede por que todo el equipo esta ocupado, de cualquier manera el circuito con el que desea hacer comunicación podría estar ocupado también. Esta conexión del usuario 501 se denomina conexión pérdida o conexión bloqueada.

La probabilidad de tener un bloqueo es un parámetro importante en la ingeniería de tráfico en los sistemas de telecomunicaciones, si las condiciones de congestión son introducidas a un sistema de comunicaciones se puede esperar que estas funcionen en una hora ocupada.

La hora de mayor ocupación

Es el periodo sin interrupción de 60 minutos durante el cual el tráfico es máximo. Tradicionalmente se dimensiona de acuerdo a la intensidad de tráfico de la hora de mayor ocupación.

Grado de servicio

El término grado de servicio define la proporción de las conexiones que se permite fallar durante la hora de mayor ocupación debido a la limitación, por razones económicas, del equipo de conmutación. El grado de servicio total es aproximadamente igual a la suma de los grados de servicio parciales. Es equivalente a la probabilidad de bloqueo.

$$\text{Grado de servicio} = (\text{número de conexiones perdidas}) / (\text{número total de conexiones ofrecidas})$$

Líneas necesarias

Generalizando este concepto, se refiere al número de canales necesarios, para satisfacer la demanda de un servicio; cada uno de éstos debe tener un ancho de banda tal que pueda ofrecer el servicio individualmente.

El número de líneas necesarias está en función de la probabilidad de tráfico, el factor de hora ocupada y el número de minutos en que se usa el servicio.

Tráfico total

Es el tráfico generado por todos los usuarios del servicio medido en Erlangs.

Tráfico medio por usuario

Es el tráfico generado promedio por usuario durante un día.

Velocidad por usuario

Es la velocidad promedio a la que transmite el terminal de cada usuario durante todo el día, para satisfacer la demanda de sus servicios.



Tráfico por línea

Es el tráfico promedio del día, que se genera en cada canal debido a la demanda de servicios.

Velocidad por línea

Es la velocidad promedio a la que transmite cada canal durante todo el día para satisfacer la demanda de servicios de todos los usuarios.

5.1.2 PLANIFICACIÓN

La planificación significa realizar una estimación con vista al futuro (cercano, mediano a tiempo largo).

La planificación moderna de las redes de telecomunicación se divide en tres etapas a considerar:

- ❖ Planificación estratégica (5- 20 años)
- ❖ Planificación táctica (1 - 2 años)
- ❖ Planificación operativa (días, semanas meses)

Planificación estratégica

Planificación al nivel global de servicios y redes considerando tanto aspectos técnicos como socio- económicos para costos y tarifas. Responde a la pregunta "¿Cual se debe utilizar con una perspectiva larga?"

Algunos aspectos a tomar en cuenta en esta etapa son:

- ❖ Integración de las capas lógicas en una capa ATM
- ❖ Conmutación ATM o conmutación IP
- ❖ Las consecuencia de DWDM para la capa física
- ❖ Influencia de un nuevo servicio al esquema de tarificación
- ❖ "outsourcing" o propia dedicación

Planificación táctica

Planificación al nivel específico para mejorar un o un conjunto de servicios, responde a la pregunta "¿que y donde se debe hacer?".

Algunos aspectos a tomar en cuenta en esta etapa son:

- ❖ Ampliación de equipos para cubrir embotellamientos en la red
- ❖ Diseñar nuevas tablas de encaminamiento y enrutamiento

Planificación operativa

Medidas para operar la red bajo parámetros de calidad de servicio generalmente sin realizar expansiones por nuevos equipos.

Algunos aspectos a tomar en cuenta en esta etapa son:

- ❖ Reencaminar tráfico en caso de una sobrecarga local imprevisto
- ❖ Reenrutar circuitos/grupos en caso de una avería
- ❖ Poner nuevos circuitos/grupos en alta aprovechando las capacidades dados óptimamente



5.1.3 DISEÑO DE REDES

El diseño de la red se realiza después de haber analizado la planificación de la red. Este proceso tiene tres etapas principales que son:

- ❖ Diseño lógico: significa desarrollar o seleccionar un conjunto de servicios y arquitecturas correspondientes para satisfacer una necesidad de comunicación.
- ❖ Diseño físico: significa seleccionar un conjunto de lugares donde se instalaran los equipos que corresponden a la arquitectura seleccionada.
- ❖ Dimensionamiento: significa calcular la cantidad de sistemas y equipos necesarios para satisfacer el tráfico previsto por los diferentes servicios.

En este capítulo nos dedicaremos especialmente a analizar el diseño lógico y dimensionamiento de la red. Como podemos deducir el diseño y el dimensionamiento son tareas subordinadas a la planificación

5.1.4 DIMENSIONAMIENTO

El objetivo principal del dimensionamiento de redes es fijar el tipo y tamaño de equipos en los nodos y sus capacidades en los enlaces. Se compone de los siguientes pasos:

- ❖ Determinar tipo y demanda de servicio y su tráfico correspondiente.
- ❖ Determinar si se requiere clasificar los nodos en nodos de acceso y nodos dorsales
- ❖ Encaminar tráfico y calcular la capacidad en forma de circuitos (fijos o virtuales) correspondientes entre nodos.
- ❖ Enrutar circuitos y calcular el flujo en los nodos y enlaces.
- ❖ Determinar equipos de nodos y capacidades de enlaces y su realización en forma de trayectos fijos (E0,E1,E3) o virtual (p.ej.en forma de conexiones FR)

En la actualidad estamos asistiendo al desarrollo e implantación de redes de alta velocidad que hacen uso de la gran capacidad de transmisión de la fibra óptica, y que permiten por tanto la transmisión de volúmenes de información muy superiores a los que actualmente la mayoría de terminales de telecomunicación son capaces de ofrecer. Dichas redes se basan en la Jerarquía Digital Síncrona (SDH) como estándar de transmisión. En la fase de planificación se suelen desconocer tanto las clases como los volúmenes de tráfico futuros de la red.

En este capítulo sintetizamos estimaciones de tráfico de telecomunicaciones a corto, medio y largo plazo. Dada la capacidad y precios de la fibra óptica es habitual y económicamente rentable sobredimensionar, pero ello no exime de realizar estimaciones de lo que va a ser la futura calidad de servicio de la red, a pesar de que el margen de error de la estimación sea grande.

5.2. CASO PRÁCTICO

En el mundo actual algunas empresas se han ocupado de desarrollar una infraestructura que permita ofrecer servicios de banda ancha, ya de éstos y de los medios que necesitamos para lograrlo se trató en el capítulo anterior. Analizando la forma práctica en que se han implementado las diversas tecnologías que precedieron a la banda ancha, encontramos que el factor costo es de suma importancia en el éxito del servicio, por citar un ejemplo; si quisiéramos hacer llegar a 11 000 000 de consumidores dicho servicio, se tendría que hacer una inversión aproximada de 45 000 millones de pesos según estudios de la empresa española "Cable i Televisió de Catalunya (CTC)".



Además de disponer de grandes cantidades de dinero, las empresas que quieran ofrecer este servicio precisarán también conocer cómo funciona este negocio para poder gestionar de forma eficaz el cobro del servicio. Por lo que para disminuir costos se han tenido que analizar diversas alternativas, una de ellas es el uso de redes híbridas.

Los sistemas modernos usan cables coaxiales y de fibra óptica de forma simultánea para transmitir. Son los llamados sistemas híbridos fibra/coaxial (HFC).

Como medio de transmisión, la fibra óptica tiene muchas ventajas sobre el cable coaxial. Tiene más ancho de banda, es más inmune al ruido, y atenúa las señales mucho menos que el coaxial. Y sin embargo, la fibra no es significativamente más cara que el coaxial. A pesar de esto, las conexiones y los puntos finales de banda ancha de las redes de fibra óptica son mucho más caros que con coaxial. Las fuentes ópticas y receptores que envían y reciben señales eléctricas en la red de fibra aumentan de forma alarmante los costos sin contar el costo de los procesos de conexión. El resultado es que mientras la fibra puede ser económicamente efectiva para largas comunicaciones punto a punto, el coaxial es más barato cuando hay muchas ramas y conexiones en la red.

Los sistemas HFC usan la fibra en este sentido. Las partes troncales de la red, donde hay largas distancias de cable con pocas ramificaciones, están reemplazadas con fibra y el circuito de distribución con toda su ramificación es un sistema coaxial.

La fibra troncal tiene la ventaja de eliminar la larga serie de amplificadores de banda ancha que añaden ruido y los fallos potenciales en el sistema de cable. Los únicos amplificadores que permanecen entre el proveedor y el consumidor son los de la red de distribución.

Ya que las redes HFC son más baratas de construir, pueden transportar más ancho de banda, y son más fiables y de mejor calidad que las redes todo coaxial, es la arquitectura adoptada para construir las nuevas redes.

Los servicios que estamos considerando en estos momentos van desde la televisión de canales fijos pasando por la televisión a la carta, telefonía básica, acceso a internet a 10Mbps, videoconferencia, video y audio digital, videojuegos y telemetría; sin duda, esta plataforma revolucionará el concepto de las redes.

5.2.1 MÉTODO DE DIMENSIONAMIENTO

A lo largo de este trabajo se encontraron múltiples obstáculos para poder desarrollar un método de implementación en redes de banda ancha que nos permitiera de manera práctica dimensionar dicha red. Los principales problemas que identificamos fueron:

- ❖ El dimensionamiento de redes en banda ancha es muy novedoso. Esto resulta crucial para las empresas en el sentido que no muchas arriesgan parte de su capital en apoyo a la investigación y desarrollo de esta tecnología.
- ❖ Existe escasez de bibliografía y especialistas en el área en cuestión en México. Esto está justificado por que la banda ancha es de reciente innovación.
- ❖ En el país, la investigación y desarrollo tecnológico son poco fomentados; pese a ello, la UNAM, como pionera de siempre en avances de vanguardia, ha implementado una red de banda ancha en ATM en la Dirección General de Servicios y Cómputo Académico (DGSCA).
- ❖ La inversión económica para el desarrollo del presente trabajo estuvo limitada por los altos costos de los equipos requeridos para realizar pruebas reales.
- ❖ No existe una teoría unificada para dimensionar redes en banda ancha. Muchas de las implementaciones que se llevan a cabo en las organizaciones, son en gran parte, empíricas.
- ❖ La complejidad de algunos métodos existentes está orientada para analizarse en estudios de posgrado. El grado de dificultad de métodos formales requiere de conocimientos facilitados en programas especializados de maestría. Aún así, no proporcionan resultados plenamente confiables.



Las consideraciones a tomar en cuenta para la implementación del método propuesto son:

- ❖ Una red de banda ancha ofrece múltiples servicios con múltiples formatos, por lo que se debe tener bien definido que tipo de servicios se van a ofrecer, antes de comenzar a dimensionar.
- ❖ De hecho, este trabajo para un desarrollo más acertado, debe ser analizado y estudiado sobre una red física real, ya que existen inconvenientes que no pueden ser modelados o considerados en una expresión matemática por su aleatoriedad, es decir, el dimensionamiento de redes en banda ancha se ve influenciado - en un porcentaje a considerarse - por el método de prueba y error.
- ❖ El método propuesto se aplica conociendo aproximadamente los flujos de Información manejado, la frecuencia de utilización del servicio y el número de usuarios que van a utilizar el servicio.

Las estimaciones a continuación presentadas se han realizado tomando como marco de referencia a una mediana empresa, entendiéndose por ésta, para nuestros fines, aquella que tiene como mínimo 60 trabajadores y como máximo 300; en particular, analizamos el ejemplo de Distrimax S.A. de C.V. que cuenta con una plantilla aproximada de 200 trabajadores y cuyo giro es la distribución de películas.

Consideraciones adicionales:

- ❖ Se divide a los trabajadores de esta empresa en usuarios intensivos (20%) y regulares (80%).
- ❖ Un factor de hora ocupada del 17%; un valor razonable para una jornada laboral de 8 horas, si la jornada fuera menor, se incrementaría el factor de hora ocupada.
- ❖ Una probabilidad de bloqueo del 1%, que es un valor normal para tráfico de ingeniería.

La lógica de los cálculos se muestra en la tabla:

Parámetros	Variables a considerar	Procedimiento	Fuente
Líneas necesarias	Tiempo en minutos Probabilidad de bloqueo Factor de hora ocupada	Utilizando el programa disponible en la página señalada en la fuente ingresamos el valor de las variables obteniendo con ello el número de líneas.	www.erlang.com
Tráfico total	Numero de líneas Probabilidad de bloqueo	El valor del tráfico total se obtuvo con base a las tablas de Erlang*, ubicando la probabilidad de bloqueo y el número de líneas.	Tablas
Trafico medio por usuario	Trafico total / numero de usuarios	Se realizó la división señalada.	
Velocidad por usuario	Ancho de banda del servicio x Trafico medio por usuario	Se realizó la multiplicación señalada.	
Trafico por línea	Probabilidad de bloqueo = 0.01 Numero de líneas = 1	Con base a las tablas de Erlang*, ubicamos las variables a considerar obteniendo un valor constante para todos los servicios de 0.01 al variar el número de líneas.	Tablas
Velocidad por línea	Ancho de banda del servicio x Tráfico por línea	Se realizó la multiplicación señalada.	

* La siguiente tabla es un extracto del trabajo de Erlang y justifica los valores de tráfico obtenidos en cada uno de los servicios.



n	Probabilidad de pérdida (E)										n
	0.007	0.008	0.009	0.01	0.02	0.03	0.05	0.1	0.2	0.4	
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1155	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.5171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25

Telefonía convencional

Si consideramos:

- ❖ Los usuarios intensivos utilizan el servicio de telefonía 45 minutos al día y los regulares lo utilizan en media 6 minutos al día.
- ❖ La duración media de cada llamada es de 107 segundos

Porcentaje de trabajadores	Numero de trabajadores	Minutos de llamadas al día	Total de llamadas al día	Total de minutos al día
20%	40	45 minutos	25.23 llamadas	1800 minutos
80%	160	6 min	3.36 llamadas	960 minutos
				2760 minutos

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 15
- ❖ Tráfico total en la empresa: 8.1 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.0405 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $128 \times 0.0405 = 5.184$ Kbps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $128 \text{ kbps} \times 0.01 = 1.28$ Kbps

Videotelefonía

Si tomamos en cuenta que solamente el 20% de los usuarios (intensivos de la telefonía convencional) requieren de este servicio debido a las actividades que desempeñan tenemos:

- ❖ Líneas necesarias: 11
- ❖ Tráfico total en la empresa: 5.15 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.129 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $256 \times 0.129 = 33.024$ Kbps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $256 \times 0.01 = 2.56$ kbps

La evolución es difícil de predecir ya que algunos intentos de lanzamiento han encontrado una fuerte resistencia del mercado, que hace pensar que la visión del interlocutor pueda ser no necesaria, e incluso no deseada por parte de los usuarios.

Videoconferencia

Para la estimación asumiremos que los usuarios intensivos (20%) harán un uso de 2 horas diarias y los no intensivos no harán uso de este servicio, previsión que debe considerarse a largo plazo. Asumiendo que la transmisión es a 1 Mbps tenemos:

- ❖ Líneas necesarias: 22
- ❖ Tráfico total en la empresa: 13.7 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.3425 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $1 \text{ Mbps} \times 0.3425 = 342.5$ Kbps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $1 \text{ Mbps} \times 0.01 = 10$ kbps

Fax

Para grupo 3 a 9600 bps, con media de 2 páginas por fax se tiene en la práctica un tiempo medio de 110 segundos (40 segundos por página más 30 de señalización; $40 \times 2 + 30 = 110$ segundos). Este servicio se ofrecería a todos los usuarios con una media de un fax al día. De estos datos concluimos los siguientes resultados:

Total de minutos al día: $200 \text{ usuarios} \times 110 \text{ segundos} = 22000 \text{ segundos} = 366.66 \text{ minutos}$

- ❖ Líneas necesarias: 5
- ❖ Tráfico total en la empresa: 1.35 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.00675 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $9.6 \text{ kbps} \times 0.00675 = 64.8$ bps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $9.6 \text{ kbps} \times 0.01 = 96$ bps



Transmisión de datos (consultas)

Si consideramos:

- ❖ La duración media de cada transferencia es de 60 segundos
- ❖ El volumen medio de 1MB tendríamos

<i>Porcentaje de trabajadores</i>	<i>Número de trabajadores</i>	<i>Número de consultas al día</i>	<i>Volumen Total</i>	<i>Total de minutos al día</i>
20%	40	10	400 MB	400 minutos
80%	160	3	480 MB	480 minutos
				880 minutos

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 7
- ❖ Tráfico total en la empresa: 2.5 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.0125 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $256 \times 0.0125 = 3.2$ Kbps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $256 \text{ kbps} \times 0.01 = 2.56$ Kbps

Transmisión de datos (transferencias)

Si consideramos:

<i>Porcentaje de trabajadores</i>	<i>Número de trabajadores</i>	<i>Número de transferencias al día</i>	<i>Tiempo por transferencia</i>	<i>Total de minutos al día</i>
5%	10	1	4 horas	2400 minutos
95%	190	3	3 minutos	1710 minutos
				4110 minutos

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 20
- ❖ Tráfico total en la empresa: 12.1 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.0605 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $256 \times 0.0605 = 15.488$ Kbps
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $256 \text{ kbps} \times 0.01 = 2.56$ Kbps



HTTP

Para la predicción de tráfico consideraremos sesiones de 30 minutos y que un 30% de los usuarios tienen acceso al servicio.

$$\text{Total de minutos al día: } 60 \text{ usuarios} \times 30 \text{ minutos} = 1800 \text{ minutos}$$

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 11
- ❖ Tráfico total en la empresa: 5.2 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.0866 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $10 \text{ Mbps} \times 0.0866 = 866.66 \text{ Kbps}$
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $10 \text{ Mbps} \times 0.01 = 100 \text{ Kbps}$

Esta velocidad estimada sobre datos actuales crecerá con la llegada de la banda ancha y la consiguiente transmisión de volúmenes de sonido e imagen muy superiores a los actuales. La estimación realizada para videotex a largo plazo puede ser adecuada como estimación de http en el momento en que éste servicio sustituya al videotex.

Correo electrónico

Para la predicción de tráfico consideraremos sesiones de 2 minutos con 3 correos diarios y que todos los usuarios tienen acceso al servicio.

$$\text{Total de minutos al día: } 200 \text{ usuarios} \times 6 \text{ minutos} = 1200 \text{ minutos}$$

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 9
- ❖ Tráfico total en la empresa: 4.5 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 0.0225 Erlang
- ❖ Velocidad por usuario: $256 \text{ kbps} \times 0.0225 = 5.76 \text{ Kbps}$
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $256 \text{ kbps} \times 0.01 = 2.56 \text{ Kbps}$

Televisión Digital

Para la predicción de tráfico consideraremos un televisor encendido durante todo el día.

$$\text{Total de minutos al día: } 8 \text{ horas} \times 60 \text{ minutos} = 480 \text{ minutos}$$

Con base en los datos anteriores se concluye que para satisfacer esta demanda de acuerdo al modelo del tráfico de Erlang:

- ❖ Líneas necesarias: 5
- ❖ Tráfico total en la empresa: 1.3608 Erlangs
- ❖ Tráfico medio por usuario: 1.3608 Erlangs
- ❖ Velocidad por usuario: $10 \text{ Mbps} \times 1.3608 = 13.608 \text{ Mbps}$
- ❖ Tráfico por línea: 0.01 Erlang
- ❖ Velocidad por línea: $10 \text{ Mbps} \times 0.01 = 100 \text{ Kbps}$



Capítulo 6. **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**



Para facilitar el análisis de los datos obtenidos, se han concentrado en la siguiente tabla:

<i>Servicio</i>	<i>Ancho de banda</i>	<i>Líneas necesarias</i>	<i>Tráfico total en la empresa</i>	<i>Tráfico medio por usuario</i>	<i>Velocidad por usuario</i>	<i>Tráfico por línea</i>	<i>Velocidad por línea</i>
Telefonía	128 Kbps	15	8.1	0.041	5.18 Kbps	0.01	1.28 Kbps
Videotelefonía	256 Kbps	11	5.15	0.129	33.02 Kbps	0.01	2.56 Kbps
Videoconferencia	1 Mbps	22	13.7	0.343	342.5 Kbps	0.01	10 Kbps
Fax	9.6 kbps	5	1.35	0.007	64.8 bps	0.01	96 bps
Datos (consultas)	256 Kbps	7	2.5	0.013	3.2 Kbps	0.01	2.56 Kbps
Datos (transferencia)	256 Kbps	20	12.1	0.061	15.49 Kbps	0.01	2.56 Kbps
http	10 Mbps	11	5.2	0.087	866.66 Kbps	0.01	100 Kbps
Correo Electronico	256 Kbps	9	4.5	0.225	5.76 Kbps	0.01	2.56 Kbps
TV Digital	10 Mbps	5	1.36	1.361	13.61 Mbps	0.01	100 Kbps
		105	53.96				

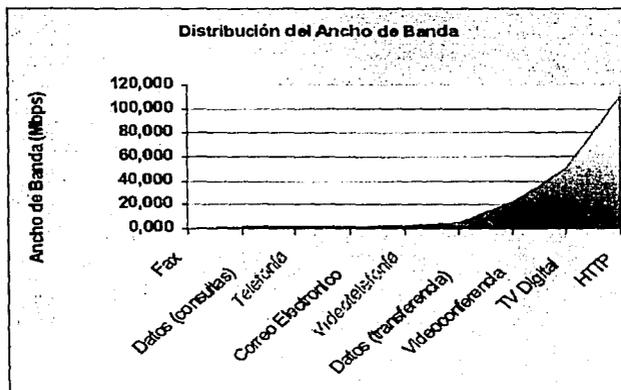
- ❖ El número de líneas necesarias nos indica cuantos canales se requieren para proporcionar el servicio. El ancho de banda de cada canal varía para cada rubro. En general, entre mayor sea el número de líneas necesarias, como en el caso de la videoconferencia y la transferencia de datos, refleja una mayor demanda del servicio. En el caso del fax el número de líneas es menor debido a que el tiempo de uso es muy corto, a pesar de que todos tienen acceso; y el número de líneas para la televisión digital es consecuencia de que solo existe una conexión disponible.
- ❖ El tráfico total en la empresa nos da una idea de que tan saturada estaría nuestra red, en caso de que todos los servicios estuvieran activos por todos los usuarios. De hecho, esta cifra es el parámetro fundamental que nos liga directamente con el número de canales que se necesitan, para obtener la calidad durante la transmisión, especificada mediante la probabilidad de bloqueo.
- ❖ Los valores del tráfico medio por usuario y velocidad por usuario nos permiten planear a largo plazo. Si una empresa visualiza adecuadamente su crecimiento en términos del número de trabajadores, podrá predecir qué infraestructura es necesaria para conservar la calidad actual de la red.
- ❖ La justificación del comportamiento constante del tráfico por línea, se sustenta en el hecho de que se diseña para todos los servicios con base en la misma probabilidad de bloqueo y factor de hora ocupada, estos parámetros se mantienen sin cambio al variar el número de líneas.
- ❖ La velocidad por línea es proporcional al ancho de banda del servicio.

Con todos los parámetros considerados a continuación mostramos los anchos de banda requeridos propios de cada servicio, con el fin de obtener el ancho de banda total necesario para poder transmitir toda la información con un máximo de calidad.

<i>Servicio</i>	<i>Número de líneas</i>	<i>Ancho de banda</i>	<i>Total</i>
Telefonía	15	128 Kbps	1.92 Mbps
Videotelefonía	11	256 Kbps	2.816 Mbps
Videoconferencia	22	1 Mbps	22 Mbps
Fax	5	9.6 kbps	48 Kbps
Datos (consultas)	7	256 Kbps	1.792 Mbps
Datos (transferencia)	20	256 Kbps	5.12 Mbps
HTTP	11	10 Mbps	110 Mbps
Correo Electronico	9	256 Kbps	2.304 Mbps
TV Digital	5	10 Mbps	50 Mbps
			196 Mbps



Estos datos los expresamos gráficamente de la siguiente manera:



Los datos anteriores son un preámbulo para seleccionar el equipo adecuado. Retomando características de los medios de transmisión tratados en capítulos anteriores y aunado al hecho de que debemos tomar en cuenta un porcentaje de error del 50% sobre el ancho de banda final de los servicios a considerar en nuestra red, sugerimos para la implementación de la red híbrida propuesta, un backbone de fibra óptica multimodal de índice gradual con un ancho de banda medio de 500MHz a 1500MHz por kilómetro y una distribución interna de cable coaxial de banda ancha.

De los resultados obtenidos podemos concluir que el método implementado, nos proporciona las herramientas de análisis teórico necesarias para poder transmitir la información de servicios de banda ancha sobre la red.

Entre las principales ventajas de éste método encontramos que:

- ❖ El método está justificado sobre bases sólidas, ya que se auxilia de teorías fuertemente aceptadas como lo son los análisis propuestos por Erlang.
- ❖ El método es flexible y adaptable a las necesidades de cada organización independiente de su tamaño y su giro.
- ❖ El método es sencillo, pues solo se necesita saber el tiempo total en que se va a utilizar el servicio y su ancho de banda.
- ❖ Se pueden incluir otros servicios conforme se vayan desarrollando o sean requeridos por la organización.
- ❖ Además, se puede considerar un diseño de red a largo plazo, ya que se ha hecho un análisis exhaustivo para prevenir el funcionamiento y rendimiento óptimo en el que se espera encontrar la red en un futuro, cubriendo con ello las necesidades del usuario más exigente.
- ❖ Se puede predecir el tráfico que genera cada usuario dependiendo de los servicios que utilice, lo que puede ser la base para predecir el costo en infraestructura que implica el tener un empleado más.



6.1.1 Situación a largo plazo

A lo largo de este trabajo se han proporcionado estimaciones a medio y largo plazo de las capacidades necesarias en la red para distintos servicios. El único servicio que no se ve afectado por incrementos espectaculares en cuanto a la capacidad global necesaria es la telefonía convencional, servicio que tradicionalmente ha liderado la cuota de participación, y cuya madurez va asociada a un estancamiento y pérdida de liderazgo. Hasta hace unos años las empresas invertían más en servicios telefónicos que en servicios como la televisión o fax, actualmente se puede predecir que el crecimiento de la telefonía convencional será lento debido a su madurez en el mercado y al desarrollo prometedora de otros servicios.

El aumento de necesidades de velocidad va aparejado a una demanda creciente de calidad. Sin embargo la percepción de calidad está a su vez relacionada con el tiempo necesario para obtenerla, de modo que una mejor calidad en un tiempo más largo de transmisión no es percibida como tal por el usuario. La evolución de necesidades en el fax es representativa de este fenómeno: la mejor calidad en definición y color no deben ir asociadas a un mayor tiempo de transmisión.

El crecimiento de la capacidad de la red se va a dedicar fundamentalmente a imagen y a datos (incluyendo documentos), permaneciendo estancada la voz que hasta ahora ha representado la mayor participación como servicio interactivo en redes de telecomunicación.

La alta demanda de videoconferencia está relacionada con una creciente demanda de calidad. Si existe el ancho de banda necesario en la red, no es difícil imaginar que la demanda sea muy elevada si los costos son los adecuados. En una red como la considerada, la diferencia entre costo (autoprestación) y precio (servicio recibido de otra red) puede favorecer el desarrollo de la videoconferencia.

La mayor participación a largo plazo es la del servicio de videoconferencia. La gran diferencia de este servicio respecto a los demás hace que las previsiones dependan exageradamente de la evolución del mismo. Los planificadores deben por tanto estar al tanto, y considerar los posibles cambios sociales y de costumbres que pueden dar lugar al cumplimiento en mayor o menor grado de las previsiones expuestas. De hecho la gran participación de videoconferencia a largo plazo se basa en una supuesta aceptación de la misma como sustituto de la mayoría de viajes por parte de los usuarios.



BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ❖ Garcia Tomas, Jesús. "Redes para proceso distribuido". Jesus Garcia Tomas, Santiago Ferrando Giron, Mario Piattini Velthuis. Alfaomega, c1997
- ❖ Black, Uyless D. "Redes de computadoras". Madrid. Macrobit. 1987 421 p
- ❖ Stoltz, Kevin "Todo acerca de las redes de computadoras". México. Prentice Hall Hispanoamericana. c1995 518 p
- ❖ Menasce, Daniel A. "Redes de computadores". Madrid. Paraninfo, 1988, 168 p
- ❖ Apuntes de las materias:
 - o Comunicaciones Digitales
 - o Redes de Teleinformática
 - o Telefonía
 - o Análisis y procesamiento digital de Imágenes
 - o Seminario de Ingeniería en Telecomunicaciones
 - o Temas Selectos de Ingeniería en Telecomunicaciones

REFERENCIAS EN INTERNET

- ❖ Carlos Casasús López-Hermosa. "El Desarrollo de la Infraestructura de Información en México " <http://www.lania.mx/spanish/vinculacion/foro/desarrollo.html>
- ❖ Guido Flores P. "ATM por Guido Flores P". <http://www.upaep.mx/puebla/atm/capl0.htm>
- ❖ Futurne (2001) "Futurnet. Introducción al ADSL", <http://www.futurnet.es/adsl/intro/>
- ❖ http://www.atenea.udistrital.edu.co/cursos/teleproceso/banda_ancha/ (RDSI/FDI/ATM)
- ❖ José Luis Marzo Lázaro. (2002) "Control de tráfico en redes de altas prestaciones" http://eja.udg.es/~marzo/doctorat/ctav_v00.pdf
- ❖ Unión internacional de telecomunicaciones (2002) <http://www.itu.int>
- ❖ Basilio Sánchez Gilberto, Hernández Pérez Roberto Jorge, Olivares Olivares Alan Tal "Ingeniería De Tráfico", <http://Telecom.Fi-B.Unam.Mx/Telefonia/Trafico.Htm>
- ❖ Departamento de Ingeniería eléctrica. Facultad de Chile. " Apuntes de teoría de tráfico" <http://www.die.uchile.cl/docencia/ei55a/guias>
- ❖ Facultad de Informática, Universidad Nacional de la Plata. "Compresión de datos, imágenes y video", www.lidi.info.unlp.edu.ar/~catedras/compresion/
- ❖ Mikel. "Introducción a la compresión de audio". www.hispamp3.com/tallermp3/tutoriales/mp3profundidad/2.shtml - 28k
- ❖ Erlang <http://www.erlang.com>

