



879316

UNIVERSIDAD LASALLISTA **BENAVENTE**



ESCUELA DE INGENIERIA EN COMPUTACION

Con estudios incorporados a la
Universidad Nacional Autónoma de México

CLAVE: 8793 - 16

"REDES ATM"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERA EN COMPUTACION

PRESENTA:

ARLET MUÑOZ PEREZ

ASESOR: ING NOE DE JESUS VELA AGUIRRE

CELAYA GUANAJUATO

AGOSTO DEL 2003/



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESTÁ TESIS NO SALI
DE LA BIBLIOTECA

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar gracias desde el fondo de mi corazón a Dios y a las personas que hicieron posible con su paciencia y dedicación que uno de mis grandes sueños se materializara por medio de este trabajo de tesis; obtener mi título universitario de Ing. en Computación.

A mis padres:

Consuelo Pérez García y Manuel Muñoz Nieto, seres extraordinarios que me brindaron la oportunidad de decidir mi futuro con amor, esfuerzo y apoyo.

Ing. Miguel Ángel Jamaica Arreguín:

Quien supo ser además de autoridad, el amigo que siempre te brinda apoyo y un buen consejo cuando más lo necesitas; a quien siempre le guardare un profundo respeto y un cariño especial.

Ing. Noe de Jesús Vela Aguirre:

Maestro y amigo, gracias por asesorarme y encaminar mi trabajo.

Maestros:

Cada uno de ellos con su experiencia profesional y calidad humana contribuyeron a mi formación académica y personal.

Amigos y compañeros:

Con quienes compartí una de las etapas más importantes de mi vida y a quienes guardo un profundo cariño, en especial a paty y claudia, amigas incondicionales.

A todos y cada uno GRACIAS

DEDICATORIA

A mis padres, Consuelo Pérez García y Manuel Muñiz Nieto, que son los ángeles que Dios puso en mi vida para cuidarme y guiarme en cada paso, y a mis Hermanos Edgar Muñiz Pérez y Tania Muñiz Pérez; mi familia es el motor de mi vida y por quienes me esfuerzo cada día por ser mejor espiritual y profesionalmente.

Con todo mi amor

ÍNDICE

Introducción

CAPITULO I *Redes de Comunicación*

1.1	Importancia de la información	2
1.2	Evolución de la comunicación por medio de redes.....	9
1.3	¿Qué es una red?	18
1.3.1	Elementos a considerar en una red.....	20
1.3.2	Ventajas de una red.....	23
1.3.3	Tipos de redes	24
1.3.4	Tipos de cable utilizados en la conexión de redes	26
1.3.5	Tipos de conmutación de redes	28

CAPITULO II *Redes ATM*

2.1	Introducción al ATM	31
2.2.1	Características de ATM	34
2.2	¿Qué es la tecnología ATM?	32
2.3	Conceptos básicos de ATM	36
2.4	Elementos que conforman una Red ATM	38

CAPITULO III *Arquitectura de las redes ATM*

3.1	Modelo de referencia ATM	41
3.1.1	Capa física	44
3.1.2	Capa ATM	51
3.1.3	Capa AAL	54
3.1.3.a	AAL 1	57
3.1.3.b	AAL 2	59
3.1.3.c	AAL 3/4	61
3.1.3.d	AAL 5	62
3.2	Comparación de los protocolos AAL	64
3.3	Tipo de direccionamiento que utiliza una Red ATM	66

3.4	Tipo de conexión que soporta una Red ATM	69
3.5	Proceso que se lleva a cabo para establecer conexión en una Red ATM ..	70
3.6	Comparación del modelo de referencia OSI con el modelo ATM	72

CAPITULO IV

Calidad de servicio que ofrece una Red tipo ATM

4.1	Calidad del Servicio de una Red ATM	74
4.1.1	Categorías del servicio	76
4.1.2	Calidad del servicio	80
4.2	Ventajas de una Red ATM	86
4.3	Desventajas de una Red ATM	90

Conclusiones

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la comunicación de redes exige que la banda de transmisión de datos sea cada vez más ancha para lograr dar solución a la necesidad de transmitir no solo datos sino también voz y video con rapidez y eficiencia, la tecnología ATM ha venido a dar solución a dichas necesidades entre los protocolos de comunicación de redes, pero debido a su reciente aparición no es muy conocido por lo cual es necesario tener conocimiento de su funcionamiento con el fin de proporcionar una herramienta que permita comparar esta nueva tecnología con las ya existentes y poder tener una visión más amplia de qué protocolo de comunicación es el que mejor se ajusta a nuestras necesidades y lo más importante que sea rápido y eficiente al transmitir la información.

Actualmente lo que se espera de una red es que sea segura, rápida y eficiente; ninguno de estos aspectos deben descuidarse, pero en algunas ocasiones se sacrifica una de estas características para mejorar otra; la tecnología ATM proporciona rapidez y eficiencia en la transmisión de datos. El objetivo principal de esta tesis es determinar el funcionamiento de una Red ATM, así como definir en forma general que es una red, su evolución dentro de la comunicación de datos y definir en que consiste una Red ATM, su funcionamiento y todos los elementos que intervienen para su implementación, así como dar a conocer la calidad de comunicación de datos que ofrece una Red ATM y las ventajas y desventajas que resultan de contar con una red de este tipo.

CAPITULO I

Redes de Comunicación

1.1 Importancia de la información

La información es coleccionable, almacenable o reproducible, se utiliza para tomar decisiones, conduce también a conclusiones acertadas o equivocadas, puesto que puede ser interpretada de diversas formas por distintos individuos, dependiendo de muchos factores subjetivos y del contexto en que se encuentre la persona que la recibe e interpreta. Así como es posible comunicar una noticia, también se comunican los estados de ánimo, opiniones o conocimientos.

En estos días es difícil pensar que alguien niegue conscientemente que la información tiene un valor; la información ha ido ganando importancia conforme la gente que toma decisiones está convencida de que ésta se puede asociar a un valor real, frecuentemente ligado a un valor material o económico.

En la presente década del siglo XX, es de tal importancia poseer, administrar y transmitir información, que toda la humanidad se ve y se seguirá viendo afectada, influida y posiblemente dominada por quienes tienen, administran y transmiten este recurso, razón por la cual a esta época se le han impuesto los calificativos de "sociedad de la información" o de "revolución electrónica", éste último debido a la facilidad con que se transmite la información por medio de los sistemas modernos basados en dispositivos electrónicos.

Uno de los aspectos más abstractos e importantes de la información es que su valor puede disminuir a lo largo del tiempo. Es decir, en un momento determinado a alguien le puede interesar contar con cierta información, pero ese interés puede decrecer o incluso desaparecer algún tiempo después.

Por otra parte, es necesario que la información sea de interés para el individuo que la adquiere o recibe. La información se origina en una fuente y se hace llegar a su destinatario por medio de un mensaje a través de un canal de comunicación; el destinatario generalmente se encuentra en un punto geográfico distante, o por lo menos, separado de la fuente.

La distancia entre fuente y destinatario puede variar desde pocos centímetros (al hablar frente a frente a un volumen normal) hasta cientos y aun miles de kilómetros (como es el caso de transmisiones telefónicas intercontinentales o de transmisiones desde y hacia naves espaciales).

Esto constituye precisamente el problema central de las comunicaciones, ya que al haber una fuente que genera información en un punto y un destinatario en otro punto geográfico distante del primero, se trata de saber cuál es la mejor manera de hacer llegar al destinatario la información generada por la fuente, de manera rápida (por la dependencia temporal de la importancia de la información), segura (para garantizar que la información no caiga en manos de alguien que haga mal uso de ella, o a quien simplemente no estaba destinada), y veraz (para garantizar que en el proceso de transmisión no se alteró el contenido de la información).

En nuestros días, influidos fuertemente por aspectos de tipo económico, intervienen además otros factores, tales como el costo de hacer llegar la

información de la fuente a su destino. Si el costo no fuera determinante, con seguridad conversaríamos telefónicamente con amistades o parientes en otros países sin importar la duración de las llamadas.

Elementos que intervienen en la comunicación:

- Una fuente de información.
- Un transmisor de información cuya función consiste en depositar la información proveniente de la fuente en un canal de comunicaciones.
- Un canal de comunicaciones, a través del cual se hace llegar la información de la fuente al destino.
- Un receptor que realiza las funciones inversas del transmisor, es decir, extrae la información del canal y la entrega al destinatario.
- Un destinatario.

Un mensaje se usa para hacer llegar información de fuente a destino, y no es lo mismo un mensaje que la información que éste contiene. Considérese el siguiente ejemplo: Una persona (A) desea enviar cierta cantidad de dinero por medio de un giro telegráfico a otra persona (B).

En este caso, A es la fuente, B el destinatario. La información es aquello necesario para conocer la cantidad de dinero y para originar la entrega del mismo a B, y el mensaje es el conjunto de palabras o símbolos

telegráficos necesarios para que B conozca la intención de A y para que B pueda disponer del dinero que A le envía.

Desde los orígenes de la humanidad, la forma natural en que la información se transmite entre personas es a través del lenguaje oral. (En la actualidad, también existe la necesidad de transmitir información entre máquinas). Debido a la naturaleza efímera de los mensajes orales (hay que recordar el dicho popular de que "las palabras se las lleva el viento"), siempre existió el deseo y la necesidad de que la información no varíe en el transcurso del tiempo.

Esto dio origen a los mensajes escritos, los cuales han evolucionado desde las pinturas rupestres, la escritura cuneiforme, los pictogramas, los jeroglíficos y el lenguaje fonético de los Fenicios en el siglo XI a.C., hasta los distintos conjuntos de símbolos con que hoy se cuenta. Los precursores de las memorias electrónicas, magnéticas u ópticas de la actualidad son precisamente el papel y los muros de las cavernas.

A lo largo del proceso, para pasar de los mensajes escritos a los símbolos codificados, el hombre inventó y perfeccionó sistemas que son frecuentemente utilizados en la actualidad, tales como la imprenta y la fotografía.

Desde la Antigüedad se reconocía la necesidad de transmitir información a distancia. Desde entonces, las soluciones a este problema han estado íntimamente relacionadas con el desarrollo tecnológico, cultural, social y político de la humanidad.

Para transmitir información entre dos puntos, primero debe ser "envasada en un contenedor", que posteriormente se enviará a través de un canal; dicho proceso es tan abstracto como el de la misma información, pero se explica con la ayuda de algunos ejemplos: si la información consiste en ideas, decisiones o estados de ánimo, las maneras de enviarla a distancia por medio de palabras, texto impreso, imágenes, ondas acústicas, ondas electromagnéticas o señales intermitentes de humo, por mencionar sólo algunas, y los canales de comunicación para cada uno de ellos son respectivamente el aire, el correo, un cable de televisión, el aire y la atmósfera en todos los casos se observa que el medio o canal a través del cual se transmite la información es un elemento que impone restricciones sobre los "contenedores" de la información: una onda acústica sólo puede ser transmitida por un canal que conduzca ondas acústicas y una eléctrica, por medio de un conductor de señales eléctricas.

Afortunadamente, "hoy en día, con ayuda de la tecnología, es posible solucionar estas limitaciones y convertir señales de un tipo a otro: el precursor de esto es el micrófono, por medio del cual se convierte una señal acústica en eléctrica.

El mensaje fue creado por el hombre para comunicarse, es decir, para hacer común algo que en este caso específico es la información. Esto es una muestra palpable del ingenio humano: la creación de un mensaje forzosamente implica la necesidad de codificar la información para que sea susceptible de ser enviada o transmitida; no sería posible transmitir una idea sino se utilizara el lenguaje oral, el corporal, el escrito, o algún otro; estos lenguajes son precisamente las versiones codificadas de la información.

Es posible explicar las funciones del codificador de la siguiente manera: así como no se puede enviar una carta (es decir, un sobre de papel que contiene otros papeles en su interior, cuyos símbolos o texto contienen la información que se desea transmitir) a través de un canal telefónico o de la atmósfera (esto último sólo es posible si se lanza el sobre como proyectil y su alcance es de unos cuantos metros), tampoco es posible enviar señales de humo utilizando para ello un sobre de papel. Por tanto, es indispensable adaptar el mensaje que contiene la información al canal por el que será transmitido.

Ésta es precisamente la función de un codificador. Para que se complete el proceso de comunicación, se requiere que tanto el que origina el mensaje como el que lo recibe conozcan la forma en que fue codificada la información (esto es, el código que fue empleado); en otras palabras, para que dos personas se comuniquen por la vía oral, es indispensable que ambas hablen el mismo idioma, y para que dos personas se comuniquen por vía telefónica, se requiere que, además de hablar el mismo idioma, ambas tengan a su disposición un aparato telefónico y que ambos estén unidos por medio de conductores de señales.

El hombre, al querer cubrir distancias cada vez mayores, empezó a utilizar sistemas cada vez más complejos, conforme se lo permitían los avances científicos y tecnológicos. Como consecuencia, también comenzó a usar sistemas de codificación tan abstractos como la escritura misma: símbolos basados en señales intermitentes de humo, o en diversas combinaciones de señales de fuego generadas por medio de antorchas.

Éstos fueron los precursores de la codificación de la información. El historiador griego Polibio (204-122 a.C.) relata que la manera en que se codificaban las 24 letras del alfabeto griego era colocando cada una de ellas en una retícula cuadrada de 5 x 5 unidades: por ejemplo, el código de la letra "alfa", colocada en el primer espacio, era "primer renglón, primera columna".

Se puede afirmar que también fue Polibio quien diseñó el primer sistema digital de comunicaciones sincronizadas. En este caso, se trabajaba en la misma línea visual, de una isla a otra, con dos recipientes cilíndricos de igual tamaño llenos de agua. Ambos tenían un pequeño orificio por donde salía un chorro de agua.

Dentro de los recipientes se contaba con una regla que tenía un conjunto de símbolos convencionales: "necesito refuerzos", "necesito alimento", "manden barcos", etc. Por medio de una antorcha se señalizaba (se informaba) de una isla a otra el instante en que debía ser abierto el orificio, y por medio de otra antorcha se señalizaba el instante en que debía ser cerrado.

El mensaje transmitido era precisamente aquel que se encontraba a la altura del agua en el momento de cerrar los orificios. Por supuesto que la sincronía era un factor extremadamente crítico; si ésta fallaba podían recibir, por ejemplo, refuerzos de caballería cuando lo que en realidad necesitaban eran alimentos.

1.2 Evolución de la comunicación por medio de redes

La historia de las comunicaciones va ligada muy estrechamente a la evolución de las investigaciones en el campo de la electricidad, desde siempre el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse y ha utilizado diferentes métodos para conseguirlo tales como: señales acústicas, ópticas o llevando mensajes usando animales de transporte.

Todo lo relacionado con las comunicaciones, es decir, las técnicas, la ciencia, la tecnología, se ha visto fuertemente impulsado por las necesidades de cada época. La mayor influencia sobre las comunicaciones la tuvo la Segunda Guerra Mundial: en esa época la humanidad ya se encontraba en la frontera de la revolución tecnológica, misma que las actuales generaciones hemos tenido la oportunidad de presenciar desde hace algunos años.

Muchos de los sucesos que condujeron a la conclusión de la guerra, con el resultado que todos conocemos, estuvieron relacionados con la disponibilidad de información oportuna o con la interceptación ingeniosa de información del enemigo. Los requerimientos de comunicaciones instantáneas, seguras y privadas de esa época fueron determinantes para que las comunicaciones sean lo que son hoy en día.

Las palabras "comunicación" e "información" pertenecen al lenguaje cotidiano; se usan y se conoce su significado en forma intuitiva, nadie

minimiza su importancia, pero pocas personas podrían definir las en forma precisa. Desde el punto de vista etimológico, la palabra "comunicación" proviene de la raíz latina *communicare*, es decir, "hacer común" algo. Por otra parte, "información" tiene su origen en las palabras *in* y *formare*, es decir, "instruir hacia adentro". A partir de estas dos palabras, y debido a la importancia que en épocas recientes han cobrado, se ha generado una enorme cantidad de variantes, cada una con un significado muy preciso, aplicable a determinadas situaciones.

Por ejemplo, "telecomunicaciones" significa comunicar a distancia, "informática" (que proviene de "información", auto y mática) supone el procesamiento automático de la información; "telemática" es la conjunción de "telecomunicaciones" e "informática", e implica la transmisión y el procesamiento automático de la información.

La comunicación entre máquinas se define como: Comunicación son todos aquellos procedimientos por medio de los cuales un mecanismo afecta la operación de otro. Las dos ciencias que dan origen a la teleinformática tienen su propia historia y evolución por separado hasta llegar a un punto que sus caminos se unen para compartir técnicas y métodos de trabajo.

Las telecomunicaciones comenzaron en 1830 con la utilización del telégrafo que permitió diversos tipos de comunicaciones digitales utilizando códigos como el Morse, inventado por Samuel Morse en 1820. Fue en 1839 cuando dos ingleses, W. F. Cooke y Charles Wheatstone, inventaron un modelo de telégrafo que poseía cinco agujas capaces de seleccionar por la inclinación de dos de ellas una letra entre veinte, así como por el movimiento de una sola aguja una cifra entre 0 y 9; poco tiempo después se

implementaron telégrafos de dos agujas con tres conductores, evolucionando hasta llegar al telégrafo de una aguja con dos conductores nada más.

Samuel Morse comenzó a estudiar las comunicaciones en 1830 teniendo preparada en 1835 una máquina compuesta en el emisor por un conjunto de piezas dentadas correspondiente a las letras y las cifras que, ensambladas para formar un mensaje y pasadas a través del correspondiente dispositivo, provocaban las sucesivas aperturas y cierres de un interruptor que producía la señal enviada por la línea; en el receptor, un electroimán recibía dicha señal y producía el desplazamiento de un lápiz que escribía en papel la forma de la señal con la que se podía descifrar el mensaje recibido.

Más tarde en 1855 Charles Wheatstone inventa el formato de una cinta junto con la perforadora correspondiente que permitía el envío y recepción de mensajes en código Morse en modo off-line, es decir, sin que el operador se encuentre permanentemente pendiente de la transmisión y recepción de los mensajes.

En 1874, el francés Emile Baudot inventó el telégrafo múltiple que permitía el envío de varios mensajes; por la misma línea se conectaban varios manipuladores de cinco teclas a una misma línea a través de un distribuidor que repartía el tiempo entre los distintos usuarios; en el receptor existía un distribuidor similar al del transmisor, ambos sincronizados, que repartía los mensajes entre distintas impresoras.

En 1876, Alexander Graham Bell inventó el teléfono con el que comenzó la comunicación de la voz a distancia. Este invento que tuvo mucha

aceptación por sus propias características, hizo que muchas ciudades se unieran por cable muy rápidamente, así como empresas y particulares, lo cual facilitó mucho la utilización de otros medios de comunicación posteriores que aprovecharon las propias líneas telefónicas.

Con la aparición de máquinas de escribir que incorporaban relés para la activación de la escritura, durante la primera guerra mundial E. Kleinschmidt desarrolló un sistema de transmisión que no requería de operadores en continua atención. Este sistema hizo posible la aparición en 1910 del teletipo o teleimpresor, que permitió el envío de mensajes a distancia utilizando el código Baudot creado por Emile Baudot en 1874; los teletipos tenían un distribuidor rotante capaz de enviar un carácter por vuelta compuesto por 5 bits que se acompañaban de otros datos de arranque y parada.

En 1971 aparece la red ARPANET,¹ fundada por la organización DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), que ha dado origen a la red Internet que actualmente integra a las más importantes instituciones académicas, de investigación y desarrollo que existen en el mundo. En esta red se desarrolló el conjunto de protocolos denominados TCP/IP,² que han ejercido gran influencia en las redes teleinformáticas.

En 1972, en España, aparece la primera red pública de conmutación de paquetes denominada Red Especial de Transmisión de Datos (RETD), propiedad telefónica que actualmente configura la red IBERPAC, y en 1974, la empresa Internacional Business Machines (IBM) configura la primera

¹ Es una abreviación de Advanced Research Projects Administration Network, el sistema de red informática del cual nació Internet.

² Protocolo de control de transferencia /Protocolo de Internet.

arquitectura teleinformática para sistemas distribuidos denominada System Network Architecture (SNA), A esta arquitectura le sigue la denominada Digital Network Architecture (DNA), creada por la empresa Digital Equipment Corporation (DEC) en 1976.

La década de los setenta se caracterizó también por el gran auge que toma la normalización en las comunicaciones. En 1976, el Comité Consultivo Internacional Telefónico y Telegráfico (Consultive Committee for International Telephone and Telegraph, CCITT) normalizó las redes de conmutación de circuitos (normas X.21) y las redes de conmutación de paquetes (normas X.25).

En 1977, la Organización de Estándares Internacionales (International Standard Organization-ISO) modela y normaliza la interconexión de computadoras creando el modelo básico de referencia para la Interconexión de sistemas Abiertos (Open System Interconnection-OSI), que fue publicado años más tarde, y es hasta el final de la década de los setenta que se marca la evolución de las comunicaciones por medio de redes de datos, fundamentalmente, por la aparición en 1978 de las Redes de Área Local (Local Area Network-LAN) que permite interconexión entre equipos informáticos en un entorno reducido.

Las primeras redes fueron las que tenían un solo procesador central que daba servicio a todo el conjunto de terminales conectadas; más tarde aparecieron las redes multisistema, donde el control de la red es compartido por múltiples procesadores o aplicación instalada en los mismos. Posteriormente, aparecen las redes distribuidas que permiten la conexión entre distintos tipos de redes, procesadores y terminales, en donde se

encuentran conectados todo tipo de procesadores, redes de empresas, redes locales, etc.

La década de los ochenta, con la popularización de las computadoras personales (Personal Computer-PC), marca un desarrollo definitivo en el campo de la teleinformática. Aparecen los denominados Servicios de Valor Añadido como el telefax, videotex, terminal bancario en casa, etc., también en esta década aparecen las redes digitales para dar servicios especializados a usuarios que requieran la integración de información compuesta por texto, datos imagen y voz.

En la década de los noventa se habla de nuevos aires en las tecnologías de la información, debido a que el costo del hardware se ha reducido substancialmente y, por otra parte, aparecen tecnologías muy creativas y prometedoras, como la programación orientada a objetos y los sistemas expertos.

Actualmente, las telecomunicaciones tienden al abaratamiento de la utilización de las redes, ya que están presentes en la mayoría de nuestras actividades, en el hogar, la oficina, bancos, agencias de viajes, en las escuelas, la industria, etc. Así como a nuevas posibilidades de transmisión proporcionada por las redes digitales de banda ancha que operan a gran velocidad (del orden de 155 millones de bits por segundos).

Las tecnologías presentes y futuras relacionadas con las comunicaciones 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.

Entonces, utilizando como punto de partida los conceptos expuestos a lo largo de este apartado, es decir, los orígenes de las telecomunicaciones y su vertiginoso desarrollo en la segunda mitad de este siglo, se ha caído en la tentación de identificar las siguientes tendencias en los sistemas y los servicios de telecomunicaciones:

- Cada vez hay una conectividad mayor entre los usuarios de una red de comunicaciones y existe también mayor posibilidad de que las diferentes redes sean interconectadas, por lo cual es posible que en un futuro sea suficiente el estar conectado y tener acceso a una sola red para poder disfrutar de todos los servicios que se ofrezcan al público por medio de cualquier otra red. Seguramente no se verá revertido este hecho y la conectividad seguirá aumentando.
- Las comunicaciones entre personas tienden a hacerse cada día más independientes del lugar donde se encuentran las mismas, con lo cual se nota una tendencia hacia accesos inalámbricos (y por tanto, móviles o al menos portátiles), hacia las redes que ofrecen los diferentes servicios. Probablemente seguirán proliferando estos sistemas con accesos que den al usuario cada día una mayor movilidad.
- Las redes de comunicaciones tienden a ser redes de "autopistas" de información digital de altas capacidades, y la fuente de información,

así como el servicio que se preste, son irrelevantes para la operación de las mismas. Para una red no hay diferencia entre el transporte de datos correspondientes a voz, imágenes, textos, archivos provenientes de una computadora, o provenientes de otros tipos de fuentes. En el futuro, las redes efectivamente serán redes de transporte inteligente de bits, a velocidades de muchos millones de bits por segundo. Al ser digital el transporte de información, la calidad que podrá ser disfrutada en cada uno de los servicios será muy alta.

- Es posible que cada habitante del planeta llegue a tener un solo número de acceso para todos los servicios que se le ofrezcan a través de la "súper-red": para telefonía en su casa, para radioteléfono en su automóvil, para teléfono celular de la nueva generación (tipo "servicio personal de comunicaciones"), para recibir faxes, correo electrónico, información de la oficina, etcétera.
- Es indispensable que los servicios sean accesibles a todos los usuarios, para lo cual será necesario que todos los servicios y terminales, incluyendo la combinación de más de un servicio, sean muy amables y accesibles para la mayoría de la población.
- Las velocidades que se utilicen para las transmisiones y la calidad que se logre en los diversos servicios deben ser adecuadas para todas las aplicaciones. Las tarifas que haya que pagar por disfrutar cada uno de los servicios deberán estar acordes con el servicio.

A través de estas redes de alta capacidad y los servicios que en ellas serán ofrecidos se estará en posibilidad de "integrar todos los servicios", de tener "transferencias de información totalmente digitales", de empezar a construir la "supercarretera de información" y de que todo esto forme la base de la "sociedad de la información" del futuro.

1.3 ¿Qué es una red?

Aunque en muchos casos las computadoras se utilizan de forma aislada, cada vez mas se tiene la necesidad de compartir información y recursos. El propósito fundamental de una red de computadoras es el de enlazar entidades similares por medio de un conjunto de reglas que aseguren un flujo de información confiable.

Las redes pueden ser tan simples como un programa para la transferencia de archivos que corre entre dos computadoras a través de un cable, pero tan complejas como los sistemas financieros de alta tecnología que transfieren datos como pulsos de luz a través de fibra óptica.

Una red de transmisión de datos es un conjunto de elementos físicos y lógicos que permiten la interconexión de equipos que satisfacen las necesidades de comunicación de datos, como se muestra en la figura siguiente:

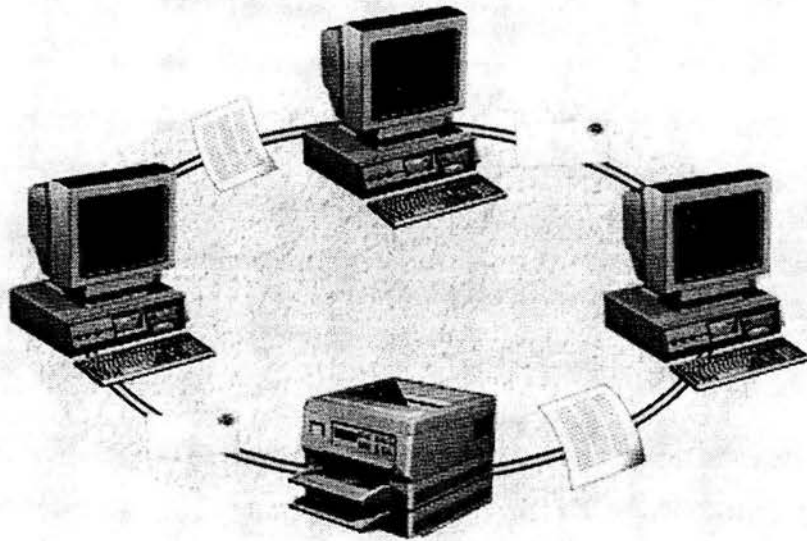


Figura 1.1:³ Red de transmisión de datos.

Una red debe ser:

- **Confiable**
- Estar **disponible** cuando se le requiera
- **Veloz**
- Ser **confidencial**
- **Segura**, es decir, proteger los datos de los usuarios de ladrones de información.
- **Integra** en el manejo de información.
- **Consistente**, es decir, la red debe ser capaz de determinar hacia donde se dirige la información.

³ En MARRAN, Ruth, *Aprenda computadoras e Internet visualmente*, España, Editorial Trejos Hermanos Sucesores S.A., 1999, p. 190.

1.3.1 Elementos a considerar en una red

Características de las redes empleadas para ofrecer cada uno de los servicios que se mencionan. En particular se utilizan los siguientes criterios de comparación:

- **Tipo de red.** Resulta necesario determinar que tipo de servicio se desea ofrecer por medio de ella para poder determinar de que tipo será. Por ejemplo si el servicio que se ofrece es al público en general, se utilizará como infraestructura redes públicas de telecomunicaciones, basadas fundamentalmente en transmisiones de radio o en señales guiadas por medio de conductores eléctricos u ópticos.
- **Cobertura.** La extensión del área geográfica que cubre una red es de particular interés en la comparación, ya que los servicios no pueden ser ofrecidos fuera de dicha área geográfica. La cobertura puede ser caracterizada como local, regional o nacional.
- **Interconexión.** A pesar de que la cobertura de una red puede ser local o regional, si está interconectada con otras redes de mayor cobertura se amplía de manera automática el área geográfica cubierta por la red. También es importante y consecuencia de este atributo, el hecho de poder tener acceso a servicios prestados por otras redes interconectadas a la red a la que el usuario tiene acceso.

- **Direccionalidad.** En una comunicación un usuario puede tener un papel pasivo o uno activo. Se ha incluido este rubro en el análisis, caracterizándolo por medio de U = unidireccional (receptor pasivo) o B = bidireccional (el receptor tiene un papel activo y también puede transmitir).
- **Punto-multipunto.** El criterio acerca de los posibles destinos para un servicio se relaciona con varios de los aspectos anteriores. Se han considerado dos opciones: P-P (punto a punto), en la cual existe un solo transmisor y un solo receptor, y P-MP (punto a multipunto), donde hay un solo transmisor pero una cantidad distinta de uno (posiblemente ilimitada) de receptores.
- **Tipo de información.** Se ha mencionado frecuentemente que la información que se transmite puede ser digital (D) o analógica (A), lo cual define algunos aspectos del alcance de un servicio; este es otro criterio que se considera digno de mención. Cabe recordar que si se trata de información tipo digital se estaría en posibilidad de tener los beneficios de las comunicaciones digitales, tales como la criptografía digital, la corrección de errores, la compresión del ancho de banda y el procesamiento por medio de microprocesadores de alta velocidad.
- **Privacía.** Normalmente cuando se hace uso de un servicio de comunicaciones se desea tener la certeza de que sólo aquellos usuarios a quienes está destinada la información la reciben, y de que ningún intruso puede tener acceso al servicio sin tener autorización para ello; la privacía que se proporciona a los usuarios en cada

servicio es distinta, por lo cual se considera que también es un factor que debe ser considerado (1 = baja privacidad, 2 = media, 3 = alta).

1.3.2 Ventajas de una red

Existen varias razones para construir una red, las más importantes son:

- Las organizaciones modernas suelen estar dispersas geográficamente, y sus oficinas están situadas en diversos puntos del país e incluso en diferentes lugares del mundo, teniendo la necesidad de compartir información y datos. Las redes proporcionan la posibilidad de que dicha comunicación se realice en el menor tiempo posible.
- Las redes de computadoras permiten compartir recursos, por ejemplo impresoras, reduciendo los costos de tener que contar con una impresora para cada computadora con que se cuente.
- Las redes pueden facilitar la tolerancia a fallos, es decir, si una computadora falla, otra puede asumir sus funciones.

- El uso de redes permite disponer de un entorno de trabajo accesible, ya que los empleados pueden disponer de la información en cualquier computadora que pertenezca a la red en cualquier parte del mundo.

La productividad y rendimiento de las organizaciones y personas aumenta significativamente con el uso de una red, ya que permite compartir recursos e información.

1.3.3 Tipos de redes

Las redes de área local (RAL o LAN) han sido creadas para responder a necesidades de tratamiento de información a pequeñas distancias.

Sus características principales son:

- Utilizar una red de transmisión privada para el entorno que se pretende cubrir.
- A ellas puede conectarse un gran número de dispositivos que se compartirían recursos comunes (impresoras, discos, etc.).
- Pueden llegar a distancia de unos pocos kilómetros. Los entornos más típicos son: una sala, una planta de un edificio, todo el edificio, un complejo formado por varios edificios o similares.

- La velocidad de transmisión se encuentra entre 1 y 100 Mbps.⁴
- Permiten la conexión a otras redes a través de gateways (puentes).

Las características especiales de las redes locales hacen que su construcción, forma y métodos de acceso varíen substancialmente con respecto a las redes de área extensa.

Las redes de área extensa son aquellas que surgen para satisfacer las necesidades de transmisión de datos a distancia superior a unos pocos kilómetros. Este tipo de redes permite conexiones entre múltiples usuarios y dispositivos de todo tipo.

Las redes de área extensa más comunes son las redes públicas de telecomunicación que de forma similar existen en casi todo los países del mundo y que se encuentran interconectadas. A ellas puede conectarse cualquier usuario que desee compartir información con cualquier otro usuario.

Existen redes privadas de uso exclusivo que obedecen a exigencias fuertes de seguridad o necesidad de utilización donde no existe otra solución que este tipo de red.

⁴ Millones de bits por segundo.

1.3.4 Tipo de cable utilizados en la conexión de redes

En la siguiente figura se muestran los principales tipos de cable utilizados para la interconexión de equipo.

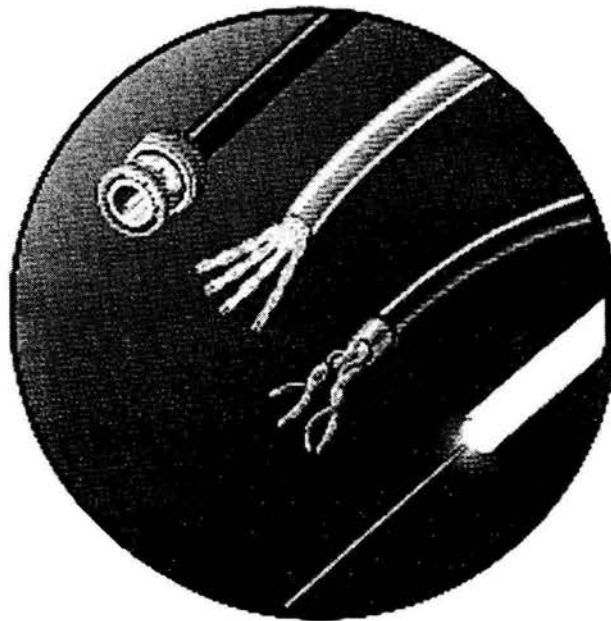


Figura 1.2:⁵ Tipos de cable.

⁵ En MARRAN, Ruth, *Aprenda computadoras e Internet visualmente*, España, Editorial Trejos Hermanos Sucesores S.A., 1999, p. 193.

Características del cableado utilizado en redes de computadoras

Característica	Par trenzado no protegido	Par trenzado protegido	Coaxial	Fibra óptica
Tecnología comprobada	Si	Si	Si	Si
Ancho de banda	Medio	Medio	Alto	Muy Alto
Hasta 1 MHz	Si	Si	Si	Si
Hasta 10 MHz	Si	Si	Si	Si
Hasta 20 MHz	Si	Si	Si	Si
Hasta 100 MHz	Si	Si	Si	Si
Canales video	No	No	Si	Si
Canal Full Duplex	Si	Si	Si	Si
Distancias medias	100 m 65 MHz	100 m 67 MHz	500 (Ethernet)	2 Km, fibra multimodo ⁶ 100 km, fibra monomodo ⁷
Inmunidad electromagnética	Limitada	Media	Media	Alta
Seguridad	Baja	Baja	Media	Alta
Costo	Bajo	Medio	Medio	Alto

⁶ Fibra óptica que soporta propagación de múltiples frecuencias de luz.

⁷ La fibra monomodo tiene un núcleo más estrecho lo cual permite a la luz entrar por un único ángulo. Esta fibra tiene ancho de banda más alto que la multimodo, pero requiere una fuente de luz con una longitud espectral más ancha, por ejemplo un láser.

Por sus características de capacidad, con seguridad serán las fibras ópticas los medios predominantes en aquellas porciones de la red en que el número de usuarios y el tráfico que generan lo justifiquen.

Hay que tomar en consideración que los costos de instalación de cables de fibras ópticas son elevados y que sólo se justifican cuando muchos usuarios comparten la red y generan suficiente tráfico como para que esa porción de la red sea utilizada todo o la mayor parte del tiempo.

Al igual que en una supercarretera para vehículos, en ésta deben existir "camino de acceso y "rutas secundarias", "camino vecinales". Estos elementos de la red estarán basados en tecnologías tales como cables coaxiales, de cobre, enlaces de radio digital o microondas. Donde exista la posibilidad de hacerlo serán interconectadas redes de cable coaxial (redes de televisión por cable) con las redes troncales de fibra.

1.3.5 Tipos de conmutación de redes

Existen dos tipos de conmutación de redes: conmutación de paquetes y conmutación de circuitos. En la conmutación de paquetes, el mensaje se divide en pequeños paquetes, a cada uno se le agrega información de control (por ejemplo, las direcciones el origen y del destino), y éstos circulan de nodo en nodo, posiblemente siguiendo diferentes rutas. Al llegar al nodo al que está conectado el usuario destino, se reensambla el mensaje y se le entrega.

Esta técnica se puede explicar por medio de una analogía con el servicio postal. Supongamos que se desea enviar todo un libro de un punto a otro geográficamente separado.

La conmutación de paquetes equivale a separar el libro en sus hojas, poner cada una de ellas en un sobre, con la dirección del destino y depositar todos los sobres en un buzón. Cada sobre recibe un tratamiento independiente, siguiendo posiblemente rutas diferentes para llegar a su destino, pero una vez que han llegado todos a su destino, se puede reensamblar el libro.

Por otra parte, en la conmutación de circuitos se busca y reserva una trayectoria entre los usuarios, se establece la comunicación y se mantiene esta trayectoria durante todo el tiempo que se esté transmitiendo información.

Para establecer una comunicación con esta técnica se requiere de una señal que reserve los diferentes segmentos de la ruta entre ambos usuarios, y durante la comunicación el canal quedará reservado para esta pareja de usuarios.

CAPITULO II

Redes ATM

2.1 Introducción al ATM

A diario el mundo parece moverse a un ritmo cada vez más rápido con los nuevos avances tecnológicos que ocurren constantemente en el campo de las telecomunicaciones. La necesidad de transmitir no sólo datos, lleva a la tecnología ATM a tomar mayor importancia en el mundo de las comunicaciones.

ATM (Modo de Transferencia Asíncrona) es un estándar de la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones, Sector de Estándares en Telecomunicaciones) para la conmutación de celdas; comenzó hace aproximadamente 10 años y el propósito de las celdas es la conexión. ATM es producto de los esfuerzos del estándar de la BISDN (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) de la ITU-T, concebida originalmente como una tecnología de transporte a alta velocidad para voz, video y datos a través de redes públicas.

ATM es el complemento de STM (Modo de Transmisión Sincrónica). 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.

2.2 ¿Qué es la tecnología ATM?

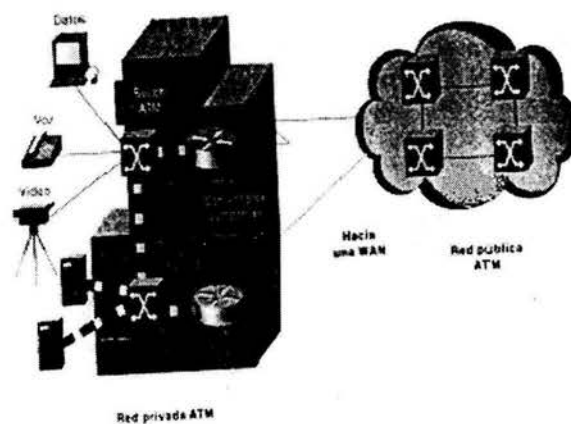


Figura 2.1.⁸ Tipos de redes ATM.

“ATM es una tecnología de conmutación de celdas y multiplexaje que reúne los beneficios de la conmutación de circuitos (capacidad y retardo de transmisión constante) con los de la conmutación de paquetes (flexibilidad y eficiencia para tráfico intermitente⁹)”.¹⁰

⁸ En FORD, Merilee y H. Kim Lew, *Tecnologías de interconectividad de redes*, México, Editorial Prentice Hall, 1998, p. 212.

⁹ Que se interrumpe y vuelve a empezar de modo alternativo.

¹⁰ En FORD, Merilee y H. Kim Lew, *Tecnologías de interconectividad de redes*, México, Editorial Prentice Hall, 1998, p. 212.

Proporciona un ancho de banda expandible desde Mbps hasta Gbps, debido a su naturaleza asíncrona, es decir, los datos circulan como una corriente de "1" y "0" lógicos que representa letras, números y símbolos. Como se transmiten a lo largo de algún conducto, es preciso emplear algún método de sincronización; ya sea síncrono o asíncrono en los extremos de envío y de recepción para que se mantenga la correspondencia con el sistema de codificación.

La transmisión asíncrona define el principio y el final de cada carácter u octeto de 8 bits enviado por las líneas. La palabra asíncrono puede prestarse a confusiones, ya que implica una no sincronización. En realidad, se inserta un bit de principio y otro de final (o de "inicio" y "paro") entre cada palabra de 8 bits para sincronizar el transmisor y el receptor, además de un bit de paridad para detectar errores.

La transmisión asíncrona no requiere señales de temporización Individual para cada carácter sólo son necesarias señales de temporización para largos párrafos o bloques de datos. Por tanto, entre los caracteres no hay bits de "inicio" y "paro". Es más eficiente que las tecnologías síncronas como el TDM (Multiplexaje por División de Tiempo).

La manera más fácil de conseguir sincronismo es enviando pequeñas cantidades de bits a la vez, sincronizándose al inicio de cada cadena. Esto tiene el inconveniente de que cuando no se transmite ningún carácter, la línea está desocupada; sin embargo ATM utiliza la técnica de multiplexaje y esto no llega a suceder. Para detectar errores, se utiliza un bit de paridad en cada cadena .

Este tipo de transmisión es sencilla y no costosa, aunque requiere muchos bits de comprobación y de control.

El ATM es una tecnología que ha venido a dar un giro importante en la transmisión de datos, ya que permite transmitir voz y video además de datos a velocidades muy altas, como se muestra en la figura 2.1.

ATM trabaja con unidades de datos de longitud fija 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. 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.

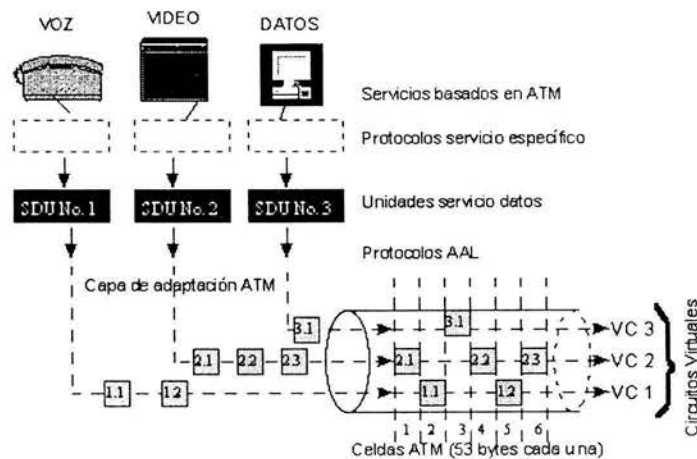


Figura 2.2:¹¹ Formato básico y la jerarquía ATM.

ATM promete ser la tecnología de red empresarial virtual del futuro, un término que refleja tanto la evolución del modelo empresarial global y el énfasis en la conectividad lógica, donde los usuarios obtienen acceso a los

¹¹ En Internet www.ATM.com.

recursos que necesitan y el operador de la red provee las rutas de conexión y asigna el ancho de banda necesario a fuentes de tráfico muy diferentes (datos, voz y video) un ejemplo de los servicios que integra una red ATM es el que se muestra en la figura 2.2.

2.2.1 Características de ATM

- **Ancho de banda bajo demanda:** El acceso está garantizado mediante un ancho de banda¹² predefinido y dedicado; el ancho de banda puede incrementarse según lo requiera la cantidad de demanda. La asignación del ancho de banda se realiza en función de la demanda de envío de tráfico. La Multiplexión estadística del sistema ATM (también conocida como asignación bajo demanda) permite aprovechar todos los recursos disponibles; es decir, si un usuario no tiene nada que transmitir en un momento determinado su canal queda desocupado y pasa a ser utilizado por otro usuario que tiene que transmitir mucha información.
- **Operación por conmutación de paquetes:** Al utilizar paquetes de longitud fija se permite el uso de nodos de conmutación a velocidades muy altas.

¹² El ancho de banda es la máxima cantidad de datos que pueden pasar por un camino de comunicación en un momento dado, normalmente medido en segundos. Cuanto mayor sea el ancho de banda, más datos podrán circular por ella por segundo.

- **Velocidad:** Capacidades escalables de 34, 45, 100, 155, 622, 2488 Mbps.
- **Adaptabilidad:** ATM es adaptable para LAN (redes de área local) y WAN (redes de área extensa).
- **Mínimo trabajo de red:** ATM desplaza hacia sus equipos terminales la funcionalidad que corresponde a la red (tal como corrección de errores, control de flujo, etc.). Como consecuencia de la disminución del proceso en red, el servicio ATM se adecua mejor a las altas velocidades de transmisión, minimiza el retardo en red y presenta un elevado rendimiento (alto porcentaje de información útil transmitida con relación a las cabeceras).
- **Diseñado para todo tipo de tráfico:** Una red ATM soporta todo tipo de información, ya sea voz, datos, imagen, video, gráficos o 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.

- **Largo periodo de vida de la arquitectura:** Los sistemas de información y las industrias de telecomunicaciones se están enfocando y estandarizando al ATM, el cual ha sido diseñado desde un principio para ser flexible en: distancias geográficas, número de usuarios, acceso y ancho de banda (hasta ahora las velocidades de transmisión varía de Mbps a Gbps¹³).

El servicio ATM constituye una alternativa económica y flexible frente a las soluciones de red privada basadas en líneas dedicadas. Al basarse en la multiplexión estadística, permite la compartición y asignación dinámica de los recursos de transmisión a múltiples comunicaciones con el consiguiente ahorro económico.

2.3 Conceptos básicos de ATM

Celdas:

ATM transfiere la información a través de unidades de tamaño fijo llamadas **celdas**, cada una de ellas está compuesta por 53 octetos o bytes; los primeros 5 bytes contienen información del encabezado de la celda, la cual es usada para el control, es decir, contiene información de "qué celda es" y "a dónde va dirigida", y los 48 bytes restantes contienen la "carga útil" (información del usuario).

¹³ Un gigabit por segundo es 10^9 bits por segundo o 1000 millones de bits por segundo.

Las celdas de tamaño fijo son muy adecuadas para la transferencia de voz y video, ya que dicha información no tolera retardos que surgen al tener que esperar a que un paquete grande de datos descargue su información, el formato de una celda se muestra en las figuras siguientes:

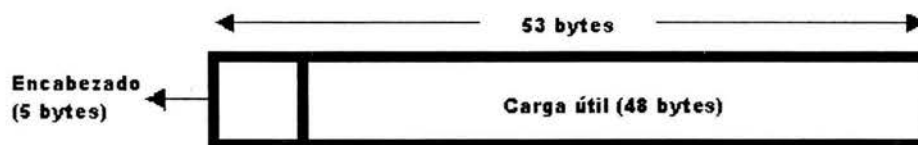


Figura 2.3:¹⁴ Formato básico de una celda.

Las celdas llegan a una velocidad de aproximadamente 150Mbps; esto corresponde a más de 360,000 celdas por segundo.

Multiplexión:

La multiplexión es la forma en que una Red ATM distribuirá la información, la cual consiste en: "celdas" de información contenidos en un circuito virtual (VC); la información es identificada por un "virtual circuit identifier" VCI y un "virtual path identifier" VPI dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión.

¹⁴ Figura realizada por el autor de esta tesis.

ATM utiliza la técnica de circuitos virtuales en la que antes de enviar los paquetes de datos, el emisor envía un paquete de control que es de “petición de llamada”, este paquete se encarga de establecer un camino lógico de nodo en nodo por donde irán uno a uno todos los paquetes de datos. De esta forma se establece un camino virtual para todo el grupo de paquetes. Este camino virtual será numerado o nombrado inicialmente en el emisor y será el paquete inicial de “petición de llamada” el encargado de ir informando a cada uno de los nodos por los que pase de que más adelante irán llegando los paquetes de datos con ese nombre o número. De esta forma, el encaminamiento sólo se hace una vez (para la “petición de llamada”).

Al multiplexar por medio de circuitos virtuales se obtienen las siguientes ventajas:

- El encaminamiento en cada nodo sólo se hace una vez para todo el grupo de paquetes.
- Todos los paquetes llegan en el mismo orden del de partida ya que siguen el mismo camino.
- En cada nodo se realiza detección de errores, por lo que si un paquete llega erróneo a un nodo, éste lo solicita otra vez al nodo anterior antes de seguir transmitiendo los siguientes.

La organización de la cabecera (header) variará levemente dependiendo de sí la información relacionada es para interfaces de red a red o de usuario a red. Las celdas son ruteadas individualmente a través de los

conmutadores basados en estos identificadores, los cuales tienen significado local, ya que pueden ser cambiados de interfase a interfase.

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes.

La siguiente figura muestra ejemplo de un circuito virtual, trayecto virtual y esquematiza la multiplexión:

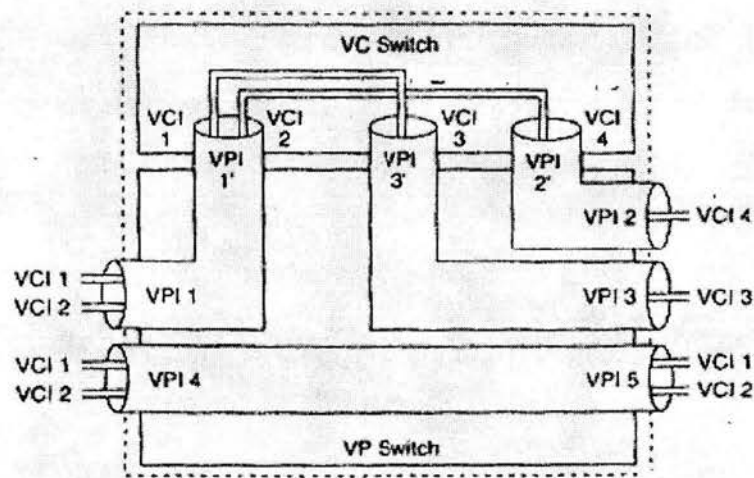


Figura 2.4:¹⁵ Multiplexión ATM.

Los slots de celda no usados son llenados con celdas, identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda.

¹⁵ En www.atmforum.com

2.4 Elementos que conforman una Red

ATM

Generalmente, las computadoras o equipos terminales no están capacitadas para transmitir y recibir datos de una red de larga distancia, para esto existen los módem u otros circuitos parecidos. A los equipos terminales y computadoras se les llama DTE (Equipo Terminal de datos) y a los circuitos de conexión con la red (módem) se les llama DCE (Equipo de comunicación de datos). Los DCE se encargan de transmitir y recibir bits uno a uno. Los DTE y DCE están comunicados y se intercambian tanto datos de información como de control. Para que se puedan comunicar dos DTE hace falta que ambos cooperen y se entiendan con sus respectivos DCE. También es necesario que los dos DCE se entiendan y usen los mismos protocolos .

Una red ATM está formada por un switch ATM (DCE) y puntos terminales ATM (DTE). El switch es responsable del transporte de las celdas a través de la red; su trabajo está bien definido:

- Primero, acepta la celda que proviene de un punto terminal de ATM u otro switch ATM.
- Posteriormente, lee y actualiza la información contenida en el encabezado de la celda y rápidamente conmuta la celda a una interfaz de salida para enviarla a su destino.
- Un punto terminal de ATM (o sistema terminal) está formado por un adaptador de interfase de red tales como estaciones de trabajo, ruteadores, CODEC (Codificador Decodificador), etc.

La siguiente figura muestra los elementos que conforman una red ATM:

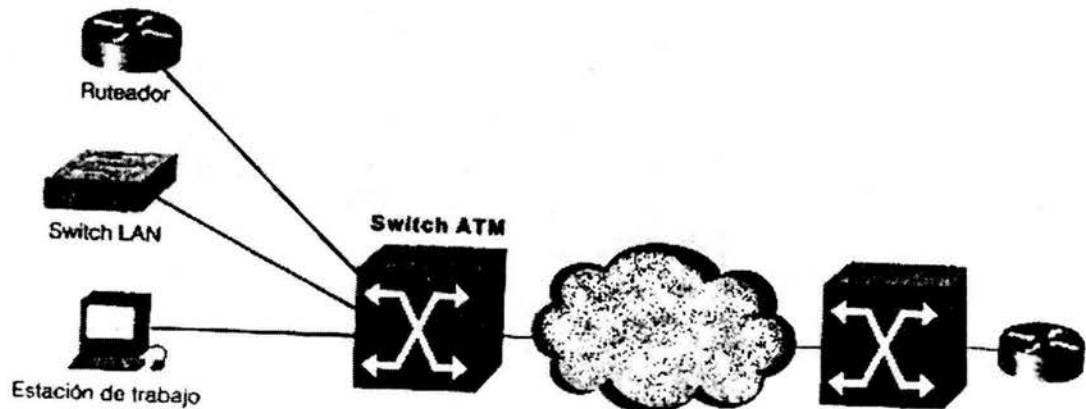


Figura 2.5:¹⁶ Elementos de una red ATM.

El medio de transmisión para ATM es normalmente la fibra óptica; pero para tramos menores de 100 metros, es aceptable el cable coaxial o la categoría 5 del par trenzado, la fibra óptica se utiliza para un cableado de varios kilómetros.

¹⁶ En FORD, Merilee y H. Kim Lew, *Tecnologías de interconectividad de redes*, México, Editorial Prentice Hall, 1998, p. 214.

CAPITULO III

Arquitectura de una red ATM

3.1 Modelo de referencia ATM

Los protocolos¹⁷ de comunicaciones de datos fueron evolucionando a medida que incrementaba la necesidad de dar respuesta a circuitos poco confiables. Los protocolos en general detectan errores en bits y tramas¹⁸ perdidas para después retransmitir los datos.

La capacidad de Gbps de la red ATM genera un juego de requerimientos necesarios para el control de flujo de información; si el control del flujo se realizará como una retroalimentación del lazo de extremo a extremo, en el momento en que el mensaje de control de flujo llegara a la fuente, ésta ya habría transmitido algunos Mbps de datos en el sistema, agravando la congestión. Y en el momento en que la fuente respondiera al mensaje de control, la condición de congestión hubiera podido desaparecer apagando innecesariamente la fuente.

La constante de retardo de retroalimentación de extremo a extremo en las redes ATM debe ser lo suficientemente grande como para cumplir con las necesidades del usuario sin que la dinámica de la red se vuelva impráctica.

¹⁷ Conjunto de reglas para el intercambio de información.

¹⁸ Es un conjunto de números digitales (0 y 1) que conforman un bloque de datos, es decir, es un conjunto de bits que conforman datos; las tramas están formadas por señales de control, información e índices de inicio y fin de trama.

Las condiciones de congestión en las redes ATM están previstas para que sean extremadamente dinámicas requiriendo de mecanismos de hardware lo suficientemente rápidos para llevar a la red al estado estacionario, necesitando que la red, en sí, esté activamente involucrada en el rápido establecimiento de este estado estacionario.

Lo más importante al manejar el control de congestión de datos en la red es tratar de afectar sólo a los flujos de conexión que son responsables de la congestión y no afectar aquellos que no causan conflicto; al mismo tiempo, permitir que el flujo de conexión utilice el ancho de banda que necesite si no hay congestión.

El modelo de referencia ATM consta de tres capas y 3 planos que se extienden a través de todas las capas, como se muestra en la figura 3.1, las funciones de cada una de las capas se resumen en la tabla de la figura 3.2.

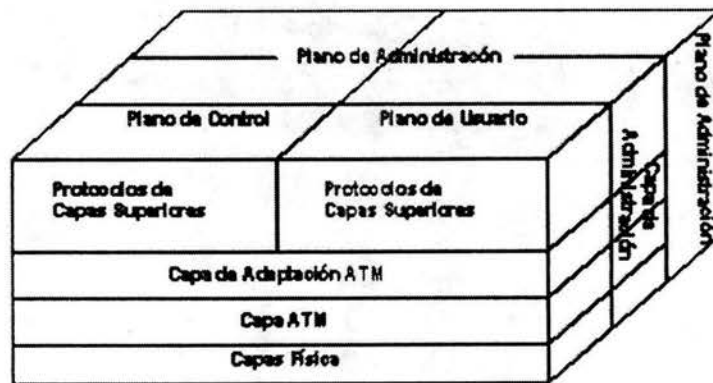


Figura 3.1:¹⁹ Modelo de referencia de protocolo para una red ATM.

¹⁹ En www.ATM.com.

		CAPAS		
G E S T I O N	Convergencia	CS	AAL	CAPA AAL
	Segmentación/Reensamblado	SAR		
	Control de flujo	ATM	CAPA ATM	
	Generación/Extracción de cabeceras de celdas			
Traducción VPI/VCI				
Multiplaxación/Desmultiplexación de celdas				
D E R E D	Generación y verificación de HEC	TC	CF	CAPA FISICA
	Formato de celdas			
	Transmisión de tramas			
	Temporización de bits	PDM		
	Medio físico			
SDH, SONET, 100 Mbps.				

Figura 3.2:²⁰ Funciones de las capas ATM.

Funciones de los planos del modelo de referencia ATM:

- **Plano de control:**

Es responsable de la creación y administración de las solicitudes de señalización.

- **Plano de usuario:**

Es el responsable de la administración de la transferencia de datos.

²⁰ En GARCÍA TOMÁS, Jesús; Santiago Ferrando Girón, y Mario Piattini Velhuis, *Redes de alta velocidad*, México, Editorial ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V., 1997, p. 173.

- **Plano de administración:**

Este plano tiene dos subdivisiones:

Plano de gestión de capa: Se encarga de administrar las funciones específicas de la capa como la detección de fallas y los problemas de los protocolos.

Plano de gestión de plano: Se encarga de administrar y coordinar las funciones relacionadas con todo el sistema.

3.1.1 Capa física

Es la encargada de administrar la transmisión que depende del medio físico de transmisión, su función es transportar las celdas ATM. Esta capa tiene 4 funciones:

- Convertir los bits en celdas.
- Controlar la transmisión y recepción de bits en el medio físico.
- Supervisar los límites de las celdas.
- Empaquetar las celdas en un tipo de trama adecuado para enviarlas a través del medio físico.

La capa física se divide en dos subcapas:

Subcapa dependiente del medio físico (PDM): la subcapa PDM lleva a cabo funciones que dependen del medio físico, ya sea eléctrico u óptico, como son la transmisión y temporización de bits. Esta subcapa presenta dos funciones básicas:

- Sincronizar la transmisión y la recepción a través del envío y recepción de un flujo continuo de bits con la información de temporización asociada.
- Especifica el medio físico para el medio de transmisión que se va a utilizar, incluyendo los tipos de conector y cable.

Subcapa de convergencia de transmisión (TC): la subcapa TC es responsable de todas las funciones relacionadas con la transmisión de las celdas. La subcapa TC tiene 4 funciones:

- **Delimitar celdas:** Esta función conserva los límites de las celdas ATM, permitiendo que los dispositivos puedan ubicar celdas dentro de una ráfaga de bits.
- **Controlar errores de cabecera:** Esta función crea y verifica el código de control de errores del encabezado para asegurar la validez de los datos.

- **Desacoplar la velocidad de las celdas:** Esta función conserva la sincronización e inserta o suprime celdas ATM libres (no asignadas) para adaptar la velocidad de celdas ATM validas a la capacidad de carga útil del sistema de transmisión.
- **Adaptar las celdas a las tramas de transmisión:** Esta función empaqueta las celdas ATM en tramas aceptables para la implementación de la capa física particular, es decir, genera y recupera tramas de celdas.

Capas físicas propuestas para redes ATM:

- ATM sobre SDH: STM-1 (155.52 Mbps) y STM-4 (622.08 Mbps).
- ATM sobre PDH: (2.048 Mbps), DS1(1.548 Mbps), DS2 (6.312 Mbps), E3 (34.368 Mbps), E4 (139.264 Mbps) y DS3(44.736 Mbps).
- ATM a 100 Mbps sobre FDI (TAXI).
- ATM a 25.6 Mbps: Solución propuesta por IBM en el ATM forum para llevar ATM a las estaciones de trabajo.

Ejemplo 1:

Capa física ATM a 25.6 Mbps: Es un claro ejemplo de utilización de ATM en entornos privados. Su objetivo principal es minimizar los costos de los circuitos electrónicos necesarios para llevar la tecnología ATM a nivel de

estaciones de trabajo y por consecuencia tener una arquitectura escalable tanto en velocidad como en entornos LAN, MAN y WAN. Este tipo de capa física no necesita usar tramas, las celdas se transportan continuamente por el medio físico una vez que se ha codificado adecuadamente, Este esquema es conocido genéricamente como interfaz basada en celdas.

Funciones de las subcapas PDM y TC:

PDM:

- La velocidad de transmisión es de 25.6 Mbps.
- El medio físico es par trenzado, utilizándose dos pares por enlace, uno para emisión y otro para recepción. Se puede utilizar tanto UTP de categoría 3 ó 5 como STP.

TC:

- Las celdas se transmiten sin que exista una estructura de trama asociada a intervalos regulares de tiempo.
- Delimitación de celdas.
- Generación y verificación del HEC (Header Error Control) Control de Errores de Cebecera.
- Adaptación de las velocidades de celdas entre la capa ATM y la capa física.
- Transmisión periódica para servicios isócronos.

Para adaptar la velocidad de las celdas ATM a la velocidad de la capa física, ésta transporta adicionalmente un conjunto de celdas no asignadas

que no se transfieren a la capa ATM y que están identificadas por identificadores predefinidos, como se muestra en la siguiente figura:

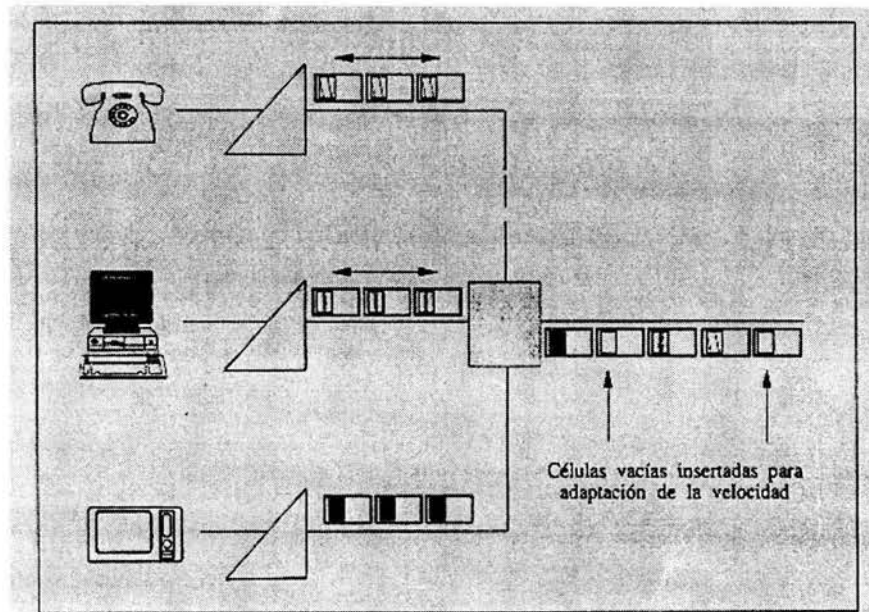


Figura 3.3:²¹ Adaptación de velocidad en ATM.

Ejemplo 2:

Capa física ATM sobre STM nivel 1 a 155.52 Mbps: Esta capa es un ejemplo de aplicación de la tecnología ATM sobre entornos públicos. Estos entornos se caracterizan por disponer de una estructura de transporte a la que se debe adaptar la transferencia ATM.

²¹ En GARCÍA TOMÁS, Jesús; Santiago Ferrando Girón, y Mario Piattini Velthuis, *Redes de alta velocidad*, México, Editorial ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V., 1997, p. 168.

Funciones de las subcapas PDM y TC:

PDM:

- El medio físico puede ser óptico o eléctrico, en ambos casos se utilizan dos circuitos por enlace, uno para cada sentido de la transmisión.
- Velocidad de 155.52 Mbps.
- La distancia máxima para interfaz eléctrica esta en el rango de 100 a 200 metros con cable coaxial de 75 ohms o cable par trenzado categoría 5, UTP o STP.
- Para medio óptico la cobertura es de entre 800 y 2000 metros, para fibra óptica monomodo.

TC:

- Generación y recuperación de tramas.
- Delimitación de celdas mediante el uso del HEC.
- Generación y verificación del HEC.
- Desacoplo de velocidad en celdas.

3.1.2 Capa ATM

La función principal de la capa ATM es la transferencia del flujo de celdas a través de la red. La capa ATM es responsable de establecer conexiones y pasar celdas mediante la red ATM utilizando la información del encabezado de cada celda. Esta capa se encarga de llevar las celdas del

origen a su destino, esta relacionada con algoritmos y protocolos de enrutamiento en los conmutadores ATM, además de manejar las direcciones globales.

La capa ATM se orienta a conexiones, tanto en términos del servicio que ofrece como de la manera que opera internamente. Debido a que la tecnología ATM fue diseñada para utilizarse en redes de fibra óptica las cuales son altamente confiables, la capa ATM no proporciona acuses de recibo, es decir, la información que ha sido enviada y es recibida por el aparato receptor, éste no envía un mensaje de que la información fue recibida.

A pesar de la falta de acuses de recibo, la capa ATM si proporciona una garantía: las celdas que se envíen por un circuito virtual nunca llegan fuera de orden; se permite a la subcapa de convergencia de transmisión (TC) ATM descartar celdas si ocurren congestiones, pero por ningún motivo se pueden reordenar las celdas enviadas por un circuito virtual, sin embargo, no se dan garantías sobre el orden si un host²² envía celdas por diferentes circuitos virtuales.

Por ejemplo: si un host envía una celda por el circuito virtual 10 y luego envía otra por el circuito virtual 20 al mismo destino, la segunda celda podría llegar primero; por el contrario, si las dos celdas se hubiesen enviado

²² Dentro de una red, cada computadora por si sola se denomina HOST(maquina anfitriona), algunas computadoras, por el contrario, pueden admitir más de un usuario conectado a la vez. A estos sistemas multiusuarios, se les denomina HOST.

por el mismo circuito virtual, la primer celda enviada siempre sería la primera en llegar.

La capa ATM reconoce una jerarquía de conexión de dos niveles que es visible en la capa de adaptación ATM (AAL), a lo largo de cualquier trayectoria de transmisión de un origen a un destino, un grupo de circuitos virtuales pueden agruparse en lo que se denomina una trayectoria virtual, como se muestra en la figura 3.4. Conceptualmente, una trayectoria virtual es como un haz de pares trenzados de cobre, al reenrutarlo, todos los pares (circuitos virtuales) se reenrutan juntos.

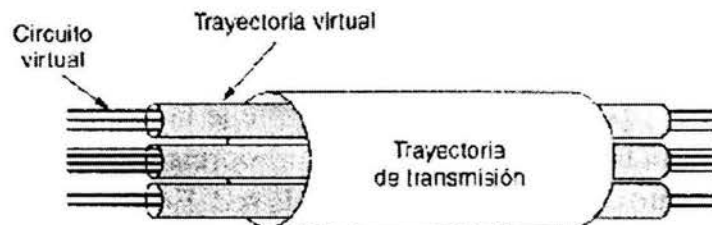


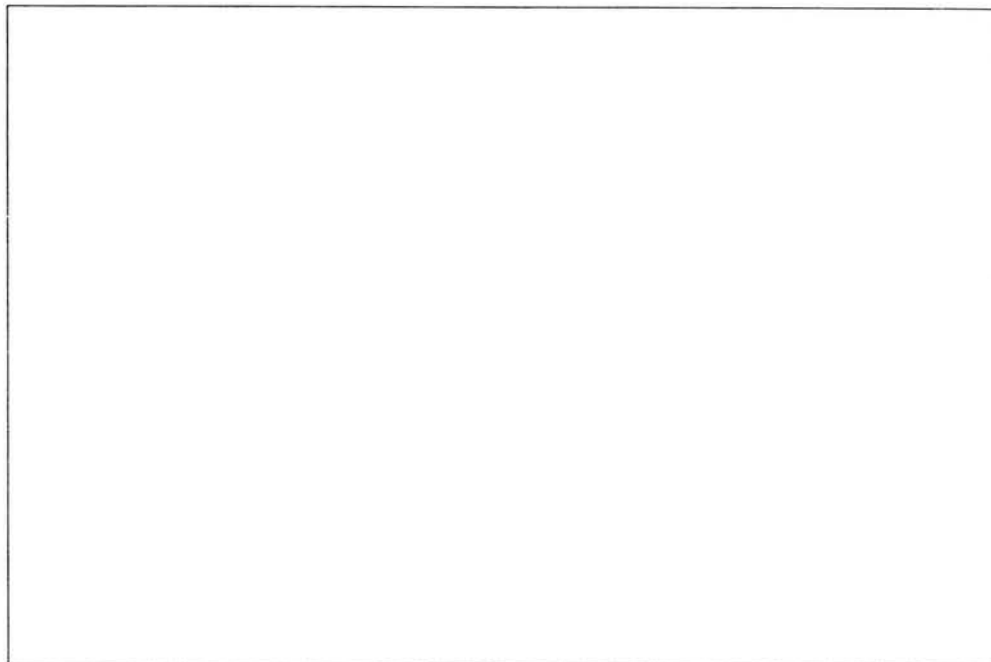
Figura 3.4.²³ Canales y trayectorias virtuales ATM.

El comité de estándares ha definido dos tipos de cabeceras ATM:

El UNI (User to Network Interface) interfaz usuario-red y la NNI (Network to Network Interface) interfaz red-red.

²³ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 451.

La UNI es un modo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (tal como hubs o routers ATM) y la red de área ancha ATM (ATM WAN). La NNI define la interfase entre los nodos de las redes (los switches o conmutadores) o entre redes.



3.5:²⁴ Propósito de las cabeceras UNI y NNI en una red del tipo ATM.

La NNI puede usarse como una interfase entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público. Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar las "Virtual Paths Identifiers"(VPI, Identificador de Trayectoria Virtual) y los "Virtual Circuits" o "Virtual Channels"(VCI, Identificador de Circuito Virtual) como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM, un ejemplo de este esquema se muestra en la siguiente figura:

²⁴ En GARCÍA TOMÁS, Jesús; Santiago Ferrando Girón, y Mario Piattini Velthuis, *Redes de alta velocidad*, México, Editorial ALFAOMEGA GRUPO EDITOR, S.A de C.V., 1997, p. 166.

LOS PROTOCOLOS DE CAPA ATM AAL

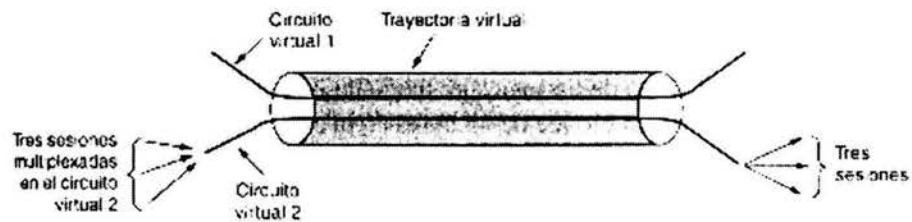


Figura 3.6:²⁵ Multiplexión de varias sesiones en un circuito virtual.

3.1.3 Capa de adaptación ATM (AAL)

Ninguno de los protocolos AAL (ATM Adaptation Layer) proporciona una conexión confiable de extremo a extremo como lo hace el TCP, la capa AAL de las redes ATM es radicalmente distinta del TCP, principalmente porque a los diseñadores de ATM les interesó principalmente transmitir corrientes de voz y video, y la entrega rápida es mucho más importante que la entrega correcta, hay que recordar que la capa ATM simplemente envía celdas de 53 bytes en sucesión; no hay control de errores, ni de flujo, es decir, no existe control de ningún tipo, simplemente se encarga de la transmisión de celdas de un origen a un destino; en consecuencia, no satisface los requisitos de la mayoría de las aplicaciones.

Para corregir este problema la ITU definió una capa de extremo a extremo por encima de la capa ATM, a la que llamó AAL. La capa AAL tiene una historia un poco tortuosa, en sus inicios estaba llena de errores, y por

²⁵ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 551.

consecuencia de correcciones, la meta de la capa AAL es proporcionar servicios útiles a programas de aplicación y protegerlos de la mecánica de dividir datos en celdas en el origen y reorganizarlos en el destino.

Cuando la ITU comenzó a definir la AAL, se dio cuenta que aplicaciones diferentes tienen requisitos distintos, por lo que organizó el espacio de servicio en los tres ejes siguientes:

- Servicio en tiempo real y no real.
- Servicio de tasa de bits constante y variable.
- Servicio orientado a conexiones y sin conexiones.

Con estos tres ejes se definen 8 servicios distintos, como se muestra en la figura 3.6, la ITU sintió que sólo 4 de éstos eran de utilidad, y los nombró por clases A, B, C, y D; los otros no se contemplaron, por lo que en la actualidad la clasificación resulta obsoleta.

	A		B		C		D	
Sincronización	Tiempo real	Ninguna	Tiempo real	Ninguna	Tiempo real	Ninguna	Tiempo real	Ninguna
Tasa de bits	Constante		Variable		Constante		Variable	
Modo	Orientado a conexiones				Sin conexiones			

Figura 3.7:²⁶ Clases originales de servicio.

²⁶ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 546.

Para manejar estas cuatro clases de servicio, la ITU definió 4 protocolos, AA1 a AAL4. Sin embargo se dieron cuenta de que los requisitos técnicos de las clases C y D eran tan parecidos que se combinaron el AAL3 y AAL4 formando AAL3/4; poco tiempo después ninguna de estas clases era útil, y se definió otro protocolo, el AAL5.

La capa de adaptación ATM se divide en dos partes principales, como se muestra en la figura 3.7, la parte superior de la capa de adaptación ATM se llama subcapa de convergencia y la parte baja se llama subcapa de segmentación y reensamblado.

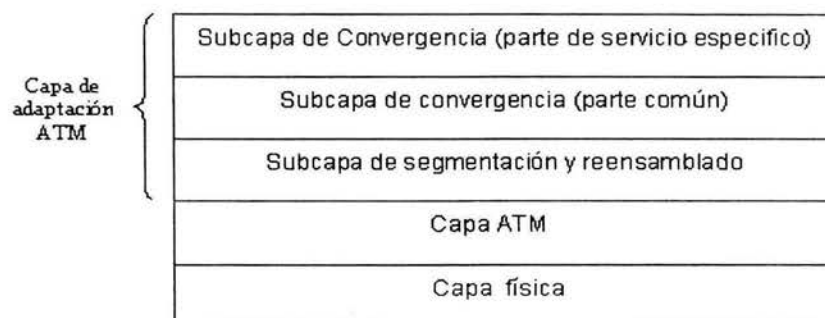


Figura 3.8:²⁷ Capa de adaptación ATM y sus subcapas.

- **Subcapa de convergencia:** Su tarea es establecer la interfaz con la aplicación, esta subcapa se encarga de aceptar corrientes de bits o mensajes de longitud arbitraria de las aplicaciones y dividirlos en unidades de transmisión de 44 a 48 bytes, el tamaño exacto depende del protocolo, y a que algunos protocolos usan parte de la carga útil ATM de 48 bytes para sus propias cabeceras. En el destino, esta subcapa recompone los mensajes.

²⁷ Idem.

- **Subcapa de segmentación y reensamblado:** Esta subcapa puede agregar cabeceras y apéndices a las unidades de datos entregadas a ella por la subcapa de convergencia para formar cargas útiles de celda. Estas cargas se entregan a la capa ATM para su transmisión. En el destino la subcapa de segmentación y reensamblado reensambla las celdas para obtener mensajes, esta subcapa básicamente se ocupa de las celdas y la subcapa de convergencia de se ocupa de los mensajes.

3.1.3.a AAL1

Los servicios de Clase A son los denominados CBR (Constant Bit Rate, Velocidad Constante de Bits) para servicio de voz y vídeo codificado con códec de velocidad constante sin compresión.

AAL1 tiene una subcapa de convergencia y una subcapa de segmentación y reensamblado. La primera detecta celdas perdidas y mal introducidas; una celda mal introducida es aquella que se entrega al destino equivocado como resultado de un error no detectado en el identificador de su circuito virtual o su trayectoria virtual.

Esta subcapa amortigua el tráfico de entrada para proporcionar entrega de celdas a una tasa constante; también divide los mensajes en unidades de 46 ó 47 bytes que se entregan a la subcapa de segmentación y reensamblado para su transmisión. Mientras en el otro extremo se extraen

estas unidades y se reconstruye la entrada original. La subcapa de convergencia de la AAL1 no tiene ninguna cabecera de protocolo propia.

En cambio, la subcapa de segmentación y reensamblado (SAR) de AAL1 sí tiene un protocolo. Los formatos de sus celdas comienzan con una cabecera de 1 byte que contiene un número de secuencia de celda de 3 bits (SN), para detectar celdas perdidas o mal introducidas; a este campo le sigue un número de protección de secuencia de 3 bits (SNP), además de 1 bit de paridad par que reduce aún más la posibilidad de un número de secuencia equivocado, como se muestra en la siguiente figura:

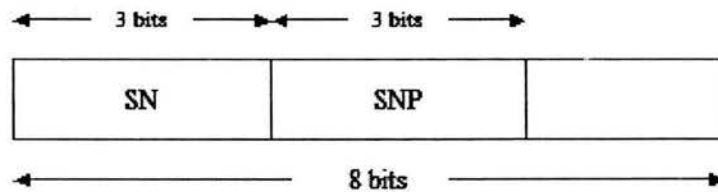


Figura 3.9.²⁸ Protocolo de cabecera SAR AAL1.

Los servicios esenciales que debe proporcionar la capa AAL1 son:

- Transferencia de Unidades de Datos de Servicio (SDU) con una velocidad constante de la fuente y su entrega con la misma velocidad.
- Transferencia de la información de temporización entre fuente y destino.

²⁸ Figura realizada por el autor de esta tesis.

La AAL1 es un servicio orientado a la conexión de tiempo real y con tasa de bits constante, por lo tanto la AAL1 requiere la sincronización de temporización entre el origen y el destino. Esta capa necesita un medio como SONET que soporta la temporización.

AAL1 prepara una celda para su transmisión en 3 pasos:

- **Primero:** Las muestras sincronas se insertan en el campo Carga útil.
- **Segundo:** El campo SN (Número de Secuencia) y el campo SNP (Protección de Número de Secuencia) se suman para ofrecer información que la AAL1 de recepción utiliza para verificar que se han recibido las celdas en el orden correcto.
- **Tercero:** El residuo del campo Carga útil se llena con una cantidad suficiente de bytes individuales hasta llegar a los 48 bytes.

3.1.3.b AAL2

La clase B o AAL2 comprende esencialmente los servicios de voz y vídeo codificados a velocidad variable (VBR). Este tipo de tráfico es el más difícil de manejar por la red, pues sus variaciones no son predecibles; en el audio o vídeo comprimido la tasa puede variar considerablemente con el tiempo.

La subcapa CS de AAL2 no tiene protocolo pero la subcapa SAR sí. El formato de la celda SAR tiene una cabecera de 1 byte y un apéndice de 2 bytes dejando espacio para 45 bytes de datos por celda.

El campo SN sirve para numerar las celdas en orden con el fin de detectar las celdas faltantes o mal introducidas. El campo IT (Tipo de Información) indica que la celda es el comienzo, la mitad o final de un mensaje; el campo LI (Indicador de Longitud) indica el tamaño de la carga en bytes; el campo CRC es la suma de comprobación de celda completa que permite detectar errores.

Al final del proceso de estandarización el comité se dio cuenta de que el AAL2 tenía tantos errores que no debería usarse; sin embargo se publicó el estándar aunque sin referencias o datos, de esta manera no podría utilizarse.

3.1.3.c AAL 3/4

Las celdas C y D se definieron para servicios de transferencia de datos. AAL3/4 soporta datos orientados y no orientados a la conexión, esta capa fue diseñada para proveedores de servicios de red.

El AAL3/4 puede operar de dos maneras: a manera de corriente o a manera de mensajes; en el modo de mensajes, cada llamada de la aplicación al AAL3/4 inyecta un mensaje en la red, el mensaje se entrega

como tal, es decir, se conservan los límites del mensaje. En el modo de corrientes no se conservan los límites.

Una característica del AAL3/4 es la multiplexión, esta característica permite que viajen por el mismo circuito virtual múltiples sesiones de un solo host, y que se separen en el destino.

Todas las sesiones que usan un solo circuito virtual reciben la misma calidad de servicio, ya que ésta se negocia para cada circuito virtual.

A diferencia del AAL1 y el AAL2 , el AAL3/4 tiene un protocolo de subcapa de convergencia así como uno para la subcapa de segmentación y reensamblado.

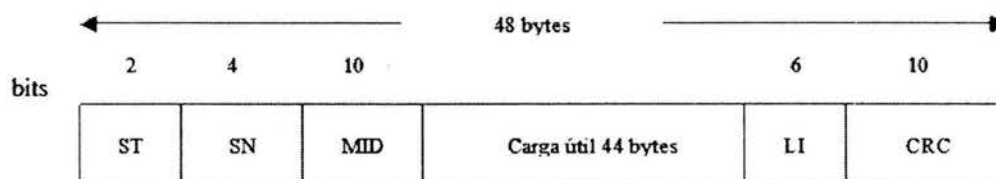


Figura 3.10:²⁹ Protocolo de cabecera AAL 3/4.

- **ST:** (Tipo de Segmento) Sirve para enmarcar los mensajes e indica si la celda inicia un mensaje, está la mitad de él, es la última celda o si es un mensaje pequeño de una sola celda, este campo es de 2 bits. Para hacer la indicación se utilizan los siguientes códigos: 00 Mitad, 01 Fin, 10 Único, 11 Mensaje de una sola celda.

²⁹ Figura realizada por el autor de esta tesis.

- **SN:** (Numero de Secuencia) Es de 4 bits, sirve para detectar celdas faltantes o mal introducidas.
- **MDI:** (Indicador de Multiplexión) Sirve para llevar el registro de la sesión a la que pertenece la celda, es de 10 bits.
- **LI:** (Indicador de Longitud) Toma valor de 1-44.
- **CRC:** Campo de suma de comprobación para detectar errores.

3.1.3.d AAL5

AAL5 es la AAL principal para datos y soporta datos orientados y no orientados a la conexión, se utiliza para transferir la mayor parte de los datos que no son SMDS, como el IP. A AAL5 también se le conoce como SEAL (Capa de Adaptación Sencilla y Eficiente), ya que la subcapa SAR simplemente acepta la PDU (Unidad de Datos de Protocolo) de la subcapa de convergencia y la segmenta en PDU de SAR (Subcapa de Segmentación y Reensamblado) de 48 octetos sin agregar ningún campo adicional.

Al igual que el AAL 3/4, el AAL 5 reconoce tanto el modo de mensaje como el modo de corriente. En el modo de mensaje, una aplicación puede pasar un datagrama³⁰ de 1 a 65,535 bytes de longitud a la capa AAL para la entrega a su destino, a su llegada a la subcapa de convergencia, se rellena un mensaje y se le agrega un apéndice. La cantidad de relleno (0 a 47 bytes)

³⁰

se selecciona para hacer que el mensaje completo, incluido el relleno y el apéndice, sea múltiplo de 48 bytes. El AAL 5 no tiene una cabecera de subcapa de convergencia, sólo un apéndice de 8 bytes.

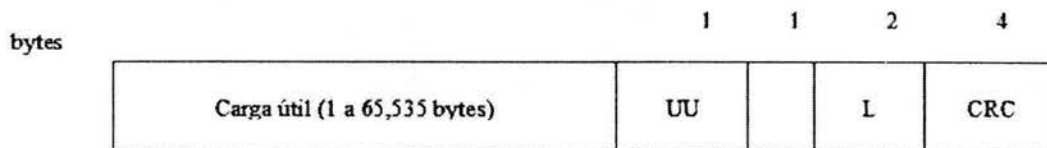


Figura 3.11:³¹ Protocolo de cabecera AAL 3/4.

UU (Usuario - Usuario) puede contener los números de secuencia o multiplexión, L (Longitud) indica el tamaño de carga útil real, en bytes, sin contar el relleno; CRC (Suma de comprobación estándar) es de 32 bits (4 bytes) del mensaje completo, incluido el relleno y el apéndice.

El AAL5 prepara una celda para su transmisión en 3 pasos:

- **Primero:** La subcapa de convergencia agrega al final de una trama un relleno de longitud variable y un finalizador de 8 bytes, éste relleno asegura que la unidad de datos de protocolo resultante quede en el límite de 48 bytes de una celda ATM. El finalizador incluye la longitud de la trama y una CRC (Verificación de Redundancia Cíclica) de 32 bits calculada a través de toda la PDU, esto permite que el proceso de recepción de la AAL5 detecte errores de bits, celdas perdidas o celdas que están fuera de secuencia.

³¹ Figura realizada por el autor de esta tesis.

- **Segundo:** La subcapa de segmentación y reensamblado (SAR) segmenta la PDU (Unidad de Datos de Protocolo) de la subcapa de convergencia (CS) en bloques de 48 bytes. No se agrega un encabezado ni un finalizador (como en AAL 3/4), por lo que los mensajes no pueden estar entrelazados.
- **Tercero:** La capa ATM coloca cada bloque en el campo Carga útil de una celda; en todas las celdas excepto la última, se fija en cero un bit en el campo PT (Tipo de Carga Útil) para indicar que la celda no es la última en una serie que representa una sola trama; en la última celda, el bit en el campo PT se fija en uno.

Actualmente, de las capas AAL sólo sobrevive una de las originales, la AAL1 y la más utilizada es la AAL5, porque puede emplearse tanto para datos como para tráfico CBR(Velocidad Constante de Bits) que es el tráfico de audio y vídeo, siempre que las condiciones de relación temporal no sean muy estrictas, en cuyo caso se utilizaría la AAL1. La capa AAL3/4 es considerada la más compleja y en algunos casos no proporciona suficiente protección contra errores.

En el ATM Forum se está considerando la posibilidad de una nueva capa AAL6 que integre los servicios de AAL1 Y AAL5.

3.2 Comparación de los protocolos AAL

Aunque los diferentes protocolos AAL parecen mal pensados e innecesariamente semejantes existen algunas diferencias tal como se muestra en la tabla de la figura 3.8; éstas se relacionan con la eficiencia, el manejo de errores la múltiplexión y la relación entre las subcapas AAL.

Aspecto	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4	AAL 5
Clase de servicio	A	B	C/D	C/D
Multiplexión	NO	NO	SI	NO
Delimitación de mensaje	Ninguna	Ninguna	Btga/Etga	Bit en PT1
Asignación de buffers	NO	NO	SI	NO
Bytes de usuario disponibles	0	0	0	1
Relleno CS	0	0	Palabra 32 bits	0-47 bytes
Carga extra de protocolo CS (bytes)	0	0	8	8
Suma de comprobación CS	Ninguna	Ninguna	Ninguna	32 bits
Bytes de carga útil SAR	46-47	45	44	48
Carga extra de protocolos SAR	1-2	3	4	0
Suma de comprobación SAR	Ninguna	Ninguna	10 bits	Ninguna

Figura 3.12:³² Diferencias entre los diferentes protocolos AAL.

³² En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 554.

3.3 Tipo de direccionamiento que utiliza una Red ATM

El estándar de la ITU-T se basa en el uso de direcciones (similar a los números telefónicos) para redes ATM (BISDN) públicas y privadas, el cual consiste en el direccionamiento de subred o cubierta, en el que la capa ATM es responsable del mapeo de direcciones de la capa de red hacia direcciones de la capa ATM, este modelo desmonta la carga ATM de cualquier protocolo existente y requiere un esquema de direccionamiento y un protocolo de ruteo completamente nuevo.

A todos los sistemas ATM se les debe asignar una dirección ATM, además de cualquier otra dirección de los protocolos de las capas superiores, esto requiere un ATM-ARP (Protocolo de Resolución de Direcciones ATM) para comparar las direcciones de las capas superiores con sus direcciones ATM correspondientes.

Para el uso de direcciones en redes privadas ATM, se asignan direcciones ATM con formato NSAP (Network Service Access Point) de 20 bytes, el cual consiste en que cada dirección NSAP asociada a cada DTE debe ser única a nivel mundial, estas direcciones son jerárquicas y comprenden tres partes como se muestra enseguida:

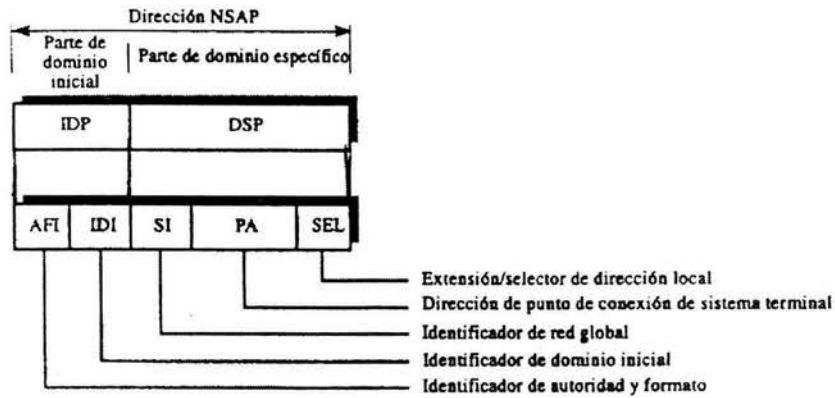


Figura 3.13:³³ Formato NSAP para direcciones ATM.

1. **IDP:** (Initial Domain Part) Parte de dominio inicial: Consta de dos subcampos:

AFI: (Authority and Format Identifier) Identificador de Autoridad y Formato. Especifica el tipo y formato de IDI y la sintaxis abstracta de la DSP.

IDI: (Initial Domain Specifier) Identificador de dominio inicial. Especifica el esquema de direccionamiento y ubicación de red con el que se relacionan las direcciones reales de la SP.

2. **DSP:** (Domain Specific Part) Parte de dominio específico: Esta también es jerárquica y contiene la dirección NSAP real de ruteo. Está compuesto por:

³³ Figura realizada por el autor de esta tesis.

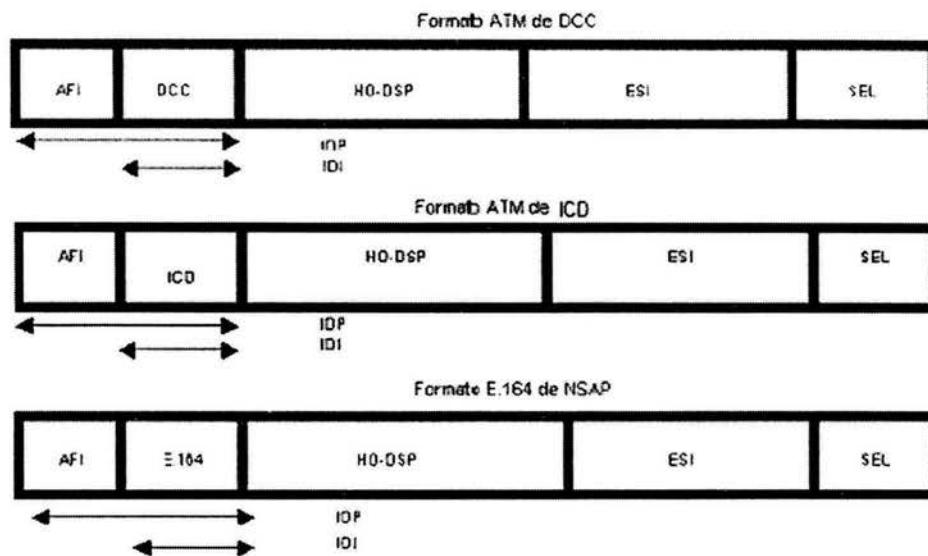


Figura 3.14:³⁴ Formato de direcciones para redes ATM privadas.

SI: (Subnet Identifier) Identificador de subred global.

PA: (Point of Attachment) Dirección de conexión física en relación con esa red.

SEL: (Selector) Sólo tiene significado local (utilizado para el multiplexaje) no tiene significado en la red.

- **DCC:** (Código de datos del país) Identifica a los países.
- **HO-DSP:** (Parte específica del dominio de orden superior) Combina el RD (Dominio de Ruteo) y el identificador de área (AREA) de las direcciones NSAP.
- **ESI:** (Identificador del sistema terminal) Especifica la dirección MAC de 48 bits que administra el IEEE (Instituto de Ingenieros en Electricidad y Electrónica).

³⁴ Figura realizada por el autor de esta tesis.

- **ICD:** (Designador del código Internacional) Identifica a las organizaciones internacionales particulares.

Y para redes públicas direcciones E.164 (estándar internacional de la unión de telecomunicación-ITU) que describe el formato de los números de teléfono usados alrededor del mundo.

3.4 Tipo de conexión que soporta una red ATM

El formato ATM soporta dos tipos de conexiones: conexión punto a punto y conexión punto a multipunto.

Las conexiones punto a punto conectan dos sistemas terminales de ATM y pueden ser unidireccionales (comunicación en una sola dirección) o bidireccionales (comunicación en ambas direcciones).

Las conexiones punto a multipunto conectan un sistema terminal de un solo origen (nodo raíz) hacia múltiples terminales de destino (hojas); dicha conexión es unidireccional, el nodo raíz puede transmitir hacia las hojas; sin embargo las hojas no pueden transmitir hacia la raíz o entre ellas en la misma conexión.

La duplicación de celdas se lleva a cabo dentro de la red ATM a través de los switches ATM, donde la conexión se divide en dos o más ramas.

3.5 Proceso que se lleva a cabo para establecer conexión en una Red ATM

Cuando un dispositivo ATM quiere establecer conexión con otro dispositivo ATM, el proceso a seguir es el siguiente:

La señalización de ATM utiliza el método de *un paso* para establecer conexión, el cual se utiliza en todas las redes modernas de telecomunicaciones tales como la red telefónica.

Primero, el sistema terminal de origen envía un paquete de solicitud de señalización al switch ATM al que está conectado directamente, dicha solicitud contiene la dirección ATM del punto terminal de ATM deseado, la solicitud de conexión se propaga por la red y como resultado se establecen las conexiones a través de la red; por lo tanto, la conexión llega a su destino final, el cual acepta o rechaza la solicitud de conexión.

Para establecer y eliminar una conexión ATM se utiliza una gran cantidad de tipo de mensajes de administración de conexión; por ejemplo el establecimiento, llamada en proceso, conectar y liberar.

El sistema terminal de origen envía un mensaje de establecimiento que incluye la dirección del sistema terminal de destino, el cual es direccionado al primer switch ATM (switch de entrada) en la red, el switch envía un mensaje de llamada en proceso e invoca un protocolo de ruteo ATM, la solicitud de señalización se propaga por la red, en donde el switch de salida (switch de egreso) que está conectado al sistema terminal de destino recibe el mensaje de establecimiento y lo envía hacia el sistema terminal a través de su UNI y el sistema terminal ATM envía un mensaje de conectar si es aceptada la conexión, el mensaje de conexión atraviesa la red de egreso a lo largo de la misma trayectoria hacia el sistema terminal de origen, el cual envía un mensaje de confirmación de conexión de egreso al destino para confirmar la conexión, entonces la transferencia de datos puede comenzar.

En conclusión, para cada conexión entre dos estaciones, los nodos intermedios dedican un canal lógico a dicha conexión. Para establecer el contacto y el paso de la información de estación a estación a través de los nodos intermedios, se requieren los siguientes pasos:

- **Establecimiento del circuito:** el emisor solicita a un cierto nodo el establecimiento de conexión hacia una estación receptora. Este nodo es el encargado de dedicar uno de sus canales lógicos a la estación emisora (suele existir con anterioridad). Este nodo es el encargado de encontrar los nodos intermedios para llegar a la estación receptora.

- **Transferencia de datos** : una vez establecido el circuito exclusivo para esta transmisión (cada nodo reserva un canal para esta transmisión), la información se transmite desde el emisor hasta el receptor conmutando sin demoras de nodo en nodo (ya que estos nodos tienen reservado un canal lógico para ella).
- **Desconexión del circuito**: una vez terminada la transferencia, el emisor o el receptor indican a su nodo más inmediato que ha finalizado la conexión, y este nodo informa al siguiente de este hecho y luego libera el canal dedicado, así de nodo en nodo hasta que todos han liberado este canal dedicado .

Debido a que cada nodo conmutador debe saber organizar el tráfico y las conmutaciones, éstos deben tener la suficiente "inteligencia o capacidad" como para realizar su labor eficientemente .

3.6 Comparación del modelo de referencia OSI con el modelo ATM

La siguiente figura muestra la similitud de capas entre los dos modelos:

CAPA OSI	CAPA ATM	SUBCAPA ATM	FUNCIONALIDAD
3 / 4 ³⁵	AAL	CS	Proporciona la interfaz estándar
		SAR	Segmentación y reensamblado
2 / 3 ³⁶	ATM		Control de flujo Generación / extracción de encabezado de la celda Gestión de circuitos / Trayectorias virtuales Multiplexión / Demultiplexión de celdas
2 ³⁷	Física	TC	Desacoplamiento de la velocidad de celdas Generación y comprobación de la suma de verificación del encabezado Generación de celdas Empacado / Desempacado de celdas Generación de marcos
1 ³⁸		PMD	Temporización de bits Acceso físico a la red

³⁵ Capa de transporte: Asegura que el receptor reciba exactamente la misma información que se envió.

³⁶ Capa de red: Establece comunicación y el camino que tomarán los datos.

³⁷ Capa de enlace: Divide los bits en tramas.

³⁸ Capa física: Se encarga del flujo de datos bit por bit, del medio físico de transmisión, cables, conectores, etc.

CAPITULO IV

Calidad de servicio que ofrece una red

ATM

4.1 Calidad del servicio de una red ATM

La calidad del servicio en una red ATM es un punto muy importante que debe considerarse, una de las causas es porque el tipo de servicio que ofrece esta enfocado al tráfico en tiempo real, como audio y video; y los errores o retrasos en la entrega de información son hasta cierto punto imperdonables.

Cuando se establece una conexión ATM se crea lo que se denomina un “contrato de tráfico” en el que se especifican los parámetros de tráfico y los parámetros de calidad del servicio (QoS, Quality of Service).

ATM soporta las garantías de QoS que comprenden el contrato de tráfico, el cual especifica el tipo de flujo de datos que se desea, es decir, especifica los valores del ancho de banda pico, el ancho de banda promedio y el tamaño de ráfaga (bits sucesivos) entre otros, además del formato de tráfico y la política de tráfico.

Para controlar las ráfagas de datos, limitar la tasa de datos pico y suavizar los desfases se utilizan colas, las cuales evitan que el tráfico se salga de lo establecido en el contrato, es responsabilidad de los dispositivos ATM apearse al contrato a través de la forma de tráfico; los switches ATM pueden utilizar la política de tráfico para hacer valer el contrato, es decir, el switch puede medir el flujo de tráfico real y compararlo con los parámetros que se establecieron en el contrato.

Al establecerse un circuito virtual, tanto la capa de transporte (Host, el cual será el cliente) como la capa de red ATM (proveedor del servicio) deben ponerse de acuerdo en un contrato que defina el tipo de servicio que el cliente desea y el proveedor puede proporcionar.

Para una red pública el contrato debe considerar aspectos legales; por ejemplo, si el proveedor del servicio establece en el contrato que no perderá más de una celda por cada mil millones y pierde 2, el cliente está en el derecho de exigir que se cumpla lo convenido en el contrato.

El contrato entre el cliente y el prestador del servicio ATM debe incluir 3 aspectos:

- El tráfico que se generará.
- El servicio acordado.
- Los requisitos de cumplimiento.

Es necesario resaltar que el contrato varia dependiendo de las necesidades de cada usuario.

4.1.1 Categorías del servicio

Después de evaluar y hacer pruebas en las especificaciones se corrigieron errores y finalmente se definió un estándar que permitiría los proveedores de hardware, en este caso a los proveedores de tarjetas adaptadoras y conmutadores optimizar su equipo para adaptarse a las categorías de servicio o modos de transferencia para este tipo de red.

Las categorías de servicio están conformadas por varias clases, las cuales se mencionan en la siguiente tabla:

Clase	Descripción	Ejemplo
CBR	Tasa de bits constante	Circuitos T1
RT-VBR	Tasa de bits variable (tiempo real)	Videoconferencias en tiempo real
NRT-VBR	Tasa de bits variable (tiempo no real)	Correo electrónico multimedia
ABR	Tasa de bits disponible	Consultas al Web
UBR	Tasa de bits no especificada	Transferencia de archivos

Figura 4.1.³⁹ Categorías de Servicio ATM.

³⁹ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 459.

- Clase **CBR**(Constant Bit Rate, velocidad de bits constante o tasa constante de bits): En esta clase no se controla el flujo de bits ni existe la comprobación de errores ya que el emisor manda la información y así es como llega al otro extremo, tal y como fue enviada, lo importante de la clase CBR es proporcionar velocidad fija, sin embargo esta clase sirve como puente para pasar del sistema telefónico actual a los sistemas BISDN del futuro, con esta clase puede transportarse de forma directa el tipo de tráfico de los circuitos T1 a través de un sistema ATM.
- Clase **VBR**(Variable Bit Rate, velocidad de bits variable o tasa variable de bits): El propósito de esta clase es proporcionar una capacidad de velocidad variable, la cual se divide en 2 subclases; la **RT-VBR** (tasa variable de bits para tiempo real) y la **NRT-VBR** (tasa variable de bits para tiempo no real), un ejemplo de **RT-VBR** son las video conferencias, las cuales son video comprimido interactivo que requiere de velocidad variable y requisitos estrictos de tiempo real. Es muy importante poner especial atención al hecho de que la red ATM no genere una variación demasiado amplia en el patrón de llegada de celdas, ya que causaría que la imagen apareciera distorsionada. La **NRT-VBR** se enfoca al tipo de tráfico en la que la entrega a tiempo es importante pero puede soportar ciertas variaciones en la fluctuación, un ejemplo de la aplicación de esta subclase es el correo electrónico multimedia, el cual se almacena temporalmente en el disco antes de ser visualizado y la variación en la entrega de celdas no se percibe.

- Clase **ABR**(Available Bit Rate, tasa de datos disponible) Esta clase garantiza una pérdida mínima de celdas además de que utiliza control de congestión, el cual consiste en que el receptor pide al transmisor que disminuya la velocidad de envío mientras se descongestiona la red, sin embargo, no proporciona garantía en la variación de retardo, es decir, la clase es capaz de respaldar que las celdas enviadas sean las celdas recibidas aunque para lograrlo se sacrifique el tiempo de llegada y ocasione retardo en la entrega. Este tipo de clase se diseñó para trabajo en cuyas ráfagas tengan un ancho de banda estimado, y se evita tener un ancho de banda fijo. Por ejemplo, en alguna de las conexiones la tasa de datos en promedio siempre es de 10 Mbps, pero en ocasiones llega hasta 20 Mbps, el sistema garantiza que los 5 Mbps los tendrá siempre y hará lo posible por proporcionar los 20 Mbps pero sin prometer que así será. Contar con este tipo de clase es tener un servicio parecido a una sala de espera, mientras pueda atender las peticiones, de lo contrario tendrá que esperar a ver si es posible que puedan atenderlo.
- Clase **UBR** (Unspecified Bit Rate, tasa de datos no especificada) Esta clase presta el servicio, pero no garantiza control de congestionamiento, además no se hace responsable ante la pérdida de celdas en la transmisión. De manera más explícita, es similar a la sala de espera, pero todos serán atendidos, aunque no se garantiza que si surge algún problema se le deje a medias sin ninguna consideración. La única ventaja de esta

clase es que es la más barata y es muy usada en la transferencia de archivos y el correo electrónico convencional.

La siguiente tabla muestra en resumen las características de las diferentes categorías de servicio:

Características del servicio	CBR	RT-VBR	NRT-VBR	ABR	UBR
Garantía de ancho de banda.	Si	Si	Si	Opcional	No
Adecuado para el tráfico en tiempo real.	Si	Si	No	No	No
Adecuado para el tráfico en ráfagas.	No	No	Si	Si	Si
Retroalimentación sobre congestionamientos.	No	No	No	Si	No

Figura 4.2:⁴⁰ Resumen de las propiedades de las diferentes categorías de servicio.

⁴⁰ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 460.

4.2.2 Calidad del servicio

Parámetros de QoS a considerar al solicitar un servicio del tipo de ATM. Los siguientes tres parámetros indican la rapidez a la que el usuario quiere transmitir:

Parámetros de tráfico:

- **PCR** (Peak Cell Rate, tasa de celdas pico): El parámetro PCR indica la rapidez máxima con la que el medio de transmisor planea enviar las celdas. El parámetro puede ser menor de lo permitido por ATM (155.52 Mbps) debido al ancho de banda permitido de la línea que se va a utilizar.
- **SCR** (Sustained Cell Rate, tasa de celdas sostenidas): SCR es un parámetro que indica la tasa promedio de celdas requeridas por el cliente, es un parámetro que se toma en un intervalo de tiempo lo suficientemente grande para tener una buena muestra.
- **MCR** (Minimum Cell Rate, tasa de celdas mínima): Indica la cantidad mínima de celdas por segundo que el cliente considera aceptable; si el prestador del servicio no es capaz de garantizar al 100 % este parámetro de ancho de banda es mejor no contratar el servicio (conexión).

- **CVDT** (Cell Variation Delay Tolerance, tolerancia de variación de retardo de celdas): La CVDT indica la fluctuación máxima de celdas que debe considerarse aceptable; es decir, la cantidad de variación al tiempo de transmitir. Por ejemplo, para el parámetro PCR cada celda deberá aparecer exactamente $1/PCR$ después de la que actualmente esta llegando, es importante que la variación no afecte la transmisión, ninguna celda deberá llegar antes o después de lo determinado tomando como base a los anteriores parámetros. La CVDT para PCR será independiente de la CVDT para la SCR. La CVDT se controla por medio de un algoritmo.

Los siguientes 6 parámetros se enfocan a las características de la red, dichas características son medibles en el receptor, las 3 primeras son negociables y las siguientes 3 generalmente no.

Negociables:

- **CLR** (Cell Loss Ratio, tasa de pérdida de celdas): Se encarga de medir la cantidad de celdas que no fueron entregadas o bien que se entregaron demasiado tarde y por consecuencia inservibles para el receptor (en particular para tráfico en tiempo real).
- **CDT** (Cell Transfer Delay, retardo de transferencia de celdas): Mide el tiempo en promedio que tarda una celda en llegar del

origen al destino, es decir, el promedio de tiempo del tránsito en la red.

- **CDV** (Cell Delay Variation, Variación de retardo de celdas): Mide la uniformidad con la que se entregan las celdas, es decir, la distribución de tiempo en la entrega.

No negociables:

- **CER** (Cell Error Ratio, tasa de errores de celda): Es la fracción de celdas que se entregan con bits equivocados.
- **SECBR** (Severely Errored Cell Block Ratio, tasa de bloques de celdas con errores severos): Es la cantidad de bloques con "n" celdas en los que "m" o más celdas tienen errores.
- **CMR** (Cell Misinsertion Rate, tasa de celdas mal insertadas): Es la cantidad de celdas por segundo (celdas/seg) que se entregan a un destino equivocado, dicha equivocación se debe a que la cabecera de la celda contiene errores que no fueron detectados.

El modelo de QoS del ATM se basa estrictamente en las conexiones.

El siguiente cuadro muestra el resumen de los parámetros de QoS a considerar al realizar un contrato de conexión:

Parámetro	Siglas	Significado
Tasa de celdas pico	PCR	Tasa máxima a la que se enviarán celdas
Tasa de celdas sostenida	SCR	Tasa de celdas promedio a largo plazo
Tasa mínima de celdas	MCR	Tasa de celdas mínima aceptable
Tolerancia de variación de retardo de celdas	CDVT	Fluctuación de celdas máxima aceptable
Tasa de pérdida de celdas	CLR	Fracción de celdas perdidas, mal entregadas o entregadas con retardo
Retardo de transferencia de celdas	CTD	El tiempo que se lleva la entrega (medio y máximo)
Variación de retardo de celdas	CDV	Variación en los tiempos de entrega de celdas
Tasa de errores de celdas	CER	Fracción de celdas entregadas con error
Proporción de bloques de celdas con errores severos	SECBR	Fracción de bloques alterados
Tasa de mala inserción de celdas	CMR	Fracción de celdas entregadas a un destino equivocado

Figura 4.3:⁴¹ Parámetros de calidad de servicio.

⁴¹ En TANENBAUM S. Andrew, *Redes de computadoras*, 3ª edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, p. 462.

Para hacer cumplir los parámetros de QoS se utiliza un algoritmo llamada GCRA (Generic Cell Rate Algorithm, algoritmo genérico de tasa de celdas) el cual revisa cada celda para comprobar si se ajusta a los parámetros del circuito virtual.

4.2 Ventajas de una red ATM

- **SEGURIDAD:** El prestador del servicio puede ofrecer grupos cerrados de usuarios (redes privadas), los cuales consisten en trayectorias virtuales permanentes entre diferentes puntos para después asignar los circuitos virtuales correspondientes a cada trayectoria virtual. Una red con estas características es muy segura debido a que no pueden entrar llamadas desde fuera del grupo y tampoco pueden salir llamadas solo en casos muy especiales, este tipo de red es muy recomendada para compañías que desean seguridad absoluta.
- **EFICIENTE ANCHO DE BANDA:** Una red de este tipo asigna el ancho de banda en función de la demanda de envío de tráfico.
- **COMPATIBILIDAD:** ATM no está basado en un tipo específico de transporte físico, es compatible con las actuales redes físicas que han sido desplegadas. ATM puede ser implementado sobre par trenzado, cable coaxial y fibra óptica.
- **LARGO PERIODO DE LA ARQUITECTURA:** Los sistemas de información y las industrias de telecomunicaciones se están centrando en estandarizar el ATM. ATM ha sido diseñado desde el comienzo para ser flexible en: distancias geográficas, número de usuarios, acceso y ancho de banda. ATM está evolucionando hacia una tecnología estándar para todo tipo de comunicaciones. Esta

uniformidad intenta simplificar el control de la red usando la misma tecnología para todos los niveles de la red.

- **PERMITE COMPARTIR RECURSOS:** Una red con las características de ATM permite compartir todos los recursos disponibles de la red con todos los servicios que se integren. En ATM no existe una especialización de los recursos, es decir, los recursos son independientes del servicio a utilizar por lo tanto cualquier recurso que este disponible en la red puede ser utilizado por cualquier servicio.
- **ADECUADA PARA EL TRÁFICO SENSIBLE AL RETRASO:** Una red del tipo ATM permite manejar voz e imágenes animadas (video) debido a que posee un ancho de banda muy amplio, el cual permite enviar varias celdas a la vez, evitando la fragmentación de la información lo cual beneficia al momento de reconstruir la información en el receptor.
- **PROCESAMIENTO RÁPIDO:** Una red ATM procesa la información rápidamente debido a que trabaja basándose en celdas de longitud fija, la longitud constante de las celdas permite un efectivo control del retardo y de la variación de retardo lo cual facilita la conmutación ATM a alta velocidad.
- **ALTO DESEMPEÑO EN TRAFICO DIVERSO:** La tecnología digital con transmisión por medio de fibra óptica hace posible la distribución en red de aplicaciones multimedia, video, videoconferencias, etc. Este tipo de servicio requiere de integración de datos, audio, imagen estática e imagen dinámica; una red ATM permite mezclar esta

diversidad de tráfico y ofrecer un alto desempeño al momento de la transmisión.

- **DISPONIBILIDAD DE SERVICIO:** En una red de tipo ATM que se orienta a conexiones es posible contratar líneas privadas o públicas (las públicas son rentadas y utilizadas solo cuando se solicita la conexión, y las privadas existe una conexión permanente). En ATM se ofrecen una gran variedad de servicios que se adecuan a cualquier necesidad, desde un servicio simple de correo electrónico, hasta videoconferencias remotas, bibliotecas virtuales, etc.

4.3 Desventajas de una red ATM

- **ESTANDARES:** Aun en la actualidad se siguen modificando estándares, lo cual no permite mantener una uniformidad en cuanto al hardware a utilizar. Muchos analistas de la industria ven a ATM como una realidad a largo plazo, aunque finalmente todas las LAN tenderán hacia ATM. Sin embargo, ATM es radicalmente distinto a las tecnologías LAN de hoy en día, lo cual hace que muchos conceptos tomen años en ser estandarizados; los sistemas operativos actuales y las familias de protocolos en particular, requerirán de modificaciones significativas con el fin de soportar ATM. Esto será además de costoso, molesto y tardado.
- **CONTROL DE CONGESTIÓN:** Aunque existe un contrato de tráfico las redes del tipo ATM no cumplen automáticamente los requisitos de desempeño. El congestionamiento en los conmutadores intermedios representa un problema potencial, debido a que circulan miles de celdas en decenas de líneas y resulta imposible atender todas las peticiones. Las redes ATM deben manejar tanto el congestionamiento a largo plazo (ocasionado por exceder en tráfico al sistema) como el congestionamiento a corto plazo (derivado de las ráfagas de tráfico). El foro ATM está invirtiendo mucho tiempo en solucionar este problema, pero desgraciadamente aun existe y minimiza el desempeño de la red.

- **PRECIO:** Solo a algunas personas estarán dispuestas a pagar mucho dinero por estar en a la vanguardia de la tecnología, pero por el momento, las actuales tecnologías de alta velocidad como FDDI, Fast Ethernet y Ethernet Switched proveen rendimiento a precios que los productos ATM no serán capaces de igualar. Sólo hasta que las ventas de ATM alcancen volúmenes significativos el costo de los productos podrán competir con la tecnología de hoy en día.

CONCLUSIONES

La hipótesis planteada fue probada ya que se cumplió el objetivo principal que fue determinar el funcionamiento de una Red ATM, así como sus componentes, ventajas y desventajas que ofrece, en ella se conjunta el resultado de la investigación sobre este tipo de redes; después de leer diferentes libros y publicaciones se llegó a integrar el mayor número de información que ayudara a las personas que se interesen en este tema.

BIBLIOGRAFIA

BECKER, B. Hall, ***“Análisis funcional de Redes de información”***, México, Editorial Limusa, 1977, 276 pp.

DERFLER, Frank, ***“Descubre Redes LAN & WAN”***, España, Editorial Prentice Hall, 1998, 373 pp.

DOUGLAS E. Comer, ***“Redes de computadoras, Internet e Interredes”***, México, Editorial Prentice Hall, 1997, 506 pp.

FITZ GERALD, Jerry y Tom S. Eason, ***“Fundamentos de Comunicación de Datos”***, 3ª Edición, México, Editorial Limusa, 1998, 275 pp.

FORD, Merilee y H. Kim Lew, ***“Tecnologías de Interconectividad de Redes”***, México, Editorial Prentice Hall, 1998, 716 pp.

HALSALL, Fred, ***“Comunicación de datos, Redes de Computadores y Sistemas abiertos ”***, 4ª Edición, México, Editorial Addison Wesley Iberoamericana, S.A, 1998, 995 pp.

SPOHN L. Darren, ***“Data Network Design”***, United States of America, Editorial Mc-Graw-Hill, 1993, 778 pp.

TANENBAUM S. Andrew, ***“Redes de Computadoras”***, 3ª Edición, México, Editorial Prentice Hall, 1997, 813 pp.

OTRAS FUENTES

INTERNET:

<http://www.atmforum.com>

<http://www.cesga.es/calTeleensinolatm.html>

<http://www.dtm.unam.mx/tecnologiaATM.html>