

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

CRITERIOS TECNOLOGICOS Y ECONOMICOS PARA LA SELECCION DE LOS

PROTOCOLOS DE RED; MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO (ATM) Y

COMUTACION DE PAQUETES (FRAME RELAY)

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA

FACULTAD DE INGENIERIA

P. O. R

CLAUDIA VICTORIA CUELLAR PONS

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE

INGENIERO EN ELECTRONICA

GUATEMALA, JULIO DE 1,997

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central

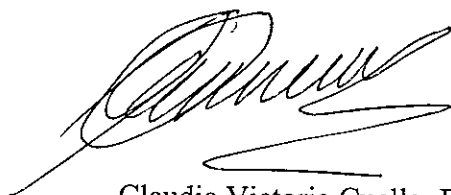


## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

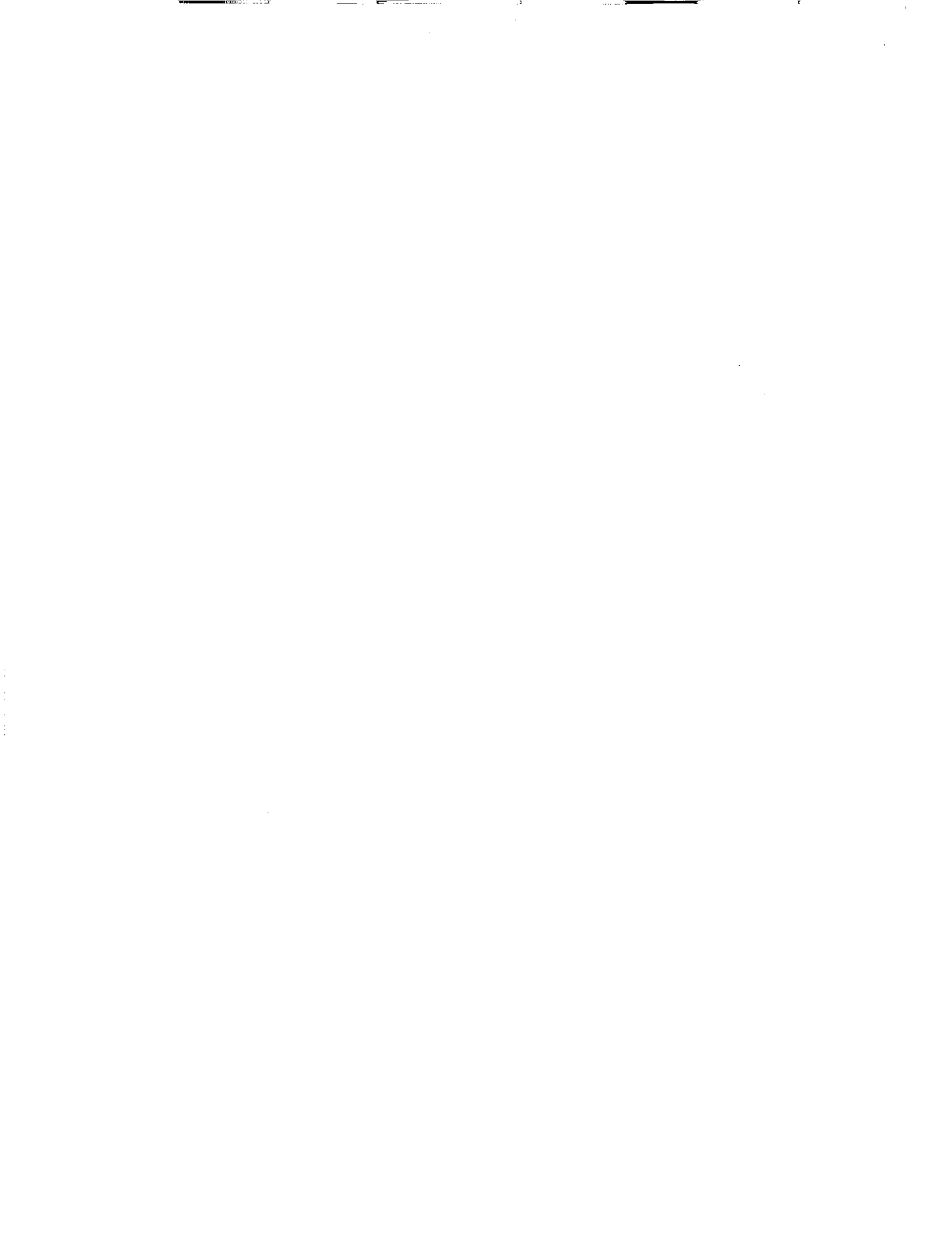
Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de La Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de tesis titulado:

**CRITERIOS TECNOLÓGICOS Y ECONÓMICOS PARA LA SELECCIÓN DE  
LOS PROTOCOLOS DE RED: MODO DE TRANFERENCIA ASÍNCRONO (ATM)  
Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES (FRAME RELAY),**

tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Ingeniería Mecánica-Eléctrica con fecha 20 de enero de 1,997 No.EIME.007.97.



Claudia Victoria Cuellar Pons



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Herbert René Miranda Barrios
VOCAL 1	Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra
VOCAL 2	Ing. Jack Douglas Ibarra Solórzano
VOCAL 3	Ing. Juan Adolfo Echeverría Méndez
VOCAL 4	Br. Víctor Rafael Lobos Aldana
VOCAL 5	Br. Wagner López Cáceres
SECRETARIO	Ing. Gilda Marina Castellanos de Illescas

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Julio Ismael González Podszueck
EXAMINADOR	Ing. Enrique Edmundo Ruiz Carballo
EXAMINADOR	Ing. Gustavo Benigno Orozco Godínez
EXAMINADOR	Ing. Julio César Solares Peñate
SECRETARIO	Ing. Francisco Javier González López



## AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre lleno de amor,

por la vida, alegrías y sufrimientos, por todas sus bendiciones.

A mi madre,

por su esfuerzo, apoyo, amor y abnegación.

A mi hijo,

mi mayor bendición.

A mis hermanos Alejandra y Rafael

por su apoyo y comprensión.

A mi abuelita

por su amor y apoyo.

A mi tía Lety

por su bondad y apoyo.

Al ingeniero Enrique Ruiz Carballo

por sus sabias enseñanzas, confianza y apoyo.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

templo de sabiduría que llevaré en mi corazón por siempre.





## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a:

Mi madre.

Mi padre, sombra que ha permanecido siempre velando y apoyando mis pasos.

A las abnegadas madres del Colegio Juan XXIII, por su amorosa orientación escolar y religiosa.

Al Instituto Tecnológico de Computación por su orientación a la electrónica.

Al Liceo Chaperó y su director Licenciado Vicente Chaperó, por los conocimientos obtenidos en el campo técnico, humano y el apoyo brindado.



Guatemala, 22 de mayo de 1997

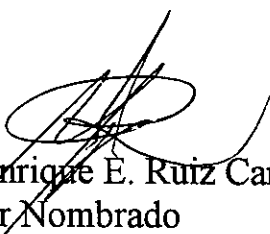
Señor Coordinador del Area de Electrónica  
Escuelar de Ingeniería Mecanica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Coordinador:

Por medio de la presente, me permito informarle que he revisado completamente el trabajo de tesis titulado: Criterios Tecnológicos y Económicos para la Selección de los Protocolos de Red: Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) y Conmutación de Paquetes (Frame Relay); desarrollado por la señorita Claudia Cuéllar Pons y puedo concluir que dicho trabajo cumple con los objetivos propuestos en el anteproyecto de tesis.

Por lo tanto, la autora de esta tesis y yo, como su asesor, nos hacemos responsables por el contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente,



Ing. Enrique E. Ruiz Carballo  
Asesor Nombrado  
Colegiado 2225





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-gradado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 18  
Guatemala, Centroamérica

Guatemala, 27 de mayo de 1997

Señor Director  
Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica  
Facultad de Ingeniería, USAC.


Señor Director:

Por este medio me permito dar aprobación al trabajo de tesis titulado: **CRITERIOS TECNOLÓGICOS Y ECONÓMICOS PARA LA SELECCIÓN DE LOS PROTOCOLOS DE RED: MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO (ATM) Y CONMUTACIÓN DE PAQUETES (FRAME RELAY)**; desarrollado por la estudiante **Claudia Cuellar Pons**, ya que considero que cumple con los requisitos establecidos.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarlo.

Atentamente,

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Julio César Solares Peñate  
Coordinador Área de Electrónica





**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Area, al trabajo de tesis de la estudiante Claudia Victoria Cuellar Pons, titulada: Criterios tecnológicos y económicos para la selección de los protocolos de red: Modo de transferencia asíncrono (ATM) y conmutación de paquetes (Frame Relay), procede a la autorización del mismo.

Ing. Miguel Angel Sánchez Guerra  
Director

Guatemala, 3 de julio de 1,997.









**FACULTAD DE INGENIERIA**

Escuelas de Ingeniería Civil, Ingeniería  
Mecánica Industrial, Ingeniería Química,  
Ingeniería Mecánica Eléctrica, Técnica  
y Regional de Post-grado de Ingeniería  
Sanitaria.

Ciudad Universitaria, zona 12  
Guatemala, Centroamérica

El Decano de la Facultad de Ingeniería, luego de conocer la autorización por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de tesis: Criterios tecnológicos y económicos para la selección de los protocolos de red: Modo de transferencia asíncrono (ATM) y conmutación de paquetes (Frame Relay), de la estudiante Claudia Victoria Cuellar Pons, procede a la autorización para la impresión de la misma.

IMPRIMASE:

Ing. Herbert René Miranda Barrios  
Decano

Guatemala, 7 de julio de 1,997.





# INDICE

INDICE	i
LISTA DE FIGURAS	iv
LISTA DE TABLAS	v
GLOSARIO	vi
INTRODUCCIÓN	xii
1. MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRÓNICO (ATM)	1
1.1. Los sistemas de interconexión basados en celda	1
1.2. Modo de transferencia asincrónico (ATM)	3
1.2.1. Conceptos claves de el modo de transferencia asíncrono (ATM)	4
1.3. La estructura de una red de ATM	5
1.3.1. Las redes de ATM	5
1.3.2. Las interioridades de red	9
1.3.3. Canales virtuales y rutas virtuales	10
1.3.4. Formato de celda	12
1.3.5. Características de la red	15
1.3.6. Algunas definiciones	23
1.4. La capa de adaptación de ATM (AAL)	26
1.4.1. Interfaz de servicio	27
1.4.2. Estructura de el AAL	30
1.5. Interfaces físicas de red ATM	32
1.6. ATM en construcción de redes	33
1.6.1. ATM en redes de área amplia	33
1.6.2. ATM en el ambiente de redes de área local	34
2. FRAME RELAY	36
2.1. El concepto de frame relay	37
2.2. Principios básicos	37
2.2.1. Conmutacion de frame relay	37
2.2.2. Conexiones virtuales	38
2.2.3. Direccionamiento de frame relay	39
2.2.4. Admisión de el ancho de banda	40
2.2.5. Previniendo congestión de red	41
2.2.6. Designando clases de servicio	42
2.2.7. Administración de congestión	42
2.2.8. Los paquetes deben ser de hasta 8,250 bytes de longitud	44
2.2.9. No se realiza paquetización en los paquetes transportados	44
2.2.10. El control de enlace opera de dispositivo a dispositivo a través de la red frame relay	44
2.3. Interfaz de administración local (LMI)	45



2.3.1	Extensiones de interfaz de administración local (LMI)	45
2.3.2	Resumen de las extensiones LMI	46
2.4	Formato de frame relay	46
2.5	Formato de los mensajes de LMI	48
2.5.1	Direccionamiento global	50
2.5.2	Multicasting	51
2.6	Operación de el protocolo frame relay	51
2.7	Características de una red frame relay	52
2.8	Implementación de red	53
3	Redes privadas en el ambiente de alta velocidad	55
3.1	Las características conflictivas de voz e información	57
3.1.1	Longitud de conexión (llamada)	58
3.1.2	Control de flujo	58
3.1.3	Control de la tasa de envío	59
3.1.4	Características de bloqueo	59
3.1.5	Características de retraso de tránsito aceptables	59
3.1.6	Control de error	60
3.1.7	Demanda de potencia	60
3.1.8	Volumen de información	61
3.1.9	Tráfico balanceado	61
3.1.10	Cancelación de eco	62
3.2	Características de el tráfico de imágenes	62
3.3	Características del video digital	63
3.3.1	Tasa de información	63
3.3.2	Consideraciones de sincronización	65
3.3.3	Redundancia	66
3.3.4	Aplicaciones de video	66
3.3.5	Video digital en una red de paquetes	66
3.3.6	Codificación de fuente jerárquica	67
3.3.7	Control de error	67
3.3.8	Sonido de alta calidad	68
3.4	Características de aplicaciones de multimedia	68
3.4.1	Aplicaciones interactivas	69
3.4.2	Distribución de video de una vía	70
3.4.3	Aplicaciones de imagen con sonido	70
3.5	Principios de redes de alta velocidad	71
3.5.1.	Control de congestión	75
3.5.2.	Transporte de voz en una red de paquetes	76
3.5.3.	Transportando video en una red de paquetes	79
3.5.4.	Transporte de imágenes	80
3.5.5.	Transportando información en paquetes o celdas	80
3.6.	Punto de vista teórico	84



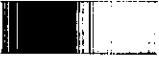
3.7. Resumen de las características de las redes de paquetes	86
4 Diseño de una red de hospitales	87
4.1 Problema	87
4.2 Solución	87
4.3 Justificación	88
4.4 Características de equipo	88
CONCLUSIONES	xiii
RECOMENDACIONES	xiv
BIBLIOGRAFIA	xv





## FIGURAS

Figura 1.1:	La multiplexación de celda en un enlace	1
Figura 1.2:	La estructura de red ATM	6
Figura 1.3:	La interfaz de red del usuario de ATM	7
Figura 1.4:	Concepto de ruteo de una red ATM	10
Figura 1.5:	Relación entre enlace, trayectoria virtual y canal virtual	12
Figura 1.6:	Formato de celda de ATM en la interfaz de usuario de red (UNI)	13
Figura 1.7:	Formato de celda de ATM en la interfaz de nodo de red (NNI)	13
Figura 1.8:	Arbol multicast	16
Figura 1.9:	Control de tasa leaky bucket	19
Figura 1.10:	Intercambio de identificadores lógicos en ATM	21
Figura 1.11:	VPIs y VCIs dentro de un enlace	22
Figura 1.12:	Flujo de información a través de una red ATM	25
Figura 1.13:	La capa de adaptación de ATM	27
Figura 1.14:	Clases de servicio y tipos de AAL	28
Figura 1.15:	Estructura de las subcapas en AAL-3/4 y AAL-5	31
Figura 2.1:	Mapeo de DLCI en frame relay	39
Figura 2.2:	Utilización de admisión de ancho de banda para control de acceso	40
Figura 2.3:	Admisión de ancho de banda para manejar la congestión de red	42
Figura 2.4:	Como frame relay previene la congestión de red	43
Figura 2.5:	Formato de paquete de frame relay	47
Figura 2.6:	Formato de mensajes LMI	49
Figura 2.7:	Intercambio de direccionamiento global	50
Figura 2.8:	Red frame relay híbrida	53
Figura 3.1:	Una jerarquía de redes	55
Figura 3.2:	Transmisión de video sobre un canal de tasa fija	64
Figura 3.3:	Transportando voz sobre una red de paquetes	77
Figura 3.4:	Envío irregular de paquetes de voz	78
Figura 3.5:	Efecto de la paquetización en el tiempo de tránsito	82
Figura 3.6:	Extensión de protocolos de las técnicas de redes de paquete	84
Figura 4.1:	Diseño de una red de hospitales	90



## TABLAS

Tabla 1.1: Interfaces físicas para la red ATM	32
Tabla 3.1: Resumen de las características de las redes de paquetes.	86



# GLOSARIO

## A

### **ADAPTADOR**

En una red de área local, dentro de un dispositivo de comunicación, una tarjeta de circuitos que, con su software asociado y/o microcodigo, habilita a el dispositivo a comunicarse en la red.

### **ADMINISTRACIÓN DE RED**

El elemento de control conceptual de una estación que sirve de interfaz con todas las capas de la arquitectura de una estación y es responsable de establecer los parámetros de control, obteniendo reportes de las condiciones de error, y determinando si la estación debe ser conectada a o desconectada de la red.

### **ANCHO DE BANDA**

En comunicaciones análogas es una diferencia, expresada en hertz, entre las frecuencias más altas y las más bajas de un rango de frecuencias.

En comunicaciones digitales este término significa la tasa total de bit disponible en un canal digital. Otras veces puede significar la tasa simbólica (tasa de baudios) de un canal digital.

### **ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES**

La estructura de hardware y software que implementa la función de comunicación.

## B

### **BIT**

Unidad de información más pequeña, tiene dos posibles estados: 1 ó 0.



## **BYTE**

Unidad de almacenamiento más pequeña, equivale a ocho bits.

## **BROADCAST**

Transmisión simultánea de información a más de un destino.

## **C**

### **CAPA**

Una colección de funciones relacionadas que ejecutan una capa de funciones de una jerarquía. Cada capa especifica sus propias funciones y asume que fueron cumplidas las funciones de el nivel de abajo.

### **CAPA DE ADAPTACIÓN DE ATM**

La capa que convierte la información transferida por los protocolos en ATM

### **CONTROL DE FLUJO**

Una función ejecutada por una entidad receptora para limitar la cantidad de tasa de información enviada por una entidad transmisora.

## **D**

### **DESTINO**

Cualquier punto o localidad, tal como un nodo, estación o una terminal en particular, a la cual la información es enviada.





## **E**

### **ENCABEZADO**

La porción de un mensaje que contiene información de control para el mensaje tal como uno o más campos de destino, nombre de la estación que lo originó, número de secuencia de entrada, cadena de caracteres indicando el tipo de mensaje, y nivel de prioridad para el mensaje.

### **ENLACE**

La conexión lógica entre nodos incluyendo los procedimientos de control de enlace fin a fin. La combinación del medio físico, protocolos, y programación que conecta los dispositivos en una red.

## **F**

### **FRAME**

La unidad de transmisión en algunas redes de área local. Incluye delimitadores, caracteres de control, información y caracteres de chequeo.

## **J**

### **JITTER**

Variaciones indeseables en el tiempo de llegada de una señal digital transmitida.

## **L**

### **LATENCY**

El intervalo entre el instante a el cual una instrucción inicia una llamada para información y el instante a el cual la transferencia de información actual inicia.



## **M**

### **MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO**

Una forma de transmisión de paquetes utilizando paquetes de tamaño fijo, llamadas celdas. ATM no provee mecanismos de control de error y control de flujo.

### **MULTICAST**

La transmisión de un paquete destinado a ser aceptado por un grupo de estaciones seleccionadas en la misma red.

## **P**

### **PAQUETE**

En la comunicación de información, es una secuencia de dígitos binarios, incluyendo las señales de información y control, que es transmitido y conmutado como un todo.

### **PBX**

Una central de intercambio de ramificación privado es un sistema de conmutación telefónico interno que interconecta electrónicamente una extensión telefónica a otra, así como a la red telefónica externa.

### **PROTOCOLO**

Un conjunto de reglas semánticas y sintácticas que determinan el comportamiento de las unidades funcionales que llevan a cabo la comunicación. Una especificación para el formato y temporización relativa de la información intercambiada entre las partes de la comunicación.

### **PUERTO**

Un punto de acceso para la entrada o salida de información. Un conector en un dispositivo a el cual los cables de otros dispositivos son unidos.



## **R**

### **RED ORIENTADA A LA CONEXIÓN**

Red en la que se necesita una conexión directa o de una sesión establecida entre dos nodos para la transmisión.

### **RED SIN CONEXIÓN**

Red en la que se incluyen las direcciones origen y destino dentro de cada paquete de forma que no se necesite la conexión o la sesión establecida entre nodos.

### **RED ETHERNET**

Una red de área local con una topología de bus en la cual los mensajes son transmitidos utilizando un método de transmisión de CSMA/CD.

### **RED JERÁRQUICA**

Una configuración de red de múltiples segmentos que provee solamente un camino a través de los segmentos inmediatos entre los segmentos fuentes y los de destino.

### **RENDIMIENTO**

Una medida de la cantidad de trabajo ejecutado por un sistema de computación sobre un período dado. Una medida de la cantidad de información que es transmitida sobre la red en un periodo dado de tiempo.

### **RUTEADOR**

Dispositivo que conecta dos segmentos de red de área local, los cuales utilizan arquitecturas similares o diferentes, en la capa de red de el modelo de referencia.

### **RUTEO**

La asignación de la trayectoria por la cual un mensaje debe llegar a su destino.



## **S**

### **SDH**

Una jerarquía de multiplexación de división de tiempo sincrónica de alta velocidad definida por una especificación de tasas de información y estructuras de tramas.

### **SECUENCIA DE CHEQUEO DE PAQUETE (FCS)**

Un sistema de chequeo de error ejecutado en la estación enviante y la receptora después de un carácter de chequeo de bloques ha sido acumulado. Un valor número derivado de los bits en un mensaje que es utilizado para chequear cualquier error de bit en la transmisión.

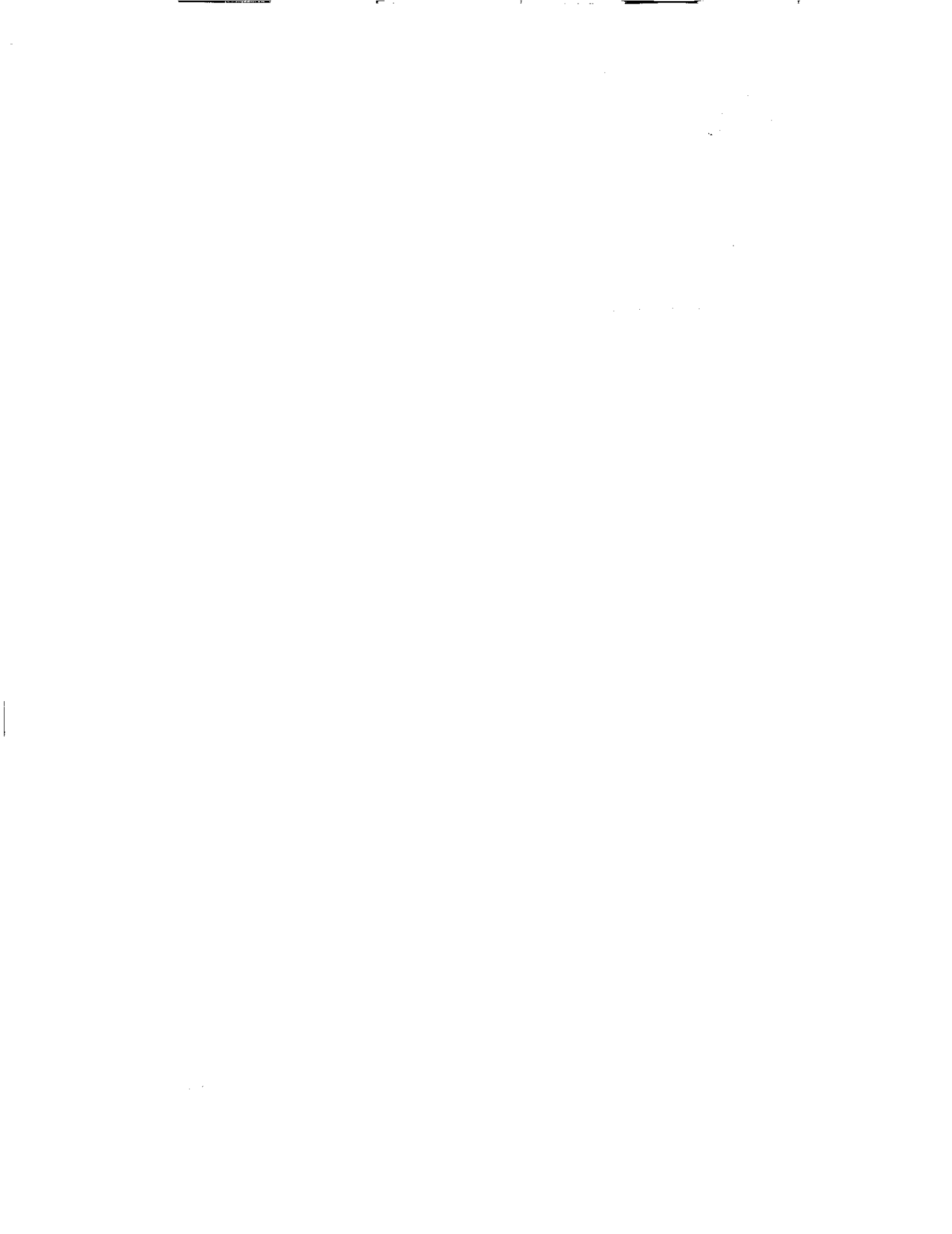
### **SEGMENTO**

Cualquier porción de una red de área local que puede operar independientemente pero esta conectada a otras partes de la red.

## **T**

### **TRONCAL CENTRAL DE UNA RED DE ÁREA LOCAL**

En una red de área local con una configuración de múltiples segmentos, un segmento LAN localizado centralmente a el cual los otros segmentos LAN son conectados. En una red jerárquica, el segmento LAN es el mas alto nivel de jerarquía.





# INTRODUCCIÓN

La necesidad de la optimización del rendimiento de los recursos disponibles, incluyendo entre estos el tiempo, ha obligado a los diseñadores a crear tecnología capaz de satisfacer las necesidades actuales y a las diferentes empresas a implementarla para poder llevar a cabo sus tareas, más eficientemente.

Entre los requerimientos que deberán llenar, está el de tener la capacidad de transportar las grandes cantidades de información que actualmente se procesa. El otro requerimiento es transportar diferentes tipos de tráfico de una manera integrada, no necesitar equipo especializado para cada tipo de tráfico y tener una calidad bastante aceptable en la información.

En nuestro medio el mayor problema es la falta de información disponible de los avances de la tecnología, en todos los campos que ella abarca; debido a esto, el objetivo principal de esta tesis es ser una fuente de información, aunque no lo suficiente extensa, de estos dos protocolos de red, proporcionando los principios básicos y orientación de los campos de aplicación de estos, para que nuestros profesionales puedan enterarse y posteriormente que estos avances puedan ser aplicados en un futuro cercano en nuestro país.

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Biblioteca Central



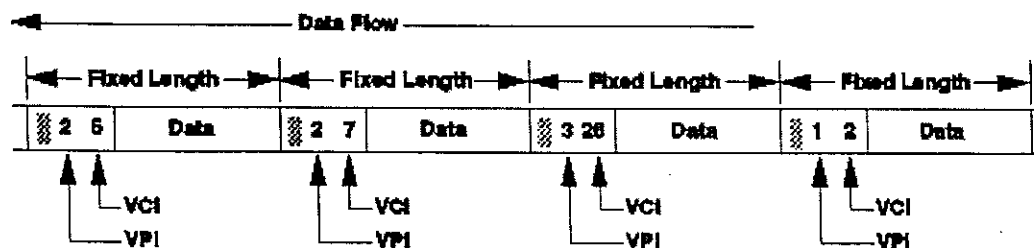
# 1. MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRÓNICO (ATM)

## 1.1 Los sistemas de interconexión basados en celda

El concepto de conmutación de celdas puede estar concebido como una forma de alto rendimiento de conmutación de paquetes o como una forma de multiplexación estadística desempeñada en bloques de longitud fija de información. Una celda no es muy diferente de un paquete. Un bloque de información de usuario es fragmentado en paquetes o celdas para su transmisión a través de la red.

Hay diferencias significativas entre redes basadas en celda y las redes de paquetes.

- Una celda tiene una longitud fija. En las redes de paquete el tamaño del paquete tiene un fijo máximo (para una conexión dada) pero los paquetes individuales pueden ser más cortos que el máximo.
- Las celdas tienden a ser muchas más cortas que los paquetes. En los inicios de X.25 muchos diseñadores de redes querían un tamaño de paquete de 32 bytes, de modo que la voz pueda ser manejada adecuadamente. Sin embargo, mientras más corto es el tamaño de paquete, mayor encabezado es requerido al enviar una cantidad dada de información sobre una red de área ancha. Para manipular eficientemente información, los paquetes deberían ser más largos (en X.25 el tamaño de paquete por omisión soportado por redes es 128 bytes).
- Las redes basadas en celdas no ejecutan procedimientos de recuperación de error en la capa de enlace. En algunas redes hay un mecanismo de comprobación de error que permite que la red deseche las celdas en error. En otras, como en ATM, solamente el campo de encabezado es revisado y se relega la responsabilidad de proveer un mecanismo de revisión para la porción de información de la celda a los protocolos de la capa alta, si esto fuera necesario para la aplicación.



Data Flow: flujo de información  
Fixed Length: longitud fija  
Data: información

La figura 1.1. La multiplexación de celda en un enlace.

Las celdas pertenecientes a diferentes conexiones lógicas son transmitidas una después de otra en el enlace. Este no es un nuevo concepto en el mundo de conmutación de información pero es bastante diferente comparada a las técnicas de multiplexación fijas utilizadas en el enfoque de multiplexación por división de tiempo (TDM).

La figura 1.1 muestra una secuencia de celdas de diferentes conexiones que se transmite en un enlace. Este podría ser comparado con la técnica TDM (multiplexación por división de tiempo) donde la capacidad del canal es asignada en porciones de tiempo fijas, independientemente de si hay información para enviar por esa conexión.

Las redes basadas en celdas utilizan una conmutación basada en equipo extremadamente rápida y eficiente para dar una alta productividad, esto es, millones de celdas por segundo.

Estas redes están diseñadas para operar sobre enlaces digitales de alta velocidad (preferiblemente ópticos) con tasas muy bajas de error.

Las razones para utilizar esta arquitectura son:

- Si utilizáramos celdas de longitud fija muy cortas entonces simplificaría (y por lo tanto aceleraría) el equipo de conmutación necesitado en los conmutadores nodales.
- Mientras más pequeñas son las celdas, más corta puede ser la demora de tránsito a través de una red de múltiples nodos.
- El principio estadístico de grandes números señala que una demora de tránsito en la red, uniforme y con varianza baja, puede ser anticipado al trabajar con celdas.
- Las colas intermediarias dentro de los nodos de conmutación contienen solamente celdas de la misma longitud. Esto reduce la variación de la demora en el tránsito de información por la red debido a los bloques de información de longitud irregular en las colas (los cuales toman longitudes irregulares de tiempo de transmisión).

La técnica de celda pretende proveer las eficiencias inherentes en la conmutación de paquetes sin los inconvenientes que esta técnica ha tenido en el pasado. Debido que las celdas son de tamaño uniforme y pequeño, se piensa que puede ser proveída una demora de tránsito uniforme a través de una red bastante grande y que esta puede ser lo suficientemente corta para que una operación de voz sea llevada a cabo con alta calidad.

## 1.2 Modo de transferencia asincrónico ( ATM )

El modo de transferencia asincrónico (ATM) es una nueva tecnología de comunicaciones que es fundamental y radicalmente diferente de las tecnologías previas. Su disponibilidad comercial en 1994 hace que ATM sea una revolución, tanto en las industrias de comunicaciones de información, como en las de telecomunicaciones.

Alrededor de 1988 la industria de telecomunicaciones (transportadores) comenzó a desarrollar un concepto llamado Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha o B-ISDN. Este fue concebido como un servicio de transportador para proveer comunicaciones de alta velocidad a usuarios finales en un modo integrado. La tecnología seleccionada para suministrar el servicio B-ISDN es llamada Modo de Transferencia Asincrónico o ATM.

En 1994 ATM se ha expandido cubriendo mucho, hasta llegar a ser mucho más que una tecnología estrictamente utilizada para B-ISDN. B-ISDN es una interfaz de transportador y además un servicio de red del transportador. ATM es una tecnología que puede ser utilizada en muchos entornos no necesariamente relacionados con servicios de transportador.

La aceptación casi universal (entre distribuidores y productores) de ATM es por las siguientes ventajas:

- ATM manipulará todos los diferentes tipos de tráfico de comunicación (voz, información, imagen, video, sonido de alta calidad, multimedia ...) en un modo integrado.
- ATM puede ser utilizado en redes de área local como también en redes de área amplia y promete dar una similitud inter-red entre las dos.
- ATM es una nueva tecnología diseñada para operar en el entorno tecnológico actual (diferente de los sistemas de red antiguos que ahora son obsoletos).
- ATM es una alternativa muy eficiente en costos para construir sistemas de red de área local. Los usuarios pueden estar conectados a un sistema de red de área local de ATM utilizando adaptadores que soportan las velocidades de transmisión de acuerdo con sus requisitos de ancho de banda individuales.

Pero ATM tiene las siguientes desventajas:

- ATM no manipula voz tan eficientemente (o eficientemente en costo efectivo) como lo hace una red isócrona.

- ATM no manipula video tan fácilmente como la transferencia isócrona (aunque es probablemente mucho más eficiente).
- ATM no manipula información tan efectiva o eficientemente como una red de "modo de transferencia de paquetes" o de conmutación de paquetes.
- ATM es problemático en cualquier entorno con tasas de error altas (como algunas conexiones lentas de alambre de cobre).

No obstante, ATM manipulará todo tipo de tráfico perfectamente y en un modo integrado. Esto significa que en lugar de tener varios tipos de equipo especializado para diferentes funciones podemos tener un tipo único de red y de equipo que hará todo. El amplio rango de aplicación implica que habrá mucha demanda de productos de ATM. Es ampliamente creído que la consiguiente reducción en costos compensará las ineficiencias marginales al manipular cualquier tipo único de tráfico.

### **1.2.1 Conceptos claves del modo de transferencia asíncrono (ATM):**

Los conceptos claves de ATM son los siguientes:

Celdas:

Toda la Información (voz, imagen, video, información, etc.) se transporta a través de la red en bloques cortos (48 bytes de información y 5 bytes de encabezado) llamados celdas.

Enrutamiento:

El flujo de la información se realiza a lo largo de trayectorias (llamadas canales virtuales) que se establecen como una serie de apuntadores a través de la red. El encabezado de celda contiene un identificador que vincula la celda al camino correcto para que alcance su destino. Las celdas en un canal virtual siempre siguen el mismo camino a través de la red y es entregado al destino en el mismo orden en que fueron recibidas.

Conmutación basada en equipo:

ATM está diseñado de modo que se pueda emplear simples elementos lógicos basados en equipo cada nodo para desempeñar la conmutación. En un enlace de 1Gbps el tiempo de transmisión y recepción de celdas es de 0.43 microsegundos, por lo tanto no se posee una gran cantidad de tiempo para decidir qué hacer con un paquete que esta llegando.

La adaptación:

Los bloques de información del usuario de red son fragmentados en celdas. Flujos continuos de información como voz y video están ensamblados en celdas. En el lado de destino de la red los bloques de información de usuario son reconstruidos de las celdas recibidas y regresados al usuario final en la forma que fueron entregados a la red.

El control de error:

La red de conmutación de celdas ATM solamente comprueba si los encabezados de celda tienen errores y descarta las celdas que los tienen.

La función de adaptación es ajena a la red de conmutación y depende del tipo de tráfico. Para tráfico de información generalmente se comprueban errores en los bloques de información y si alguno tuviera errores, se descarta todo el paquete.

El control de flujo:

Una red de ATM no tiene controles de flujo internos. La lógica de procesamiento requerida es demasiado compleja para ser ejecutada a las velocidades involucradas. En lugar de eso, ATM tiene control de la tasa de entrada que limita la tasa de tráfico enviado por la red.

El control de congestión:

Cuando un enlace o nodo se congestiona, las celdas son desechadas hasta que el problema haya sido aliviado. Algunas celdas (de más baja prioridad) pueden ser marcadas para ser las primeras que se desecharan en el caso de congestión.

Los puntos finales de conexión no son notificados cuando las celdas son desechadas, es hasta que se ejecuta la función de adaptación o por los protocolos de las capas mas altas que se detectan y recuperan la pérdida de pérdida de celdas (si es necesario y posible).

## **1.3 La estructura de una red de ATM**

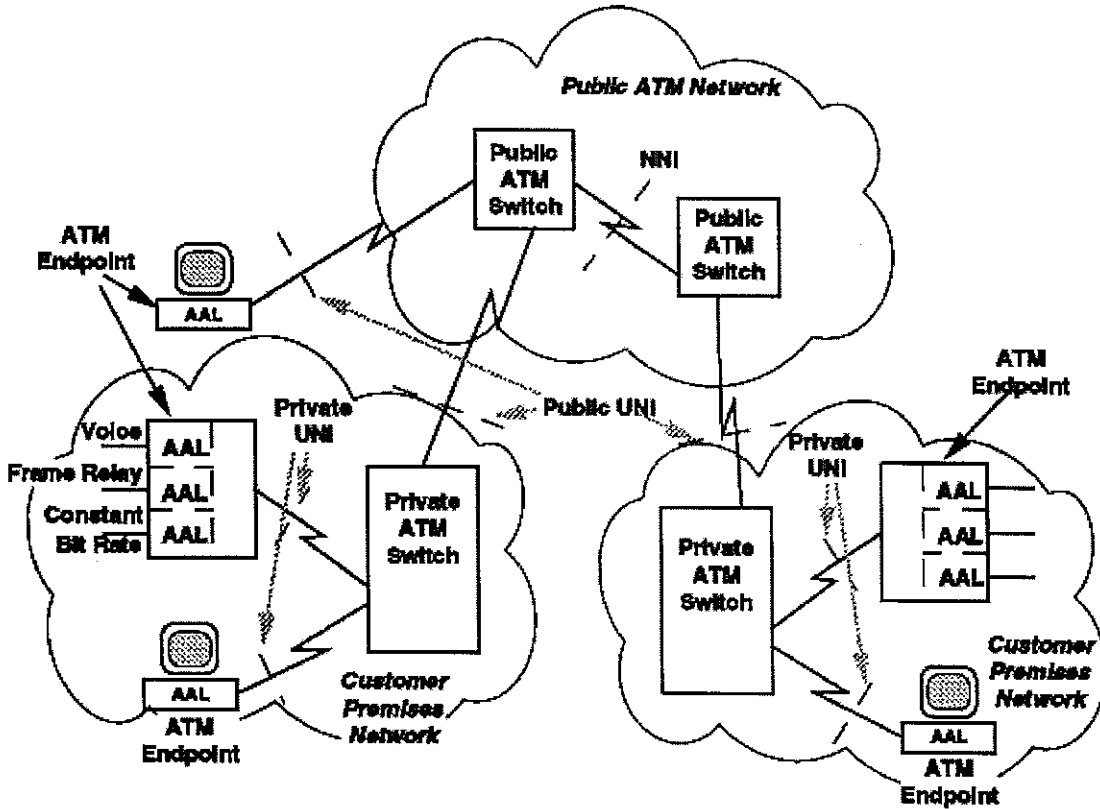
La estructura conceptual de una red de ATM está mostrado en figura 1.2.

### **1.3.1 Las redes ATM**

En la figura referida hay tres redes de ATM bastante separadas, dos privadas y una pública. Las redes de ATM privadas algunas veces son llamadas redes locales

del cliente (customer premises networks) y estarán limitadas a un área local, como un edificio o una ciudad.

Sin embargo, una red privada ATM puede ser distribuida en una área amplia al utilizar un enlace de un transportador (no ATM) entre los nodos ATM. Tales enlaces pueden ser de líneas dedicadas de alambre de cobre, fibras "oscuras" o conexiones de TDM Sonet/SDH.



- ATM Endpoint: punto final de ATM
- Private ATM Switch: conmutador de ATM privado
- Public ATM Switch: conmutador de ATM público
- Customer Premises Network: red local del cliente
- Public ATM Network: red pública de ATM

Figura 1.2. La estructura de red ATM

### Conmutadores de ATM

Cuatro conmutadores de ATM son mostrados en la figura 1.2. Los conmutadores de ATM ejecutan el transporte de información de el enlace principal (backbone) dentro de una red ATM. Están clasificados generalmente como conmutadores de ATM privados y conmutadores de ATM públicos.

La diferencia entre el equipo de ATM privado y el equipo de ATM público puede ser trivial en algunos casos pero frecuentemente será importante. Los conmutadores públicos y privados difieren en las clases de troncales (enlaces) soportados, en los procesos contabilidad y control, y en los modos de



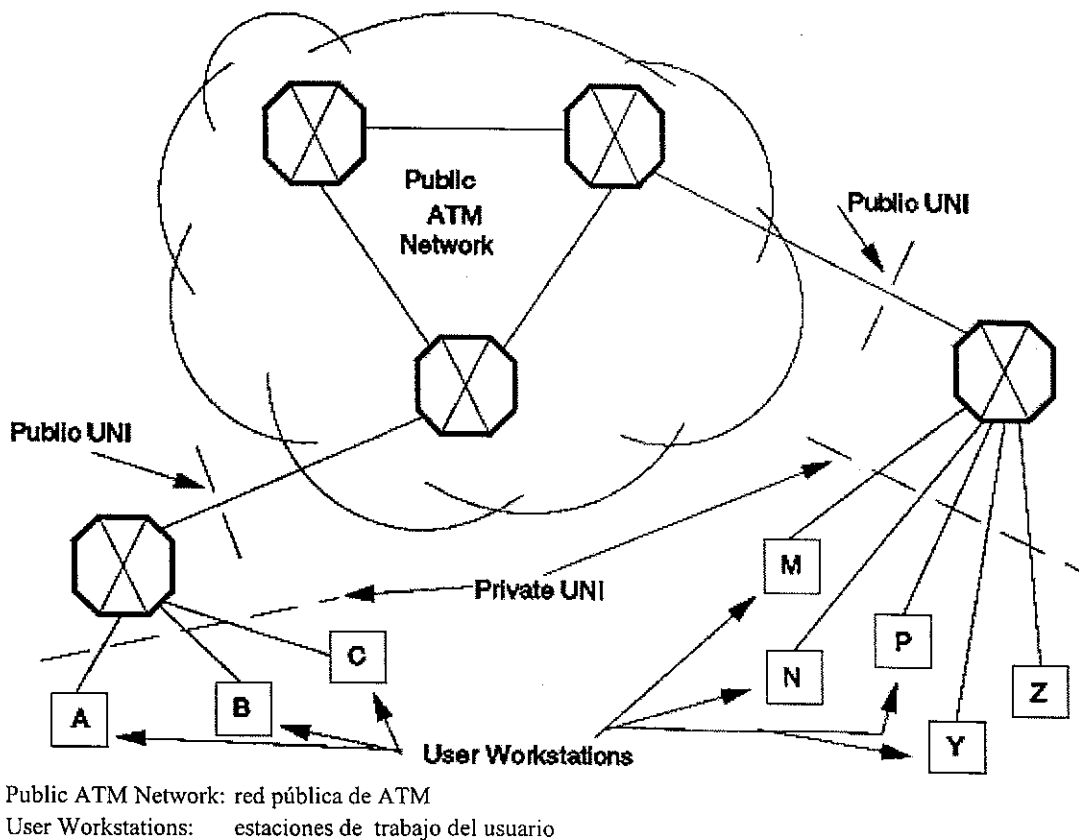
direccionamiento soportados. También defieren en el tamaño. El equipo de red pública necesitará, generalmente, más alta productividad que el equipo privado. Los conmutadores públicos de ATM son a veces llamados nodos de red (NNs). Esto es incorrecto porque el término de nodo de red no está definido en las normas de ATM.

Los conmutadores privados de ATM y redes privadas son algunas veces llamados nodos locales del cliente (CPNs) o redes locales del cliente. De nuevo, esta terminología no está definida en las normas de ATM.

### Punto final de ATM

El punto final de ATM es la parte del equipo del usuario final que sirve de interfaz entre el usuario y una red de ATM en un modo nativo. Un punto final envía y recibe celdas de ATM en conexiones de enlace definidas por normas de ATM. Un punto final (y solamente un punto final) contiene una Capa de Adaptación de ATM (AAL).

Un punto final de ATM se conecta a la red de ATM sobre la interfaz de red de usuario (UNI).



La figura 1.3 La interfaz de red del usuario de ATM

## La interfaz de red del usuario ( UNI )

El UNI está normado por los estándares de ATM. Hay dos tipos de UNIs: los públicos y los privados. El UNI público es para conectar equipo de usuario final a una red de ATM pública. El UNI privado se utiliza localmente en la organización o en una red privada utilizando líneas dedicadas de la compañía de teléfonos.

Las diferencias mayores entre los dos son:

- Algunos tipos de enlaces permitidos en el UNI privado utilizan protocolos que solamente trabajan sobre distancias muy cortas (alrededor de los 100 metros ).Estas serían obviamente inaplicables a una interfaz de red pública.
- Las redes de ATM públicas utilizan direcciones E. 164 (similar a los números telefónicos), mientras que las redes privadas utilizarán probablemente técnicas de direccionamiento derivadas de las redes de área local o de OSI.
- El UNI público está definido y controlado por el ITU-T. El UNI privado está definido por el Foro de ATM.

## La interfaz de nodo de red o interfaz red-a-red ( NNI )

Como se muestra en la figura 1.2, ésta es la conexión troncal entre dos conmutadores ATM. Los estándares han desarrollado tres tipos distintos del NNI.

- EL NNI-ISSI será utilizado para conectar conmutadores ATM dentro de un área local y pertenece a la misma compañía telefónica.
- El NNI-ICI es la interfaz inter-transportador y típicamente se para interconectar redes ATM operada por diferentes compañías telefónicas.
- El NNI privado ( PNNI ) permite la conexión de diferentes conmutadores de ATM en un entorno de red privado.

Las diferencias entre estas interfaces son muy acentuadas. Por ejemplo, los formatos de direccionamiento utilizados son diferentes y no se necesita contabilizar un NNI privado, mientras que ciertamente se necesita en los NNI-ICI.

## Los enlaces

Pueden existir uno o varios enlaces físicos entre nodos. Estos están mostrados como áreas sombreadas en la figura 1.4. La multiplexación de trayectorias

virtuales y de los canales virtuales sobre un enlace físico está mostrado en figura 1.5.

Los enlaces entre nodos pueden ser transportados como canales libres, tal como en una conexión directa punto a punto, pero también puede ser transportado en una conexión de Sonet/SDH o sobre una conexión de PDH.

### 1.3.2 Las interioridades de red

En figura 1.2 la red pública de ATM es mostrada como una nube. Las interioridades de la red de ATM están en proceso de rigurosa normalización y así mientras el usuario final puede verlo aún como una nube (debido a que su detalle interno estará enmascarado del usuario final) sus protocolos internos serán entendidos exactamente.

Las celdas

Como se menciona anteriormente, la información transportada por la red de ATM (incluidos voz y video) es de celdas de 53 bytes. El objetivo es proveer un tiempo de tránsito muy corto y constante a través de la red. Dentro de la red no hay recuperaciones de error (hay detección de error para la información de encabezado de celda). El control de flujo y de congestión no se realizan por protocolos interactivos y detallados de las redes de información tradicionales sino por el control en la tasa de admisión de tráfico de red. Cuando se experimenta congestión en la red las celdas son desechadas.

Las capas de adaptación de ATM ( AAL )

Los usuarios finales de una red de ATM serán de dos clases:

- a) Aquellos que utilizan una interfaz a la red de ATM directamente, a través de un UNI público o un UNI privado
- b) Aquellos que utilizan una interfaz la red utilizando otro protocolo en vez de ATM ( como conmutación de paquetes (Frame Relay)).

En ambos casos es requerida una cantidad significativa de lógica, la cual es suministrada por ATM, para utilizar la red productivamente. En todo tipo de usuarios hay tareas comunes que deben ser desempeñadas para conectarse a la red de ATM. En la definición ATM se incluye el procesamiento para estas tareas comunes. Este es llamado el nivel de adaptación de ATM.

El AAL es la interfaz de usuario final real a ATM. El AAL nunca utiliza una interfaz a un enlace o dispositivo externo. El AAL provee una interfaz de programación y los usuarios finales son conectados a la red de ATM por

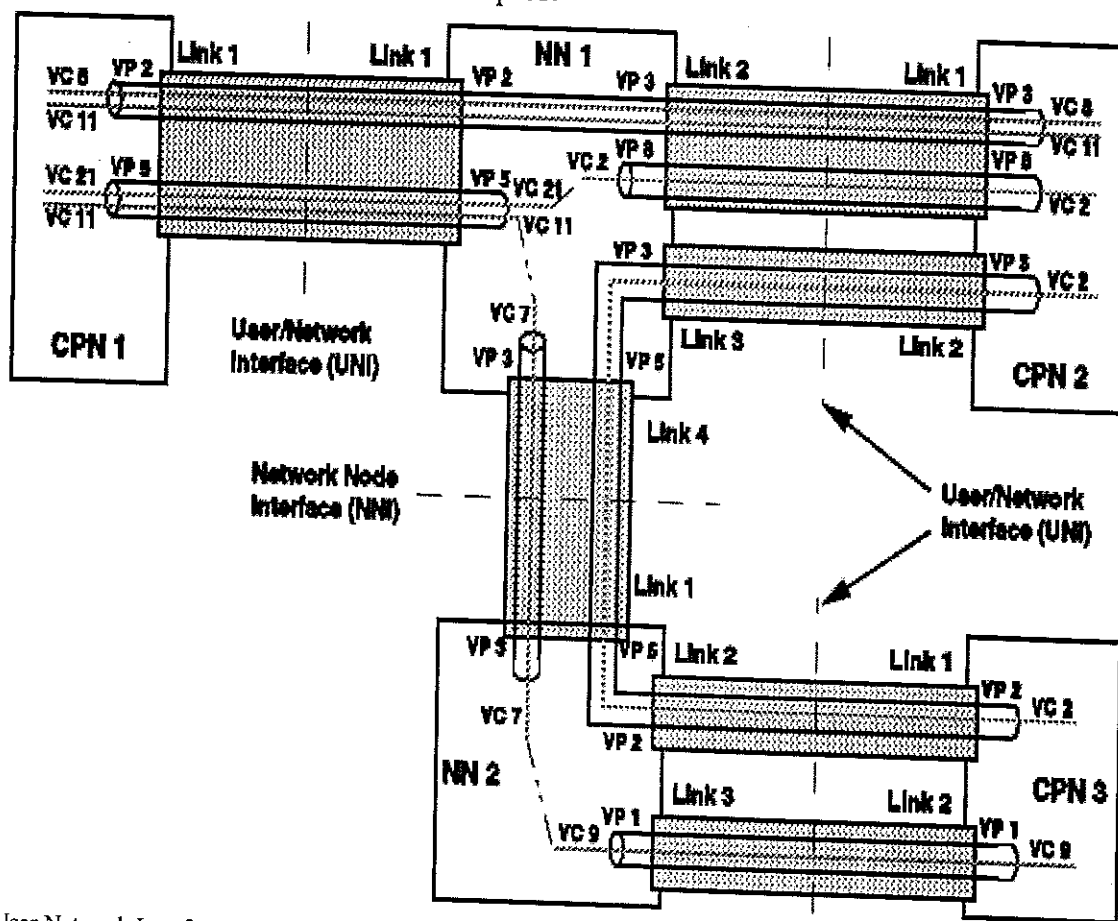
capas de protocolo son requeridas generalmente sobre el AAL para desempeñar un trabajo útil. La figura 1.2 es quizás un poco engañosa en la ubicación del AAL. Los usuarios finales utilizando voz o conmutación paquetes o cualquier otro, se enlazan a través de un AAL, pero se necesita mucho mas que solamente el código AAL.

AAL solamente provee una manera mas conveniente y normalizada para que un programa tenga acceso a la red. El programa entonces sirve de interfaz con otros enlaces externos como voz o conmutación de paquetes o con las capas altas de algún otro protocolo de comunicación.

### 1.3.3 Canales virtuales y rutas virtuales

Quizá los conceptos claves en ATM son aquellos relacionados a como la data es ruteada a través de la red.

La figura 1.4 ilustra esos conceptos:



User Network Interface: interfaz de usuario de red  
 Network Node Interface: interfaz nodo/red  
 Link: enlace

Figura 1.4 Concepto de ruteo en una red ATM

## La trayectoria virtual (VP)

La VP es una ruta a través de la red representando un grupo de canales virtuales (VCs).

VPs pueden existir:

1. Entre los puntos finales ATM.
2. Entre los conmutadores ATM y los puntos finales ATM.
3. Entre los conmutadores ATM.

Un VP puede ser ruteado a través de un conmutador ATM puede ser direccionado solamente al número de VP o puede ser finalizado en un conmutador ATM. Un VP ingresando en un punto final siempre finaliza en ese punto final.

## Canal virtual (VC)

El concepto de un canal virtual es definido en ATM como una conexión unidireccional entre usuarios finales.

## Conexión de canal virtual (VCC)

Una conexión de canal virtual es la conexión fin a fin a lo largo de la cual el usuario envía la información. Una conexión virtual transporta información en una dirección. Mientras que un VCC esta definida como unidireccional, los VCCs siempre están presentes en pares. Un VCC en cada dirección. Entonces un canal de comunicación bidireccional consiste en un par de VCCs (transportados sobre la misma ruta a través de la red).

## Enlace de canal virtual (VCL)

Un enlace de canal virtual es un flujo de información identificada separadamente dentro de un enlace o una trayectoria virtual. Una conexión de canal virtual (VCC) a través de la redes una secuencia de VCLs interconectados. La relación entre enlaces, VPs y VCs es resumida en la figura 1.4.

Enlaces dentro de los nodos:

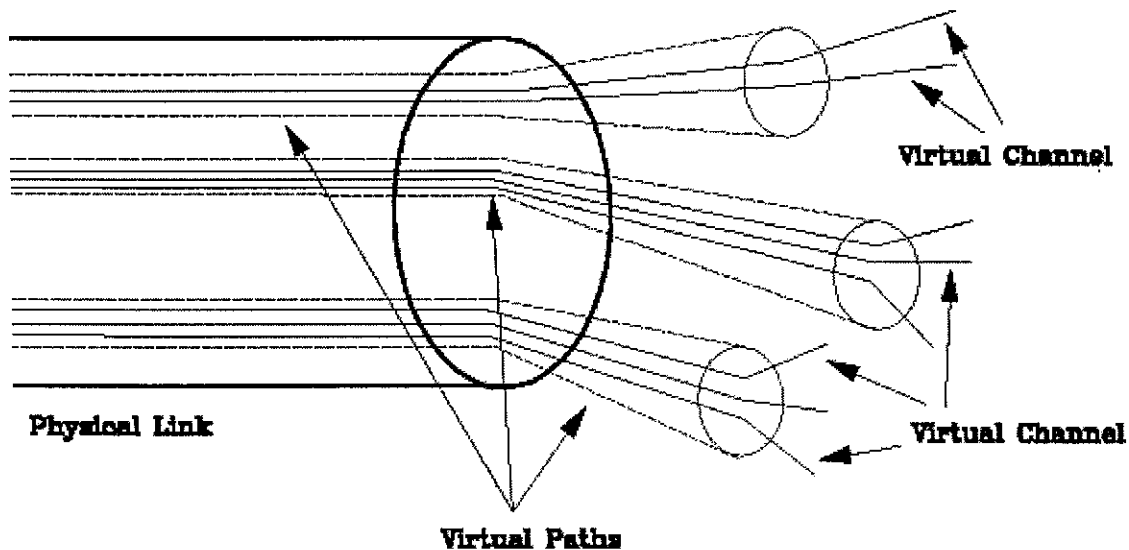
Un nodo ATM puede tener varios enlaces. El número máximo de enlaces y su direccionamiento dentro del nodo no está definida en la normalización de ATM.

VPs dentro de enlaces:

Dentro de cada enlace hay un número de VPs. El número máximo es definido por el número de bits asignados a los identificadores de trayectorias virtuales (VPis) dentro del encabezado de celda (8 o 12 bits).

VCs dentro de VPs:

Cada VP tiene adentro un número de VCs, el cual esta restringido por el número de bits asignados a los identificadores de canal virtual dentro del encabezado de celda (16 bits).



Virtual Channel: canal virtual  
Physical Link: enlace físico  
Virtual Paths: trayectorias virtuales

Figura 1.5 Relación entre enlace, trayectoria virtual y canal virtual.

Cada enlace puede tener todos los VPs posibles, y cada VP puede tener todos los VCs posibles dentro de él.

La numeración de cada entidad es solamente dentro de la identidad de arriba en la jerarquía. Por ejemplo, todos los VPs pueden existir en todos los enlaces.

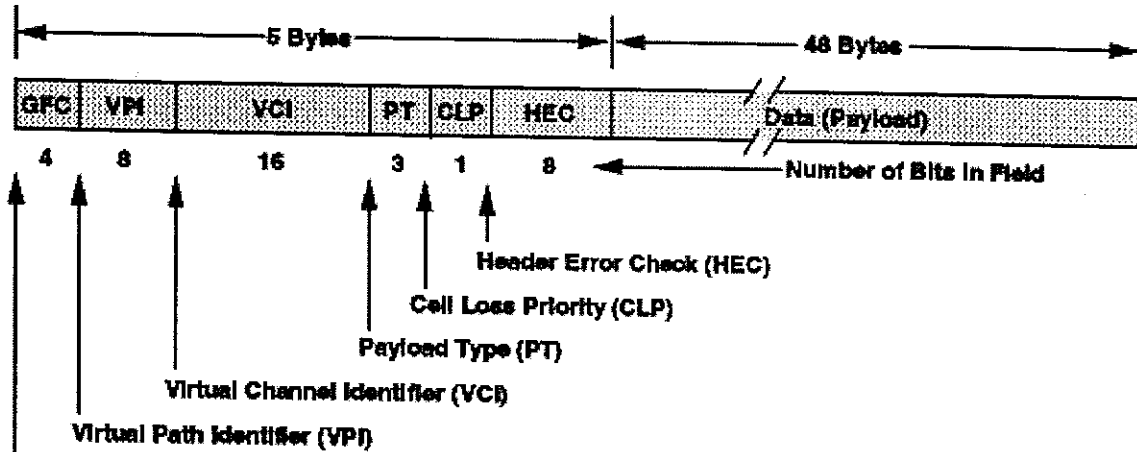
Los VPs y los VCs son solamente números, ellos identifican una trayectoria virtual (lógica) a lo largo de la cual la información puede fluir. No tienen restricciones de capacidad en términos del rendimiento de la información. Esto es, dividiendo el enlace en VPs y VCs no tiene nada que ver con la división de la capacidad del enlace. Se puede saturar cualquier enlace no importando que la velocidad de la información sea en un VC, aún si el enlace tiene todos los VPs y VCs definidos.

#### 1.3.4 Formato de celda

El formato de celda en una interfaz de usuario de red (UNI) y en la interfaz de nodo de red (NNI) es ilustrado en figura 1.6 y la figura 1.7.

Tamaño de celda:

Una celda ATM siempre tiene 48 bytes de información con 5 bytes de encabezado. El tamaño de celda fue determinado por la CCITT (ahora llamada ITU-T) como un acuerdo entre los requerimientos de voz e información.



**Generic Flow Control (GFC)**

- Header Error Check: chequeo de error de encabezado
- Cell Loss Priority: prioridad de pérdida de celda
- Payload Type: tipo de carga de información
- Virtual Channel Identifier: identificador de canal virtual
- Virtual Path Identifier: identificador de trayectoria virtual
- Generic Flow Control: control de flujo genérico

Figura 1.6 Formato de celda de ATM en la interfaz de usuario de red (UNI)

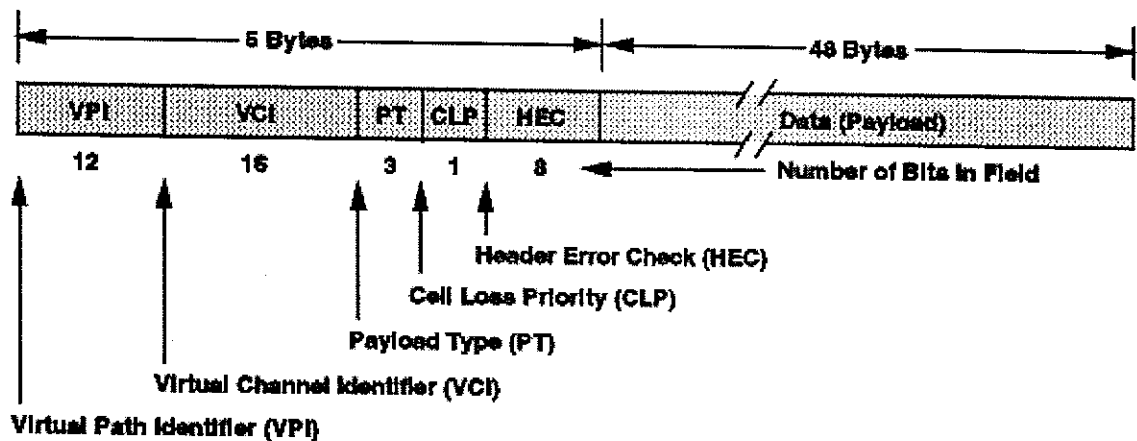


Figura 1.7 Formato de celda de ATM en la interfaz de nodo de red (NNI)

**Control de flujo genérico (GFC)**

El campo de GFC no aparece en el encabezado de celda en la NNI. Por lo tanto no es transportado a través de la red y tiene solamente un significado local

entre el punto final ATM y el conmutador ATM al cual está unido.  
VPI y VCI

Los campos más importantes en el encabezado de celda son el identificador de trayectoria virtual (VPI) y el identificador de canal virtual (VCI). Juntos identifican la conexión (llamada conexión virtual) a la cual pertenece la celda. No hay una dirección de red destino porque sería demasiado encabezamiento para una celda de 48 bytes. Los VPI/VCI juntos identifican una conexión la cual conduce a el destino deseado.

Valores reservados: hay un número de valores de VPI y VCI reservados que son usados para el señalamiento, la operación y el mantenimiento y la administración de recursos. El rango de VCI=0 a VCI=15 están reservados por la ITU-T. El rango de VCI=16 a VCI=31 esta reservado por el ATM Forum. Esto aplica a todos los VCIs dentro de todos los VPs.

Celdas vacías: una celda con los valores de VPI y VCI fijados a cero indica que la celda esta vacía. Son usadas en los enlaces físicos que tienen estructuras en bloques (generalmente PDH y SDH). En esas conexiones donde no hay información que enviar en un enlace, el transmisor debe enviar algo y se envían celdas vacías. En el receptor esas celdas son inmediatamente descartadas. En enlaces que no trabajan en bloques (tal como enlaces ópticos de FDDI), los espacios entre celdas son llenados con vacíos y no son transmitidas celdas vacías.

Cualquier nodo ATM puede implementar números de VCI y VPI menor que el máximo posible. Cuando un nodo lo hace, este debe utilizar un número entero de bits continuos y deben ser los bits de mas bajo orden del campo. Los valores 0 de VC y VP tienen usos reservados.

#### Tipo de carga útil (PT)

Están disponibles tres bits para la identificación del tipo de carga útil (PT), en lo sucesivo nombrados bit0, bit1 y bit2 en la secuencia de ocurrencia en el campo de 3 bits. El primer bit, bit0, determina si la celda es utilizada para flujo de información de usuario (cuando esta asignado con 0) o para operaciones, administración y control (OA&M). Si la celda transporta información de el usuario (bit0=0), y si bit1=1 significa que existe congestión a lo largo de la ruta de la celda(bit1=0 significa que no hay congestión).

El Bit2 es utilizado por las capas altas. En el presente es solamente especificado por el AAL-5 donde bit2=1 significa que la celda es el final de un bloque de información de usuario (bit2=0 significa que la celda es el inicio o la mitad de un bloque).



### Prioridad de pérdida de celdas (CLP)

Cuando es asignado a 1 indica que la celda es de baja prioridad. Por lo tanto si el sistema necesita descartar celdas para aliviar congestión, esta celda se descartará primero.

### Chequeo de error de encabezado (HEC)

Este campo permite la corrección de errores en bits individuales en la parte del encabezado de la celda o para la detección de errores en múltiples bits. Cuando el algoritmo determina si un error es en un bit individual (corregible) o un error en múltiples bits (incorregible).

Además de la detección de errores, este campo es utilizado para determinar las fronteras de celda en algunos tipos de conexiones de enlaces físicos.

Cuando el enlace está fuera de sincronismo y las fronteras de la celda son desconocidas (tal como en la inicialización), el receptor explora la información de entrada por grupos de 5 bytes tal como el quinto byte es un HEC válido para los 4 bytes previos. Cuando se detecta esta condición, el receptor espera que pasen 48 bytes y luego intenta de nuevo si los siguientes 5 bytes recibidos también pasa la prueba como un encabezado válido. Este proceso es repetido un número específico de veces, si es exitoso para todas las repeticiones, el receptor declara que se obtuvo una sincronización de celdas válida. La probabilidad de que la sincronización lograda sea inválida es muy baja.

### 1.3.5 Características de la red:

Red orientada a la conexión (Connection-Oriented Network):

Un sistema ATM es un sistema orientado a la conexión. La única manera de enviar información en una red ATM es en una conexión preestablecida (VCC). El sistema establece una conexión llamada-por-llamada (circuito conmutado) o una conexión semi-permanente (establecida por los procedimientos OA&M).

Operación sin conexión (ConnectionLess):

Existe una operación sin conexión definida. Este opera "Encima" de la red ATM. Existen uno o varios "servidores sin conexión", los cuales son ruteadores de sin conexión dentro de la red ATM. Cada usuario que requiere el servicio de sin conexión tiene una conexión a un servidor sin conexión.

En este modo de operación la primera celda (o celdas) de un grupo transporta la

útil). Las siguientes celdas pertenecientes a el mismo bloque de información del usuario no transportan una dirección de celda, estas son relacionadas a la primera celda por que tienen el mismo VPI/VCI.

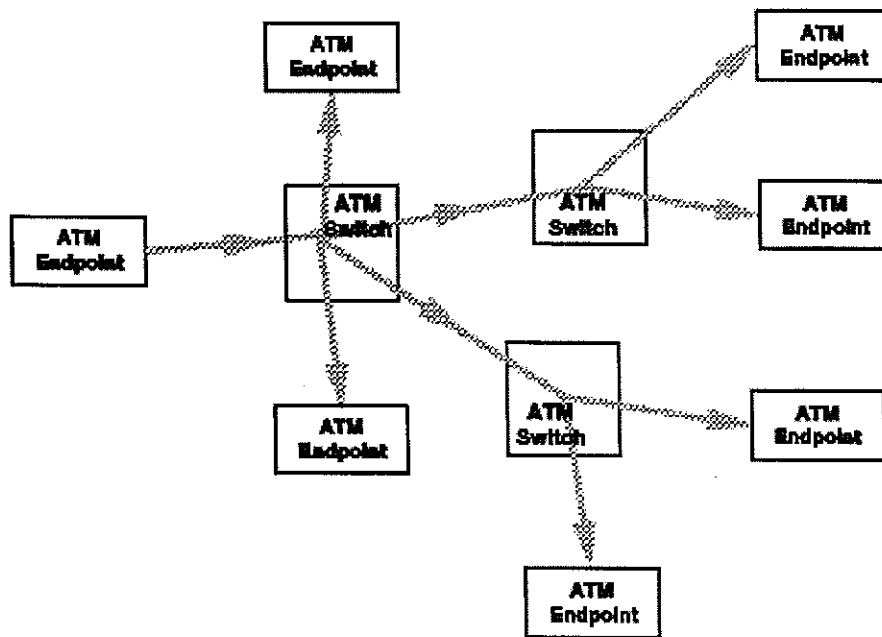
Por lo tanto la operación sin conexión es externa a la red ATM puesto que opera en una capa más alta que ATM y utiliza conexiones ATM predeterminadas.

#### Envío en secuencia garantizada

Las celdas son enviadas a la red por un punto final de ATM sobre una conexión virtual y son transferidas al punto final destino en la misma secuencia en que fueron transferidas a la red. El usuario final (o la función de la capa de adaptación) no tiene que ordenar en secuencia las celdas, pero esto también restringe a la red a utilizar una única trayectoria para cualquier conexión virtual (en cualquier conexión virtual dada). La porción de carga útil (información) de una celda puede contener errores. Los errores de transmisión dentro de la porción de información de la celda no son detectados por la red.

#### Broadcast y multicast:

Las operaciones de broadcast y multicast están disponibles en ATM. Un broadcast es un multicast con todos los usuarios conectados. El multicast se realiza sobre una estructura de árbol, como es ilustrado en la figura 1.8. Su nombre oficial es conexión punto a multipunto.



ATM Endpoint: punto final de ATM  
ATM Switch: conmutador de ATM

Figura 1.8. Árbol multicast

La comunicación es realizada de la raíz del árbol a cada rama. La información puede ser enviada de una rama a la raíz, pero no es posible la comunicación rama a rama sobre la misma conexión.

Para que cualquier punto final pudiera enviar a todos los otros puntos finales en el grupo de multicast, debe haber un árbol multicast independiente por el cual se puede enviar información. La información es copiada lo mas tarde posible para cada enlace saliente en la estructura. Nunca aparecen varias copias de la misma data sobre el mismo enlace.

El VPI/VCI es intercambiado en cada ramal cuando la información es copiada, y luego no existe relación entre los VPI/VCI's utilizados en cada etapa de la ruta.

Los árboles multicast pueden ser establecidos y cambiados por el canal de señales o definidos por el administrador de red.

Calidad del servicio (QoS):

Cada conexión de canal virtual tiene una característica de calidad de servicio. El QoS especifica el ancho de banda promedio y el pico de ancho de banda máximo (instantáneo) permitido. En condiciones de sobrecarga, cuando la red no puede recuperarse de la sobrecarga descartando celdas marcadas con prioridad baja, la red puede seleccionar cuales celdas descartar dependiendo de la característica QoS en el VC.

Los parámetros de QoS definidos por la ITU-T son los siguientes:

- Demora en la transferencia de celdas (Network Latency)
- Variación en la demora de celda (Jitter)
- Capacidad de transferencia de celda (Velocidad - tasas pico y promedios permitidos)
- Tasa de error de celda
- Tasa de pérdida de celda
- Tasa de pérdida de inserción de celda

Un VP también tiene un QoS asociado. VCs dentro de un VP pueden tener un QoS más bajo que el de VP pero no pueden tener un QoS más alto.

Pérdida de celdas y celdas descartadas:

Las celdas pueden ser perdidas o descartadas por la red. La red no detecta la pérdida de celdas y no señala al usuario final cuando fueron descartadas de una conexión en particular. Algunos esquemas de codificación de tasas de bits variables para voz y video son estructurados de tal manera que dos tipos de

conexión en particular. Algunos esquemas de codificación de tasas de bits variables para voz y video son estructurados de tal manera que dos tipos de celdas son producidos:

- a) Celdas esenciales, contienen la información básica para habilitar la función continua del servicio.
- b) Celdas opcionales, contienen la información que provee la calidad del servicio (calidad de voz o imagen).

Si el equipo de usuario final marca una celda como de baja prioridad, esa celda será descartada primero si es necesario por una congestión de red.

Si las celdas descartadas no son suficientes para aliviar la congestión de red, la red podría utilizar el QoS para decidir que celdas adicionales serán descartadas.

En este caso, se especifica un servicio de baja calidad, el cual permite a la red descartar celdas pertenecientes a esas conexiones virtuales en situaciones de congestión extrema.

En redes basadas en celdas, la recuperación de celdas es realizada por la retransmisión de el bloque entero.

Control de congestión:

No existe control de flujo en una red ATM. Cuando una conexión es requerida en ATM, los parámetros de esa conexión (clase de servicio, rendimiento promedio requerido y tasa de rendimiento pico requerido) son examinados y la conexión es permitida solamente si la red tiene suficiente capacidad para soportar la nueva conexión.

Cualquier sistema que asigne capacidad en exceso de su capacidad real con base en parámetros estadísticos tiene la posibilidad (aunque remota) de estar en riesgo cuando surja una demanda de red que excede los recursos de la misma. En este caso, la red descartara celdas, siendo las primeras a descartar, las que estén marcadas como de baja prioridad en el CLP bit (las celdas que ya se encuentren encoladas en los buffers no serán descartadas. Después de esto, se descartaran celdas por clase de servicio o aleatoriamente, dependiendo de la implementación del nodo.

Política de tasa de entrada:

En el punto de entrada a la red, el conmutador de ATM monitorea la tasa de información que llega de un VP o un VC de acuerdo a los parámetros QoS negociados para esa conexión, y no permitirá que los puntos finales de ATM excedan sus límites permitidos.

Un punto final ATM opera con un esquema de control de tasa "Leaky Bucket" para no permitir que las demandas en la red excedan de su capacidad permitida.

Dependiendo de la red, la red puede:

- Descartar celdas recibidas en exceso del máximo permitido.
- Marcar las celdas en exceso con el CLP (prioridad de pérdidas de celdas) bit para indicar a la red que las celdas son de baja prioridad y pueden ser descartadas si se presenta la necesidad.

Otra función que es ejecutada en el punto de entrada a la red es coleccionar información del tráfico para facturación, ya que en muchas redes publicas tendrán una formula para contabilizar la tasa máxima y promedio permitidas y el tráfico actual que es enviado.

Esquema de control Leaky Bucket:

Este mecanismo es un control en la tasa a la cual la información puede ser enviada en la red. Una vez la información ha ingresado a la red, no existen controles de flujo excepto por la capacidad de rendimiento implícito en los enlaces y los nodos involucrados.

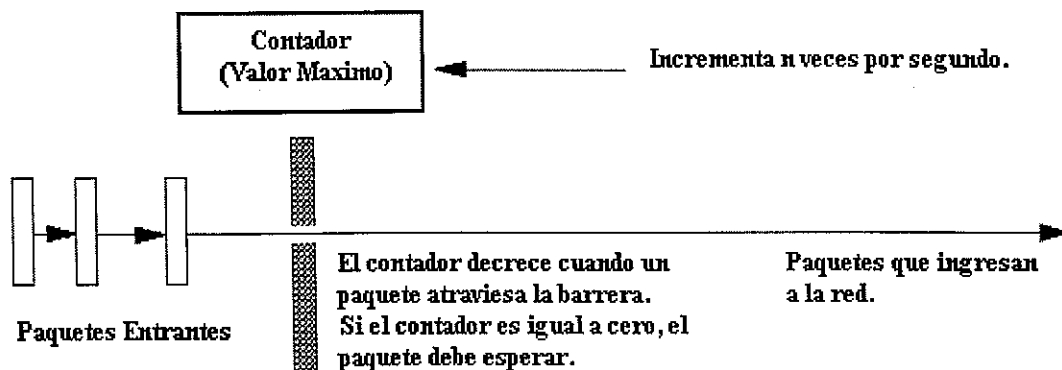


Figura 1.9. Control de Tasa Leaky Bucket

El control de tasa Leaky Bucket opera de la siguiente manera:

- Un paquete que ingresa a la red debe pasar una "puerta" llamada Leaky Bucket. Este es un contador, el cual representa el numero de paquetes que pueden ser enviados en esta trayectoria.
- A medida que un paquete pasa e ingresa a la red el contador debe ser diferente a cero. El contador Leaky Bucket tiene definido un valor máximo.
- El contador es incrementado (por uno) n veces por segundo. Cuando un paquete llega puede pasar el Leaky Bucket si (y solo si) el contador tiene un valor diferente de cero.

- Cuando un paquete pasa la barrera para ingresar a la red, el contador decrece.
- Si el paquete ha sido retrasado, será liberado inmediatamente después que el contador es incrementado.

El control de tasa Leaky Bucket puede ser operado en conexiones individuales o puede operar en un grupo de conexiones tal como todas las conexiones en el mismo enlace o todas las conexiones en la misma trayectoria virtual.

Este esquema tiene el efecto de limitar la tasa de paquetes a un promedio definido, pero permite pequeños estallidos de paquetes (cuyo tamaño se puede definir), ingresar a la red a una tasa máxima.

Integridad de información fin a fin:

En las redes de ATM no se provee integridad a la información fin a fin, ésta es responsabilidad de el equipo del usuario final. La función de adaptación (implementada en el punto final ATM) provee una función de verificación de error descartando la información errónea pero no provee recuperación de la información perdida. Esto debe ser ejecutado por el sistema utilizado externamente a la red ATM.

Prioridades:

En ATM no existe otra función de prioridad mas que la utilizada en el campo de prioridad de pérdida de celda en el encabezado.

Ruteo de información:

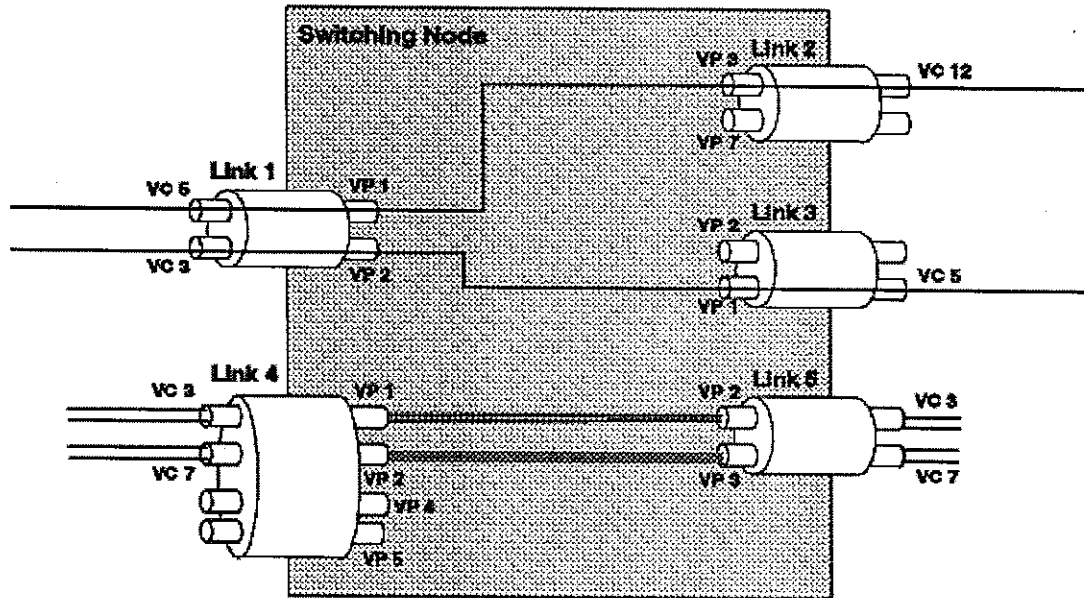
Las redes ATM rutean la información internamente utilizando un proceso llamado "Intercambio de identificadores lógicos". Esto es importante porque la red está limitada a enviar celdas en una conexión virtual en el mismo orden en que fueron recibidas por la red. En ATM hay dos IDs para cada conexión virtual: el VPI y el VCI.

Un conmutador ATM debe mantener una tabla de VPIs relacionados con cada enlace físico al cual esta unido. Esta tabla contiene un puntero a la salida de el enlace donde la información entrante debe ser ruteada. Si el VP finaliza en un conmutador ATM en partículas, cada conmutador ATM debe mantener una tabla de los VCs para el VP. Esta tabla contiene punteros para la ruta de la información. El VC puede ser (por ejemplo) un canal de señalización y finalizar en un conmutador ATM en particular. Alternativamente, el VC puede estar conectado lógicamente a otro VC a través de este conmutador ATM, en tal caso el conmutador ATM debe rutear la información a la conexión saliente (identificada por el enlace, VPI y VCI).

Cuando el conmutador ATM rutea la celda utilizando solamente el VP entonces el numero de VPI es cambiado. Cuando el conmutador ATM rutea las celdas utilizando el VPI y el VCI, la celda tendrá un VPI y un VCI diferente.

Intercambio de identificadores lógicos en ATM:

En ATM son utilizados dos niveles de identificadores lógicos (el VPI y el VCI) y de esta manera el intercambio de identificadores lógicos en ATM es un proceso en dos etapas. El procedimiento es mostrado en la figura 1.10



VP	In		Outbound	
	VCI	Link	VPI	VCI
1				
2				
3				
4				
5	2	3	12	

VP	In		Outbound	
	VCI	Link	VPI	VCI
1				
2				
3	3	1	5	
4				
5				

Link 1  
VP and VC Tables

VP	In		Outbound	
	VPI	Link	VPI	VCI
1	5	2	XX	
2	5	3	XX	
3				
4				
5				

Link 2  
VP Table

Switching Node: nodo de conmutación  
Link: enlace

Figura 1.10. Intercambio de identificadores lógicos en ATM.

Mirando el enlace 1 puede verse que existe un VP 1 el cual contiene un VC 5. Existe una conexión entre enlace1/VP=1/VC=5 y enlace 2/VP=3/VC=12. Puede observarse que el VP1 en el enlace 1 finaliza dentro de el conmutador de ATM.

Son mostradas las tablas de ruteo para el enlace 1. Existe una tabla VP con un ingreso para cada VP en el enlace.

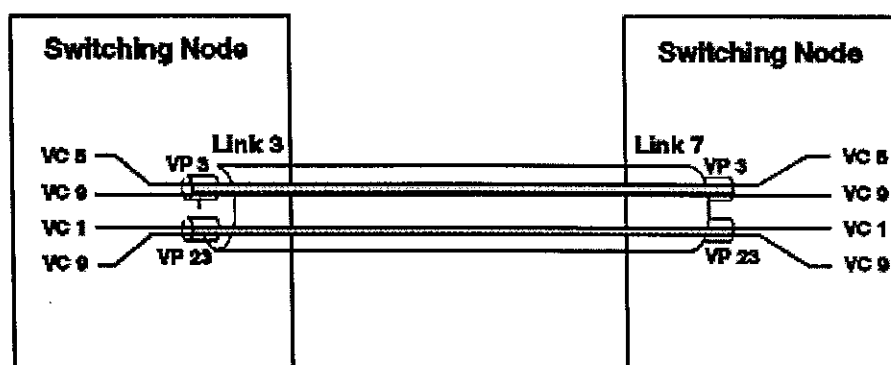
Porque cada uno de los dos VPs en el enlace 1 terminan en este nodo, la tabla de ingreso para cada VP es mínima. Esto consiste solamente de un apuntador a una tabla VC. Existe una tabla VC por cada VP que finaliza en este conmutador.

Cuando una celda llega al enlace 1 con VP=1 y VC=5 el conmutador mira la tabla de ruteo para el enlace 1. Localiza VP=1 en la tabla VP y la utiliza para encontrar la tabla VC. El conmutador luego observa a la tabla VC para la entrada para el VC=5. De el ingreso de la tabla descubre que la celda será ruteada al enlace 2 con VP=3 y VC=12.

Cambia el encabezado de celda para reflejar los nuevos valores de VPI y VCI y rutea la celda a el enlace 2. El caso de la conmutación VP es mostrado por el enlace 2. Este caso es muy simple porque el VCI no cambia. La tabla VP muestra el ID de el enlace saliente y un nuevo VPI pero no un VCI. El VPI es utilizado para localizar el ingreso de la tabla apropiada y la celda es ruteada en conformidad (y el VPI es actualizado).

Desde que los campos VPI y/o VCI en el encabezado de celda han sido cambiados, el campo de HEC en el encabezado de celda debe ser recalculado antes que la celda sea transmitida. Esto es porque, cuando una celda es conmutada de un enlace a otro, el VPI es siempre reemplazado (sin importar si el VCI es reemplazado o no) y el HEC es siempre recalculado. Es importante notar que existe una tabla VP para cada enlace de entrada y una tabla VC para cada VP que finaliza en este nodo.

Las operaciones de multicast y broadcast son ejecutadas por múltiples entradas de destino en las tablas VP o VC. El sistema copia cada celda por cada ruteo de destino.



Switching Node: nodo de conmutación.

Figura 1.11. VPIs y VCIs dentro de un enlace. Los números VPI y VCI son los mismos en cada final del enlace (porque no hay nada dentro de el enlace que los cambie).



### 1.3.6 Algunas definiciones:

#### Canal virtual (VC):

Un canal virtual es una asociación lógica entre los puntos finales de un enlace que habilita la transferencia unidireccional de celdas sobre ese enlace.

#### Enlace de canal virtual (VCL):

Un VCL existe de el punto donde un valor de VCI es asignado y donde es traducido y finalizado. Desde que existe dentro un VP, puede pasar a través de un numero de conmutadores ATM (si el VP es conmutado). Este es unidireccional.

#### Conexión de canal virtual (VCC):

Esta es una concatenación de VCLs extendiéndose de un usuario final a otro a través de la red ATM. El punto final es actualmente un punto de acceso de servicio (SAP).

#### Conmutador de canal virtual (VCS):

Este es la función de conmutación VC mostrada. Un VCS conecta VCLs juntos para formar VCCs. Para hacer esto, este finaliza los VPCs y traslada (cambia) los valores VCI.

#### Trayectoria virtual (VP):

Un grupo de canales virtuales asociados de tal manera pueden ser conmutados a través de la red sin que el elemento de conmutación conozca acerca de la existencia separada de VCs. De tal modo, todos los VCS dentro de un VP viajan en el mismo camino a través de la red.

Un VP puede existir a través de una secuencia corta de nodos (por ejemplo en un segmento principal) o puede extenderse de un punto final ATM a otro.

#### Enlace de camino virtual (VPL)

Un VPL existe entre el punto donde el valor de VPI es asignado y donde es trasladado o el VP es finalizado. En la práctica esto significa que un VPL existe solamente dentro de un enlace punto a punto entre los conmutadores ATM. Cuando un enlace llega a un nodo ATM, el VPI es siempre trasladado. Así el VPL solamente se extiende sobre el rango de un único enlace inter-conmutador de ATM.

### Conexión de camino virtual (VPC)

Este es una secuencia de VPLs que se extiende entre las terminaciones de el camino virtual. Este es el camino virtual, es unidireccional.

### Conmutador de camino virtual (VPS)

El VPS es la función de procesamiento que conecta VPLs para formar VPCs. Esta función traslada los valores VPI y dirige celdas al enlace de salida correcto en un conmutador ATM particular.

### Terminador de camino virtual (VPT)

Esta función de procesamiento finaliza el VP y habilita los VCs para ruteo separado e independiente.

### Identificador de conexión de camino virtual (VPCI)

Este es el identificador de la conexión VP que es regresado por la red cuando una llamada de establecimiento es ejecutada, es de 16 bits de longitud. El VPCI es utilizado en los protocolos de señalización en vez de un VPI. El VPI es único solamente dentro de un único enlace ATM. En el caso de un único dispositivo concentrador de ATM, múltiples conexiones entrantes son concentradas en una conexión saliente. La conexión saliente es conectada a el UNI. Esto significa que un único canal de señalamiento en el UNI esta controlando a múltiples enlaces entrantes. El VPCI tiene bits adicionales para permitir que el enlace sea únicamente identificado.

### Interfaz de usuario final

El equipo de usuario final puede ser unido nítidamente a una red ATM a través de una interfaz de usuario de red (UNI) bien definida. Este equipo es llamado un punto final ATM. Sin embargo, una aplicación real de usuario final se une a la red ATM a través de el AAL. Entonces se podría considerar que existen dos interfaces en una red ATM, una interfaz de equipo (UNI) y la otra (la interfaz real de el programa de usuario final) a través de el AAL. La figura 1.12 muestra el flujo de información de un usuario final a otro sobre una red ATM.

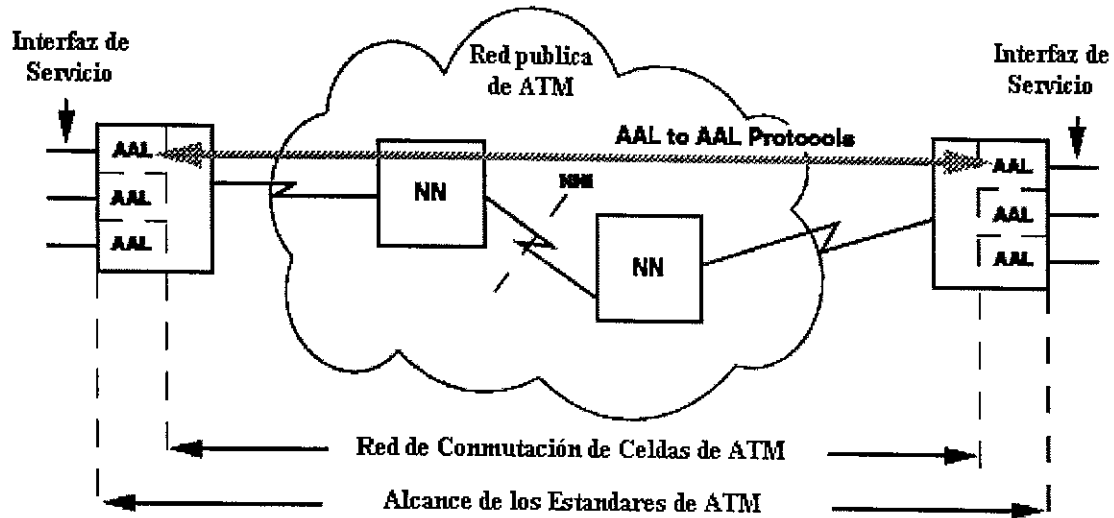


Figura 1.13. La capa de adaptación de ATM

#### 1.4.1 Interfaz de servicio:

La interfaz de servicio es la interfaz a las capas más altas de protocolo y las funciones, esto es, la interfaz de servicio es la frontera de ATM.

La AAL conecta la interfaz de servicio a la red de conmutación de celdas ATM. La interfaz de servicio es una interfaz interna dentro de un dispositivo.

#### Clases de servicio AAL

La ITU-T ha definido cuatro diferentes clases genéricas de tráfico de red que necesitara ser tratadas diferentemente en una red ATM. Estas clases son designadas Clase A a la Clase D.

Las cuatro clases de servicio son resumidas en figura 1.14.

recibidas en el otro lado primero por la capa física, luego es procesada por la capa ATM y luego por el AAL receptor. Cuando todo esta completo, la información es trasladada a el programa de usuario receptor.

La función total es ejecutada por la red ATM, la cual ha sido transportada de una manera no segura (podría existir alguna pérdida ) de información de usuario de programa a programa.

Mirando esto desde un punto de vista de procesamiento tradicional de información, todo lo que ha hecho la red ATM es reemplazar una conexión de enlace física con otra clase de conexión física, todas las funciones de red de las capas altas deben ser ejecutadas aun.

#### **1.4 La capa de adaptación de ATM (AAL)**

Para hacer una red de ATM práctica es necesario adaptar las características internas de red a los varios tipos de tráfico que utilizara la red. Este es el propósito de la capa de adaptación.

Una red ATM transporta celdas de un punto de la red a otro. Mientras el encabezado de la celda tiene chequeo de error en el, no existe chequeo de error en la parte de información de la celda.

En adición, las celdas podrían ser perdidas o descartadas durante el transporte y en situaciones de error podrían existir celdas fuera de secuencia y/o celdas duplicadas.

La función de la capa de adaptación es proveer función de inter-red generalizada a través de la red ATM. Sin embargo, esta función es muy básica. En el caso de la información, el AAL toma los bloques de información enviados, los fragmenta en celdas y agrega el encabezado de información necesario para permitir la reconstrucción de el bloque original en el receptor. Esto involucra chequeo de errores.

El AAL no ejecuta recuperación de errores. En el caso de la información, si un bloque recibido esta enteramente erróneo, es descartado y no se envía a el punto receptor. La recuperación de error es la responsabilidad de un protocolo de capas altas.

Para información la capa de adaptación provee un servicio de transporte no asegurado de bloques completos. La figura 1.13 muestra la estructura lógica en una red ATM.

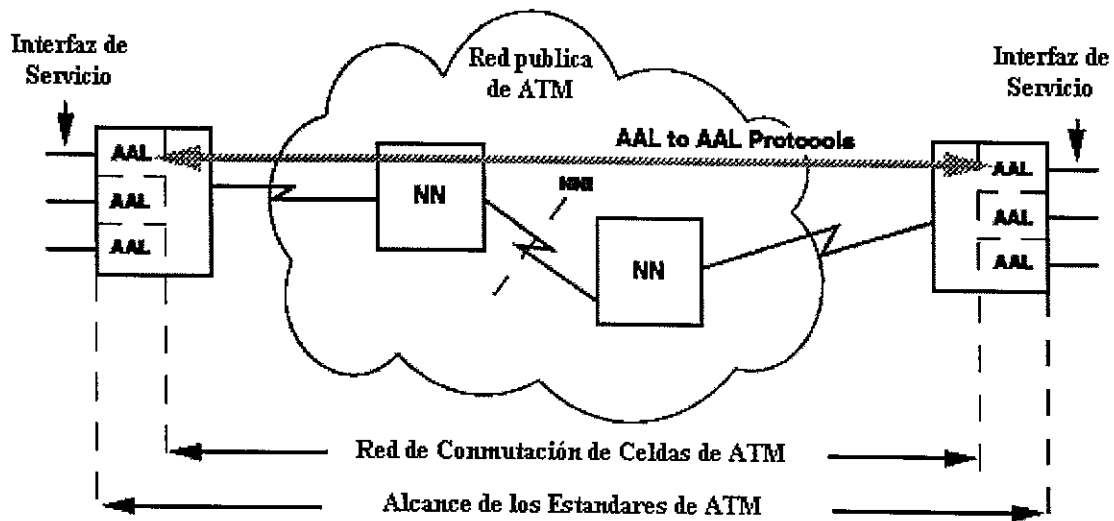


Figura 1.13. La capa de adaptación de ATM

#### 1.4.1 Interfaz de servicio:

La interfaz de servicio es la interfaz a las capas más altas de protocolo y las funciones, esto es, la interfaz de servicio es la frontera de ATM.

La AAL conecta la interfaz de servicio a la red de conmutación de celdas ATM. La interfaz de servicio es una interfaz interna dentro de un dispositivo.

#### Clases de servicio AAL

La ITU-T ha definido cuatro diferentes clases genéricas de tráfico de red que necesitará ser tratadas diferentemente en una red ATM. Estas clases son designadas Clase A a la Clase D.

Las cuatro clases de servicio son resumidas en figura 1.14.

<b>CLASE X</b>	<b>CLASE A</b>	<b>CLASE B</b>	<b>CLASE C</b>	<b>CLASE D</b>
Control, señalamiento y otros	Tasa de Bit constante  Emulación de circuito	Tasa de bit variable  Voz, Video, y multimedia	Orientado A la conexión  Información	Sin conexión  Información
<b>"AAL 0"</b> (Nulo)	<b>AAL 1</b>	<b>AAL 2</b>	<b>AAL 5</b>	<del><b>AAL 3/4</b></del>
<b>Capa de Adaptación de ATM</b>				
<b>Capa de red de ATM</b>				
<b>Capa física</b>				

Figura 1.14. Clases de servicio y tipos de AAL.

#### Clase A (emulación de circuito)

Este servicio emula una línea dedicada. Este es utilizado por voz de tasa constante y aplicaciones de video, etc. Estas aplicaciones tienen las siguientes características:

- Existe una tasa constante de bit en la fuente y el destino.
- Existe una relación de tiempo entre fuente y destino.
- Existe una conexión entre los usuarios finales de el servicio.

La capa de adaptación debe ejecutar las siguiente funciones para soportar este servicio:

- Segmentación y reensamblaje de los bloques de información en celdas.
- Manejar variaciones de retraso de celdas
- Detección y manejo de pérdida, descarte, duplicación o pérdida de ruta de las celdas.
- Recuperación de la frecuencia de el reloj fuente.
- Detección de errores de bit en el campo de información de el usuario.

### Clase B (servicios de tasa de bit variable)

Esto es utilizado para tráfico de voz y video que es básicamente isócrono en la capa de presentación de el usuario final, pero el cual puede estar codificado como información de tasa variable.

Esos servicios tienen un flujo variable de información, necesitando una relación de temporización entre los finales de la conexión y son orientados a la conexión.

Los servicios proveídos por la AAL para la clase B son:

- Transferencia de tasas de bit variable de información entre usuarios finales.
- Transferencia de temporización entre fuente y destino.
- Indicación de pérdida o información corrupta no recuperada por el AAL.

Los requerimientos son algo complejo, por ejemplo:

- Algunas aplicaciones de video serán primariamente de una dirección e irán en múltiples destinos (multicast). Sin embargo, el video típico de una dirección no es demasiado sensitivo a un retraso en la red.
- Otras aplicaciones de video (tal como la videoconferencia) requieren un multicast complejo o de régimen centrado. La videoconferencia requiere sincronización de voz y video, y además es estricta en los requerimientos de retraso.

### Clase C (información orientada a la conexión):

Este es un tradicional tráfico de información como las redes SNA o X.25. Estos servicios son orientados a la conexión y tienen un flujo variable de información.

Son proveídos dos servicios llamados modo de mensaje y modo de flujo. El modo de mensaje es utilizado para la transferencia de bloques de información de usuario individuales. El modo de flujo provee el transporte para múltiples bloques de información de usuario de longitud fija.

Un AAL para clase C debe proveer:

- Segmentación y reensamblaje de bloques en celdas.
- Detección y señalización de errores en la información.

En adición, puede proveer otros servicios tal como el de multiplexación y demultiplexación de múltiples conexiones de usuario final en una única conexión de red ATM.

Clase D (información sin conexión):

Este servicio tiene varios usos en enviar información para un fin especial pero podría ser utilizado, por ejemplo, para transportar TCP/IP o tráfico de una interconexión LAN donde el protocolo en uso es inherentemente sin conexión.

Esos servicios son sin conexión y tiene un flujo variables de información. Esto soporta protocolos de red sin conexión, tal como TCP/IP y servicios que transfieren la información caracter por caracter.

Como los otros tres tipos de servicio, la clase D requiere:

- Segmentación y reensamblaje de bloques en celdas.
- Detección de errores en la información (pero no retransmisión).

En adición a estos servicios básicos de clase D se especifica:

- Multiplexación y demultiplexación de múltiples flujos de información de usuario final en un único flujo de información a través de la red (para transmisiones de caracteres individuales).
- Direccionamiento y ruteo de la capa de red.

Clase X (definida por el usuario)

Este es un servicio de transporte de ATM orientado a la conexión, donde los requerimientos (tasa variable o constante, tipo de tráfico y temporización, etc.) son definidos por el usuario. Las únicas cosas en que la red esta involucrada son los ancho de banda requeridos y los parámetros QoS.

Las conexiones de clase X podrían ser proveídos por AAL - 0.

#### **1.4.2 Estructura del AAL:**

Existen cinco diferentes tipos de AAL:

- AAL-0 significa que no es ejecutada ninguna función de AAL. Las celdas son transferidas entre la interfaz de servicio y la red ATM transparentemente.
- AAL-1 provee las funciones para el servicio clase A.
- AAL-2 provee las funciones requeridas para servicios de tasa variable, clase B.
- AAL-3/4 provee servicio para las clases C y D. AAL 3 y 4 fueron combinadas durante el proceso de definición de estándares, el mismo proceso podría ser realizado por ambas funciones.
- AAL-5 provee funciones para las clases C y D pero es significativamente



simple.

Existe también un AAL de señalamiento (SAAL) definido; esta capa de adaptación no provee los servicios de usuario a usuario pero es una serie de funciones de AAL que soportan conexiones de señalamiento entre los conmutadores ATM y/o entre un punto final ATM y un conmutador ATM (red).

La estructura lógica interna de AAL-3/4 y AAL-5 es mostrada en la figura 1.15. AAL-1 tiene una estructura mucho más simple pero el principio es el mismo.

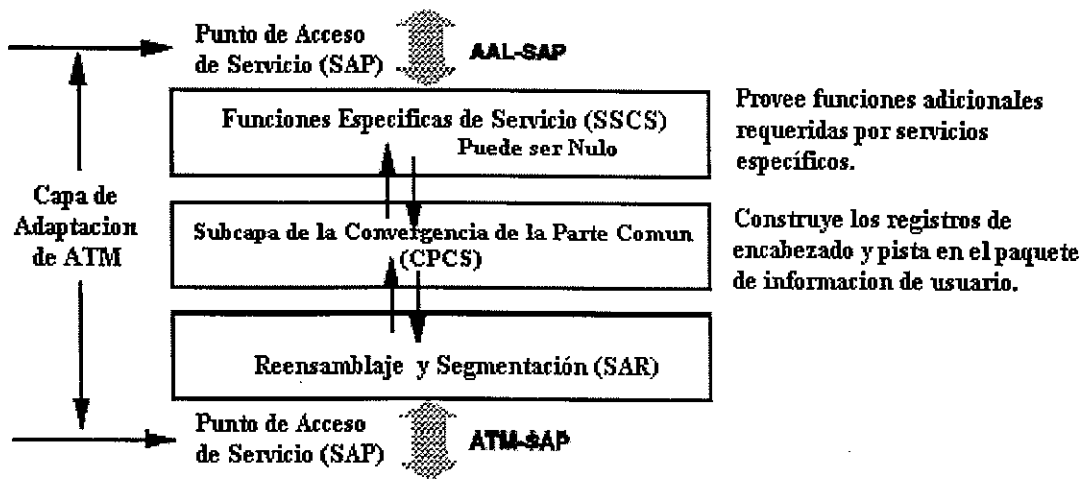


Figura 1.15. Estructura de las subcapas en AAL-3/4 y AAL-5.

La información es recibida en bloques (para AAL-3/4 estas pueden ser de hasta 64 KB).

Una función específica de servicio podría ser ejecutada si es necesaria para proveer una interfaz de servicio estándar (SAP) para protocolos comunes, por ejemplo Frame Relay, pero la mayoría de las veces es nula.

CPCS (subcapa de convergencia de parte común) opera en los bloques enteros de información de usuario, y la función exacta depende en cual AAL es usado.

SAR (segmentación y reensamblaje) es la capa que toma la información y construye el flujo de celdas de 48 bytes. Sus funciones dependen de el AAL utilizado.

La interfaz entre subniveles mostrados en la figura están definidos en lógicas primitivas (no son SAPs). Esto significa que no es una interfaz de programación externa entre los subniveles.

## 1.5 Interfaces físicas de red ATM

La siguiente tabla resume los tipos de enlaces que han sido aceptados por los cuerpos de estandarización.

	Tasa (Mbps)	Rendimiento de Celda	Sistema	Medio	WAN/LAN	Propietario
DS-1 (T-1)	1.544	1.536	PDH	Cobre	Ambos	ANSI
E-1	2.048	1.92	PDH	Cobre	Ambos	ETSI
DS-3 (T-3)	44.736	40.704	PDH	Cobre	WAN	ANSI
E-3	34.368	33.984	PDH	Cobre	WAN	ETSI
E-4	139.264	138.24	PDH	Cobre	WAN	ETSI
SDH STM-1, Sonet STS-3c	155.52	149.76	Sonet/SD	SM Fiber	WAN	ITU-T
Sonet "Lite"	155.52	149.76	Sonet/SD	MM Fiber	LAN	Forum
SDH STM-4c, Sonet STS-12c	622.08	599.04	Sonet/SD	SM Fiber	WAN	ITU-T
FDDI-PMD	100	100	Block Coded	MM Fiber/STP	LAN	Forum
Fiber Channel	155.52	150.34	Block Coded	MM Fiber	LAN	Forum
DXI (RVX)	0-50	0-50	Clear Channel	Cobre	LAN	Forum
Raw Cells	155.52	155.52	Clear Channel	SM Fiber	WAN	ITU-T
Raw Cells	622.08	622.08	Clear Channel	SM Fiber	WAN	ITU-T
Raw Cells	25.6	25.6	Clear Channel	Cobre UTP-3/5	LAN	Forum
Sonet "Lite"	51.84 25.92 12.96	49.536 24.768 12.384	Sonet Frame	Cobre UTP-3/5	LAN	Forum
Raw Cells	100	100	Clear Channel	Cobre UTP-3	LAN	Propuesta
Raw Cells	155.52	155.52	Clear Channel	Cobre UTP/STP	LAN	Forum

Tabla 1.1: Interfaces físicas para la red ATM

ATM fue definida para hiciera una función física de transporte de información tan independiente como fuera posible de la función de conmutación de ATM y las cosas que van arriba de la capa ATM. Es capaz de operar sobre un amplio rango de tipos de enlaces físicos. Estos varían en velocidad, medio (fibra o cobre), y estructura para satisfacer un ambiente particular en el cual el enlace debe operar.

Las características principales para el transporte de información de ATM son:

a) Alta velocidad (tasa de información)

Si la red es estable por la relación en las estadísticas de flujo de información agregado, entonces la capacidad de enlace tiene que ser suficiente para soportar muchos usuarios

simultáneos.

b) Baja latencia (para algunas aplicaciones)

ATM esta hecha para operar sobre conexión satelital, pero la latencia adicional involucrada hacen que algunas aplicaciones (tal como multimedia interactiva) sean significativamente mas dificultosa.

c) Tasas de error muy bajas

El hecho de que una celda errónea produce la retransmisión de el bloque entero de información (muchas celdas), algunas personas sienten que ATM es inestable en situaciones de alta tasa de error.

Sin embargo los sistemas ATM han sido desarrollados para trabajar sobre conexiones de radio (LANs vía radio) y sobre conexiones satelitales.

## **1.6 ATM en construcción de redes**

### **1.6.1 ATM en redes de área amplia:**

En el ambiente de redes de área amplia, ATM ofrece un numero de beneficios significativos:

#### Integración de servicios

Uno de los beneficios de ATM es la habilidad la mayoría de requerimientos del usuario con un único servicio y reducir la proliferación de nuevas clases de red.

#### Bajos costos de equipo y red:

El equipo de conmutación de ATM tiene un costo significativamente bajo comparado a un equipo de multiplexación por división de tiempo (TDM) que ejecuta el mismo trabajo.

#### Tecnología apropiada a el ambiente de alta velocidad

ATM ofrece una tecnología que puede entregar servicios a altas velocidades que son demandados por los usuarios.

#### Ahorro de el costo de ancho de banda

En términos económicos básicos, esto no debe ser un problema. El costo real de el ancho de banda es tan bajo que la idea de el gasto monetario en equipo para ahorrar dinero en ancho de banda es ilógica. En el ambiente WAN para empresas de

teléfono, telecomunicaciones, este es el caso real. En el ambiente de LAN, donde el ancho de banda es gratis, este es el caso para cada uno.

Para usuarios de redes privadas, el costo de ancho de banda es aun significativo en muchos países. En este caso, para servicios isócronos, ATM puede ahorrar una cantidad significativa de ancho de banda y por lo tanto de costo.

Existen dos ambientes distintos:

- El ambiente de las empresas que brindan servicios de transporte de información, ATM es ofrecido como un servicio al usuario final.
- El ambiente de redes privadas, donde una organización grande compra líneas de una empresa de transporte de información (o lo instala el mismo) y construye una red privada ATM.

### **1.6.2 ATM en el ambiente de redes de área local:**

Se cree que aquí es el ambiente en donde ATM consigue su utilización mas significativa. Existen buenas razones:

Usuarios necesitan un sistema de área local de alta capacidad

Las LANs existentes fueron diseñadas y desarrolladas para compartir medios en un ambiente en donde el ancho de banda de las comunicaciones (bits por segundo) es casi libre. Comparado a la velocidad interna (y las posibles tasas de I/O) de las computadoras, la capacidad de la LAN fue cercana al infinito.

Pero las computadoras han incrementado su capacidad y la demanda por la capacidad de las LANs. En un período corto, esto pudo ser resuelto por la reestructuración de las LANs grandes en varias pequeñas, por medio de puentes (bridge) y ruteadores (routers), pero al avanzar la tecnología en computadoras y al incrementar la demanda de ancho de banda, disminuyendo su rendimiento cuando se trabajaba con aplicaciones de multimedia. Se necesita un sistema de LAN mas rápido (con rendimiento mas alto).

Conmutación versus medios compartidos para el ambiente de red de área local:

Asumamos que tenemos 50 dispositivos conectados a una LAN Ethernet de 10 Mbps. Este es un sistema de medios compartidos, solamente una estación puede transmitir información en el mismo momento. Esto significa que el rendimiento potencial es de 10 Mbps.

Tenemos los mismos dispositivos conectados a través de un conmutador

(asumamos un enlace de velocidad de 10 Mbps). Cada dispositivo es capaz de enviar información a toda la velocidad que proporciona el medio. El rendimiento potencial total de la red es 50 veces 10 Mbps o 500 Mbps.

#### Seguridad:

En una LAN de medio compartido, todo el tráfico de información pasa a través de cada estación de trabajo. En ATM, solamente una única estación recibe data destinada para esa estación. Entonces los usuarios no pueden “escuchar” la información de otras personas.

#### Ancho de banda asimétrico:

En un ambiente de LAN algunos usuarios requieren mayor rendimiento de información que otros. Los servidores, en particular, necesitan mas rendimiento que cualquier cliente. En un sistema de medio compartido todos los dispositivos deben de tener adaptadores que trabajan a la misma velocidad.

En ATM, las estaciones individuales pueden tener conexiones a las velocidades apropiadas a sus capacidades. Una velocidad de 25 Mbps es mucho mas rápido que cualquier PC (bus ISA). Muchas estaciones de trabajo pueden manejar fácilmente un rendimiento de 50 Mbps, y servidores especializados pueden ser construidos para manejar las tasas totales de algunos cientos Mbps.

#### ATM soporta tráfico isócrono (dependiente de temporización)

Las aplicaciones de multimedia de una estación a otra requieren video, sonido y también información tradicional. Los componentes de video y sonido requieren un sistema que pueda proporcionar información a una tasa temporizada ( o que pueda ajustarse a una). ATM ofrece el potencial para permitir esas aplicaciones de una manera integrada.

## 2. FRAME RELAY

Frame relay provee capacidades de comunicación de información por conmutación de paquetes, es utilizada a través de la interfaz entre los dispositivos de usuario (por ejemplo ruteadores, puentes, servidores) y el equipo de red (por ejemplo nodos de conmutación). Los dispositivos de usuario son frecuentemente referidos como equipo terminal de información (DTE), mientras que el equipo de red que sirve de interfaz a el DTE es frecuentemente referido como equipo terminador de circuito de información (DCE). La red que provee la interfaz frame relay puede ser una red publica proveída por compañías de telecomunicaciones o una red privada con equipo para ser utilizado por una única compañía. Frame relay es un protocolo que brinda una gran eficiencia y alto rendimiento.

Como una interfaz entre el usuario y el equipo de red, frame relay provee un medio para multiplexar estadísticamente varias conversaciones de información lógicas (referidas como circuitos virtuales) sobre un único enlace de transmisión físico. Contrastando con los sistemas que utilizan técnicas de multiplexación de división de tiempo (TDM). La multiplexación estadística de frame relay provee mas flexibilidad y utilización eficiente de el ancho de banda disponible. Esta puede ser utilizada sin técnicas TDM o utilizarse sobre los canales proveídos por los sistemas TDM.

Otra característica importante de frame relay es que explota los avances recientes de tecnología en redes de arrea amplia. Con los enlaces físicos de transmisión digital y por medio de fibra óptica, los protocolos de la capa de enlace pueden olvidarse de los algoritmos de corrección de error que consumían demasiado tiempo, dejando que los protocolos de las capas mas altas lo ejecuten. Gran rendimiento y eficiencia es posible sin sacrificar la integridad de la información. frame relay fue diseñada con este enfoque. frame relay ejecuta un algoritmo de chequeo de redundancia cíclica (CRC) para detectar bits corruptos (así pueden ser descartados), pero no incluye mecanismos de protocolos para corregir la información errónea.

Frame relay es una técnica estandarizada para tener una interfaz a una red de paquetes. Los estándares están bajo desarrollo para que frame relay sea utilizada para operaciones internas de las redes de paquetes, también para la interfaz de usuario. Sin embargo, una red puede ser llamada frame relay si esta soporta interfaces frame relay para los usuarios finales. Frame relay se origina como un servicio opcional de ISDN. Los usuarios envían paquetes a un nodo de red sobre un canal ISDN B, H o D y esos paquetes son pasados a otro usuario en alguna parte de la red. frame relay ha sido implementado en muchas redes ISDN publicas.

Una red frame relay es una red que permite adjuntarse a un usuario a través de una interfaz frame relay, y la cual provee los servicios y las facilidades necesarias para soportar la comunicación entre interfaces frame relay.

## **2.1 El concepto de frame relay:**

Frame relay es un concepto simple. Los dispositivos que se comunican interactúan uno con otro a través de la red transparentemente. Esto es, una red esta interpuesta entre los dispositivos en un enlace pero los dispositivos no notan que eso esta sucediendo. En la practica, esto no es tan simple, porque es utilizado un protocolo de control de enlace especial, pero el principio todavía se mantiene.

## **2.2 Principios básicos:**

Los principios básicos de frame relay son los siguientes:

### **2.2.1 Conmutación de frame relay:**

Frame relay es un protocolo de conmutación de paquetes de la segunda capa del modelo OSI que provee un mecanismo de transmisión fin a fin eficiente. Elimina la recuperación internodal y los reconocimientos. Los nodos frame relay ejecutan un chequeo CRC de el paquete. Si es un paquete sin errores es enviado a el puerto apropiado. Si el CRC es erróneo, el paquete es descartado. Como resultado, este protocolo extremadamente ligero puede tomar ventaja de los circuitos de alta velocidad, altamente fiables, habilitando a los dispositivos de usuario hacer sus interfaces de transmisión rápidas.

Frame relay utiliza un paquete LAP-D modificado con un campo de información de longitud variable, enviándolo sobre una conexión virtual. Al utilizar una conexión virtual que esta activa solamente cuando se transmite, múltiples conexiones virtuales pueden ser enviadas por el mismo circuito físico. Debiéndose esto a que el trafico de información es en forma de estallido, y porque generalmente no todas las conexiones transmiten al mismo tiempo.

Frame relay no ejecuta corrección de errores. Este ejecuta un chequeo CRC en cada nodo FRX. frame relay no garantiza el envío de paquete, pero si garantiza que si el paquete alcanzara su destino, será libre de errores.

Frame relay es un protocolo orientado a la conexión. Difiere de los protocolos sin conexión en que todos los paquetes para una conexión virtual en particular, seguirán la misma trayectoria en la red. Al enviar los paquetes sobre la misma trayectoria, los paquetes entrantes tendrán siempre el orden correcto.

Frame relay es extremadamente importante porque:

- Frame relay puede ser implementada en equipo de conmutación de paquetes existentes.
- Frame relay puede proveer una mejora inmediata de rendimiento de entre 10 y 30 a 1 sobre las tecnologías previas utilizando el mismo equipo.

### **2.2.2 Conexiones virtuales:**

Frame relay soporta dos tipos de circuitos:

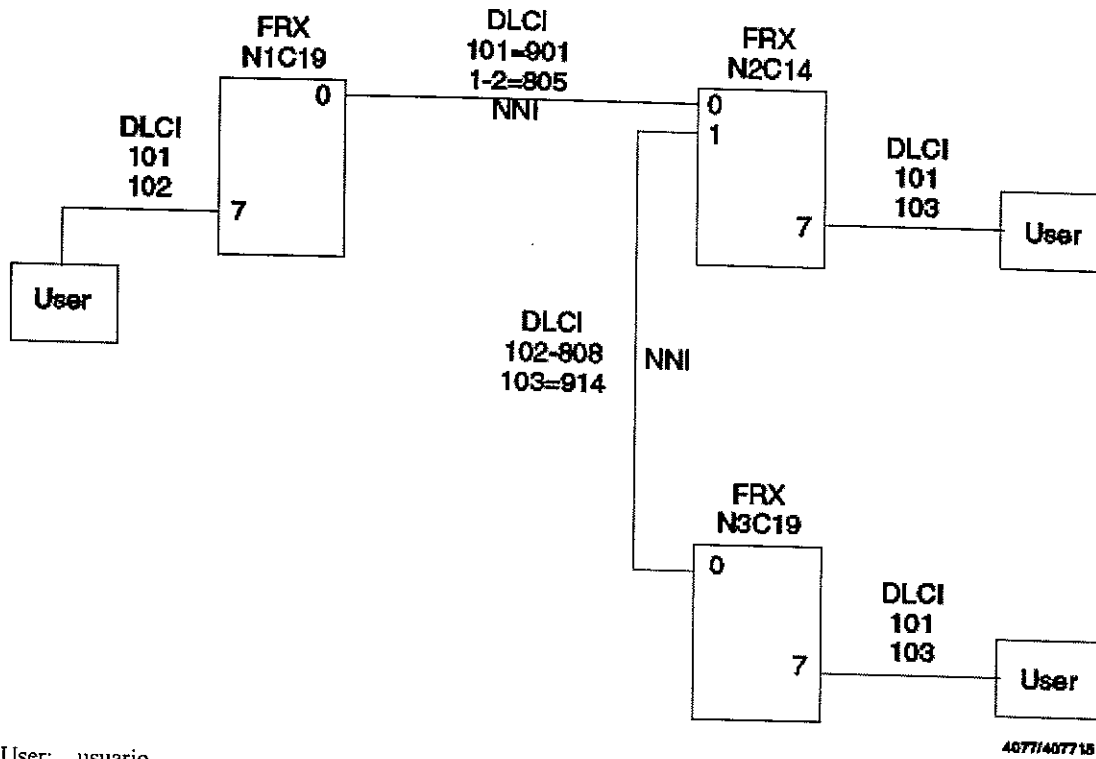
- a) Circuitos Virtuales Conmutados (SVCs)
- b) Circuitos Virtuales Permanentes (PVCs)

Los SVCs requieren que se ejecute una llamada de establecimiento y luego finalizarla. SVCs están definidas en los estándares de frame relay , pero no son soportadas por el FRX. PVCs se parecen a las líneas privadas dedicadas; desde que tiene que existir una conexión física en forma de una línea dedicada, el establecimiento de llamada y su finalización son implementados por comandos emitidos por el sistema de administración de la red. Los SVCs y los PVCs son consideradas conexiones virtuales debido a que los recursos de la red no son utilizados a menos que sea enviada información.

PVCs son conexiones lógicas que existen en un circuito físico entre dos puertos de un nodo. Estas conexiones lógicas comparten el ancho de banda disponible de el circuito. Pueden existir múltiples PVCs en un circuito físico único. Cada PVC tiene su propio identificador único, llamado identificador de conexión en el enlace de información (DLCI).

Los DLCIs son definidos cuando los PVCs son instalados. Solamente los DLCIs del punto final necesitan ser definidos. Cuando el PVC es activado los nodos frame relay asignaran un DLCI para que el PVC lo utilice en saltos internodales. Cada nodo tendrá una tabla que defina los DLCI a el puerto mapeado. Cuando un paquete llega la tabla es chequeada para ver a cual puerto enviarlo, ya sea un puerto de red para alcanzar el próximo salto o a un puerto de usuario si este es el nodo destino. Pueden ser asignados múltiples DLCIs a un único puerto. Los DLCIs locales y remoto no necesitan tener el mismo valor de DLCI.





User: usuario

Figura 2.1. Mapeo de DLCI en frame relay .

En la figura 2.1 los DLCIs 101, 102 y 103 son definidos por el operador cuando se instalan. Los adaptadores FRX asignaran diferentes DLCIs a los PVCs en las conexiones NNI. En el ejemplo todos los PVCs tienen el mismo DLCI asignado en ambos finales. El DLCI 102 es instalado en el N1C19P7, el destino es el DLCI N2C14. Debido a que N2C14 no es el destino, otro DLCI, 808, es utilizado entre N2C14 y el destino N3C19. Finalmente, el N3C19 asignara DLCI 102, definido por el operador, para alcanzar el equipo de usuario unido a el N3C19P7.

### 2.2.3 Direccionamiento de frame relay

La longitud de encabezado de frame relay es de 2 octetos, el cual contiene la dirección LAP-D y algunos bits de control. Existe un mecanismo de extensión opcional para las direcciones frame relay . El direccionamiento extendido debe ser suscrito cuando el servicio es establecido. El bit EA (direccionamiento extendido), el primer bit en el octeto debe ser establecido a:

- 0 Si le sigue otro octeto de dirección.
- 1 Si es el ultimo octeto de dirección.

## 2.2.4 Admisión de el ancho de banda

Con la admisión de ancho de banda deshabilitada, todos los usuarios de un puerto tienen acceso a todo el ancho de banda del puerto. La velocidad de el puerto es el límite físico. La admisión de ancho de banda solamente cambia la cantidad de tiempo que un DLCI puede utilizar el ancho de banda.

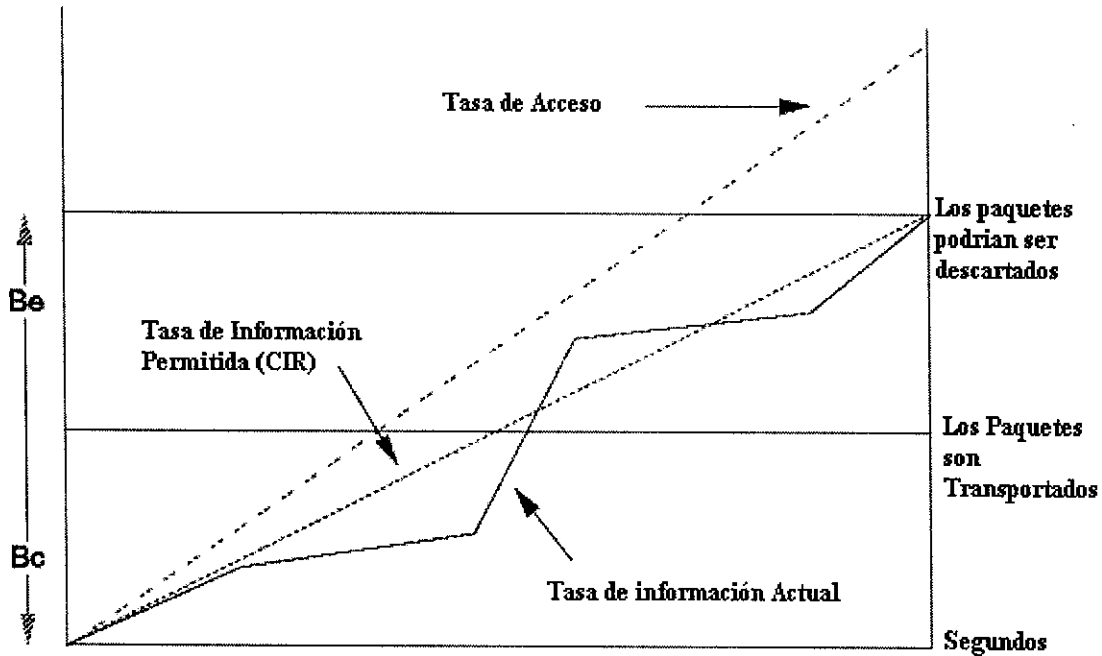


Figura 2.2. Utilización de admisión de ancho de banda para control de acceso.

Si la velocidad de puerto es 256 Kbps y se permite a un dispositivo estallar encima de su CIR, el dispositivo aún ejecutara a 256 Kbps; el estallido permitirá al DLCI utilizar el puerto un periodo de tiempo largo si ningún otro DLCI necesita el puerto. Utilizando los parámetros opcionales de admisión de ancho de banda, puede especificar la tasa a la cual los paquetes pueden fluir sobre la conexión, y establecer una prioridad para descartar paquetes. Cuando se establece una conexión frame relay, se deben especificar los siguientes parámetros:

- Tasa de información permitida (CIR)
- Tamaño de estallido permitido (Bc)
- Tamaño de estallido en exceso (Be)

Basándose en estos tres parámetros es computado un intervalo de tiempo ( $T_c$ ).

CIR: La tasa de información permitida es la tasa de información a la cual la información es enviada sobre un PVC en condiciones normales, es expresado en bits por segundo (bps).

Bc: El tamaño de estallido permitido especifica el número de bits que son garantizados a transportarse por la red a un CIR bajo condiciones normales durante un intervalo de tiempo Tc. Bc es expresado en bits.

Be: El tamaño de estallido en exceso (Be) es el número de bits adicionales que podrían ser enviados en la red durante un tiempo Tc, bajo condiciones normales, si existe ancho de banda disponible. Be es también expresado en bits. Esos paquetes serán marcados como Elegibles para Descartar (DE) y serán los paquetes que se seleccionaran primero para descartar si un nodo esta congestionado.

Tc: El intervalo permitido, es el intervalo, expresado en segundos, durante el cual los bits Bc son transmitidos a el CIR sobre el PVC. Tc es calculado por la formula  $Bc/CIR = Tc$ , y no puede ser alterado directamente, solamente puede ser cambiado, cambiando el valor de Bc.

Cada PVC cuenta el numero de bits que son enviados durante el tiempo Tc. Cuando el numero excede el Bc para ese Tc, si hay ancho de banda disponible, los paquetes se continuaran enviando, pero con el bit DE marcado en el encabezado de cada paquete, el cual indica a los otros nodos que este paquete fue enviado en exceso de el CIR y debe ser descartado primero que los paquetes sin el bit DE marcado.

### **2.2.5 Previniendo congestión de red**

Utilizando los parámetros de admisión de ancho de banda, la red FRX puede asignar varios CIRs a diferentes dispositivos o protocolos.

Si un dispositivo estalla arriba de su CIR, pero abajo de su rango de estallido (Bc + Be), la red marcara los paquetes como elegibles a descartar (DE). Si el dispositivo trata de estallar arriba (Bc + Be), la red FRX descartara esos paquetes a el ingreso a la red frame relay.

Por lo tanto, la admisión de ancho de banda de frame relay puede proveer una manera poderosa de poner límites a la red, prohibiendo a los DTEs de violar sus CIRs e impactar la calidad de la red.

CIR, Bc y Be son parámetros estándares de dispositivos de usuarios, ellos pueden ser cambiados por un administrador de red si las tasas de entrada relativas para cualquier dispositivo necesitan ser cambiadas.

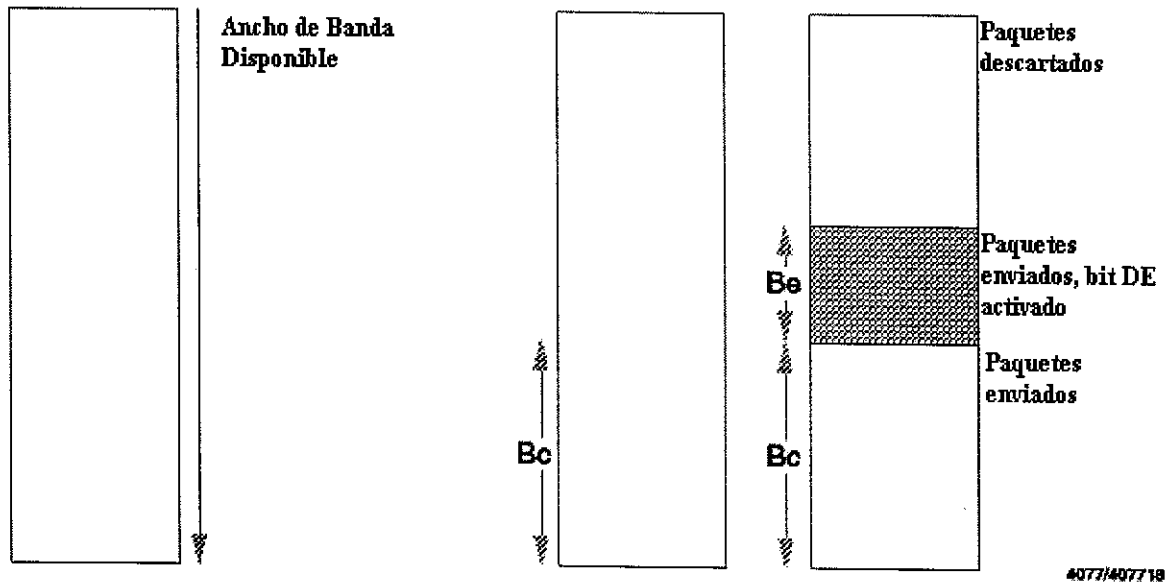


Figura 2. 3. La admisión de ancho de banda para manejar la congestión de red.

### 2.2.6 Designando clases de servicio

La admisión de ancho de banda puede ser utilizada también para designar clases de servicio con base en un circuito virtual. Deshabilitando la opción de admisión de ancho de banda, se asigna un algo CIR a un VC y efectivamente da a ese tráfico la mas alta clase de servicio que otros VCs. Si ocurre congestión dentro de la red frame relay , los paquetes marcados con DE son descartados primero de esta manera, los paquetes de VCs con valores de CIR bajos serán descartados primero, y los paquetes de los VCs con altos CIR serán descartados después, si es necesario aun. Los VCs que no tienen asignado CIR no tendrán sus paquetes marcados con DE, y por lo tanto la pérdida de paquetes debido a la congestión será después de los otros paquetes de VCs con valores CIR bajos.

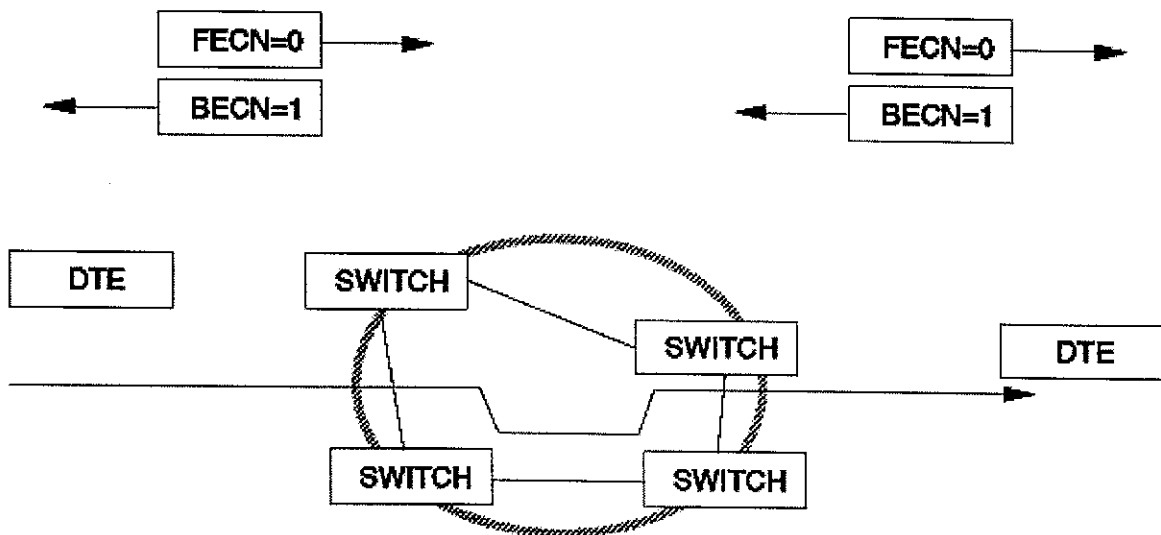
Los parámetros de admisión de ancho de banda pueden proveer un mecanismo para medir tasas de acceso de dispositivos y reforzar las clases de servicio. Cada red frame relay puede utilizar una admisión de ancho de banda que se acomode a su negocio.

### 2.2.7 Administración de congestión

Las redes de frame relay son responsables de notificar a los DTEs de los usuarios finales de las condiciones de congestión actuales o muy cercanas dentro de la red, pero no de controlar activamente la congestión de red. Esta responsabilidad es de los dispositivos de acceso.

Los estándares frame relay definen un mecanismo por el cual la red frame relay

puede alertar a los dispositivos de acceso que existe congestión (o existirá) dentro de la red. Esto es hecho marcando bits específicos, conocidos como los bits de notificación de congestión explícita, dentro de el encabezado de frame relay. Esos bits son conocidos como bit de notificación de congestión explícita hacia adelante (FECN) y notificación de congestión explícita hacia atrás (BECN). Cuando se alcanzan condiciones de congestión, la red frame relay marca los bits BECN y FECN de todos los paquetes que son transmitidos a lo largo de los VCs congestionados. El bit FECN es marcado para todos los paquetes viajando de atrás, hacia el DTE fuente. En cualquier caso, el DTE de usuario final recibe los bits FECN y BECN como una notificación que la congestión esta ocurriendo dentro de la red frame relay.



- Enviado por la red si existe congestión a lo largo de la trayectoria de conexión
- El DTE receptor debe cerrar las ventanas
- El transmisor debe decrecer la velocidad de la tasa de información

Figura 2. 4. Como frame relay previene la congestión de red.

Luego de recibir un paquete marcado con el bit FECN o BECN, el dispositivo de acceso de frame relay es responsable por bajar la velocidad de su tasa de entrada a la red, para aliviar la condición de congestión. En la actualidad, la mayoría de dispositivos no bajan su tasa de información, lo cual significa que los paquetes serán descartados en el punto de congestión. Sin embargo los proveedores han anunciado soportar los estándares de frame relay reaccionando correctamente a las notificaciones de congestión explícita.

Muchos productos frame relay no utilizan la notificación de congestión, por lo tanto existe el problema de que los dispositivos de usuario ignoran las

notificaciones de el FECN y el BECN y continúan enviando información a la velocidad máxima en la red. A menos que la red tenga un mecanismo interno para detectar esta condición (y cerrar al usuario con mala conducta), la congestión será peor. Esto podría significar que la información de los usuario con buena conducta podría ser descartada mientras el dispositivo erróneo se mantenga enviando información.

### **2.2.8 Los paquetes deben ser de hasta 8,250 bytes de longitud**

Los paquetes pueden ser de cualquier longitud hasta el máximo impuesto por la red (un mínimo de 262 bytes es normado en los estándares). La mayoría de las redes frame relay anunciadas tienen un máximo tamaño de paquete de 2KB. El estándar permite longitudes de paquetes de hasta 8KB y se espera que las redes que manejen paquetes de este tamaño estén disponibles en el futuro.

### **2.2.9 No se realiza paquetización en los paquetes transportados**

Algunas redes pueden paquetizar internamente. Las redes frame relay evitan los retrasos de tiempo irregulares, y consecuentemente, problemas de fuera de tiempo son causados en presencia de paquetes relativamente grandes al utilizar conexiones de enlace rápidas entre nodos.

### **2.2.10 El control de enlace opera de dispositivo a dispositivo a través de la red frame relay**

No existe limitación en la lógica de cualquier control de enlace utilizado. El control de enlace debe, sin embargo, utilizar el formato de paquete de HDLC y permitir dos bytes de dirección de frame relay en el inicio de el paquete.

El formato de paquete es idéntico a el de SDLC/HDLC, excepto que son utilizados dos bytes de dirección. Ver figura 2. 5.

Este formato de dirección es el formato utilizado por el control de enlace llamado LAPD en el canal D de ISDN de banda angosta.

El formato de paquete genérico de las series HDLC de los controles de enlace consiste de FAC (bandera seguida por dirección seguida por control), luego la información y luego un campo de FCS (secuencia de chequeo de paquete) y otra bandera.

En frame relay no existen bytes de control. Esto es, la red no observa a el protocolo de control de enlace. El inicio de la bandera señala el inicio de un paquete y también el inicio de acumulación de la secuencia de chequeo de paquete.

Algunas implementaciones utilizaran indudablemente el protocolo LAPD porque es

un protocolo punto a punto y no involucra poleo. El LAPB y SDLC son más dificultosos porque solamente usan un único byte de direccionamiento y por lo tanto es requerido un cambio de código para utilizar frame relay . También, SDLC utiliza poleo y este agrega trafico innecesario a la red.

### **2.3 INTERFAZ DE ADMINISTRACION LOCAL**

Un interfaz de administración local (LMI) es utilizado para acceder las funciones de administración de la red.

Existe una dirección de enlace (DLCI) reservada, la cual permite la comunicación entre el dispositivo insertado y la red. Este provee un mecanismo para comunicar el estado de las conexiones (PVCs). Inicialmente hay tres funciones disponibles:

- Un comando de consulta que permite al DTE preguntar a la red si esta activa aun. Este es llamado un mensaje “heartbeat” o un “keep alive”.
- Una consulta a la red por una lista de DLCIs validos definidos para esta interfaz.
- Una consulta para determinar el estado de cada DLCI (si esta congestionado o no).

En el futuro este puede ser utilizado para una información de administración de red mas extensa y para establecer conexiones de enlace virtual dinámicamente (circuitos virtuales conmutados). Al insertar dispositivos no se requiere utilizar el canal de control. Por supuesto, si el LMI no es utilizado el dispositivo insertado no puede establecer circuitos virtuales conmutados.

El LMI es utilizado para establecer conexiones virtuales conmutadas.

Existe un método para establecer conexiones virtuales conmutadas en el estándar de frame relay . Esto involucra el envío de un requerimiento de llamada a la red utilizando la interfaz de administración local (LMI). Note que esta es un señalamiento fuera de banda. El requerimiento de establecer una conexión es enviada a un diferente DLCI (el LMI) sobre el cual la conexión será realizada.

#### **2.3.1 Extensiones de interfaz de administración local (LMI)**

En adición de las funciones básicas para transferencia de información del protocolo frame relay , las especificaciones incluye extensiones de LMI para soportar las complejas y grandes redes mas fácilmente. Algunas extensiones LMI son llamadas como comunes y deben ser implementadas por cualquiera que utilice las especificaciones. Otras funciones LMI son referidas como opcionales.

### **2.3.2 Resumen de las extensiones LMI**

Mensajes de estado de los circuitos virtuales (Común):

Provee comunicación y sincronización entre la red y el dispositivo de usuario, reportando periódicamente la existencia de nuevos PVCs y la anulación de PVCs existentes, y generalmente provee información acerca de la integridad de los PVCs. Los mensajes de estado de circuito virtual previenen de enviar la información en “hoyos negros”, es decir, sobre PVCs que ya no existen.

Multicasting (opcional):

Permite a el transmisor transmitir un paquete único pero enviarlo a varios destinatarios. Por lo tanto, multicasting soporta el transporte eficiente de los mensajes de protocolo de ruteo y los procedimientos de resolución de direcciones que deben ser típicamente enviados a varios destinos simultáneamente.

Direccionamiento global (opcional):

Da conexiones que tienen significado global mas que local, permitiéndoles ser usadas para identificar una interfaz especifica a la red frame relay . Direccionamiento global hace que una red frame relay se parezca a una red de área local (LAN) en términos de direccionamiento; los protocolos de resolución de direccionamiento pueden, por lo tanto, ejecutarse sobre una red frame relay como si estuvieran en una LAN.

Control de flujo simple (opcional):

Provee un mecanismo de control de flujo XON/XOFF que se aplica a la interfaz frame relay . Esto es para los dispositivos cuyas capas altas no pueden utilizar bits de notificación de congestión y que necesitan el control de flujo en algún nivel.

### **2.4 FORMATO DE FRAME RELAY:**

Una de las ventajas de frame relay es el uso de un paquete de LAP-D modificado. La figura 2. 5 muestra los campos de un formato frame relay .



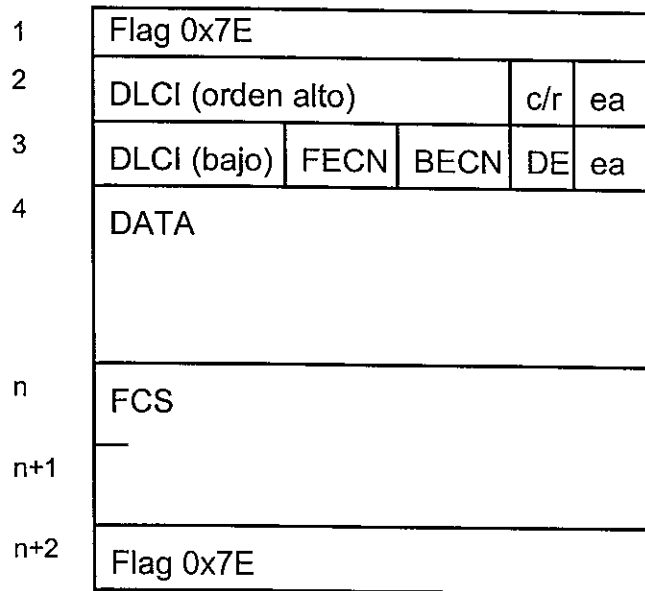


Figura 2. 5. Formato de paquete de frame relay .

**Bandera (FLAG):**

El campo de bandera es un campo de 8 bits utilizado para delimitar el inicio y el final de el paquete. Este campo siempre contiene el patrón de bit 01111110 (7E en hexadecimal). Este patrón es utilizado porque en el código de HDLC dentro de el paquete de información no permite mas de cinco unos en una fila. Por lo tanto el sexto uno que es utilizado como bandera es inmediatamente reconocido por el equipo como un delimitador.

**DLCI:**

El campo de identificador de conexión en un enlace de información identifica la conexión lógica de el paquete dentro de el circuito fisico. El DLCI es un numero de 10 bits con los seis bits de alto orden en el primer campo de dirección y los siguiente 4 bits de menor orden en el segundo campo de dirección.

**C/R:**

El campo del bit comando/respuesta no es utilizado por el protocolo frame relay , pero es transportado transparentemente a través de la red.

EA:

El campo de dirección extendida indica si existe o no otro byte de direccionamiento siguiendo a este. Un 0 en este campo indica que hay otro byte de dirección. Un 1 en este campo indica que este es el último byte de dirección.

FECN:

El campo de notificación de congestión explícita hacia adelante es establecido cuando el nodo de frame relay está aproximándose a una situación de congestión. Una vez es establecido en un paquete en particular, permaneciendo hasta que pase a nodos no congestionados. El bit FECN es establecido para señalar a el equipo de usuario de congestión en la red frame relay .

BECN:

El campo de notificación de congestión explícita hacia atrás es establecido cuando el nodo frame relay está aproximándose a una situación de congestión. Una vez es establecido en un paquete en particular, permaneciendo hasta que pase a nodos no congestionados. El bit BECN es establecido para señalar a el equipo de usuario de congestión en la red frame relay .

DE:

El campo de elegible para descartar es establecido para indicar que el paquete fue transmitido en exceso de el Bc, y es elegible para descartar. Este bit puede ser establecido también por el DTE frame relay .

Data:

El campo de información es un campo de longitud variable, de un tamaño de 1 byte hasta 4 Kb, dependiendo de la aplicación de frame relay .

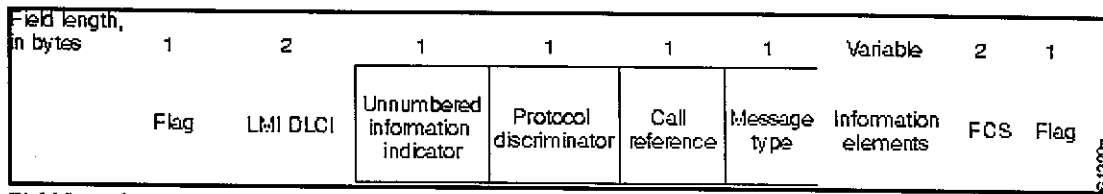
FCS:

La secuencia de chequeo de un paquete (FCS) es un código de detección de error de chequeo de redundancia cíclica (CRC), es generado a cada salto de los bits de el paquete, sin incluir las banderas. Este campo es utilizado para determinar si el paquete está corrupto.

## **2.5 FORMATO DE LOS MENSAJES DE LMI:**

La sección anterior describe el formato básico del protocolo frame relay para transportar paquetes de información del usuario. Las especificaciones de frame relay también incluye los procedimientos de la interfaz de administración local (LMI). Los

mensajes de LMI son enviados en paquetes distinguiéndose por un DLCI específico para LMI (definido en las especificaciones como DLCI = 1023). El formato de mensaje LMI es mostrado en la figura 2. 6.



Field Length: longitud de campo  
 Unnumbered Information Indicator: indicador de información no numerada  
 Protocol discriminator: protocolo discriminador  
 Call Reference: referencia de llamada  
 Message Type: tipo de mensaje  
 Information Elements: elementos de información

Figura 2. 6. Formato de mensajes LMI.

En los mensajes LMI, el encabezado básico de protocolo es el mismo como en los paquetes de información normal. El mensaje LMI inicia con cuatro bytes mandatorios, seguidos por un numero de variables de elementos de información (IEs). El formato y codificación de los mensajes de LMI están basados en el estándar ANSI T1S1.

El primero de los bytes mandatorios, el indicador de información no numerada (unnumbered information indicator), es un campo de control. El siguiente byte es referido como el discriminador de protocolo (protocol discriminator), el cual es establecido a un valor que indica el LMI. El tercer byte mandatorio, referencia de llamada, es siempre establecido con ceros.

El byte mandatorio final es el campo de tipo de mensaje (message type). Dos tipos de mensaje han sido definidos. Los mensajes de interrogación de estado (status-enquiry) que permite al dispositivo de usuario preguntar acerca del estado de la red. Los mensajes de estado responden a los mensajes de interrogación de estado. Los mensajes Keepalives (mensajes enviados a través de una conexión para asegurar que a ambos lados continuara la conexión activa) y los mensajes de estado de PVC son ejemplos de estos mensajes y son características LMI comunes que son parte de cada implementación que conforma la especificación.

Los mensajes de estado y de interrogación de estado ayudan a verificar la integridad de los enlaces lógicos y físicos. La información es critica en un ambiente de ruteo porque los algoritmos de ruteo hacen decisiones basados en la integridad de el enlace. Luego del campo de tipo de mensaje existen algunos números de elementos de información (IEs). Cada IE consiste de un único byte, el identificador de IE, un campo de longitud de IE, y uno o mas bytes conteniendo la información actual.

## 2.5.1 Direccionamiento global

En adición de las características comunes de LMI, existen varias extensiones de LMI que son extremadamente útiles en un ambiente inter-red. La primera extensión de LMI opcional es el direccionamiento global. Como se noto antes la especificación de frame relay básica (no extendida) solamente soporta valores de campo de DLCI que identifica PVCs con un significado local. En este caso, no existen direcciones que identifiquen las interfaces de red, o los nodos unidos a esas interfaces. Porque esas direcciones no existen, no pueden ser descubiertos por resoluciones de direcciones y técnicas de descubrimiento tradicionales. Esto significa que con el direccionamiento normal de frame relay, los mapas estáticos que deben ser creados para decir a los ruteadores cuales DLCIs utilizar para encontrar un dispositivo remoto y su dirección inter-red asociada.

La extensión de direccionamiento global permite identificar a los nodos. Con esta extensión, los valores insertados en el campo de DLCI de un paquete son direcciones con significado global de dispositivos individuales de usuario final (por ejemplo, ruteadores). Esto es implementado como se muestra en la figura 2. 7.

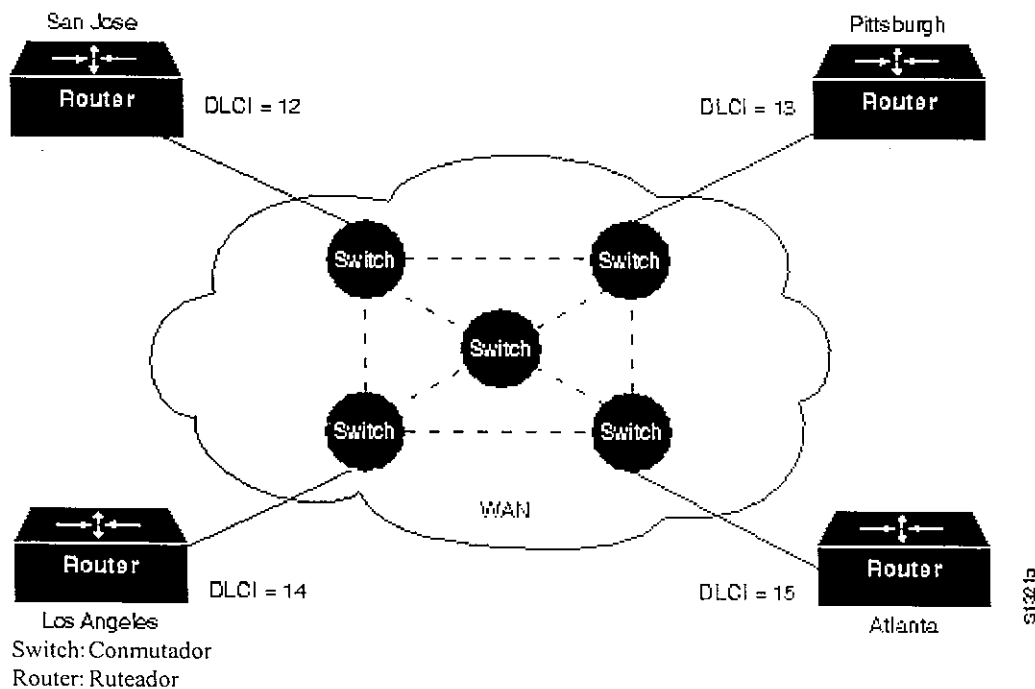


Figura 2. 7. Intercambio de direccionamiento global.

En la figura 2. 7, se puede notar que cada interfaz tiene su propio identificador. Supongamos que Pittsburgh debe enviar un paquete a San Jose. El identificador para San Jose es 12, así Pittsburgh pone el valor 12 en el campo de DLCI y envía el paquete en la red frame relay. En la salida, el contenido de el campo DLCI es cambiado por la red a 13 para reflejar el nodo fuente de el paquete. Cada interfaz

de el ruteador tiene un valor distinto como su identificador de nodo, así dispositivos individuales pueden ser distinguidos.

El direccionamiento global provee beneficios significativos en una red compleja. La red frame relay parece a los ruteadores como cualquier LAN. No se necesitan cambios a los protocolos de capas altas para aprovechar sus ventajas.

### **2.5.2 "Multicasting"**

"Multicasting" es otra valiosa característica opcional de LMI. Los grupos de multicast son designados por una serie de cuatro valores DLCI reservados (1019 a 1022=). Los paquetes enviados por un dispositivo utilizando uno de estos DLCIs reservados son replicados por la red y enviados a todos los destinos. La extensión de multicasting también define mensajes LMI para notificar a los dispositivos de usuario la adición, supresión y presencia de grupos de multicast.

En las redes que utilizan ruteo dinámico, la información de ruteo debe ser intercambiada entre varios ruteadores. Los mensajes de ruteo pueden ser eficientemente enviados utilizando paquetes con DLCI multicast. Esto permite que los mensajes sean enviados a grupos específicos de ruteadores.

## **2.6 Operación de el protocolo frame relay**

Frame relay es el protocolo de red más simple:

- Un paquete tipo SDLC/HDLC es enviado por el dispositivo de usuario final a la red.
- La red recibe el paquete y chequea los campos de FCS para determinar si el paquete fue recibido correctamente. Si el paquete es erróneo, es descartado.
- La red utiliza el campo de direccionamiento para determinar el destino del bloque de información.
- La red utiliza sus propios protocolos internos (los cuales pueden ser como frame relay o totalmente diferentes) para rutear un paquete a su destino. El destino es siempre otro enlace dentro de la red frame relay .
- La red cambia el campo de direccionamiento en el encabezado de paquete a el identificador correcto para su conexión a el enlace destino.
- La red envía el paquete a el enlace destino.
- El paquete es recibido por el dispositivo de usuario final destino.

## 2.7 Características de una red frame relay

- Baja utilización de un enlace seguro debido a que las prioridades son imposibles:

Mientras la interfaz de frame relay realiza ganancia de rendimiento importante porque no conoce acerca de el contenido de la información, pierde la disponibilidad de priorizar dentro de un único enlace.

- La mezcla de bloques largos y cortos causa tiempos de respuesta errados:

La presencia de paquetes largos y cortos mezclados dentro de la red produce tiempos de respuesta altamente errados. Esto es porque los retrasos en las colas pueden tener una gran variación. La solución a esto es acortar a el máximo la longitud de el paquete. Si la longitud de el paquete en bytes es acortada, esto hace fracasar el propósito de frame relay. Lo que se puede hacer es acortar la longitud de el paquete en tiempo utilizando un enlace de alta velocidad.

- El flujo de control es llevado a cabo utilizando el protocolo de control de enlace a través de la red:

El único control de flujo disponible es utilizando el protocolo de control de enlace de fin a fin a través de la red. Esto significa que nosotros perderemos una gran cantidad de control. Para conseguir un rendimiento de grupo aceptable es necesario que el tamaño de la ventana de enlace sea grande. Pero cuando la red inicia a experimentar congestión el único control es acortar el tamaño de ventana. La red debe ser rápida y tener un retraso uniforme para conseguir un rendimiento aceptable para el tráfico de flujo.

- No se aplican los indicadores de congestión:

Aunque la congestión dentro de la red puede ser señalada a el dispositivo insertado con los indicadores FECN y BECN la estación final no lo toma en cuenta. Los dispositivos pueden recibir la señal de la red que diga que existe congestión y aun continuar enviando información a la tasa máxima. En este punto la única acción que puede tomar la red es descartar información. A menos que la red será muy sofisticada y pueda detectar al usuario errado, esta descartara información de todos los usuarios, no solamente de el usuario errado.

- La ventaja de frame relay es en la red no en el enlace:

Frame relay gana su ventaja de rendimiento habilitando el uso de técnicas simples entre nodos de red intermediarios. Cuando dos dispositivos de usuario final están interconectados sobre un enlace de información transparente (sin nodos de conmutación intermediarios), frame relay no ofrece ventaja sobre HDLC o SDLC.

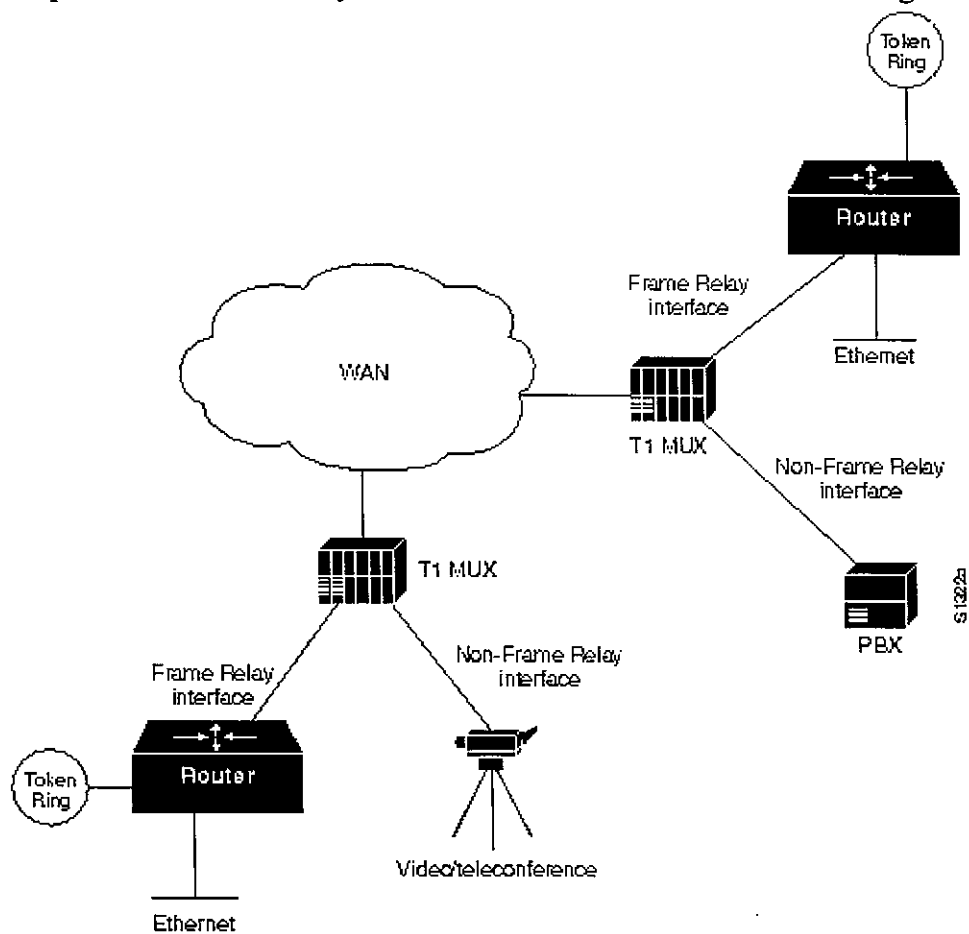
En resumen una red frame relay gana eficiencia cambiando la complejidad de la red por la capacidad de enlace. Dentro de una red frame relay la utilización de un enlace y un nodo deben mantenerse baja para que la red opere establemente.

- Desventajas:

Se requieren enlaces mas rápidos que los que serian necesitados en una red mejor controlada para manejar la misma cantidad de trafico. Esto es parcialmente porque la red no sabe acerca de prioridades dentro de el enlace y parcialmente porque la variabilidad en la longitud de los paquetes es permitida.

### 2.8 Implementación de red:

Frame relay puede ser utilizada como un interfaz a un servicio proveído por las empresas transportadoras o a una red privada. Un medio típico de implementar redes privadas es equipar multiplexadores T1 tradicionales con interfaces frame relay para dispositivos de información, como también interfaces no frame relay para otras aplicaciones como voz y teleconferencia. Como se muestra en la figura 2. 8.



Frame relay Interface: interfaz de frame relay  
 Non-frame relay Interface: interfaz no frame relay

Figura 2. 8. Red frame relay híbrida.

Un servicio de frame relay publico es habilitado al utilizar equipo de conmutación de frame relay en las oficinas centrales de una empresa transportadora de telecomunicaciones. En este caso, los usuarios pueden obtener beneficios económicos de tasas de cargo de trafico sensitivo, y ser liberados de el trabajo necesario para administrar y mantener el equipo y servicio de red.

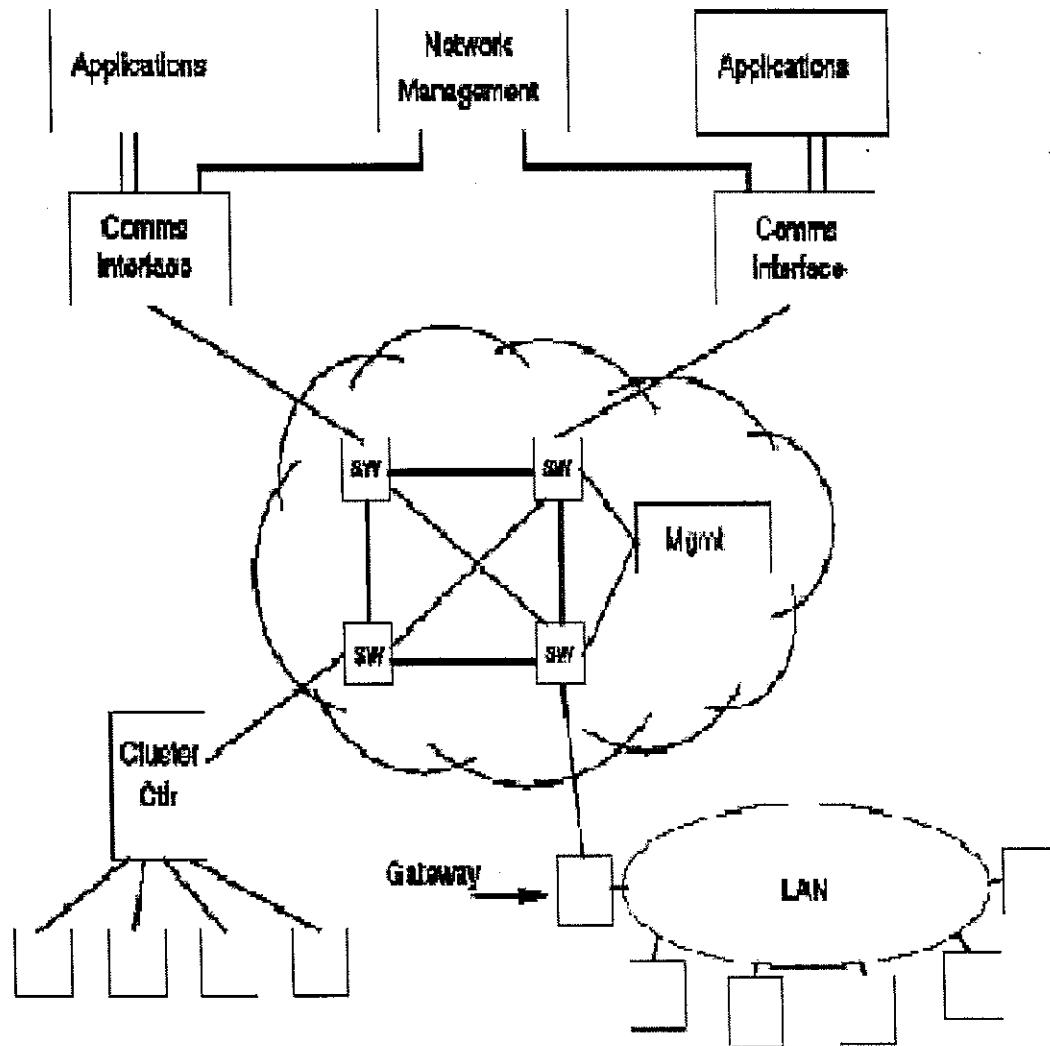
En cualquier tipo de red, las líneas que conectan dispositivos de usuario a el equipo de red pueden operar a una velocidad seleccionada de un amplio rango de tasas de información. Las velocidades típicas están entre 56 kbps y 2 Mbps, aunque frame relay puede soportar velocidades mas bajas y altas. Estarán disponibles velocidades de 45 Mbps (DS3) en un futuro cercano.

El soporte de las interfaces frame relay a los dispositivos de usuario no tienen que utilizar necesariamente el protocolo frame relay entre los dispositivos de red. No existen estándares para interconectar equipo dentro de una red frame relay . Por lo tanto, pueden ser utilizadas las tecnologías de conmutación de circuito, conmutación de paquetes tradicionales, o un híbrido combinándolas.



### 3. REDES PRIVADAS EN EL AMBIENTE DE ALTA VELOCIDAD

Este ambiente trata con tecnologías para transportar información de un lugar a otro. La efectividad de estas tecnologías en satisfacer las necesidades de una organización esta determinado por como se aplica dicha tecnología en los sistemas prácticos.



Applications: aplicaciones  
Network Management: administración de red  
Comms Interface: interfaz de comunicación

Figura 3. 1. Una jerarquía de redes. Un tipo de red de información es construida por encima de la otra.

De la perspectiva de un usuario la red conecta lugares donde la información es ingresada o procesada. Esto es, los usuarios de la red son programas de aplicación dentro de los

procesadores (la gente utilizando una terminal esta inevitablemente conectada a la red a través de un programa de algún tipo). Esos programas de aplicación existen dentro de todos los tipos de procesadores de computadoras dedicadas a los elementos de procesamiento de información, como servidores, y computadoras de usuario. Una buena red debe proveer similitud, transparencia y conexiones fiables entre esos programas. Esto significa que de una perspectiva de usuario (organizacional) el interfaz a la red es el la interfaz de programa de aplicación dentro de un procesador.

El punto de vista de las empresas de telecomunicaciones (carriers) es bastante diferente. Porque las empresas de telecomunicaciones proveen un servicio público y compartido, la interfaz a eso debe ser bien definida y debe proveerse al usuario de ejercitar cualquier control sobre (o aun conocimiento sobre) la operación interna de la red publica. De este modo, una red de una empresa de telecomunicación tiene el propósito de aislarse de los usuarios finales.

En la figura 3. 1 se observa una red de transmisión aislada usada dentro de una arquitectura de red privada. En términos de el modelo ISO, la red interior ejecuta las funciones de las capas 1 a la 3, y la red exterior ejecuta las funciones de las capas 4 a la 6.

La red interior podría ser una red ATM o Frame Relay, basada en ruteadores. La red exterior podría ser una red TCP/IP, entre otras. Las características críticas con esta estructura son:

- Costos de adaptación
- Costo y complejidad de la administración de la red.
- Colocación de funciones.

La cantidad de costo asociada con cada uno de estas características varia de acuerdo a la combinación de las redes interiores y exteriores involucradas.

La adaptación:

El primer problema es hacer la red exterior compatible con las estructuras de información y formatos de la red interior. En esto consiste la adaptación.

Administración de red:

Se debe tener una definición del sistema, es decir, definir los interfaces entre la red interior y la exterior, y las conexiones permanentes que se requerirán. Además, la tarea de diagnostico y solución de fallas en la red.

Colocación de funciones:

Una decisión crítica en el diseño es poner la mayoría de las funciones en los conmutadores de la red y en los procesadores, en vez de ponerlo en los dispositivos de el usuario final. Si se diseña la red de transmisión para minimizar su costo sin importar como será utilizada, se incrementara el costo del sistema de el usuario final.

El punto es que siempre que exista una diferencia entre la arquitectura de la red interior y la exterior, se requerirá lógica y procesamiento adicional para la adaptación en el interfaz.

Muchas organizaciones miran una estructura nueva de comunicación mas baja en costos como una oportunidad para:

- Hacer las aplicaciones antiguas mejores.
- Hacer nuevas aplicaciones las cuales no eran factibles antes.

El primer requerimiento es integrar las redes existentes en una red única. La motivación para esto no es únicamente ahorrar dinero en enlaces, sino también proveer un mejor servicio en redes integrado las redes dispersas en una unidad única coherentemente administrada.

Los tipos de redes existentes que los usuarios quieren integrar pueden ser resumidas como sigue:

- Redes de información tradicional
- Redes de voz
- Redes de área local interconectada
- Redes multiprotocolo

Además de eso existen oportunidades para utilizar las aplicaciones usando:

- Imágen
- Video de pleno movimiento

Las redes de información tradicional fueron construidas para manejar la información interactiva y la información por bloques, pero no fue construida para manejar tráfico de imágenes, voz y video. Los nuevos tipos de tráfico ponen un nuevo conjunto de requerimientos en la red.

### **3.1 Las características conflictivas de voz e información:**

Es atractivo pensar que cuando la voz es digitalizada, esta se transporta en la “misma” forma que la información, o sea que se “convierte” en información. Hasta cierto punto

es verdad, pero existen varias diferencias entre el tráfico de información tradicional y la voz digitalizada las cuales hacen la integración de las dos un reto de problema técnico.

### **3.1.1 Longitud de conexión (llamada)**

Tradicionalmente, la diferencia más importante entre voz e información ha sido que las llamadas de voz están (en promedio) alrededor de los tres minutos y las llamadas de información pueden tardar varias horas. Las centrales telefónicas han sido diseñadas para tener números grandes de líneas externas pero relativamente pocos "canales" a través de la central telefónica para llamadas. Así es posible, cuando la central telefónica este ocupada, bloquear las llamadas, esto es que el que esta tratando de hacer una conexión y la interfaz para llamar no esta siendo usada, pero la llamada no puede realizarse porque todas las trayectorias están bloqueadas (en uso por otras llamadas).

Por lo tanto, cuando la información es trasladada a través de una central telefónica tradicional, todas las trayectorias pueden ser agotados rápidamente y el resto de la central telefónica no estará disponible porque todas las trayectorias están bloqueadas. Los PBX digitales modernos han resuelto este problema al proveer la capacidad para manejar mas llamadas que interfaces. Por ejemplo, una central telefónica con 500 teléfonos puede tener un máximo de 250 llamadas simultáneas, pero una capacidad interna para quizás 400 llamadas. Esto es porque la trayectoria interna del equipo en un PBX digital representa solamente dos o tres por ciento de el costo total de la central telefónica, mientras, en el pasado, la función era explicada por quizás 30% de el costo. Por lo tanto, el numero de conexiones a realizarse incrementa y las limitaciones internas impuestas por la velocidad del bus se convierten en un factor.

### **3.1.2 Control de flujo**

El ancho de banda requerida para voz es dictado por la técnica de digitalización y el circuito estando ya sea en uso (utilizando todo el ancho de banda) o no., La información puede ir a cualquier velocidad hasta la velocidad de acceso de la línea. La voz no necesita control de flujo. (La voz debe ser, ya sea manejada a una velocidad total, o pararla. No se puede atrasarla o acelerarla). La información, por otro lado, debe ser controlada, desde que una computadora tiene una capacidad casi infinita para generar tráfico de información.

La información tiene otro problema, en que un dispositivo de información, tal como una termina, puede y establecerá una conexión y la utilizara en una manera de estallido. Podrían haber minutos o horas sin nada de tráfico y luego varios minutos de información a la tasa máxima de transmisión. El tráfico no se puede promediar

estadísticamente, lo que sucede en grandes redes de información es que el tráfico interactivo tiende a tener picos diferentes veces en el día, y en eventos particulares.

La voz existe en estallidos también, y en general solamente una parte habla a la vez, pero estadísticamente esta postura es un problema bastante diferente para el sistema de conmutación que la información.

### **3.1.3 Control de la tasa de envío**

En el equipo de redes en el pasado, también existía otro control muy importante, la velocidad del enlace en si. La mayoría de equipo esta diseñado para manejar información a cualquier velocidad que el enlace pudiera enviarlo (por lo menos a el nivel de la conexión de enlace). En la capa de la “caja” (controlador de comunicación, conmutador de paquetes), el conmutador nunca fue diseñado para que cada enlace operara simultáneamente a toda velocidad pero cada unión de enlace individual debe tener esa capacidad. La velocidad de enlace provee un control implícito de la tasa a la cual la información puede ser enviada o recibida.

Pero la nueva tecnología permite velocidades de enlace las cuales son mucho mas rápidas que la “caja” de unión. Por ejemplo, un enlace conectado a una terminal (computadora personal) podría correr a 64 kbps pero el dispositivo, mientras maneja simultáneamente transmisión o recepción de bloques a esa velocidad, puede no permitir las tasas de información agregadas mucho mas rápido que 500 caracteres por segundo. El mismo dispositivo podría también estar conectado a una red local a 4 Mbps con la misma restricción que solamente varios cientos de caracteres por segundo pueden ser manejados por ese dispositivo. Las mismas características a velocidades mas altas aplican a el procesador de el conmutador de información en si.

### **3.1.4 Características de bloqueo**

La información existe en bloques discretos. Es transmitida a través de la red en bloques. Los dos tamaños de bloques pueden ser diferentes (los bloques lógicos pueden ser divididos para ser apropiados para el transporte). El tráfico telefónico es continuo, puede ser considerado como bloques de una larga longitud indeterminada, debido a que la característica de tiempo real no permite a la red recibir un estallido de conversación como un único bloque y tratarlo de esa manera.

### **3.1.5 Características de retraso de tránsito aceptables**

Un retraso de red aceptable para aun la red de información mas exacta de tiempo

real es cerca de 200 milisegundos. Es mas común que exista un retraso en tráfico interactivo de información de 500 milisegundos. La información por bloques no tiene problemas con los retrasos de tránsito. El tráfico de voz, sin embargo, es marginal en un satélite donde el retraso de tránsito es de 250 milisegundos en una vía. Para voz de primera calidad, el retraso de tránsito no debe ser mayor que los 50 milisegundos.

Los retrasos de tránsito variable (variaciones en tiempo de respuesta), mientras es una molestia en el tráfico de información, hace el tráfico de voz imposible. Los paquetes de voz deben ser enviados a el receptor en una tasa uniforme y regular. Ellos no deben amontonarse y ser enviados en estallidos (una característica de las redes de información de hoy).

Una corta interrupción de el circuito (por ejemplo, causada por un avión volando entre dos repetidoras de microondas), la cual podría resultar en el corte de el enlace de un segundo tendría efectos diferentes en la voz que en la información. Para la información, es casi siempre preferible tener un retraso de algunos segundos que perder la información. Con la voz, un paquete que es un medio de segundo anterior es solamente basura. Es mejor descartar los paquetes de voz retrasados rápidamente, así se permitirá que el circuito regrese a la normalidad, que construir una cola, particularmente debido a la velocidad fija de el dispositivo receptor (y de el transmisor).

### **3.1.6 Control de error**

Lo más importante acerca de el tráfico de información es que los errores deben ser controlados, ya sea detectados, o detectados y corregidos, preferiblemente. Este mecanismo de corrección puede frecuentemente solamente ejecutado por contexto (debido a que usted no sabe quien lo envió hasta que esta seguro de que no hay errores en el bloque), y requerirá retransmisiones para recuperación. La voz no puede tolerar el tiempo de retraso inherente en las recuperaciones y no le importa errores ocasionales o errores de estallido.

### **3.1.7 Demanda de potencia**

Los problemas causados por las fluctuaciones en la demanda de potencia no deben suceder en sistemas modernos digitales.

Las estadísticas nos muestran que cuando muchas cosas variables (o variaciones) son agregadas, la media (promedio) se vuelve mas estable (con menos variaciones). Por ejemplo, en las llamadas de voz si se toma las demandas de potencia en un amplificador principal para un gran numero de llamadas, entonces el requerimiento es verdaderamente estable y bien conocido.

Cuando la información es utilizada en lugar de la voz, la situación cambia. La duración de la llamada es usualmente citada (las llamadas de información son generalmente mas largas que las de voz) pero hay otros problemas. Cuando los módems son utilizados para comunicación de información sobre un canal telefónico no existen intervalos entre palabras. El módem produce una señal constante y de alto nivel. Si muchas llamadas de módem son multiplexadas en una única troncal de intercambio (división de frecuencia), entonces la potencia eléctrica adicional requerida por los multiplexores y amplificadores puede ser tan grande como para causar una falla en el dispositivo. Esta restricción se eliminara con la llegada de los sistemas digitales pero fue la causa de la duda de las compañías telefónicas en permitir que los módem sean conectados arbitrariamente alrededor de los sistemas telefónicos sin la consideración de sus efectos en ese sistema.

### **3.1.8 Volumen de información**

Si las llamadas telefónicas son consideradas como de 64 Kbps full-duplex, entonces ni siquiera la mas grande organización transmite información suficiente para tener mas que un 20 por ciento de su tráfico telefónico. La mayoría de las organizaciones transmiten menos que el cinco por ciento, y de todo el tráfico de comunicación transportado sobre líneas de comunicación publicas quizás uno o dos por ciento es información. Esto es muy importante debido que cualquier cosa que se haga para acomodar el tráfico de información, si agrega un costo a la parte de voz de el sistema, será muy difícil de justificar porque de el gran costo agregado a el sistema total tendrá un beneficio pequeño.

Es verdad que el tráfico de información esta creciendo rápidamente y el tráfico de voz no, pero hay un camino largo que seguir, particularmente que en el numero de interfaces a las redes publicas que son utilizadas por la voz versus el número de interfaces que son utilizadas para información es un criterio más importante que el número de bits enviados. Esta proporción de el número de interfaces es aún más influyente en la dirección del tráfico de voz.

### **3.1.9 Tráfico balanceado**

La mayoría de las llamadas de voz involucran una conversación de dos caminos. Esto significa que para la transmisión de voz, el tráfico es usualmente bien balanceado. Esto no es así para la información. Aún sin el ejemplo obvio de una transferencia de archivos (el cual es de una sola dirección), el tráfico de información interactivo tradicional involucra un corto ingreso (30 o 50 bytes) y grandes salidas (típicamente 500 bytes pero frecuentemente 2000 bytes o mas). En las aplicaciones gráficas, el desbalance es más grande.

### **3.1.10 Cancelación de Eco**

En los sistemas de voz tradicionales (análogos), el problema de supresión de eco es extremadamente importante. En un sistema digital full-duplex, podría parecer que el eco ya no es una consideración.

Esto no es enteramente verdad. Algunos ecos pueden ser generados dentro del teléfono y aunque es un pequeño problema comparado con los problemas en el pasado, debe ser considerado. En un sistema donde la voz es paquetizada, el tamaño de el paquete determina la longitud de tiempo que toma llenar un paquete antes de la transmisión (64 Kbps iguala un byte por 125 microsegundos). Si se incrementa un retraso en el circuito, así lo hace el problema causado por los ecos.

Estos factores han alimentado una discusión sobre el tamaño óptimo de paquetes para la voz paquetizada. Algunos sostienen que un paquete alrededor de 80 bytes aproximadamente producirá problemas con ecos donde los tamaños de paquetes de 32 bytes no lo harán.

Existe un problema significativo con los ecos en la situación de un troncal principal full-duplex de una red con ciclos suscriptores análogos. Estos ciclos pueden generar grandes ecos y será un problema si el retraso de la red excede cerca de 40 milisegundos.

### **3.2 Características del tráfico de imágenes**

El tráfico de imágenes es conceptualmente similar a el tráfico de información tradicional con una gran diferencia, las imágenes son muy grandes a las imágenes de pantalla tradicionales de caracter.

Una pantalla de caracter tradicional mostrando múltiples campos en muchos colores promedia entre 2500 bytes (el tamaño de la pantalla es de 1920 bytes pero otra información relacionada a el formato y las características de campo esta presente). La misma pantalla desplegada como una imagen podría ser de 300 KB.

Las imágenes son, por lo tanto, transmitidas como grupos de cuadros o paquetes. El tiempo de respuesta es importante pero solamente dentro de los requerimientos de respuesta humanos normales. Menos que un segundo es bastante; hasta casi cinco segundos es tolerable.

Sin embargo, porque el tráfico de imágenes es iniciado por un operador humano ingresando alguna forma de una transacción, el despliegue será relativamente poco frecuente, porque los sistemas tales como un usuario necesita gastar tiempo en mirar la pantalla antes de ver la siguiente imagen.



### 3.3 Características del video digital

A primera vista, el tráfico de video parece compartir muchas de las características de el tráfico de voz (establecer una conexión y transmitir un flujo continuo de información a una tasa mas o menos constante hasta que sea necesario). En realidad, aunque existen algunas similitudes, transportar video en una red de paquetes es un problema diferente a transportar voz.

Los sistemas de video despliegan información como una secuencia de figuras llamadas cuadros. Cada cuadro consiste de un numero de líneas de información. Los dos sistemas de transmisión de televisión predominantes actualmente utilizan 625 líneas a 25 cuadros/segundo (PAL) o 450 líneas a 30 cuadros/segundo (NTSC).

#### 3.3.1 Tasa de información

Si una señal PAL es digitalmente transmitida podríamos quizás quebrar una línea en 500 puntos y codificar cada punto en 12 bits (color e intensidad, etc.). Esto es una tasa de transmisión alta:

$625(\text{líneas}) \text{ por } 25(\text{por segundo}) \text{ por } 500(\text{puntos}) \text{ por } 12(\text{bits}) = 93,750,000 \text{ bits/seg.}$

En efecto, para una resolución razonable no necesitaremos 500 puntos en cada línea y tal vez podamos codificar cada punto en 8 bits, pero de cualquier manera la tasa de información es alta.

Pero esta es una manera incorrecta de mirar el video. A lo largo de la historia hemos tenido transmisión de video (una señal PAL requiere alrededor de siete Mhz de ancho de banda) sobre un canal de tasa fija. Cada punto en la figura fue enviado (aunque vía transmisión análoga) en cada cuadro. Pero el contenido de la información de un cuadro de video es inherentemente variable. En el video la mayoría de los cuadros son poco diferentes de el cuadro anterior. Si transmitimos una imagen estática a través de un sistema de video, todo lo que necesitamos transmitir es el primer cuadro y luego el contenido de información de cada cuadro subsecuente es un bit que indica que este cuadro es el mismo que el anterior.

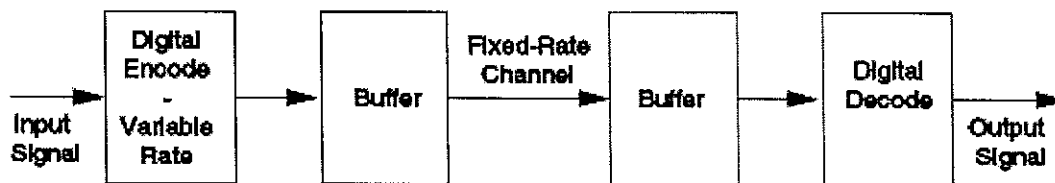
Si una imagen de video es tomada de una escena tal como un cuadro, solamente una tasa de información de un bit por cuadro es necesario para mantener la imagen (eso es, 25 bps para PAL). Tan pronto como una persona ingresa y camina en el cuarto se requerirá mas información para la transmisión. Pero aun una gran parte de el área de imagen permanecerá sin ser afectada. Si la cámara es movida a través del cuarto, entonces cada cuadro será diferente de el anterior, pero todo lo que ha sucedido es que la imagen fue movida. La mayoría de los pixeles (elementos de la imagen, posiciones de los bits) se han movido por la misma cantidad y quizás no necesitemos retransmitirlo enteramente.

Existen muchos ejemplos, incluyendo la imagen típica de cabeza y hombros de una persona hablando, donde la mayoría de la imagen es estática y solamente los labios se mueven. Pero en una imagen de una cascada muchos pixeles serán diferentes de los anteriores y diferentes en una manera no sistemática. Una imagen de una cascada tiene un gran contenido de información porque contiene muchos cambios no sistemáticos.

Esto es muy similar de lo que tradicionalmente consideramos como compresión. Dentro de una línea habrán varias repeticiones. Existen muchos algoritmos disponibles para comprimir una única imagen a una cantidad mucho mas pequeña. Así, aunque podemos buscar redundancias y comprimir las, una imagen fija contiene una cantidad fija de información (de un punto de vista de la teoría de información). Una secuencia de imágenes de video es diferente en el sentido que cada cuadro puede contener de uno a quizás varios millones de bits.

La conclusión es que el video es variable fundamentalmente en la tasa requerida para la transferencia de información. Esto sugiere que un canal de tasa variable (como una red) puede ser un mejor medio que un canal de TDM de tasa fija para tráfico de video.

Considere la siguiente figura:



Input Signal:      señal de entrada  
 Output Signal:    señal de salida  
 Digital Encode:    codificador digital  
 Variable Rate:     tasa variable  
 Fixed-Rate Channel: canal de tasa fija  
 Digital Decode:    decodificador digital

Figura 3. 2. Transmisión de video sobre un canal de tasa fija.

Este es un sistema típico existente que transmite video sobre un canal de transmisión digital limitado. Un sistema existente de buena calidad es hecho sobre un canal de 768 Kbps. Donde la señal es digitalmente codificada y comprimida, la salida es una tasa variable. Pero necesitamos mandarla en un canal de capacidad fija. Algunas veces (la mayoría de las veces) la tasa de información requerida es mucho menor que los 768 Kbps. Otras veces la tasa de información requerida es

mucho mayor que la tasa de el canal. Para esto es puesto un buffer antes de el transmisor, así cuando el decodificador produzca mucha información para el canal, esta no se perderá. Pero cuando la información llega al receptor la información puede no llegar a tiempo para el siguiente cuadro, si ese cuadro contenía demasiada información para el canal. Para resolver esto, es agregado un buffer en el sistema y se introduce un retraso, así habrá tiempo para irregularidades en la tasa de recepción, suavizándolo antes de la presentación a la pantalla en una tasa fija.

Los buffers, sin embargo, no son infinitos y si la escena demanda una tasa de información alta en un periodo de tiempo extendido, la información se perderá al llenarse los buffers. Esto es observado en un sistema de conferencia de video de pleno movimiento (full-motion video), el cual opera típicamente sobre un canal limitado.

La variación extrema en los requerimientos de transferencia de información significa que si un canal de tasa fija esta disponible para manejar la tasa mas rápida es utilizado habrá una gran cantidad de capacidad desperdiciada. Si un canal limitado es utilizado habrá menos desperdicio de capacidad, pero habrá pérdida de calidad cuando una tasa de transferencia alta sea utilizada por un tiempo mas largo de el que los buffers pueden retener.

Estadísticamente, si un numero de señales de video compartieran el mismo recurso de comunicación es como si un canal de video requiriera un alto ancho de banda, mientras los otros requerirían mucho menos. Las estadísticas dicen que mientras mas sean las señales que comparten un recurso, habrá menos variación en el requerimiento del recurso. Cuando hay solamente dos usuarios compartiendo, habrá una alta probabilidad que algunas veces las dos señales requerirán una tasa de transferencia alta al mismo tiempo. Si 50 señales comparten el recurso hay aun una probabilidad finita que todas las señales requieran una tasa de transferencia alta al mismo tiempo, pero es muy pequeña.

Todo esto conduce a la conclusión que las redes de paquetes de alta velocidad y las LANs son el medio natural para la transmisión de video.

### **3.3.2 Consideraciones de sincronización**

El tráfico de video es como la voz en un aspecto importante, es isocrono. Los cuadros (o líneas) son enviadas a la red a una tasa constante y cuando son desplegadas deben ser desplegadas a la misma tasa. Pero las redes de paquetes tienden a enviar información a una tasa desigual. Se necesita hacer algo en el receptor para obtener el flujo de paquetes a una tasa constante. Como con la voz, esto puede ser agragando un factor de retraso planeado en el receptor.

### **3.3.3 Redundancia**

El video es verdaderamente redundante. La pérdida o corrupción de varios bits no es detectada. La pérdida de algunas líneas no es tanto problema, si desplegamos la línea de el cuadro anterior sin cambiar, la mayoría de las veces la perdida no se detectara. Aun la perdida de un cuadro o dos no importara demasiado porque nuestros ojos apenas lo notaran. Pero si el video esta codificado y comprimido digitalmente, la pérdida o corrupción de paquetes tendrá un gran efecto.

### **3.3.4 Aplicaciones de video**

Frecuentemente las aplicaciones de video son transmisiones de una vía. En este caso la cantidad de retraso que podemos agregar en el sistema sin daño puede ser grande (quizás diez segundos o mas).

El video interactivo es un poco diferente en que una gente habla a otra acompañada por una imagen. En este caso, aunque la comunicación de voz es lógicamente half-duplex (esto es, solamente una persona habla a la vez), la porción de video es continua. El retraso es aun menos estricto que para la voz. Parece que la sincronización de la voz con el movimiento de los labios no es tan critica. La mayoría de la gente no le afecta la diferencia de unos 120 milisegundos entre la imagen y el sonido en esta situación.

### **3.3.5 Video digital en una red de paquetes**

La conclusión de que las redes de paquetes son un medio natural para la transmisión de video no fue para las redes de paquetes tradicionales. Muchas, si no lo son la mayoría, de las redes existentes no tienen capacidad total suficiente para manejar tan siquiera una señal de video. Para que una red de paquetes procese video debe tener un numero de características importantes:

- Suficiente capacidad. La capacidad de rendimiento de la red debe ser suficiente para manejar varias señales de video juntas, de otra manera el beneficio de compartir el recurso se perdería.
- Retraso fin a fin apropiado a la aplicación. Esto varia con la aplicación. A un tráfico de una vía no le importa demasiado el retraso de red. El video interactivo necesita un retraso de tránsito aproximado al de la voz (porque la voz lo acompaña) pero no necesita ser exactamente sincronizado a la voz.
- Fluctuación de paquetes mínima. Las irregularidades en la tasa de envío de paquetes necesita ser suavizada insertando un buffer y un retraso.

Además existe la pregunta de que hacer cuando la red esta congestionada y como se manejan los errores.

### **3.3.6 Codificación de fuente jerarquica**

Todas las redes de capacidad finita encuentran congestión varias veces. Pero con video (como con la voz) no se puede disminuir la tasa de ingreso a la red para controlar la congestión porque un cuadro de video que llega demasiado tarde es basura. Si la red esta congestionada lo mejor que se puede hacer es tirar algunos paquetes hasta que la red regrese a su estado normal.

Un enfoque para la congestión es codificar la información (voz o video) en paquetes, de tal modo que la información sea dividida. La información del cuadro esencial para ser desplegada es codificada en paquetes separados de la información solamente da calidad. Esto significa que algunos paquetes contienen información esencial y otros información menos esencia. Los paquetes pueden ser marcados en el encabezado, así la red descartara solamente los paquetes no esenciales durante periodos de congestión. Esta técnica (originalmente inventada para manejar paquetes de voz) es llamada "Codificación de fuente Jerárquica" (HSC) y tiene una ventaja obvia al permitir que el sistema continúe con su operación básica durante periodos de congestión.

Este concepto es simple. Imagine que un byte particular de información codificada representa el nivel de intensidad de un punto particular en la pantalla. Una técnica HSC podría ser tomar los cuatro bits de alto orden y enviarlos en un paquete (marcado como esencial) y los cuatro bits de menor orden en una paquete diferente (marcado como no esencial). Normalmente cuando el paquete llega a su destino el byte es reconstruido. En el caso de congestión, quizás el paquete menos importante, el que contiene los bits de mas bajo orden sean descartados. El receptor podría asumir los cuatro bits de bajo orden que se han perdido y tratarlos como ceros. El resultado seria dar 16 niveles de intensidad para un punto en particular en vez de los 256 niveles que tendría si no se hubiera descartado el paquete menos importante. En la practica, las técnicas HSC necesitan ser diseñadas en conjunto con los métodos de codificación y compresión.

### **3.3.7 Control de error**

El peor problema en procesar video es la fluctuación de paquetes (retrasos erráticos en el envío de paquetes). La recuperación de los errores de enlace por la retransmisión de información no es útil dentro de una red de paquetes que contiene video . Lo mejor es descartarlos inmediatamente. La perdida de rutas debido a errores en el campo de destino en el encabezado puede tener efectos catastróficos.

Los paquetes deben tener un campo de secuencia de chequeo de paquete el cual debe ser chequeado cada vez que el paquete viaja sobre un enlace y el paquete será descartado si se encuentra algún error.

La mejor técnica para manejar errores en video involucra el uso de la información de el cuadro anterior y cualquier cosa recibida de el cuadro actual para construir una aproximación de la información perdida. Una estrategia apropiada podría ser continuar desplegando la línea correspondiente de el cuadro anterior, o si solamente una única línea se pierde, extrapolar la información de las líneas de al lado de la perdida.

### **3.3.8 Sonido de alta calidad**

El sonido de alta calidad (estéreo, calidad de disco láser) involucra una tasa de bits bastante alta. Los discos compactos regulares utilizan una tasa de bit de 4 Mbps. Codificar el sonido es, en principio, el mismo problema que la voz pero con algunas diferencias para la red:

- Sonido de alta calidad (tal como una película de sonido) es continua, no como la transmisión de voz donde la discusión existe en estallidos.
- La tasa de información es mucho mas alta (pero las mismas técnicas de compresión que trabajan para la voz trabajan aquí).
- El retraso en la red no importa tanto, dependiendo de los requerimientos de la señal de video que el sonido acompaña.
- El mayor requerimiento es que (como el video y la voz) la alta calidad de sonido a ser enviado a la red sea a una tasa constante y desplegada en el receptor a una tasa constante.

### **3.4 Características de aplicaciones de multimedia**

Mucha gente cree que la disponibilidad de proveer una mezcla coordinada de servicios de información, voz y video a el escritorio proveerá una mayor productividad a su negocio. Verdaderamente se cree que esta disponibilidad es la llave a una entera nueva manera de vivir y trabajar para gran numero de gente, la finalización de la distancia como un inhibidor a la interacción entre gente. Las aplicaciones propuestas pueden ser clasificadas como sigue:

- Video conferencia de varias personas a la vez.
- Colaboración audiovisual en tiempo real.

- Entrenamiento interactivo.
- Video conferencia personal mejorada.

Existen varios puntos importantes que notar aquí:

- La comunicación requiere de una gran cantidad de ancho de banda.
- La comunicación debe ser en cada escritorio de el usuario, o en su casa.
- Los múltiples tipos de información involucrada (voz, información, video, imagen).
- La presentación de esta información a el usuario final debe ser coordinadas. Esto es, la presentación de las diferentes formas de información relacionada debe ser sincronizada.

Las características técnicas mas importantes para la red son:

**Latencia (Latency):** Es la variación en el tiempo entre cuando el flujo es transmitido y cuando es presentado a el usuario final. Es más que el retraso de propagación porque la necesidad de almacenamiento en buffers, etc., en el dispositivo de el usuario final.

**Fluctuación (Jitter):** Es la variación de la latencia en el tiempo. Esto ocasiona presentación errada de la información a el usuario final.

**Sesgo (Skew):** Es la diferencia en el tiempo de presentación a el usuario final de cosas relacionadas (tal como un video de alguien hablando y el sonido relacionado).

**Overrun y underrun:** No son características predominantes en la red. Esto es donde el video o voz es generado a una diferente tasa de la tasa a la cual es desplegada. En el caso de overrun, la información es generada mas rápido de lo que puede ser desplegada y en algún punto la información debe ser descartada. Underrun es donde la tasa de despliegue es mas grande que la tasa de la generación de señal y por lo tanto ocurrirán malos funcionamientos cuando la información deba ser desplegada y no haya nada. A cierto punto, dependiendo de la aplicación, un buen sistema puede enmascarar los efectos de overrun y underrun.

La importancia de cada uno de estos factores varia con la aplicación pero el sesgo es el más importante para la aplicación y el más gran reto para la red (e incidentalmente para la computadora).

### **3.4.1 Aplicaciones interactivas**

Las aplicaciones tales como video conferencia (personal o en grupo) tiene los mismos requerimientos como una voz regular. Esto es, una latencia máxima de cerca de 150 ms es tolerable.

Jitter debe ser contenido dentro de los límites que el sistema pueda quitar sin que el usuario se entere (quizás 20 ms es tolerable).

Sesgo (entre sonido y video) debe ser tal que el sonido este entre 20 ms adelante y 120 ms atrás de el video.

### **3.4.2 Distribución de video de una vía**

En esta aplicación un retraso de varios segundos entre transmisor y receptor es aceptable en muchas situaciones. Esto depende grandemente de lo que el usuario espera observar, una película de dos horas o un segmento animado de 20 segundos en una aplicación de entrenamiento. El retraso realmente solamente importa porque es el tiempo entre el que el usuario requiere la información y cuando es presentada. Para una película, quizás 30 segundos podría ser tolerable, para un segmento corto, un segundo es quizás el límite.

El Jitter y sesgo, sin embargo, tienen los mismos límites que las aplicaciones interactivas de arriba.

### **3.4.3 Aplicaciones de imagen con sonido**

Esas aplicaciones tales como lecturas ilustradas y voz anotada en el texto donde las imágenes fijas son anotadas por un comentario por voz. Dependiendo de la aplicación, la latencia puede necesitar ser menor que 500 ms (entre el requerimiento de la siguiente imagen y su presentación) pero el sesgo (sonido de la imagen) puede ser quizás tan grande como un segundo.

Estos requerimientos ponen una demanda significativa en la red. Se necesita:

- Tasas de información adecuadas (altas) para mantener la latencia baja y permitir suficiente capacidad a el servicio de la aplicación).
- Baja latencia
- Jitter muy bajo
- Muy bajo sesgo.
- Control fin a fin a través de la propagación de un reloj estable.



### 3.5 PRINCIPIOS DE REDES DE ALTA VELOCIDAD

Si los requerimientos de usuario (integración de información, voz, imagen, video, etc.) serán cumplidos por las redes de paquetes, los nodos de red necesitarán manejar la máxima capacidad de rendimiento de información de los nuevos enlaces de alta velocidad (un millón de paquetes por segundo o más) y las arquitecturas de red necesitarán acomodarse a las características únicas de el tráfico de voz y video. Los requerimientos son resumidos como sigue:

- Rendimiento de nodo muy alto:

Los nodos deben rutear (conmutar) información a la tasa pico combinada de todos los enlaces conectados a ellos. En redes corporativas esto podría significar un máximo de casi 20 enlaces a 155 Mbps, pero esto parece un poco alto para la década de los 1990's. Podría ser un conmutados que con menos de 20 enlaces donde casi cuatro de ellos están a 155 Mbps y el resto podría estar a 45 Mbps.

En las redes públicas de telecomunicaciones, el propósito con ATM es que la conmutación de paquetes (celdas) deben ser la base de una red multifuncional, la cual reemplazara la red telefónica del mundo. Para hacer esto, una central troncal de línea principal (probablemente un grupo de nodos conmutados) sería necesario para manejar quizás 100 enlaces de 620 Mbps hoy y quizás los mismos 100 enlaces podrían trabajar a 2.4 Gbps. Utilizando celdas de 53 bytes, un enlace de 2.4 Gbps pueden transportar seis millones de celdas por segundo en cada dirección.

- Tiempo de tránsito de red mínimo:

Esto es un requerimiento crítico para la voz, esto se detallara en "El efecto de el retraso de red fin a fin en el tráfico de voz".

- Mínima variación de tiempo de tránsito de red:

Cuando el tráfico con una tasa de bit constante en el viaje de origen y de destino a través de la red, las variaciones en el retraso de red significan que un buffer mas grande que la variación mas grande previsible es necesario. Este buffer introduce un retraso y para propósitos prácticos puede ser considerado una adición de red a el tiempo de tránsito de red.

Para que estos requerimientos de red necesitaremos tener las siguientes características:

- Conmutación totalmente controlada por equipo

No existe manera en las arquitecturas de conmutación de paquetes basadas en software puedan tener aun una centésima de el rendimiento requerido, aun asumiendo los procesadores mas rápidos. Sin embargo, hay varios diseños de conmutación por equipo que cumplirán las velocidades requeridas a un costo razonable.

- Arquitectura de red apropiada

La arquitectura de red debe hacer posible para el componente de conmutación de información en un nodo decidir el destino al cual un paquete entrante debe ser ruteado, a una total velocidad de operación. La arquitectura de red debe proveer mecanismos para la operación estable y la administración de la red pero el elemento de conmutación de información no debe necesitar involucrarse con protocolos extraños.

- Recuperación de error de enlace

La recuperación de errores de enlace transitorios por la retransmisión (para tráfico de voz), como es usual en el tráfico de información, puede entrar en conflicto seriamente con el requerimiento de tasas de envío uniformes. Sin embargo, por la naturaleza de la paquetización, es necesario que los paquetes contengan un encabezado que transporte la información de ruteo (identificación) así el conmutador destino pueda rutearlo a el destino apropiado. Un error en esta información puede causar que el paquete sea ruteado a el destino equivocado y se pierda de el circuito correcto.

Pero estas redes de alta velocidad fueron planeadas para operar únicamente sobre circuitos digitales (preferiblemente fibra óptica). Las tasas de error en esos circuitos son alrededor diez mil veces mejor que lo fueron los enlaces análogos tradicionales. Para la porción de información de el paquete o celda, el chequeo de error y recuperación puede ser aplicada en una base de fin a fin, especialmente si las tasas de error en los enlaces son bajos. Un error en la porción de encabezado puede causar que un paquete sea conducido a un destino erróneo. La red debe por lo menos chequear los encabezados.

- Longitud de paquete

Corta (menor a los 64 bytes), los paquetes de longitud fija o celdas son una opción atractiva porque:

- a) Su naturaleza de longitud fija da una característica de tiempo de transmisión

uniforme (por celda) a las colas dentro de un nodo para un enlace de salida. Esto conduce a una característica de tiempo de tránsito uniforme para toda la red.

- b) Mientras mas pequeña es la celda, mas corto es el tiempo necesitado para ensamblarla y por lo tanto es mas pequeña la característica de retraso para voz.
- c) Celdas pequeñas, de longitud fija son fáciles de transferir sobre un bus de procesadores de ancho fijo, y el almacenamiento en colas de enlace es mucho mas fácil y requiere menos lógica de el procesador.

Una solución elegante a el retraso de red y recuperación de error sería utilizar paquetes muy cortos (quizás de 32 bytes) de longitud fija. Si esto es hecho entonces los códigos de corrección de error (ECC) pueden ser utilizados como una recuperación de errores de enlace transitorios. Dos bytes de ECC son necesarios por cada 8 bytes de información. Un paquete de 32 bytes podría tener un encabezado de ruteo (2 o 4 bytes) incluidos y uno o cuatro grupos de ECC de 2 bytes agregado (uno si se piensa necesario chequear solamente el encabezado, dos si la información también es recuperada de error). Por lo tanto, un paquete podría ser de 34 o 40 bytes. Esto representa una carga en el canal de transmisión para el paquete con el caso de ECC completo de 20%. El uso de el ECC completo para paquetes de voz es un desperdicio innecesario. La perdida de un paquete o dos o la corrupción de varios bits de información no es considerada significativa.

Los estándares internacionales para tamaño de celda es de 48 bytes (para ATM). En ATM el encabezado es chequeado para validarlo pero la información de la celda no.

Sin embargo, la transmisión de video esta bien con los tamaños de paquetes de mas de mil bytes. La transmisión de información puede ser ejecutada con una carga baja si el tamaño de paquete adoptado es lo suficientemente grande para transportar el bloque mas grande de información producido por la aplicación del usuario.

Mientras más grande es el paquete, menos paquetes por segundo serán conmutados para un rendimiento de información dado.

- Control de flujo

El control de congestión es un asunto critico en cualquier ambiente de conmutación de paquetes. Las técnicas tradicionales de control de flujo no son posibles a tasas de paquetes muy altas porque requieren cantidades significantes de lógica programada para operar en cada paquete.

En un conmutador de alta velocidad, las técnicas mas apropiadas son la regulación de tasa de entrada y la reserva de capacidad . Estas pueden estar de acuerdo a los procesadores de control cuando una conexión es iniciada y ejecutada en los puntos de

entrada de la red.

- Control de congestión

La congestión ocurre cuando un nodo tiene demasiada información para que sus buffers internos la procese. Esto puede suceder aun en las redes de información con controles de flujo muy detallados. Una manera de manejar la congestión es evitándola, o asegurándose que la demanda máxima de la red sea manejable siempre. Esto significa poner las utilizaciones de enlaces y nodos a un promedio de 10 o 20%, pero con esto se renunciaría a los beneficios de compartir en la red. Si la red procesara información de tasa variable (voz) de muchos usuarios simultáneamente, el total será bastante estable.

La congestión se vuelve un problema donde hay un numero de fuentes que ponen individualmente una demanda significativa en la red (tal como un video de tasa no variable. En este caso un pequeño numero de usuarios (10 quizás) podrían alcanzar la demanda pico simultáneamente y llevar a la red completa a un caos. El truco es evitar la situación donde cada usuario haga una demanda significativa de la red. Pero algunos tipos de tráfico cambia radicalmente sobre el tiempo. Picos de tráfico de información diferentes veces en un día de negocios. Picos de información en grupo durante la noche.

Cuando la congestión ocurre los paquetes deben ser descartados. Para algunos tipos de información (voz, video) pueden codificarse paquetes de baja prioridad que pueden ser descartados. Si los paquetes son marcados como disponibles para descartar, entonces el sistema puede aliviar la congestión descartándolos.

Si la congestión es seria, entonces la red necesitara descartar paquetes no marcados como disponibles para descartar. La red debe tener una manera de poner prioridades a el tráfico por clase de servicio, para adoptar una estrategia de descartar paquetes inteligente. Esta estrategia de descartar paquetes debe ser ejecutada por el elemento de conmutación de información.

- Envío secuencial

Si los paquetes de una conversación toman diferentes rutas a través de la red (para balancear la carga, por ejemplo), deben ser puestos en secuencia de nuevo antes de enviarlos al receptor. Sin embargo, esto significa que cada uno debería llevar un numero de secuencia (mas carga de encabezado). Se necesitaría almacenar hasta que esto sea logrado por medio de buffers, esto agregaría costo pero mas importante, agregaría retraso de tránsito y así, se degradaría la calidad. En una red de alta velocidad esto significa que cada conexión debe ser limitada a un camino fijo a través de la red.

- **Prioridades**

No hay un consenso aun en si las prioridades de transmisión son relevantes en una red de alta velocidad. Una prioridad de transmisión podría dársele a un paquete y esta prioridad lo habilitaría a saltar la cola, encima de los paquetes de baja prioridad cuando este sea encolado para la transmisión dentro de un nodo.

En altas velocidades, con celdas relativamente pequeñas (a estas velocidades se considera que aun un bloque de 4 Kb es pequeño), el costo de implementar prioridades podría ser mas grande que el beneficio que daría. El tiempo total de conmutación (procesamiento, encolado y transmisión) en esta clase de nodos seria mucho menor que un milisegundo.

Otro tipo de prioridades son, sin embargo, consideradas esenciales. En una red grande se necesita algún control y prioridad de la selección de rutas a través de la red, dependiendo de las características de servicio requeridas para una clase particular de servicio. En adición, un tipo de clase de servicio de prioridad podría se utilizado para decidir cuales paquetes descartar cuando haya congestión en la red.

- **Protocolos fin a fin y adaptación**

Las características de redes de alta velocidad desarrolladas dan un gran rendimiento de paquetes muy cortos, pero en el caso de congestión o de paquetes con errores de enlace son descartados.

Para proveer un servicio estable, la red necesita tener procesamiento en los puntos de entrada y salida de la red. Este procesamiento podría se, por ejemplo, fragmentar paquetes grandes de información en celdas y volver a ensamblarlos en el otro fin. Además, para el tráfico de información podría ser implementado un calculo de secuencia de chequeo de paquete (FCS) para identificar los paquetes que contienen errores. También se podría tener un protocolo de retransmisión para la recuperación de los errores de información y perdida de paquetes, etc. Cada tipo de tráfico de red requiere un procesamiento en la capa de adaptación.

### **3.5.1 Control de congestión**

Las características primarias que distinguen las redes de celdas de las redes de paquetes son:

- Una red basada en celdas no tiene flujos internos o control de congestión. Mientras la operación interna de las redes de paquetes es diferente para cada fabrica de equipo de red, la mayoría implementan recuperación de errores en el

nivel de enlace y alguna forma de control de flujo interno para evitar congestiones. Algunas redes de paquetes van mas allá y proveen una operación interna enteramente segura.

- Las celdas son típicamente de longitud fija. Si un paquete no se completa, un paquete pequeño es enviada. Si no hay suficiente información para llenar una celda, esta es rellena para un tamaño completo.
- Las celdas son típicamente mas cortas que los paquetes. El tamaño de celda en ATM es 48 bytes de información.

Cuando una red de celdas detecta un error en un enlace o se congestiona el único mecanismo para resolver esto es descartar celdas. Al perderse celdas, la recuperación de error es efectuada retransmitiendo los bloques de información de usuario enteros.

### **3.5.2 Transporte de voz en una red de paquetes**

De acuerdo a los estándares internacionales, cuando la voz es convertida a una forma digital, la señal análoga es muestreada a la tasa de 8,000 veces por segundo y cada muestra es representada por 8 bits. Esto da una tasa de bit constante de 64 Kbps.

El sistema de codificación es la “Modulación de Código de Pulso” (PCM). El concepto básico de PCM es que cada muestra de 8 bits es codificada medida en la amplitud de la señal a el momento de la muestra. Pero esto puede ser mejorado por un sistema llamado “Compasión” (compresión/expansión).

La señal gasta mas tiempo en las partes bajas de la escala que en los picos. Aplicando una codificación no lineal para que las partes de amplitud baja de la forma de onda sea codificada con mas precisión que los picos.

En la practica, PCM es codificada de esta manera pero el estándar es diferente en varias partes de el mundo. Un sistema es llamado “Ley  $\mu$ ” y en los otros “Ley A”. Para transportar esto a través de una red de paquetes, muestreos individuales deben ser ensamblados en paquetes.

La figura 3. 3 ilustra el principio de enviar voz sobre una red de paquetes:

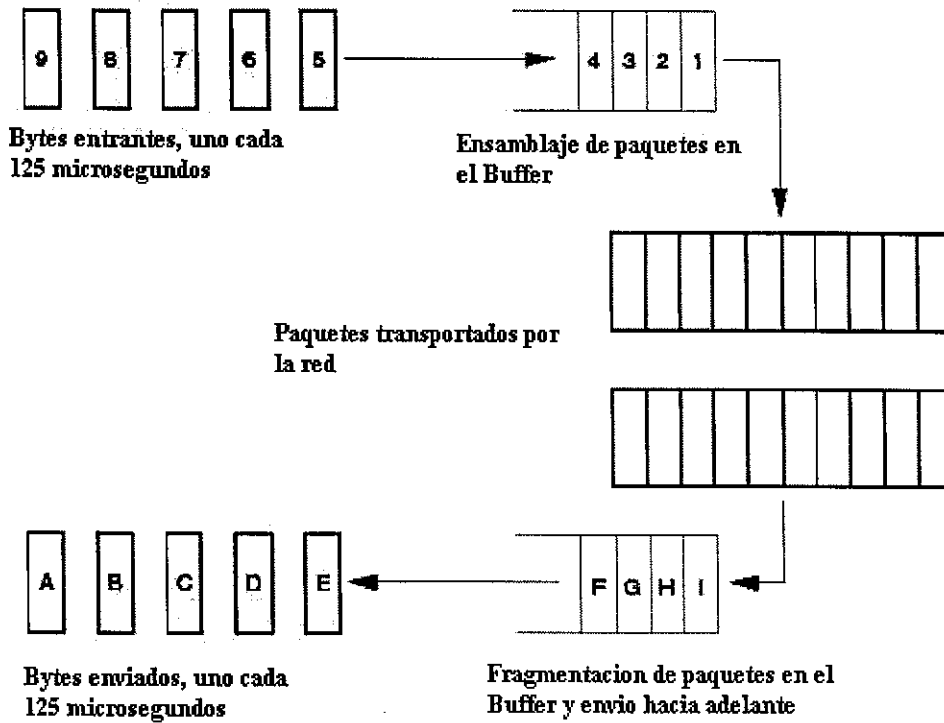


Figura 3. 3. Transportando voz sobre una red de paquetes

1. El teléfono genera un flujo de 8 bytes de información de voz a una tasa de uno cada 125 microsegundos.
2. El flujo de voz digital es recibida en un buffer hasta que un bloque de la longitud de un paquetes se reciba.
3. Cuando el paquete esta lleno es enviado a la red.
4. Una vez el paquete es recibido en el otro fin es desensamblado y enviado a el destino a la tasa de un byte cada 125 microsegundos.

Un número de puntos deben ser ejecutados para este principio:

- El retraso de fin a fin por el usuario final será el tiempo que toma ensamblar un paquetes mas el retraso de tránsito a través de la red.
- Si la red envía paquetes a el desensamblador de paquetes destino a una tasa desigual, luego será necesitado almacenamiento en el destino para suavizar las irregularidades en la tasa de envío del paquete.

- La mayoría de redes de paquetes los envía a una tasa desigual.
- Lo que sucede es que cuando el circuito es establecido el desensamblador de paquetes receptor debe mantener el primer paquete por algún tiempo suficiente para eliminar la variación mas grande posible en el retraso de tránsito antes de enviar información al receptor.

Esto incrementa el retraso fin a fin significativamente.

#### Variación de el retraso de tránsito

El problema con la mayoría de las redes de paquetes es que el retraso de tránsito varia con la carga instantánea en la red. La figura 3. 4 muestra la llegada regular de paquetes en una red y la tasa irregular de envío de esos paquetes. Existe otro problema y es que la sincronización de bit de la operación de salida no puede ser la misma que la sincronización de el transmisor. En transmisión continua, habrán overruns o underruns ocasionales en el receptor debido a la perdida de la sincronización de el reloj.

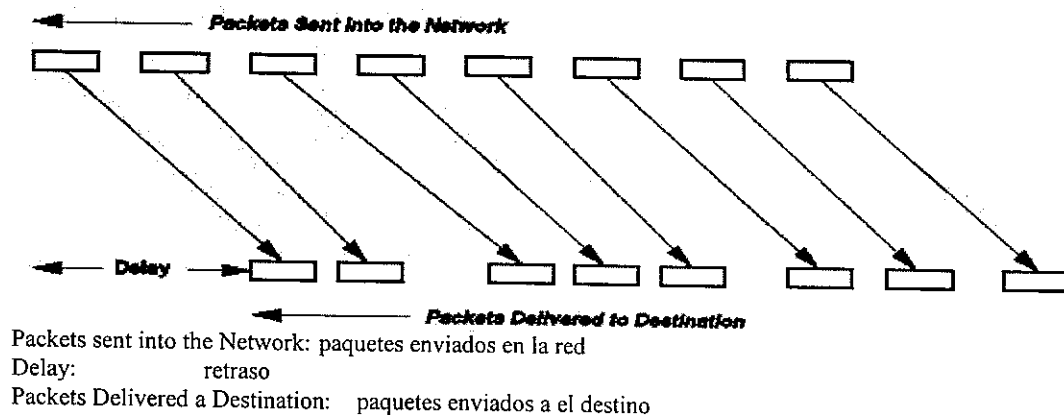


Figura 3. 4. Envío irregular de paquetes de voz.

El efecto de un retraso de la red fin a fin en el tráfico de voz

El retraso fin a fin es experimentado en la voz debido a los tres componentes siguientes:

#### 1. Tiempo de ensamblaje de paquete

El tiempo que toma ensamblar un paquete o celda. Utilizando la celda estándar de ATM, necesitaríamos por lo menos un encabezado de 4 bytes dejando 44 bytes. A 64 Kbps esto da un tiempo de ensamblaje de paquetes de 5.5 milisegundos. Para 32 Kbps el tiempo de ensamblaje es 11 milisegundos.



## 2. Tiempo de tránsito en la red

Esto depende de la estructura de la red pero debe ser menor que un milisegundo por nodo atravesado mas el retraso de propagación de cerca de 5.5 microsegundos por kilometro.

## 3. Retraso de equalización

Este es un retraso insertado deliberadamente inmediatamente antes de el receptor para suavizar los efectos de la variación de retraso de tránsito. Dependiendo de las características de la red este podría ser entre 2 y 10 milisegundos.

Las características de retraso de la red son muy importantes por dos razones:

- a) Los retrasos de tránsito aceptables hasta 90 milisegundos para no tener perdida de calidad.
- b) El problema de los ecos. Cuando el retraso es de 45 milisegundos o más existe un problema potencial con los ecos.

### 3.5.3 Transportando video en una red de paquetes

El tráfico de video es considerado muy similar a la voz en el sentido de que ambos requieren una relación de sincronización entre el que envía y el receptor. Los paquetes o celdas deben llegar a una tasa regular si el receptor mantiene una imagen estable. Sin embargo existen algunas diferencias con la voz:

- La cantidad absoluta de ancho de banda requerida es enorme comparado con la calidad de teléfono de la transmisión de voz.
- La calidad requerida en la transmisión de video varia ampliamente con la aplicación. La calidad de emisión requiere un ancho de banda significativo que aplicaciones de educación remota o aplicaciones de video conferencia. Los teléfonos de video requieren aun menos (128 Kbps).
- Mientras que una señal de video sin procesamiento es de una tasa altamente constante, las características de video hacen que la cantidad de variación sea extrema. Una imagen fija, codificada apropiadamente, tiene un contenido de información de 25 bps. Una pieza de acción rápida puede requerir una tasa instantánea de mas de 100 Mbps.
- El video es mas redundante que la voz y un malfuncionamiento es menos significante.
- La codificación natural del video (por la cantidad de información) es en bloques grandes.

- La mayoría de video no es interactivo. Para el video de una vía no necesitamos ser estrictos con los problemas de retraso de red. Podemos tener grandes buffers para tener un retraso de varios segundos para compensar las variaciones de el retraso de tránsito en la red.
- El video interactivo es usualmente acompañado por la voz y se necesita requerimientos de retraso de tránsito mas estrictos, pero el video no tiene que estar exactamente sincronizado con la voz, una diferencia de 100 milisegundos es aceptable.

El mas grande problema con el video es la enorme tasa de información requerida. Si la tasa de información pico requerida por un único usuario de video es un porcentaje significativo de la capacidad total de la red, entonces existe un serio problema de congestión potencial.

### **3.5.4 Transporte de imágenes**

El tráfico de imágenes no es muy diferente de el tráfico tradicional de información. El rango de el tamaño de las imágenes va de 40 Kb a varios megabytes.

En el tipo de aplicación de “La oficina sin papel”, los usuarios de imágenes tienden a gastar más tiempo en pensar, buscando la pantalla una vez es desplegada. Esto significa que las tasa de transacción por terminal tienden a ser bajas pero quizás eso es porque la mayoría de la experiencia hasta la fecha es que los sistemas son lentos en desplegar imágenes y el usuario conseguirá toda la información posible de un despliegue antes de ver al siguiente.

En aplicaciones de gráficas de ingeniería, la interacción puede ser tan frecuente como una cada minuto y el usuario demanda un tiempo de respuesta menor a un segundo para imágenes de megabytes de tamaño.

Por supuesto, las imágenes pueden ser comprimidas y las relaciones de cuatro a uno son el promedio. Esto reduce la carga de red y acelera el tiempo de transmisión.

### **3.5.5 Transportando información en paquetes o celdas**

El término paquetización se refiere a el proceso de quebrar bloques de información de usuario en pequeños bloques (llamados paquetes) para la transmisión a través de la red.

Las mayores ventajas de quebrar un bloque de información en paquetes para la transmisión son:

- El retraso de tránsito a través de la red es mucho más corto que si la información fuera transportada en grandes bloques.
- Las colas para enlaces intermediarios dentro de la red son manejados más fácilmente y se ofrece una característica de retraso más uniforme. Resultando en menor variación en el tiempo de tránsito fin a fin.
- La pila de buffers y los buffers de entrada y salida dentro de los nodos intermediarios pueden ser mas pequeños y manejados más fácilmente.
- Cuando un error ocurre en un enlace (ya sea de un enlace de acceso o un enlace dentro de la red) habrá menos información para retransmitir.

Existen desventajas, sin embargo:

- a) El tiempo de procesamiento (carga debido a las instrucciones de procesamiento, en los nodos de la red y en el equipo, es incrementada. La mayoría de el software que maneja en equipo de conmutación de información toma la misma cantidad de tiempo de procesador para conmutar un bloque sin importar la longitud. La utilización de lógica de equipo para rutear en conmutadores basados en celda minimiza este efecto. Sin embargo, aun en un sistema donde se utiliza el ruteo basado en equipo, existe una carga de encabezamiento significativa en el equipo de usuario final necesitado para quebrar el bloque de información de usuario en celdas y en ejecutar el procesamiento en el nivel de adaptación.
- b) El ancho de banda adicional para los encabezados. El encabezado de ruteo de red es necesario pero requiere capacidad de enlace para transmitir y es una carga de encabezado. Por esto es que las redes de celdas y paquetes son diseñadas para usar encabezados muy cortos. La necesidad de encabezados muy pequeños es quizás la razón primaria para utilizar protocolos conectados a la conexión.
- c) Si la red esta diseñada para el control de congestión descartando información, y si la recuperación de error es hecha por la retransmisión de los bloques enteros entonces hay un efecto multiplicador que puede tener un impacto severo en el rendimiento de la red.

#### Retraso de tránsito

Al asumir que el usuario A en la figura 3. 5 tiene un bloque de 1024 bytes para enviar a través de 3 nodos de la red a el usuario B. Asumamos también que las velocidades de enlace son iguales, los nodos son infinitamente rápidos, existe un retraso de propagación cero y que no hay mas tráfico.

- El usuario A envía a el Nodo 1 y toma 4 unidades de tiempo.
- El Nodo 1 envía a el Nodo 2, tomando también 4 unidades de tiempo.
- El Nodo 2 envía a el Nodo 3.

- Hasta que el mensaje llega a el usuario B  
El tiempo total que tomó fue 4 tiempos de 4 unidades: 16 unidades de tiempo.

Ahora si el bloque de 1024 bytes es quebrado en cuatro paquetes de 256 bytes, ocurrirá lo siguiente:

- El usuario A envía el primer paquete a el Nodo 1, tomando 1 unidad de tiempo.
- El Nodo 1 envía el paquete a el Nodo 2, pero mientras esto sucede el usuario A envía el paquete 2 a el Nodo 1.
- Mientras el usuario A envía el tercer paquete, el Nodo 1 envía el paquete a el Nodo 2 y el Nodo 2 envía el paquete a el Nodo 3.
- Esto sucede a través de la red hasta que el ultimo paquete llega a el usuario B.

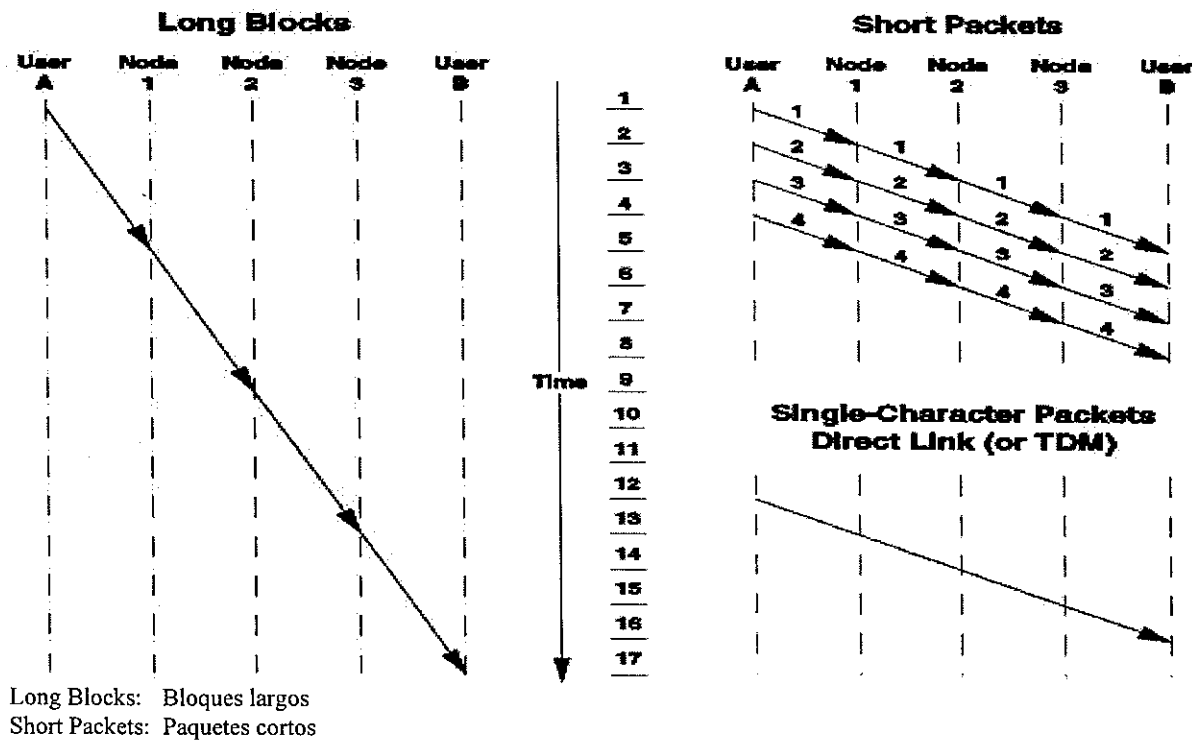


Figura 3. 5. Efecto de la paquetización en el tiempo de tránsito a través de una red de tres nodos.

Es obvio de el diagrama que enviar un mensaje en pequeños paquetes reduce el tiempo de tránsito de red a 7 unidades comparado con las 16 unidades sin paquetización. Esto es debido a el efecto de el traslape en las partes que envían el mensaje a través de la red.

La sección de la figura 3. 5 titulada “Enlace directo” se refiere a lo que sucede en el

limite de reducción de el tamaño de el paquete. Cuando finalmente llegamos a un tamaño de paquete de un caracter, tenemos un rendimiento de red equivalente a un enlace directo o una operación de multiplexación de división de tiempo TDM de los nodos. El tiempo de tránsito en este caso es de 4 unidades de tiempo.

#### Transferencia de información isócrona

Los sistemas de multimedia ponen una demanda única en la red porque requieren la sincronización de varios tipos de tráfico de red. Se piensa que el sistema de red que cumpla los requerimientos de las aplicaciones de multimedia (por lo menos en el futuro inmediato) es un transporte isocrono. La transferencia de información isocrona ofrece los siguientes beneficios:

- Elimina el sesgo y la fluctuación inducida en la red.
- Provee un método estable de sincronizar fin a fin.
- Minimiza los retrasos de propagación.

También ofrece las siguientes desventajas:

- El video comprimido es un flujo de información de tasa variable. Cuando se ajusta un flujo de tasa variable en una “tubería” de tasa fija, son introducidos sesgo y fluctuación por las computadoras. Para evitar esto, los buffers son introducidos en las computadoras, y esto causa un incremento significativo en la latencia.
- Una “tubería” de tasa fija tiene una cantidad fija de capacidad y no será utilizada todo el tiempo. Esto es ineficiente.
- Porque hay una conexión de tasa fija entre las computadoras, para comunicarse con otras computadoras tendrá que tener varias conexiones, o una arquitectura de circuito conmutado. Esto impacta significativamente la flexibilidad de el sistema.

Se cree que ATM (y Frame Relay) cumplira estos requerimientos en poco tiempo. Las redes de paquetes de alta velocidad (tal como ATM) tiene grandes ventajas:

- ATM ofrece una conexión de ancho de banda variable a través de la red. Esto significa que (si la conexión de el usuario final es lo suficientemente rápida) la tasa de información inherentemente variable tal como video comprimido, puede ser manejada a la tasa variable. Así, aunque ATM introduce mas latencia de red que la transmisión isócrona, la latencia actual de fin a fin puede ser mucho menor.
- Mientras una red ATM bien construida introducirá algún sesgo y fluctuación en la transmisión, se cree que puede ser minimizada. Se debe notar que la mayoría

de las definiciones de ATM UNI (interfaz red/usuario) bajo consideración utilizan la transferencia de información en la capa física. El propósito de esto es permitir el envío de un reloj de red consistente (vía la sincronización de cuadro) de fin a fin, de esta manera los problemas de underrun, overrun y fluctuaciones son minimizadas.

- Porque la utilización de ancho de banda de ATM es estadístico y basado en la demanda, no se puede gastar la capacidad donde no hay algo para enviar.
- Se pueden tener múltiples conexiones virtuales en operación simultáneamente a la misma computadora sin necesitar asignar una capacidad fija a cada uno. Es un uso de ancho de banda mas eficiente.

### 3.6 PUNTO DE VISTA TEORICO

Las arquitecturas pueden ser mejor entendidas comparando las funciones ejecutadas por los protocolos. ATM requiere que los nodos implementen solamente las funciones de las tres subcapas de la capa física. Otras técnicas de conmutación de paquetes requieren más complejidad, como se muestra en el modelo de arquitectura dado en la figura 3. 6. En general, mientras más alto va en los niveles de la arquitectura, tanto más complejo es el procesamiento en los nodos de tránsito de la red.

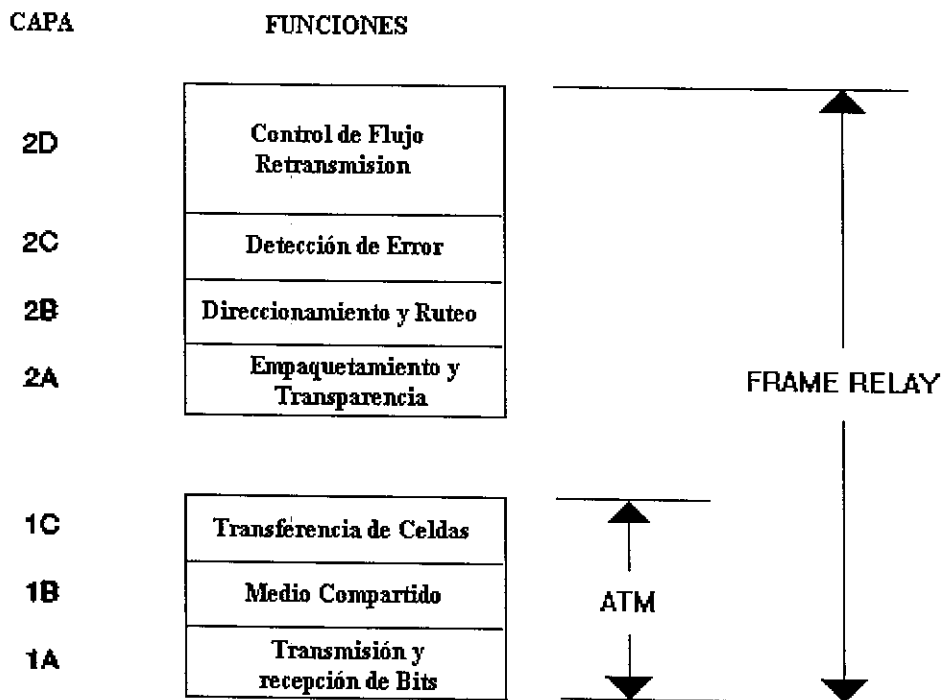


Figura 3. 6. Extensión de protocolos de las técnicas de redes de paquetes.

El grado de complejidad será mejor comprendido si las funciones capa 1 y 2 necesitadas en servicios de paquetes no ATM son divididas en subcapas.

Subcapa 1A: Esta capa adapta a las características del medio, codificación de transmisión, sincronización de bit y tolerancia a fluctuaciones.

Subcapa 1B: Esta es la función MAC cuando varios dispositivos son conectados a un medio compartido, es el control físico (no lógico) de la transmisión de información en el medio compartido.

Subcapa 1C: Esta es la función de transferencia de celdas en ATM.

Subcapa 2A: Este nivel construye el paquete que será trasladado a la capa física. Aquí se le agregan las banderas de paquete y se provee transparencia.

Subcapa 2B: Esta función es responsable de rutear información a los diferentes destinos (eso es la parte de la dirección de el encabezado).

Subcapa 2D: Esta capa maneja la recuperación de error por retransmisión y control de flujo a nivel de la capa de enlace.

Frame Relay requiere las subcapas 1A (opcionalmente la 1B) y las subcapas de la capa 2, 2A, 2B y 2C.

ATM (sin considerar la capa de adaptación de ATM AAL), solamente requiere que la capa física sea implementada en los nodos de red, utiliza los tres subniveles de la capa 1. Con el AAL es equivalente a Frame Relay.

### 3.7 Resumen de las características de las redes de paquetes

La siguiente tabla resume las características de las técnicas de red de paquetes.

	Frame Relay	Cell Relay
<b>Rendimiento (típico)</b>	1,000 a 100,000 Paquetes por segundo	10 a 100 millón de celdas por segundo
<b>Velocidad de acceso</b>	hasta a 2 Mbps	E3 (35 Mbps)
<b>Tamaño de paquetes</b>	Variable	48 + 5 bytes
<b>Hardware típico</b>	Multiprocesador 32 bit, basado en Hardware y Software	Multiboard, high-speed bus sobre LAN, basado en Hardware
<b>Estándard</b>	CCITT I.122, ANSI T1.606, ANSI T1.617, ANSI T1.618	ANSI T1/S1, ATM, IEEE 802.6
<b>Aprobación de estándar</b>	1980	1992 (Frame), 1996 (Servicio)
<b>Administración de ancho de banda</b>	Dependiente de la Red	Control de Tasa de Entrada
<b>Ruteo</b>	No especificado	Intercambio de etiquetas
<b>Detección de error</b>	Completa	Solamente en el encabezado
<b>Acción en error</b>	Descartar el Frame	Descartar la celda si el encabezado es erróneo
<b>Voz en tiempo real</b>	No	Sí
<b>Video de pleno movimiento</b>	No	Sí
<b>Conmutación de llamadas</b>	No Aún	Sí



## 4. DISEÑO DE UNA RED DE HOSPITALES

### 4.1 Problema

Se desea conectar las redes de área local de dos hospitales localizados en edificios separados, para poder transferir imágenes para el diagnóstico de pacientes, tener acceso a las fichas de los pacientes, hacer consultas entre doctores especialistas para un desempeño más rápido de las soluciones a los problemas de salud de los pacientes.

El conectar estos hospitales permitirá grandes beneficios, un paciente podría ver a un doctor en un lugar y luego regresar a otro lugar a ver a otro doctor. Cada doctor debe poder acceder los registros de el paciente, incluyendo la información del doctor que anteriormente visito el paciente.

Cada hospital cuenta con redes de área local Ethernet y cada doctor tiene una computadora en su clínica. El número de nodos de cada hospital oscila entre los 200 a 300 nodos.

En un futuro cercano se planea:

- Incrementar el número de nodos por cada hospital.
- Conectar a la red sus PBXs para poder comunicarse vía telefónica entre los dos hospitales y externamente.
- Utilizar para fines educativos y para el intercambio sencillo de información entre médicos, la transmisión de video conferencias interactivas y video de una vía, y video de pleno movimiento para la transmisión de operaciones simultánea.
- Poder interconectar a la red servidores de imágenes a una velocidad alta para mejorar el rendimiento de acceso a los diferentes exámenes para diagnóstico.

### 4.2 Solución:

La solución mas apropiada para este tipo de requerimientos, tomando en cuenta el crecimiento de la red deseado en un futuro cercano, es la implementación de una red ATM en fases.

PRIMERA FASE:

Implementación de un troncal principal ATM que una todos los nodos de los hospitales.

## SEGUNDA FASE:

La conexión de los servidores de imágenes a el troncal principal por medio de interfaces ATM.

La Conexión de el equipo de PBX y teléfonos de los hospitales a la red, así como de todo el equipo de video de pleno movimiento.

### 4.3 Justificación

Se ha elegido la red de ATM como medio de transporte por las siguientes razones:

- Debido a las características ofrecidas por las redes ATM para transportar tráfico de video, voz e imágenes, descritas en el capítulo anterior.
- Debido a que se desea hacer un intercambio de exámenes de diagnóstico entre los médicos de los dos hospitales, esto incluye las radiografías, tomografías, ultrasonidos, etc. se estará tratando con información crítica debido a la importancia que deben tener estos para que los médicos puedan tener un diagnóstico acertado. Se calcula que tan solo la transferencia de una imagen de rayos X estándar, esta entre los 10 Mbytes de información (ver tabla de requerimientos de ancho de banda). Los doctores al requerir estas imágenes podría ser entre 10 a 100 imágenes al mismo tiempo, y se debe considerar una probabilidad muy alta que hayan mas un doctor requiriendo este tipo de información, y aun es mas, habrán doctores que necesitaran estas imágenes que podrían estar en el otro edificio de la red.
- Debido a que se desea integrar en el futuro un PBX para el acceso telefónico a los hospitales.
- Debido a que habrán transmisiones de video de alta calidad, tanto de una vía como de dos vías.
- Debido a que se desea interconectar a la red los servidores de imágenes en un enlace de alta velocidad.

### 4.4 Características de equipo

Se recomienda utilizar equipo con la capacidad de crecimiento para poder alcanzar los requerimientos futuros de los hospitales, y así no hacer un gasto innecesario a largo plazo, el cual seria mayor que si esta inversión se realizara ahora.

Se recomienda un “conmutador de empresa”, entendienddo por conmutador de empresa a los dispositivos multiservicio que no solamente forman el núcleo de las redes de la

empresa, si no que también puede servir como un único punto de integración para todos los servicios y tecnología actual.

Los conmutadores de empresa soportan la conmutación de LAN, interfaces WAN de redes de paquete como Frame Relay, y mecanismos de adaptación multiservicio, incluyendo emulación de circuito para troncales de PBX para optimizar el uso de las troncales de WAN al permitir el transporte de información/voz.

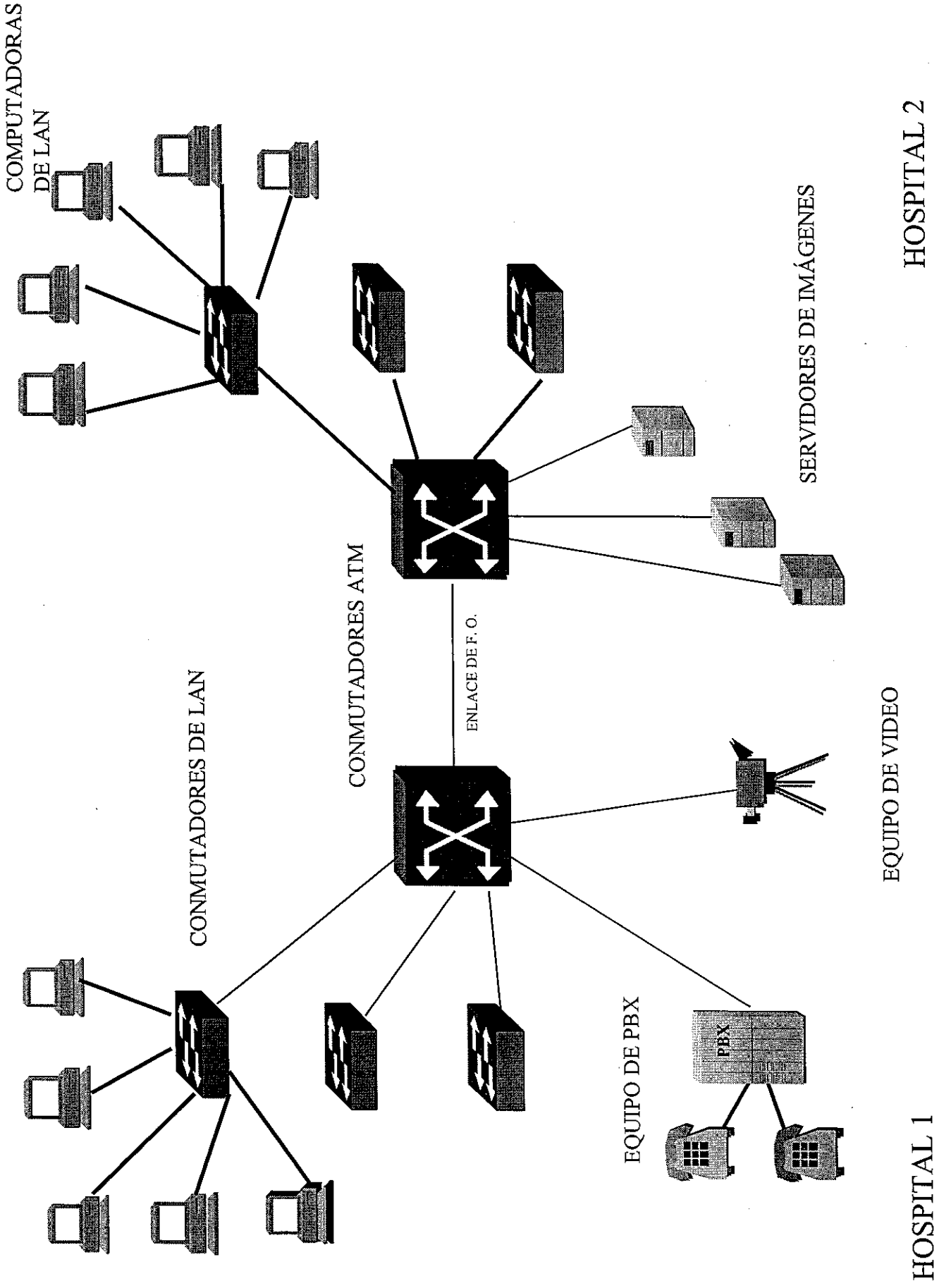
Se recomienda tenga las siguientes interfaces para la fase 1, considerando la capacidad de poder implementar la fase 2 en el mismo conmutador:

- Debido a los requerimientos anteriormente mencionados, se recomienda conectar los dos edificios por medio de fibra óptica, la cual se elegirá entre monomodo y multimodo, dependiendo de la distancia de los dos edificios, para una distancia menor de 2 km. se recomienda utilizar la fibra óptica multimodo, y para una distancia mayor, hasta los 15 km., se recomienda utilizar la fibra óptica monomodo. La troncal principal entre los dos edificios debe tener un ancho de banda mínimo de un STM-1, es decir 155 Mbps. Por lo tanto se deberá contar con una interfaz de conexiones multimodo/monomodo STM-1 (155 Mbps) de dos puertos.
- Interfaces para la conexión de redes Ethernet, estas interfaces deben tener la característica de conmutación, para poder segmentar las redes Ethernet para tener una congestión mínima y así poder ahorrar en costos al necesitarse equipo de conmutación de redes Ethernet en el futuro. Estas interfaces están disponibles en puertos de cable UTP, 10BaseT, o puertos de fibra óptica, 10BaseFL.

Para la fase 2 se recomienda el siguiente equipo, pero esto dependerá de los requerimientos futuros adicionales que puedan surgir:

- Interfaces para la conexión de servicios de Troncal de PBX, estas interfaces deben proveer un acceso de emulación de circuito, el numero de puertos dependerá de el numero de conexiones necesarias.
- Interfaces para acceso a ATM de equipo directamente conectado por medio de tarjetas adaptadoras de ATM, habilitando a los servidores estar conectados a el troncal principal de la red por medio de un enlace de alta velocidad.

Aquí solamente se ha considerado el equipo para la red de transporte que podría ser sugerido al realizarse un proyecto de esta magnitud, dejándose sin considerar el equipo de usuario final por no ser el objetivo de este trabajo.



# CONCLUSIONES

1. Las redes de información tradicional fueron construidas para manejar la información interactiva y la información por bloques, pero no fue construida para manejar tráfico de imágenes, voz ni video.
2. Las redes de alta velocidad están diseñadas para operar sobre enlaces digitales de alta velocidad (preferiblemente ópticos) con tasas muy bajas de error.
3. Frame Relay es una tecnología orientada al transporte de información, entendiéndose por información los datos.
4. ATM es una tecnología orientada al transporte de información, voz y video.
5. Frame Relay es un protocolo de transporte para redes de área amplia (WAN), por ejemplo la conexión de dos redes de área local (LAN) localizadas remotamente.
6. ATM es un protocolo de transporte para redes de área amplia (WAN) y redes de área local (LAN), debido a esto se puede proveer similitud en toda la red y además nos permite darle un mayor ancho de banda a los usuarios o dispositivos que mas lo necesitan.
7. Los protocolos de Red ATM y Frame Relay pueden coexistir en una red, dándonos esto la ventaja de utilizar los recursos ya existentes.
8. Estos dos protocolos de red nos permiten la utilización de infraestructura pública, siendo esta la que provee alguna empresa de telecomunicaciones para ser usada por varias redes, designándole a cada una un ancho de banda disponible.



## RECOMENDACIONES

1. Evaluar los requerimientos de las aplicaciones que se ejecutarán en la infraestructura de red para elegir el protocolo de red apropiado.
2. Al realizar proyectos de red se estará hablando de inversiones grandes, por lo tanto se recomienda visualizar detalladamente el crecimiento que pueda sufrir la red y utilizar equipo que nos permita, en un futuro, poder migrar a una tecnología más avanzada.
3. Se debe tomar en cuenta no solamente la inversión para el equipo de red, sino también, los gastos de operación y mantenimiento, y el entrenamiento del personal de apoyo.
4. Al utilizar estos dos protocolos de red se recomienda hacer un análisis detallado con respecto a la capacidad de ancho de banda de los enlaces, con el fin de revisar la capacidad que se perderá en el encabezado de los paquetes, debido a que algunas veces es más conveniente utilizar otro tipo de protocolos cuando el ancho de banda sea pequeño y sea significativa la carga de encabezado.
5. Al realizar proyectos de red se recomienda evaluar económicamente una infraestructura privada comparándola con la utilización de infraestructura pública, para poder realizar una decisión acertada en este respecto.
6. En la implementación de redes de alta velocidad se recomienda utilizar enlaces de transmisión que cumplan con los estándares establecidos y sean altamente fiables.
7. Se recomienda que se evalúe la idea de la unión de diferentes empresas, con el mismo campo de acción, por medio de redes, para poder brindar un mejor servicio a su clientela.





## BIBLIOGRAFIA

Cabletron, IBM, CISCO, Cascade. Brochures, DataSheets, White Papers.

International Technical Support Organization, International Business Machine, IBM. Asynchronous Transfer Mode (ATM), Technical Overview. Second Edition, October 1994, Softcopy CD-ROM.

International Technical Support Organization, International Business Machine, IBM. IDNX Frame Relay Network Planning and Implementation. Second Edition, December 1995, Softcopy CD-ROM.

Internet Web Site, ATM Forum. Dirección: [www.atmforum.com](http://www.atmforum.com).

Internet Web Site. Frame Relay Forum. Dirección: [www.frforum.com](http://www.frforum.com).

Revista Mensual. Data Communications International, McGraw-Hill. Ediciones: February 1995, June 1996, January 1992, September 1994, June 1995.

Revista Mensual. Telecommunications. Edición: August 1995.

Stallings William. ISDN and broadband ISDN with Frame Relay and ATM. Third Edition (1995), Prentice-Hall.

Uyless Black. Frame Relay Networks, Specifications & Implementations, McGraw-Hill, 1994.

