

**UNIVERSIDAD ESTATAL A DISTANCIA
VICERRECTORÍA ACADÉMICA
ESCUELA DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
CARRERA INFORMÁTICA ADMINISTRATIVA
CÁTEDRA TECNOLOGÍA DE SISTEMAS**



**GUÍA DE ESTUDIO PARA EL CURSO:
TELEMÁTICA Y REDES II
(Código: 3076)**

Juan Carlos Brenes Castro

San José, Costa Rica

2007

Producción Académica y
asesoría pedagógica:

Encargada de Cátedra:
Licda. Karol Castro Chaves

Especialista en contenidos:
Licda. Karol Castro Chaves

TABLA DE CONTENIDO

PRESENTACIÓN	7
DESCRIPCIÓN DEL CURSO	8
OBJETIVO GENERAL	8
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
REQUISITOS DEL CURSO	8
MATERIAL DE APOYO	9
DESGLOSE DE TEMAS.....	9
GUÍA DE LECTURA	10
COMENTARIOS GENERALES	10
EJERCICIOS SUGERIDOS	11
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	11
TEMA 1	
ANTECEDENTES	12
CAPÍTULO II: PROTOCOLOS Y LA ARQUITECTURA TCP / IP	13
SUMARIO.....	13
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	13
OBJETIVOS	13
GUÍA DE LECTURA.....	14
COMENTARIOS GENERALES.....	14
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	18
EJERCICIOS SUGERIDOS	18
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS	18
CAPÍTULO III: TCP E IP	20
SUMARIO.....	20
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	20
OBJETIVOS	20
GUÍA DE LECTURA.....	20
COMENTARIOS GENERALES.....	21
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	24
EJERCICIOS SUGERIDOS	24
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS	24

TEMA 2	
REDES DE ALTA VELOCIDAD	26
CAPÍTULO IV: FRAME RELAY	27
SUMARIO.....	27
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	27
OBJETIVOS	28
GUÍA DE LECTURA.....	28
COMENTARIOS GENERALES.....	28
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	32
EJERCICIOS SUGERIDOS	32
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	33
CAPÍTULO V: MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM)	33
SUMARIO.....	33
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	33
OBJETIVOS	34
GUÍA DE LECTURA.....	34
COMENTARIOS GENERALES.....	34
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	37
EJERCICIOS SUGERIDOS	37
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	38
CAPÍTULO VI: REDES LAN DE ALTA VELOCIDAD.....	38
SUMARIO.....	38
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	38
OBJETIVOS	39
GUÍA DE LECTURA.....	39
COMENTARIOS GENERALES.....	40
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	46
EJERCICIOS SUGERIDOS	46
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	46
TEMA 3	
GESTIÓN DE LA CONGESTIÓN	48
Y DEL TRÁFICO	48
CAPÍTULO X: CONTROL DE CONGESTIÓN EN	49
REDES DE DATOS E INTERREDES.....	49
SUMARIO.....	49
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	49

OBJETIVOS	49
GUÍA DE LECTURA.....	50
COMENTARIOS GENERALES.....	50
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	53
EJERCICIOS SUGERIDOS	53
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	53
CAPÍTULO XII: CONTROL DE TRÁFICO TCP	54
SUMARIO.....	54
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	54
OBJETIVOS	55
GUÍA DE LECTURA.....	55
COMENTARIOS GENERALES.....	55
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	58
EJERCICIOS SUGERIDOS	59
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS	59
CAPÍTULO XIII: CONTROL DE TRÁFICO Y.....	60
CONGESTIÓN EN REDES ATM	60
SUMARIO.....	60
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	60
OBJETIVOS	60
GUÍA DE LECTURA.....	61
COMENTARIOS GENERALES.....	61
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	63
EJERCICIO SUGERIDO	64
RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO SUGERIDO	64
TEMA 4	
CALIDAD DE SERVICIO EN LAS REDES IP.....	65
CAPÍTULO XVII: SERVICIOS INTEGRADOS Y DIFERENCIADOS.....	66
SUMARIO.....	66
PROPÓSITO DEL CAPÍTULO	66
OBJETIVOS	66
GUÍA DE LECTURA.....	67
COMENTARIOS GENERALES.....	67
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	70
EJERCICIOS SUGERIDOS	70
RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS	71

CAPÍTULO XVIII: PROTOCOLOS PARA SOPORTE DE QoS..... 72

- SUMARIO..... 72
- PROPÓSITO DEL CAPÍTULO 72
- OBJETIVOS 73
- GUÍA DE LECTURA..... 73
- COMENTARIOS GENERALES..... 73
- GLOSARIO DE TÉRMINOS..... 76
- EJERCICIOS SUGERIDOS 76
- RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS 76

PRESENTACIÓN

Esta Guía de Estudio está diseñada con la finalidad de orientarlo a lo largo del cuatrimestre. Se le indica claramente los temas y capítulos del libro de texto que debe cubrir, así como la secuencia en la que debe hacerlo. Al final de cada tema encontrará ejercicios sugeridos que le servirán para evaluar su aprendizaje.

El mundo se encuentra unido a través de redes, de tal manera que para tener una reunión con un alto ejecutivo de Japón no es necesario para sus homólogos situados en otros países el trasladarse; mas bien, programado en una agenda electrónica, pueden darse cita y mediante la videoconferencia, es posible llevar a cabo las reuniones requeridas, con un mínimo de costo, y las decisiones importante de la organización pueden tomarse en tiempo real.

Interesa en la época que nos ha tocado vivir, el traslado no solo de datos, sino también de imágenes, sonido, video y voz, por lo que se requiere equipo de telecomunicaciones especializado que ofrezcan un rendimiento aceptable y una adecuada Calidad de Servicio (**Quality of Service**) denominada también por sus siglas QoS.

Y es precisamente donde el curso de Telemática y Redes II viene aclarar aspectos relacionados con una mejor obtención del servicio tanto por su rendimiento como la calidad que es posible programar gracias al equipo de telecomunicaciones especializado.

De tal manera que es factible el distribuir el ancho de banda de la organización para dar una cantidad adecuadas del mismo, cuando se trata de transacciones electrónicas de carácter crítico o en situaciones donde una videollamada puede ser fundamental para tomar una adecuada decisión o definir una acción estratégica.

Reforzará lo estudiado en el curso de Telemática y Redes I, acerca de protocolos y arquitectura TCP/IP; se explicará las redes Frame Relay y el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), las redes de alta velocidad y las Lan inalámbricas; en otros capítulos, aprenderá sobre el control de la congestión y de la gestión del tráfico.

Hasta llegar a los protocolos de QoS (Calidad del Servicio) y el funcionamiento de MPLS, que resulta una excelente solución para obtener altas velocidades y también poder controlar la Calidad del Servicio brindada al usuario final.

DESCRIPCIÓN DEL CURSO

Objetivo general

Formar a los futuros profesionales en Informática, en el área de Telemática, centrándose en el estudio, planificación, diseño, evaluación, administración y gestión de las redes y los servicios de comunicación de datos para las TIC (**T**ecnologías de la **I**nformación y la **C**omunicación).

Objetivos específicos

Al finalizar este curso, usted deberá estar en capacidad de:

- ✓ Reconocer la importancia de la arquitectura de protocolos de comunicación, para una interconexión eficiente de las redes.
- ✓ Examinar en detalle los principales protocolos de Internet, así como los niveles de transporte y el nivel de interred.
- ✓ Describir los conceptos básicos de la tecnología de conmutación de paquetes, en especial sobre las redes Frame Relay.
- ✓ Determinar el funcionamiento de otras redes de alta velocidad.
- ✓ Identificar la naturaleza de la congestión en las redes de datos y los diferentes tipos de técnicas usadas para el control de la congestión y la gestión del tráfico.
- ✓ Determinar el conjunto de mecanismos y protocolos desarrollado para IP, tomando en cuenta su integración y la diferenciación de servicios, para su entera funcionalidad.
- ✓ Analizar diferentes enfoques de los protocolos que respaldan la provisión de calidad de servicios en las interredes.

Requisitos del curso

Este curso está diseñado para una carga académica de tres créditos. Es parte del plan de bachillerato de la carrera de Informática Administrativa y en él se recomienda que el estudiantado deba haber aprobado, como mínimo, el Diploma de dicha carrera.

Material de apoyo

- ✓ Libro de texto: Stallings, William. (2004) Redes e Internet de Alta Velocidad. Rendimiento y Calidad de Servicio. 2^{da} Edición. Editorial Pearson Prentice Hall. Madrid.
- ✓ Esta guía de estudio para el curso.
- ✓ Castro, Karol (2007). La orientación del curso de Telemática y Redes II. EUNED.

Desglose de temas

El presente curso de **Telemática y Redes II** consta de diez temas principales:

- ✚ Protocolos y la arquitectura TCP/IP
- ✚ TCP e IP
- ✚ Frame Relay
- ✚ Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)
- ✚ Redes LAN de alta velocidad
- ✚ Control de congestión en redes de datos e interredes
- ✚ Control de tráfico TCP
- ✚ Control de tráfico y congestión en redes ATM
- ✚ Servicios integrados y diferenciados
- ✚ Protocolos para soporte de QoS.

Para un adecuado aprovechamiento del curso, se escogió utilizar como unidad didáctica un libro de texto que resulta autodidáctico y que motiva al estudiante a continuar con el aprendizaje de los temas señalados.

El libro de texto consta de diez capítulos, cada uno de ellos trata sobre aspectos importantes relacionados con la telemática y redes de computadoras.

En la siguiente tabla se detallan los temas principales, los subtemas correspondientes, el número de capítulo del libro de texto y el número de página del libro donde podrá localizarlos:

Tema	Capítulo del libro	Número de página del libro
Tema 1. Antecedentes		
➤ Protocolos y la arquitectura TCP/IP	2	27-44
➤ TCP e IP	3	47-69
Tema 2. Redes de alta velocidad		
➤ Frame Relay	4	73-89
➤ Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)	5	91-118
➤ Redes LAN de alta velocidad	6	123-155
Tema 3. Gestión de la congestión y del tráfico		
➤ Control de congestión en redes de datos e interredes	10	257-276
➤ Control de tráfico TCP	12	315-357
➤ Control de tráfico y congestión en redes ATM	13	361-403
Tema 4. Calidad de Servicio en las redes IP		
➤ Servicios integrados y diferenciados	17	481-514
➤ Protocolos para soporte de QoS	18	521-551

GUÍA DE LECTURA

En cada capítulo de esta guía de estudio, usted encontrará una sección llamada Guía de Lectura. Esta tiene como finalidad indicarle las páginas respectivas que usted debe estudiar de su libro de texto, para cada capítulo y subcapítulo.

COMENTARIOS GENERALES

Los comentarios generales presentados para cada capítulo en esta guía de estudio brindan contenidos importantes de dicho capítulo, y su ubicación dentro de cada capítulo del libro. Sirven para sintetizar los conceptos transmitidos. De esta manera, usted podrá determinar si requiere repasar o aclarar alguno de los conceptos antes de desarrollar los ejercicios propuestos.

EJERCICIOS SUGERIDOS

Con el propósito de que usted haga una autoevaluación de su comprensión y aprendizaje del capítulo en estudio, esta guía incluye una sección llamada Ejercicios sugeridos, que selecciona algunos de los ejercicios incluidos al final de cada capítulo del libro de texto. Además, en algunos capítulos se incluye un ejemplo adicional al presentado en el libro de texto, así como un ejercicio sugerido para desarrollar en la tutoría correspondiente al capítulo o capítulos de estudio.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

En esta área usted encontrará las soluciones a los ejercicios sugeridos.

TEMA I

ANTECEDENTES

Sumario

- ✚ Capítulo II: Protocolos y la arquitectura TCP/IP
 - ✚ Capítulo III: TCP e IP
-

CAPÍTULO II

PROCOLOS Y LA ARQUITECTURA TCP / IP

Sumario

- ✚ La necesidad de una arquitectura de protocolos
- ✚ La arquitectura de los protocolos TCP/IP
- ✚ El modelo OSI
- ✚ Interconexión de redes

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

El capítulo inicia con la presentación de la arquitectura de **protocolos**, enmarcados dentro de los modelos de referencia respectivos. El modelo de referencia TCP/IP (de facto) y el modelo de referencia OSI (de Jure).

Lo que significa que el modelo TCP/IP se ha hecho "estándar" ya que es la dominante en fascinante mundo de la Internet. Con el modelo OSI no hubo una utilización tan esperada por sus creadores, pero sigue siendo el ideal para el estudio de las redes de computadoras, ya que la arquitectura permite ubicar dispositivos de comunicación y tiene limitada las funciones de soporte que brinda la capa n a la capa n+1.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- Identificar las capas que conforman el modelo de referencia TCP/IP.
- Comprender el funcionamiento de los niveles del modelo de referencia TCP/IP.
- Identificar las capas que conforman el modelo de referencia OSI (Interconexión de Sistemas Abiertos).
- Comprender el funcionamiento de las capas que conforman el modelo de referencia OSI.
- Comprender el término Arquitectura de protocolos y su utilización en el mundo de las telecomunicaciones.
- Entender como se lleva a cabo la interconexión de redes a través del modelo de referencia TCP/IP.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Página
2. Protocolos y la arquitectura TCP/IP	27
2.1. La necesidad de una arquitectura de protocolos	28
2.2. La arquitectura de los protocolos TCP/IP	29-35
2.3. El modelo OSI	36-37
2.4. Interconexión de redes	38-41

COMENTARIOS GENERALES

Una vez que usted haya realizado las lecturas anteriores, analice cuidadosamente los comentarios siguientes, ya que con ellos se pretende enfatizar o ampliar aspectos relacionados con los diferentes temas. Existen varios aspectos importantes que debemos señalar, antes de entrar al desarrollo de algunos aspectos de los subtemas.

Como señala Tanenbaum:

“En el siglo XX, la tecnología clave ha girado alrededor de la obtención, procesamiento y distribución de la información. Entre otros avances, hemos visto la instalación de redes telefónicas mundiales, la invención de la radio y de la televisión, el nacimiento y crecimiento sin precedentes de la industria de las computadoras y el lanzamiento de satélites de comunicación.” Tanenbaum, Andrew S. Redes de Computadores. Cuarta Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México, 2003.

Para que ese procesamiento y distribución de la información sea consecuente con la realidad actual, donde la transmisión de información es la regla en la mayoría de organizaciones y empresas a nivel mundial, es necesario disponer de equipo de comunicación que permitan efectuar la entrega de los **paquetes** o de los **tramas** de una manera oportuna y confiable.

Los protocolos son un conjunto de programas que se encargan de la negociación para el envío y recepción de bits de un extremo a otro, los

protocolos junto con las capas establecen lo que se denomina: Arquitectura de red, de tal manera que las capas que conforman el modelo TCP/IP junto con sus respectivos protocolos, constituyen una Arquitectura de red en particular, al conjunto de protocolos también reciben el nombre de pila de protocolos.

Los protocolos se posicionan en determinadas capas o niveles, estas capas brindan servicio a la capa superior de manera que la **encriptación** y la **desencriptación** fluyan de manera transparente para el usuario, pero en realidad se da una negociación cuando se envían bits entre computadoras ubicadas ya sea a corta o larga distancia.

Importancia de la arquitectura de protocolos

El proceso de enviar información entre computadores, es en sí, una labor compleja, ya que los bits deben ser debidamente colocados en contenedores, hasta que son colocados en el **medio** de transmisión, el medio puede ser guiado o no guiado, por lo que se requiere controlar lo que se está empaquetando, agregar encabezados, incluir solicitud de confirmación de recibido, utilizar bits de paridad para garantizar que el paquete llegó al destino tal y como salió del emisor, entre muchos otros más aspectos,, tales como direccionamiento, etc; asimismo, las funciones inversas que debe realizar el receptor, lo cual sería sumamente complejo si se hiciera en una sola capa.

La arquitectura de protocolos, permite dividir en pequeños problemas, lo que implica enviar un paquete de información de un extremo a otro, y garantizar su entrega, lo cual va a depender del protocolo, ya que por ejemplo el protocolo **UDP** hace el mejor esfuerzo para garantizar la entrega, mientras que protocolo **TCP** al ser orientado a la conexión es confiable.

Stallings indica que las principales características de los protocolos son: Sintaxis, semántica y temporización, en la página 29 del libro de texto puede estudiar las definiciones respectivas.

Los estándares se dividen en: **de facto** ("de hecho") y **de jure** ("por derecho"). Por ejemplo, el modelo referencia OSI es un estándar *de jure*, en tanto que el modelo de referencia TCP/IP es un estándar *de facto*.

Las capas del modelo de referencia TCP/IP

Al tratar de telecomunicaciones tres aspectos van de la mano: aplicaciones (**ftp** para transferencia de archivos, correo electrónico entre otras), computadoras y las redes.

Tanenbaum hace referencia a 4 capas del modelo de referencia TCP/IP; mientras Stallin apunta 5 niveles, los cuales son explicados en las páginas 29 y 30 del libro.

Dentro de las capas indicadas se ubican los protocolos, los cuales se emplean para dar servicio a la capa superior. Es importante que observe la Figura 2.1 en la página 31 del libro de texto, ya que muestra la cabecera tanto del protocolo TCP como el protocolo UDP.

Al ser el protocolo TCP orientado a la **conexión** pueda dar un seguimiento oportuno de las PDU (Unidades de Datos del Protocolo), la cabecera TCP tiene un mínimo de 20 bytes que corresponde a información importante para garantizar la entrega, así como datos importantes para que este pueda ser ensamblada en el lugar de destino, entre muchas otras características.

La cabecera IPv4 es la que se ha empleado por años, es la constituida por cuatro octetos con los cuales es posible manejar direccionamiento de tipo lógico, el cual es fundamental en la capa de red, es la utilizada por los dispositivos de comunicación conocidos como router o encaminadores, IPv4 tendrá soporte hasta el 2011, mientras que en Estados Unidos, se espera que para el 2008 empiece la migración de IPv4 a IPv6.

También conocido como IPng (IP nueva generación), ofrece una solución al problema que casi es imposible de resolver para IPv4, como lo es el de disponer de direcciones de tipo públicas.

Operación de TCP e IP

En la página 33, la Figura 2.3 muestra los conceptos del IP, es importante resaltar que IP se encuentra en los sistemas finales y en los enrutadores, es un retransmisor que garantiza el traslado de bloques de información, mientras que TCP solo está implementado en los sistemas finales y cumple con la función de dar un seguimiento de los datos para garantizar su entrega.

De acuerdo a cada capa, las unidades de datos del protocolo reciben diferentes nombres, para lo cual le invito revisarlo en la Figura 2.4 de la página 34 del libro.

Algunas aplicaciones que se utilizan con TCP/IP

Algunos ejemplos son el Protocolo de Transferencia de Correo Sencillo, el Protocolo de Transferencia de Archivos y el Telnet, para una mayor definición, refiérase a las páginas 35 y 36 del libro de texto.

El modelo de referencia OSI

La ISO desarrolló el modelo de referencia OSI. Aclara Stallings sobre el nombre de ISO que: "ISO no es un acrónimo, la Organización Internacional para la Estandarización (conocida como ISO, del griego "isos", que significa igual), el nombre fue dado con la idea de utilizar un nombre que fuera corto y de carácter universal."

"El OSI es un modelo de arquitectura de protocolos y también marco de referencia para el desarrollo de estándares de protocolos"

A diferencia del modelo TCP/IP, el modelo OSI se compone de siete capas debidamente identificadas tanto en su nombre como en las funciones que lleva a cabo, las capas son:

Aplicación, presentación, sesión, transporte, red, enlace de datos y física, en la página 37, la Figura 2.5 muestra cada capa del modelo de referencia OSI y una amplia aplicación de las labores que realiza cada capa.

Interconexión de redes

Las redes **LAN** y **WAN** no son islas, se interrelacionan con otras redes ya sea de la misma corporación, de la red de proveedores u otras redes de interés tanto a nivel organización así como las de carácter personal.

Cada medio de transmisión así como equipo de comunicación empleado presenta características especiales, las cuales a fin de cuentas, permiten la comunicación entre computadoras. Para ampliar la terminología empleada en las telecomunicaciones, puede estudiar la Tabla 2.1 de la página 39 del libro de texto, la cual amplía aspectos de interés del curso.

Es fundamental que tenga presente las funciones que llevan a cabo los encaminadores (Router), ya que al permitir la interconexión entre subredes no similares, constituye uno de los equipos claves para lograr la comunicación. La página brinda una amplia explicación acerca del funcionamiento y de qué manera resuelve la entrega de paquetes de información.

Un ejemplo es mostrado en la página 40 en la Figura 2.7 sobre la operación del modelo TCP/IP para permitir la comunicación dos hosts (equipos terminales). La Figura 2.8 presenta detalladamente el proceso que se presenta durante "la transferencia de un bloque de datos".

En la Figura 2.9 de la página 42 se indica el comportamiento por parte del encaminador para entregar la información de un extremo a otro.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Arquitectura de red: conjunto de capas y protocolos

Conexión: asociación lógica temporal entre dos entidades en distintos sistemas

Desencriptación: permite eliminar la seguridad con la que se envió una información encriptada, por ejemplo a través del concepto de llave públicas y llave privada.

Encaminadores: dispositivo de capa 3 del modelo OSI, conocidos como routers.

Encriptación: técnica que se emplea para enviar información de tal manera que aunque viaje por un medio inseguro, puede llegar a su destino protegida.

Intranet: interred usada por una misma organización, ofrece las principales aplicaciones de Internet especialmente el servicio Web.

LAN: red de área local, hasta un máximo de extensión de 10 Km.

Medio: puede ser guiado o no guiado, y es el canal que empleado enviar y recibir bits.

Router: equipo de comunicación especializado para la transmisión de paquetes.

WAN: red de área amplia, pueden ser corporativas, gubernamentales, cubre un área de hasta 100 Km.

EJERCICIOS SUGERIDOS

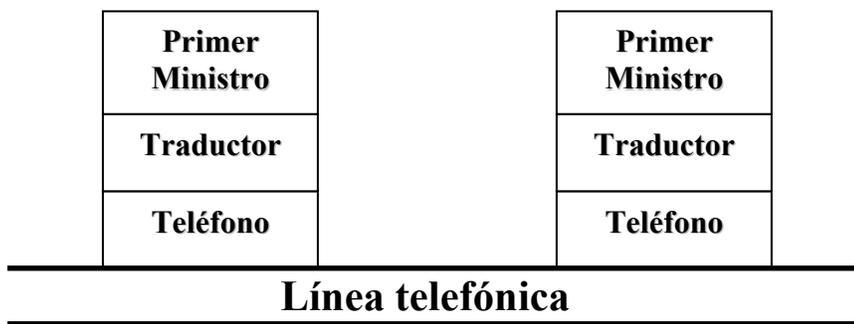
A continuación, se presentan ejercicios que tienen como objetivo evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema. Para el Capítulo 2, en las páginas 44 y 45 del libro, realice los ejercicios 2.1, 2.2a, 2.2.b y 2.4.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS

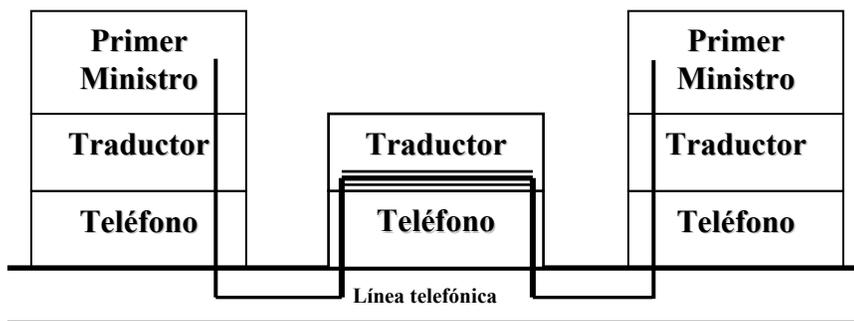
2.1) Los invitados solicitan al anfitrión el tipo de pizza que desean comer. El anfitrión comunica esta orden al dependiente de pedidos, quien manda la orden al cocinero. El sistema de teléfono proporciona el medio físico para colocar la orden (del anfitrión al dependiente de

pedidos). El cocinero entrega la pizza al dependiente de pedidos junto con la solicitud de orden (que actúa como "encabezado" de la pizza). El dependiente de pedidos coloca en una caja la pizza, con la dirección de entrega, el medio de transporte (moto o carro) lleva otras pizzas y orden de entrega respectivos. El camino proporciona la trayectoria física para la entrega.

2.2.a) Los Primeros Ministros hablan como si lo estuvieran haciendo directamente el uno con el otro. Por ejemplo, cuando el P.M. (Primer Ministro) francés habla, él hace sus observaciones directamente al P.M. chino. Sin embargo, el mensaje se pasa realmente a través de dos traductores vía el sistema telefónico. El traductor del P.M. francés traduce esas observaciones a inglés y llama por teléfono al traductor del P.M. chino, que traduce estas observaciones a chino.



2.2.b) Un nodo intermedio sirve para traducir el mensaje antes de pasarlo.



2.4) No existe ningún protocolo que resuelva el problema ya que no hay manera de estar seguro que el mensaje enviado llegó a su destino, excepto a través de una confirmación. Así, el proceso de confirmación continúa para siempre o un ejército tiene que enviar el mensaje y después actuar (efectuar el ataque) con incertidumbre.

CAPÍTULO III

TCP e IP

Sumario

- ✚ El protocolo de control de transmisión (TCP)
- ✚ El protocolo de datagramas de usuario
- ✚ El protocolo IP
- ✚ IPv6

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Algunas características del TCP e IP fueron comentadas brevemente anteriormente, en el presente capítulo se ampliarán los conceptos y se darán aspectos básicos para diferenciar entre IPv4 así como la IPv6.

El autor da énfasis en forma sistemática a los protocolos de Internet de más utilización, así como a las capas de transporte e interred, entre los que destacan TCP y UDP.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá ser capaz de:

- ✚ Identificar las partes importantes que conforman el encabezado del protocolo TCP.
- ✚ Analizar al menos dos indicadores que implementan servicios de TCP.
- ✚ Comprender la operación del protocolo TCP.
- ✚ Comprender el funcionamiento del protocolo UDP.
- ✚ Analizar la mecánica de operación de **IPv4**.
- ✚ Comprender el direccionamiento lógico y las diferentes clases de direcciones pertenecientes a IPv4.
- ✚ Analizar la especificación **IPng** y su operatividad.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Página
3.1 El protocolo de control de transmisión (TCP)	48-50
3.2 El protocolo de datagramas de usuario	50-51
3.3 El protocolo IP	51-60
3.4 IPv6	60-68

COMENTARIOS GENERALES

En 1981 se definió la versión TCP pero a lo largo de los años “se han añadido mejoras y especificaciones de implementación”. TCP e IP constituyen, sin lugar a dudas, el dúo dinámico sin el cual Internet no existiría, al menos de la manera que la conocemos, el que durante tiempo se haya convertido en un estándar internacional de Internet, forman parte de su carta de recomendación.

El protocolo de control de transmisión (TCP)

Los campos que conforman el encabezado del protocolo TCP son explicados en las páginas 48 y 49 del libro. Uno de los campos es el Número de Secuencia, y lo que hace es enumerar los segmentos para que sean armados en el host destino en el respectivo orden impuesto por el número de secuencia.

No debe confundirlo con el Número de Confirmación, ya que este solo emite una afirmación en caso de que el segmento negociado haya llegado al destino (es el receptor quien le manda a decir al emisor: “Ok, ya me llegó el paquete; ¡puede enviar el siguiente!”)

Entre los indicadores el PUSH y URGENTE activan dos servicios del TCP. Push consiste en la entrega inmediata de los datos al destino (ya que hay una demora para enviar cierta cantidad de segmentos o paquetes), ya que aunque TCP lo controla ese valor puede ser alterado por el usuario. Para el usuario TCP destino se puede enviar un URG (urgente) para indicar que hay datos críticos en espera de ser enviados, en éste caso es el receptor quien toma la decisión de la acción.

El protocolo de datagrama de usuario (UDP)

A nivel de transporte también se encuentra el protocolo UDP, también forma parte de la arquitectura de protocolos TCP/IP. El UDP brinda a las aplicaciones un servicio no orientado a la conexión, lo que lo hace no

confiable. No ofrece protección ni mecanismo de control, lo que lo hace rápido y “puede ser apropiado para numerosos casos”. En la página 51 puede estudiar algunos ejemplos donde si es deseable un servicio no orientado a la conexión.

De acuerdo a la necesidad en el envío de datos puede ser necesaria una establecer y mantener una negociación orientada a la conexión; sin embargo, ciertos casos requieren el uso de UDP, lo cual lo constituye un protocolo importante de la pila TCP/IP.

El protocolo IP

Mientras que llega la IPv6 estudiaremos la **IPv4**, la cual aún es vigente en nuestro días, las páginas 51 - 53 del libro explican ampliamente los campos que componen el formato de datagrama IP.

La fragmentación y reensamblado, consiste en la división de los paquetes desde el origen, para ser transmitidos por la interred, hasta que alcancen el destino, lugar donde se empezarán a reensamblar. En la página 55 la Figura 3.2 se muestra un ejemplo de fragmentación; puede apreciar que el datagrama original fue dividido para ser transmitido. Además, a través de temporizadores se controla la supervivencia de los fragmentos de información que llegan al destino.

Direccionamiento IP

Cada tarjeta de red o **NIC** contiene grabada una dirección física conocida como Mac Address, esa dirección es única en el mundo. La combinación entre la dirección física y la dirección lógica (la dirección IP), identifica de forma única un host ya sea en una red e incluso en Internet.

Las clases principales de redes son: Clase A, Clase B y Clase C. Las direcciones IP son expresadas en notación decimal, aunque para otros efectos son expresadas en forma decimal para hacer cálculos a nivel de bits. La Figura 3.3 de la página 56 muestra el formato de las direcciones.

Entre los campos que conforman el datagrama IP se encuentra el ToS (Type of Service), el cual es importante, ya que orienta a un aspecto relevante en el presente curso como brindar tipos de servicio de acuerdo a la necesidad del sistema origen. Por ejemplo, la selección de ruta, ya que si se requiriera trasladar datos entre computadoras, datagramas con retardo minimizado, el encaminador debería buscar la mejor ruta para cumplir con el requerimiento.

Estudie la Tabla 3.1 en la página 58 del libro que indica los valores recomendados para el campo Tipo de Servicio.

El campo opciones

Permite adjuntar una etiqueta de seguridad y otros aspectos relacionados con el tráfico de la información.

IPv6

La solución a muchos problemas además de mejoras funcionales, eso y más promete ser IPng, entre las ventajas se encuentra la de brindar un adecuado soporte a las altas velocidades que se han alcanzado en los últimos años, y también para fortalecer el transporte de tráfico normal como vídeo, voz, datos e imágenes, así como a otros diferentes flujos de datos. Pero la razón principal del nacimiento es para abastecer de una vez y para rato la necesidad de direcciones IP, ya que IPv4 maneja direcciones de 32 bits (4 octetos) mientras que IPv6 manejará hasta 128 bits.

La unidad de datos de IPv6 así como la respectiva explicación son presentadas en las páginas 60 – 62 del libro de texto.

La cabecera IPv6 es explicada ampliamente entre las páginas 61 – 64 del libro de texto; la Figura 3.4 muestra gráficamente las cabeceras de extensión de un paquete IPv6. La clase de tráfico brinda soporte a servicios diferenciados.

Un flujo es definido en Ipv6 como “una secuencia de paquetes enviados desde un origen concreto a un destino concreto”, la identificación se hace mediante la combinación de “una dirección origen, dirección destino y no etiqueta de flujo no nula”.

El encaminador (router) “visualiza” un flujo como: “una secuencia de paquetes que comparten atributos que afectan la gestión de dichos paquetes en el encaminador”. Para una mejor comprensión de las reglas que se aplican en la Etiqueta de Flujo, estudie la página 64 del libro.

Direcciones IPv6

Los tres tipos de direcciones, son explicadas en la página 65 del libro de texto:

- unienvío (unicast)
- envío a cualquiera (anycast)
- multienvío (multicast)

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Encaminador: (Router) dispositivo de capa 3 del modelo de referencia OSI

Flujo: secuencia de paquetes enviados desde un origen concreto a un destino concreto

IPv4: protocolo de Internet versión 4

IPv6: protocolo de Internet versión 6

Ipng: IP nueva generación

NIC: tarjeta de Interfaz de Red

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación, se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar todos y cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 3, de las páginas 69 - 70 del libro, haga los ejercicios 3.1, 3.2, 3.5 y 3.11

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS

3.1) Un solo canal del control implica una sola entidad de control que pueda manejar todos los recursos asociados a las conexiones a una estación alejada particular. Esto puede permitir mecanismos más de gran alcance del control de recurso.

Por otra parte, esta estrategia requiere un número substancial de las conexiones permanentes, que pueden conducir a desbordamientos de los encaminadores intermediarios o problemas con las tablas de estado.

3.2) UDP (Protocolo de Datagrama de Usuario) Proporciona las direcciones del puerto del origen y destino y una suma de comprobación para proteger el campo de los datos. Estas funciones no serían realizadas normalmente por protocolos sobre la capa de transporte. Así, el UDP proporciona un útil, aunque limitado, servicio.

3.5) El encabezado tiene un mínimo de 20 octetos, la cual contiene información importante esa sobrecarga no puede alterarse.

3.11) Los datos (1500 bits) más el encabezado del transporte (160 bits) más el encabezado del interred (160 bits) totalizan 1820 bits. Estos datos se entregan en una secuencia de los paquetes, cada uno de los cuales contiene 24 bits de cabecera (encabezado) de la red y hasta 776 bits de los encabezados o de los datos de las capas superiores. Como son necesarios tres paquetes de la red, el total de bits entregados = $1820 + 3 \times 24 = 1892$ bits.

TEMA II

REDES DE ALTA VELOCIDAD

Sumario

- ✚ Capítulo IV: Frame Relay
- ✚ Capítulo V: Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)
- ✚ Capítulo VI: Redes LAN de alta velocidad

CAPÍTULO IV

FRAME RELAY

Sumario

- ✚ Redes de conmutación de paquetes
- ✚ Redes Frame Relay

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

En sus albores Ethernet ofrecía una velocidad de 3 **Mbps**, los avances que se presentaron para el área comercial iniciaban con StarNet que operaba a 1 Mbps (bastante bueno para esa época donde lo que se transmitía era solo texto), e incluso hablar de WAN conectadas a 56 **kbps** era una velocidad aceptable.

El aumento exponencial del poder computacional (sumado a aplicaciones de características gráficas que incursionan en la multimedia) ha sido el factor determinante para que se diseñaran redes de mejores y mayores capacidades. No solo se atiende el tráfico personal sino que también las grandes corporaciones, instituciones, empresas, etc., trasladan gran cantidad de información con diferentes contenidos, lo que hizo necesario ofrecer soluciones óptimas a los diversos clientes que usan las redes.

El Tema 2 se compone de los Capítulos 4, 5 y 6, donde el autor Stallings aborda tres redes de alta velocidad, Frame Relay, encabeza la lista, seguida de ATM, para luego enfocarse en las redes LAN de alta velocidad.

La conmutación de paquetes, marca un cambio radical en las redes de telecomunicaciones, esa tecnología está aún vigente y es la empleada tanto para redes Frame Relay, ATM e Internet.

La traducción de Frame Relay es: retransmisión de tramas, lo que significa que opera en la capa 2 del modelo de referencia OSI, ya que el **PDU** (Unidad de Datos del Protocolo), recibe el nombre de trama en la capa 2 del modelo citado.

El X.25 es un estándar que fue el antecesor de Frame Relay, éste último emplea de una mejor manera la conmutación de paquetes.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender las redes de conmutación de paquetes.
- ✚ analizar e identificar las diferentes técnicas de conmutación.
- ✚ explicar la Arquitectura Frame Relay.
- ✚ comprender la transferencia de datos de usuario.
- ✚ describir el control de llamadas que utiliza Frame Relay.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
4.1 Redes de conmutación de paquetes.	74 - 83
4.2 Redes Frame Relay.	83 - 88

COMENTARIOS GENERALES

Temas importantes por considerar sobre las redes de conmutación de paquetes, serán tratados adecuadamente, es fundamental que usted haga las lecturas del material indicado a efecto de fortalecer el material que se repasa en la presente guía de estudio.

El estudio de aspectos fundamentales, serán la base sobre lo que se desarrollará el presente capítulo, por lo que se hará un refrescamiento acerca de términos empleados en las redes de datos.

Redes de conmutación de paquetes

Las comunicaciones digitales de datos a larga distancia dan origen a la conmutación de paquetes, así que como afirmar Stallings, las tecnologías ATM y Frame Relay son variaciones mejoradas de la conmutación de paquetes.

El concepto costo-beneficio es crucial en las redes de conmutación de paquetes, ya que entre los beneficios se tienen (flexibilidad, compartición de recursos, agilidad de respuesta), implica un costo. Para una mejor comprensión estudie las páginas 74 y 75 del libro de texto.

Conmutación de circuitos

La red de telecomunicaciones de larga distancia fue creada teniendo en mente solamente la transmisión de voz, era necesario un operador que efectuará manualmente la respectiva conmutación, cuando un cliente necesitaba comunicarse con otro.

En la conmutación de circuitos cuando se establece una conversación todos los recursos de la red se dedican a brindar ese servicio, lo cual acarrea problemas cuando se trata de conectar dos computadoras. Esto porque hay momentos en la que la línea permanece desocupada (la mayor parte del tiempo), además de manejar una velocidad de transmisión constante, lo cual no permite la negociación en el envío de la información cuando se trata de computadoras que funcionan a diferentes velocidades.

Por lo anterior, y muchos otros aspectos más, la conmutación de paquetes tiene sus grandes ventajas sobre la conmutación de circuitos.

La Figura 4.1 de la página 75 del libro de texto muestra un ejemplo donde se utiliza la red de conmutación de paquetes, la lectura indica sobre la carga extra que se añade a los paquetes o tramas (depende de la ubicación en el modelo de referencia). A los PDU se les suministra un poco más de información para garantizar la entrega entre hosts; por eso, la Figura 4.2 amplía aún más lo referente a la conmutación.

Para reforzar aún más en forma gráfica la Figura 4.3 presenta una red sencilla, en la nube (cloud) se representan tanto los equipos de comunicación (encaminadores) así como las líneas de transmisión que forman parte de la subred de comunicación.

Para un contraste entre ventajas y desventajas en donde se confrontan tanto la conmutación de circuitos versus la conmutación de paquetes, diríjase a las páginas 77 y 78 del libro, donde se hace un análisis de los dos tipos de conmutaciones.

Técnicas de conmutación

El flujo de datos son encaminados a través de una red a través de dos técnicas: datagrama y circuito virtual, los cuales son explicados debidamente en la Figura 4.2 de la página 76 del libro de texto para el enfoque de datagramas, mientras que para el enfoque de circuito virtual. Puede estudiarlo en la Figura 4.4. de la página 79.

Como señala Stallings: "Debido a que la ruta es fija mientras se mantiene una conexión lógica", esa técnica es de alguna manera similar a un circuito en las redes de conmutación de circuitos, por lo que es denominada **circuito virtual**. Aquí la principal característica es que la ruta entre hosts se negocia y establece antes de la transmisión de datos.

Las ventajas de la técnica de circuito virtual así como la del enfoque de datagramas, son comentadas en la página 80, por lo que se le recomienda estudiar esos puntos para ampliar sus conocimientos.

Encaminamiento

En las redes de conmutación de paquetes es fundamental la manera en que se lleva a cabo el control de la congestión así como el enrutamiento de los paquetes en la red.

Los enrutamientos (encaminamientos) son generalmente de naturaleza adaptativas lo que significa que de acuerdo al entorno se toman acciones para llevar a cabo la entrega de los paquetes de la mejor manera posible, ese entorno puede verse afectado por:

1. caídas (fallos) de algún nodo de comunicación el cual se encuentra entre la ruta del host origen y host destino.
2. congestión. que se presenta por una gran cantidad de tránsito de información por una red; por lo que debe controlarse los paquetes que se envían de tal manera que eludan o bordeen la red que se encuentra congestionada.

Esa adaptabilidad es posible conseguirla mediante de la negociación entre encaminadores (intercambio de tablas actualizadas donde se conocen los vecinos), a fin de determinar la ruta para llegar de un extremo a otro.

X.25

Fue la primera red de datos pública, es una red orientada a la conexión, sus funcionalidades se dividen en: nivel físico, nivel de enlace y nivel de paquetes, los mismos son explicados en la página 81 del libro de texto. En la Figura 4.5 de la página 82 se presenta un ejemplo del empleo de circuitos virtuales así como la operación de la red de conmutación de paquetes. Al ser X.25 una tecnología que se emplea poco avanzaremos a las tecnologías de mayor importancia en el área de las telecomunicaciones.

Redes Frame Relay

La tecnología emergente ha mejorado notablemente. Al ser uso de "enlaces de comunicación fiables" como lo cita Stallings, resuelve uno de los problemas con los que trataba X.25 lo cual producía una sobrecarga y ralentizaba los tiempos de respuesta.

Frame Relay fue diseñado para solventar los problemas que debía atender su predecesor (X.25), entre los aspectos importantes Stallings señala:

- señalización de control de llamada independiente de los datos
- multiplexación y conmutación de conexiones lógicas (se llevan a cabo en la capa 2) y al no tener que llegar hasta la capa 3, lo vuelve más rápido.
- no maneja control de errores ni de flujo, lo que beneficia la velocidad (aunque el control puede ser manejado por las capas superiores).

Contraste entre X.25 y Frame Relay

X.25		Frame Relay
Establecimiento de circuito Control de circuito Control de flujo de circuito Direccionamiento	Red	
Control de enlace Creación de tramas Control de errores Control de flujo de enlaces Fiabilidad	Enlace	Direccionamiento Creación de tramas Gestión de interfaces
Conexión Física	Físico	Conexión Física

La desventaja principal de Frame Relay es no manejar el control de flujos ni de errores; sin embargo al contar con líneas de transmisión altamente confiables como fibra óptica, se obtiene un mejor rendimiento al no tener que sobrecargar las tramas con información extra.

Arquitectura de Frame Relay

Recuerde que la arquitectura es el conjunto de capas y de protocolos, por lo que en el apartado de la página 84 del libro de texto, se trata sobre la operatividad y funcionalidad de las capas de Frame Relay las cuales son comparadas con X.25, adicionalmente en la figura 4.7 (c) se muestra la conmutación de tramas.

La Figura 4.8, ubicada en la página 85 del libro de texto, muestra una comparación entre circuitos virtuales a través de la conmutación de paquetes y las conexiones virtuales Frame Relay, le recomiendo lo estudie ya que viene a ampliar el funcionamiento de la tecnología en estudio

En las páginas 86 y 87 del libro de texto, Stallings explica la transferencia de datos de usuario, así como el control de llamadas en Frame Relay.

Explica el funcionamiento de las **primitivas** Setup, connect, release y release complete, a efecto de indicar la operación en el establecimiento y liberación de una conexión lógica, en la página 88 puede ampliar lo comentado.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Circuito local: conexiones lógicas entre dos estaciones a través de la red.

Kbps: miles de bits por segundo; corresponde a 10^3 .

Mbps: millones de bits por segundo; corresponde a 10^6 .

PDU: nombre genérico de un bloque de datos intercambiado a cualquier nivel de un protocolo.

Primitivas: comandos básicos de un sistema o lenguaje.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 4 de las páginas 89 y 90, haga los ejercicios 4.1, 4.6 y 4.7.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

4.1) El argumento ignora la sobrecarga de la configuración para la inicialización del circuito y la desconexión del circuito.

4.6) Sí. Los errores se atrapan en la capa de enlace, pero ésta atrapa solamente errores de transmisión. Si un nodo de conmutación de paquetes falla o corrompe un paquete, el paquete no será entregado correctamente. Un protocolo de capa superior extremo a extremo, como TCP, debe proporcionar confiabilidad extremo a extremo.

4.7) La colisión de paquetes de reinicio es como una colisión limpia. Puesto que ambos lados saben que el otro desea reiniciar el circuito, proceden a reiniciar sus variables.

CAPÍTULO V

MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA (ATM)

Sumario

- ✚ Arquitectura del protocolo ATM
- ✚ Conexiones lógicas ATM
- ✚ Celdas ATM
- ✚ Clases de servicio ATM
- ✚ Capa de adaptación ATM (AAL)

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

ATM es una tecnología que ocupa un lugar importante en las redes WAN. ATM es una tecnología orientada a la conexión, la transmisión es asíncrona. En el presente capítulo estudiará la arquitectura de protocolos ATM, así como la forma en que ATM establece conexiones lógicas, el estudio estaría incompleto sin el respectivo análisis de las celdas de 53 bytes que utiliza ATM.

Ofrece diferentes tipos de servicio los cuales, son explicados en el libro de texto, también hace énfasis en el Nivel de Adaptación de ATM (AAL), "el cual realiza la correspondencia entre los protocolos" de las capas superiores del modelo de referencia ATM.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ Comprender e identificar la arquitectura de protocolos ATM.
- ✚ Comprender el funcionamiento de las conexiones lógicas ATM.
- ✚ Describir las características de los caminos y los canales virtuales.

- ✚ Analizar las partes que conforman las celdas ATM.
- ✚ Comprender las clases de servicio que brinda ATM.
- ✚ Explicar el funcionamiento y características de la capa de adaptación ATM (AAL).

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
5.1. Arquitectura del protocolo ATM	92 - 94
5.2. Conexiones lógicas ATM	94 - 98
5.3. Celdas ATM	98 - 103
5.4. Clases de servicio ATM	104 - 107
5.5. Capa de adaptación ATM (AAL)	107 - 117

COMENTARIOS GENERALES

ATM se compara con la tecnología Frame Relay, ya que hace uso de las instalaciones digitales actuales con el fin de brindar una conmutación de paquetes de mayor velocidad que X.25 e incluso Frame Relay.

ATM es producto de un trabajo de expertos que diseñaron un **RDSI** de banda ancha, lo interesante es que actualmente no se utiliza en ambientes RDSI, más bien se emplea en entornos que requieren de altas velocidades de transmisión.

Arquitectura del protocolo ATM

ATM efectúa la transferencia de datos en tamaños pequeños, también permite múltiples conexiones lógicas sobre una interfaz física, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo llamado celdas.

Los niveles de la arquitectura de protocolo relacionados con las funciones ATM, son dos: 1) para el nivel ATM es común a todos los servicios que brindan transmisión de paquetes. 2) AAL que depende del servicio.

El modelo de referencia ATM se conforma de:

- a) plano de usuario
- b) plano de control
- c) plano de gestión

Para una explicación de lo que hace cada uno, lea la página 94 del libro de texto.

Conexiones lógicas de ATM

También llamadas conexiones de canal virtual (VCC), es comparable a una conexión de enlace de datos de Frame Relay. El VCC es "la unidad básica de conmutación en una red ATM". Existe además el término de Conexión de Camino Virtual (VPC), la Figura 5.2 de la página 94 muestra la relación entre conexiones ATM: canales virtuales, camino virtual y camino de transmisión. En las páginas 94 y 95 se enumeran las ventajas de los caminos virtuales.

El establecimiento de llamada utilizando caminos virtuales es presentado en la Figura 5.3 (página 95), también se le recomienda que estudie la terminología que se encuentra en la tabla 5.1 de la página 96, ya que muestra la definición de los términos más empleados en ATM.

Celdas ATM

Están conformadas por 5 bytes de cabecera y un campo de información de 48 bytes, lo cual sumado brinda el tamaño fijo con el que se manejan las celdas ATM, el cual es de 53 octetos. Al ser pequeñas las celdas, existe una ganancia reflejada en la disminución del retardo de la cola para celdas de alta prioridad.

El formato aparece en la Figura 5.4 de la página 99, material que se debe estudiar para ampliar sus conocimientos sobre las partes que conforman las celdas ATM.

El control de flujo genérico así como el de errores de cabecera son explicados entre las páginas 100 y 102, incluso mediante figuras son clarificados aspectos relacionados con la operación el algoritmo de control de errores de cabecera (HEC).

Clases de servicio ATM

La causa principal de la red ATM es la transmitir al mismo tiempo diferentes flujos de tráfico, tales como voz, vídeo y tráfico TC a ráfagas, en tiempo real. Dependiendo del tipo de tráfico, se hará la diferencia para el traslado de celdas, por ejemplo, con el tráfico de vídeo en tiempo real la transmisión debe ser con el mínimo de retardo posible.

El foro ATM establece las clases de servicio: 1) de tiempo real. 2) de no tiempo real, para una explicación de cada clase, estudie desde las páginas 104 hasta la 107 del libro de texto.

Capa de adaptación ATM (AAL)

Para los casos de protocolos de transferencia de información, no basados en ATM, existe la capa de adaptación ATM, por ejemplo los protocolos: PCM (Modulación por Código de Pulsos) e IP, donde es necesario realizar una transformación entre datagramas IP y celdas ATM.

Servicios ofrecidos por AAL

En la página 107, el autor Stallings menciona ejemplos generales de servicios ofrecidos por AAL:

- gestión de errores de transmisión.
- segmentación y ensamblado para permitir la transmisión de bloques de datos mayores en el campo de información de las celdas ATM.
- gestión de condiciones de pérdidas de celdas y de celdas mal insertadas.
- control de flujo y temporización.

Existen cuatro clases de servicios que cumplen con varios requisitos, la idea es simplificar la cantidad de protocolos que pueden emplearse en AAL. Para esa determinación de servicios los parámetros que se tomaron en cuenta son: si debe mantenerse una relación de temporización (tiempo controlado por reloj) entre el receptor y el transmisor.

Además, se considera si la velocidad es constante como necesidad de la aplicación, así como si la transferencia es o no orientada a la conexión.

La página 108 del libro muestra la Tabla 5.4 además de una explicación amplia de los tipos de aplicaciones que soportan en conjunto AAL y ATM, se recomienda su lectura y estudio.

Protocolos AAL

La capa AAL se divide en dos subcapas lógicas:

- 1) convergencia (CS),
- 2) segmentación y agrupación o ensamblado (SAR).

Los usuarios AAL se conectan al nivel AAL por un SAP (Punto de acceso al servicio), el cual es la dirección de la aplicación.

En la página 109, la Figura 5.9 representa la arquitectura de protocolos tanto para ATM como para AAL, observe la división indicada anteriormente entre CS y SAR.

Existen cinco tipos de protocolos AAL los cuales se encuentran ampliamente explicados en la página 110, Tabla 5.5. Entre las páginas 111 y 117 se amplia lo que hace cada tipo.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AAL: Capa de Adaptación ATM

HEC: Control de errores de cabecera.

PCM: Modulación por Código de Pulsos

RDSI: Red Digital de Servicios Integrados.

Temporización: tiempo controlado por reloj.

VCC: Unidad básica de conmutación en una red ATM.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 5 de la página 120 i, haga el ejercicio 5.7a.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

5.7a) Si llega el BOM (Comienzo del Mensaje) del segundo bloque antes que el EOM (Final del Mensaje) del primer bloque, entonces el primer bloque reensamblado parcialmente puede ser liberado. El CPCS-PDU (Subnivel de convergencia parte Común – Unidad de Datos del Protocolo) parcialmente reensamblado recibido en este punto es considerado válido y se pasa al usuario de AAL (Capa de Adaptación de ATM) junto con una indicación de error. Este mecanismo se aplica cuando se pierde el EOM o cuando una explosión de la célula daña algún COM (Continuación de Mensaje) seguido por el EOM.

CAPÍTULO VI

REDES LAN DE ALTA VELOCIDAD

Sumario

- ✚ La aparición de las LAN de alta velocidad
- ✚ Ethernet
- ✚ Canal de fibra (Fibre Channel)
- ✚ LAN inalámbricas

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Es importante tener no solamente redes confiables, es fundamental el disponer de tiempos de respuestas cortos para atender solicitudes de carácter crítico, por lo que la alta velocidad en redes LAN no son un lujo, son una necesidad vital en muchas organizaciones y corporaciones. Las aplicaciones actuales incluyen capacidades multimediales, lo que en parte justifica por el disponer de más altas velocidades.

En esa panorámica, Ethernet luce como una muy atractiva solución. Los sabores tales como Fast Ethernet y Gigabit Ethernet son soluciones robustas y altamente confiables por su permanencia en el mercado de las telecomunicaciones.

El presente capítulo también estudian Fibre Channel, la cual el autor Stallings define como: “una tecnología de red de conmutación que se utiliza ampliamente en las redes de Área de Almacenamiento (SAN)”; también se analizan las LAN inalámbricas (estándar IEEE 802.11).

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender las soluciones que brindan las redes LAN de alta velocidad.
- ✚ analizar y explicar la evolución del Ethernet y la forma en que sus mejoras inciden en las prestaciones de servicios.
- ✚ comprender la arquitectura de protocolos del canal de fibra.
- ✚ analizar el funcionamiento del medio físico y la topología del canal de fibra.
- ✚ analizar y explicar el funcionamiento y características de las redes LAN inalámbricas.
- ✚ comprender la arquitectura IEEE 802.11.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
6.1. La aparición de las LAN de alta velocidad	125
6.2. Ethernet	126 -142
6.3. Canal de fibra (fibre channel)	142 – 147
6.4. LAN inalámbricas	147 - 154

COMENTARIOS GENERALES

En las redes de telecomunicaciones lo único permanente es el cambio, las necesidades tienen una mecánica dinámica por lo que es fundamental que la tecnología cambie para adaptarse y brindar soluciones que sean robustas (confiables y seguras).

Entre las tecnologías comerciales de mejor desempeño se encuentran:

- a) Fast Ethernet y Gigabit Ethernet, las que buscan dar continuidad a la inversión que muchas organizaciones y corporaciones habían hecho, cuando adquirieron los predecesores de las citadas tecnologías.
- b) canal de fibra (fibre channel), ofrece altas velocidades con plan fácil de implementar y lo que lo vuelve atractivo es su bajo costo.
- c) LAN inalámbricas de alta velocidad, ya que tanto la tecnología LAN y los estándares convergen al mismo tiempo, lo que permite hacer uso de esos beneficios.

En la página 124, la Tabla 6.1 presenta un resumen con las principales características de las LAN de alta velocidad; se incluye el nombre de la tecnología, así como velocidad, medio de transmisión, método de acceso y el estándar que soporta, por lo que es un buen resumen de lo que se estudiará en el resto del capítulo seis.

Aparición de las LAN de alta velocidad

La justificación acerca de la aparición es fundamentalmente la demanda que existen en las oficinas actuales, de tal manera que una Ethernet conmutada que operaba a 10 Mbps. Es un verdadero cuello de botella, lo cual afecta seriamente el rendimiento ante situaciones en las que se requieren tiempos de respuesta óptimos, para llevar a cabo el procesamiento de aplicaciones que cada vez son más pesadas (ya que hacen uso de multimedia e incluyen vídeo, voz, animaciones, etc.).

Ante la demanda (servidores centralizados, archivos de datos masivos), además de que los computadores de escritorio y las estaciones de trabajo son cada vez más poderosos. La oferta debe satisfacer esas necesidades brindando soluciones robustas.

Ethernet

La Corporación Xerox desarrolló Ethernet. Inicialmente, esa tecnología operaba a 10 Mbps; la topología que utiliza es bus y emplea el protocolo **CSMA/CD**. Las redes han sido estandarizadas por el IEEE; entre las

redes de área local que todavía destacan se encuentran IEEE 802.3 (Ethernet) y la IEEE 802.5 (*token ring*).

Existen dos especificaciones diferentes para un mismo tipo de red, Ethernet y IEEE 802.3. Ambas son redes de **broadcast** (difusión), lo que significa que cada máquina puede ver todas las tramas, aunque no sea su destino final. Cada máquina examina cada trama que circula por la red para determinar si está destinada a ella. De ser así, la trama pasa a las capas superiores para su adecuado procesamiento. En caso contrario, la trama es ignorada.

Ethernet proporciona servicios correspondientes a las capas: física y enlace de datos del modelo de referencia OSI, mientras que IEEE 802.3 especifica la capa física y la porción de acceso al canal de la capa de enlace de datos, pero no define ningún protocolo de Control de Enlace Lógico.

Las estaciones se conectan al medio a través del punto de conexión (tap). Opera mediante la técnica **full-duplex** (permite transmitir y recibir por el mismo medio). La Figura 6.1 de la página 127 explica la forma en la que se lleva a cabo la transmisión de tramas en una LAN.

CSMA/CD

Antes de transmitir en CSMA/CD, debe haber garantía de que el medio se encuentra libre, lo que significa que no hay bits desplazándose en el medio de transmisión. Por lo tanto, primero debe escuchar; en caso de que haya silencio, entonces trasmite; de lo contrario, se espera un tiempo aleatorio para reintentar transmitir.

Ethernet es una tecnología de **broadcast** de medios compartidos. El método de acceso CSMA/CD que se usa en Ethernet ejecuta tres funciones:

- transmitir y recibir paquetes de datos.
- decodificar paquetes de datos y verificar que las direcciones sean válidas, antes de transferirlos a las capas superiores del modelo OSI.
- detectar errores dentro de los paquetes de datos o en la red.

La página 127 del libro amplía los contenidos indicados en los puntos anteriores; también en la Figura 6.2 de la página 128, el autor representa gráficamente la situación en el bus de transmisión durante cuatro instantes sucesivos.

Tanto Ethernet como IEEE 802.3, se implementan mediante la tarjeta de red o por medio de circuitos en una placa dentro del **host**.

En Ethernet se maneja el concepto dominio de colisión, que se relaciona con las colisiones que pueden presentarse en los segmentos de la red (en caso de estar segmentada), la separación de segmentos es posible hacerla gracias a dispositivos de comunicación de la capa 2 del modelo OSI.

El formato de la trama del protocolo 802.3, es explicada en la figura 6.3 de las páginas 129 y 130 del libro de texto.

HUB y CONMUTADORES

Stallings utiliza el nombre hub para referirse a dispositivos de comunicación que también son conocidos como concentradores; el autor diferencia el hub de medio compartido (ubicado en la capa 1 del Modelo de referencia OSI), con el hub de LAN conmutada (ubicado en la capa 2 del modelo citado) e indica que en el resto del libro lo referenciará como conmutador de nivel 2. Para aclarar términos es lo mismo que el equipo de comunicación switch. La Figura 6.5 de la página 133 aclara la diferencia entre el hub de medio compartido y la del conmutador de nivel 2 (switch).

Los tipos de conmutadores de nivel 2 son: de almacenamiento y reenvío (Store and forward switch) y los de encaminamiento rápido (Cut through switch); cada uno con funciones específicas que se explican en las páginas 133 y 134.

Conmutadores de nivel 3

Estos dispositivos solventan problemas ocasionados por el aumento considerable de dispositivos de comunicación en un edificio o varios edificios de las organizaciones. Los conmutadores de nivel 2 utilizan una única dirección MAC de difusión, por lo que al inundar la red afecta negativamente el rendimiento, aparte de que si una tarjeta de red se encuentra dañada puede ocasionar el problema de hacer difusiones (inundación de tramas, lo que se conoce como tormenta de difusión), de tal manera que puede desestabilizar el comportamiento de la red.

Todo lo anterior sucede porque, aunque se tienen varios dominios de colisión (uno para cada host conectado a un puerto del conmutador de nivel 2), existe el gran inconveniente de que solo existe un dominio de difusión (broadcast).

En conmutador de capa 3 permite dividir la red en subredes (o segmentos), lo cual implica tener más dominios de difusión; por eso, cada dominio será más pequeño y así, unas computadoras no afectarán al total de los hosts conectados.

Importante: no confunda los conmutadores de nivel 3 con los routers (encaminadores).

Las categorías más empleadas en conmutadores de nivel 3 son paquete a paquete y los basados en flujos. En la Figura 6.6 de la página 136 puede observar la configuración teórica típica de red

Ethernet a alta velocidad (*Fast Ethernet*)

La red Fast Ethernet se conoce como 802.3u; mantiene los formatos anteriores, interfaces y reglas de procedimientos, la designación genérica de este estándar es 100Base-T. La Figura 6.7 de la página 137 presenta la terminología que se emplean para 100 Mbps.

Entre las páginas 136 y 138 se explica las diferentes designaciones genéricas como la 100Base-X t la 100Base-T4. Además, se aclara el funcionamiento de la operación full-duplex, la cual rompe con el esquema tradicional de la Ethernet tradicional que es half-duplex.

GIGABIT ETHERNET

Fast Ethernet mejoró notablemente la velocidad de la red, pero los requerimientos de las aplicaciones gráficas fueron creciendo, por lo que a finales de 1995, la IEEE 802.3 empezó a trabajar en el desarrollo de una mayor prestación en la velocidad, lo que originó el nacimiento de Gigabit Ethernet también conocida como 802.3z. Es 10 veces más rápida que Fast Ethernet y es compatible con versiones anteriores Ethernet.

La Figura 6.9 de la página 140 presenta un ejemplo de la configuración Gigabit Ethernet.

Las alternativas en nivel físico del IEEE a 1 Gbps son:

- 1000Base-LX
- 1000Base-SX
- 1000Base-CX
- 1000Base-T

La explicación de lo que hace cada alternativa puede estudiarlo entre las páginas 138 y 141; en la última página citada, en la Figura 6.10 se representan las opciones de medio físico para Gigabit Ethernet.

ETHERNET A 10 GBPS

Aunque desde el 2001 se venía hablando de pasar de 1 Gbps a 10 Gbps, fue hasta el 2006 que apareció 10Gigabit Ethernet (XGbE o 10GbE). Este es el más veloz de la familia de estándares Ethernet. El IEEE 802.3ae define una versión de Ethernet con una velocidad nominal de 10 Gigabits, que lo hace 10 veces más rápido que Gigabit Ethernet.

La Figura 6.11 de la página 142 del libro de texto muestra las velocidades de transmisión Ethernet, donde se incluye la última tecnología Ethernet.

CANAL DE FIBRA (FIBRE CHANNEL)

Dos métodos de comunicaciones de datos con el procesador son el canal de entrada/salida y las comunicaciones de red.

Al canal de entrada/salida, basado en hardware, está diseñado para alcanzar altas velocidades. La estructura de la red consta de puntos de acceso interconectados, los cuales son administrados por medio de protocolos.

El canal de fibra aprovecha las ventajas de las tecnologías anteriores, por medio de la sencillez y brindando alta velocidad. Los elementos del canal de fibra son explicados en la página 144.

Arquitectura de protocolos del canal de fibra

Se encuentra organizado en cinco capas, donde cada una tiene un conjunto de funciones bien definido. Los niveles o capas son:

- medio físico FC-0
- protocolo de transmisión FC-1
- protocolo de tramas FC-2
- servicios comunes FC-3
- transformación FC-4

La página 145 del libro explica en detalle la conformación de cada capa.

La topología estructurada o conmutada es la que más se utiliza en el canal por fibra. La Figura 6.13 de la página 146 ejemplifica 5 aplicaciones del canal de fibra.

LAN INALÁMBRICAS

Ya sea por comodidad (movilidad, reubicación o para alcanzar zonas alejadas) o por que hacer cableado en edificios arrendados es sumamente caro, las LAN inalámbricas han aparecido para brindar soluciones con excelentes prestaciones de servicio.

Los problemas que presentaban las redes inalámbricas iniciales eran su falta de seguridad, sus costos excesivamente altos y sus bajas velocidades. Pero la tecnología ha cambiado y, actualmente, es posible adquirir equipo especializado a costos razonables con muy buenas velocidades y con seguridad incluida, por lo que muchas organizaciones y usuarios domésticos adquieran esa maravillosa tecnología.

La Figura 6.14 de la página 148 del libro presenta ejemplos de configuración de una LAN inalámbrica. En las páginas 149 y 150, Stallings muestra los requisitos de las LAN inalámbricas.

ARQUITECTURA IEEE 802.11

La Figura 6.15 de la página 150 representa la arquitectura IEEE 802.11, en la misma página y la adyacente, aparece la explicación de cada componente, así como la configuración básica.

Existen varios servicios que atiende la IEEE 802.11, entre los que se destacan: asociación, reasociación, desasociación, autenticación, autenticación y privacidad. Diríjase a las páginas 151 y 152 del libro de texto, para una explicación detallada de los servicios.

La arquitectura de protocolos IEEE 802.11 es representada en la Figura 6.16 de la página 152. Observe que la explicación se aplica a la capa 2 del modelo de referencia, ya que tiene que ver con dos subcapas: control de enlace lógico y nivel MAC, que conforman la capa de enlace de datos.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

CSMA/CD: acceso múltiple con detección de portadora y detección de colisión.

Dominio de colisión: segmento de la red donde se conectan los hosts.

HOST: nombre genérico que puede emplearse para un computador que accede una red de telecomunicaciones, por lo que sería válido para: PC personal, portátil, estación de trabajo, etc.

IEEE: Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos; es una asociación internacional sin fines de lucro que se dedica a la estandarización de nuevas tecnologías.

MAC: subcapa, acceso al medio, forma parte de la capa 2 del modelo referencia OSI

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 6 responda las preguntas 6.1, 6.2, 6.3 y 6.4.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

6.1 Indique las diferentes velocidades y los medios de transmisión que utilizan: Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, Canal de fibra y LAN inalámbricas.

Velocidades y medios de transmisión de LAN de alta velocidad:

	Fast Ethernet	Gigabit Ethernet	Canal de fibra	LAN inalámbrica
Velocidad	100 Mbps	1 Gbps, 10 Gbps	100 Mbps – 3,2 Gbps	1 Mbps – 54 Mbps
Medio de Tx	UTP, STP, Fibra óptica	UTP, cable apantallado, fibra óptica	Fibra óptica, cable coaxial, STP	Microondas a 2,4 Ghz, 5 Ghz

6.2 ¿Qué es preferible entre un repetidor multipuerto o un conmutador de capa 2? Justifique su respuesta.

Un repetidor multipuerto es un dispositivo de capa 1 del Modelo de Referencia OSI, el cual distribuye una señal entre todos los puertos sin analizar las tramas; mientras tanto, el conmutador de nivel 2 es inteligente en el sentido que analiza las tramas y las envía al destino correspondiente sin necesidad de anunciarla a los no interesados. Además, en un conmutador de nivel 2 cada punto o puerto es un dominio de colisión en tanto que en repetidor, todos los puertos forman el dominio de colisión, lo que afecta negativamente el rendimiento.

6.3 ¿En qué consiste la operación full-dúplex?

La operación full-dúplex permite a una estación transmitir y recibir tramas simultáneamente.

6.4 Indique las diferentes distancias que alcanza Gigabit Ethernet, tome como referencia las alternativas: 1000Base-LX, 1000Base-SX, 1000Base-T, 1000Base-CX.

Gigabit Ethernet

Alternativas (nivel físico)	Medio de Tx	Distancia máxima (metros)
1000Base-LX	fibra monomodo 10- μ m	5000
1000Base-LX	fibra multimodo de 50- μ m y 62,5- μ m	550
1000Base-SX	fibra multimodo de 50- μ m	550
1000Base-SX	fibra multimodo de 62,5- μ m	220
1000Base-T	UTP de categoría 5	100
1000Base-CX	cable apantallado	25

TEMA III

GESTIÓN DE LA CONGESTIÓN Y DEL TRÁFICO

Sumario

- ✚ Capítulo X: Control de congestión en redes de datos e interredes
- ✚ Capítulo XII: Control de tráfico TCP
- ✚ Capítulo XIII: Control de tráfico y congestión en redes ATM

CAPÍTULO X

CONTROL DE CONGESTIÓN EN REDES DE DATOS E INTERREDES

Sumario

- ✚ Efectos de la congestión
- ✚ Control de la congestión
- ✚ Gestión del tráfico
- ✚ Control de la congestión en redes de conmutación de paquetes
- ✚ Control de la congestión en Frame Relay

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Los congestionamientos en las carreteras siempre ha sido un dolor de cabeza, ya que la fluidez vehicular se ve afectada lo que produce una reacción negativa, debido al exceso de consumo de combustible, además de poner en estrés a más de un conductor.

De igual manera, la congestión en la red es una situación que no es para nada deseable, por lo que un buen diseño puede ahorrar verdaderos dolores de cabeza ocasionados por altos tiempos de espera e incluso presentar problemas por la o oportuna respuesta a transacciones críticas.

El capítulo aborda de los problemas ocasionados por la congestión, además de indicar diferentes tipos de técnicas para controlar la congestión y la gestión del tráfico.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este capítulo, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender los efectos de la congestión.
- ✚ analizar el control de la congestión.
- ✚ comprender el control de la congestión en redes de conmutación de paquetes.
- ✚ analizar el control de la congestión en redes Frame Relay.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
10.1. Efectos de la congestión	258 - 262
10.2. Control de la congestión	262 - 267
10.3. Gestión del tráfico	267 - 268
10.4. Control de la congestión en redes de conmutación de paquetes	268 - 269
10.5. Control de la congestión en Frame Relay	269 - 274

COMENTARIOS GENERALES

Es primordial en cualquier red de telecomunicaciones que transmite ya sea paquetes de información (como señala Stallings, en la página 258 del libro de texto, para una red de conmutación de paquetes, de retransmisión de tramas, de celdas ATM o datagramas IP), lograr controlar la congestión.

La gestión de las colas es la técnica que resuelve el problema planteado en el párrafo anterior, ya que al fin de cuentas cada encaminador o conmutador de capa 2, debe manejar colas para que conforme llegan a los hosts de comunicación citados, puedan ser atendidos. La teoría de colas ayuda, por lo tanto, en la solución mediante la gestión del control.

Efectos de la congestión

La Figura 10.1 en la página 259 del libro de texto, presenta en un dibujo colas de entrada y salida en un conmutador o en un encaminador dentro del círculo puede apreciar ciertas áreas registradas como buffer donde se tiene tanto para entrada como para salida (dos buffer por puerto), si por algún motivo se da la situación que se está a un 80% de la capacidad de los host de comunicación, estaremos ante una situación de congestionamiento.

Cuando las paquetes llegan se retransmiten donde corresponde, pero en casos de una saturación del dispositivo de comunicación, se toman medidas para tratar de enfrentar el problema, por ejemplo, 1) se empieza a descartar los paquetes, para los que no hay espacio en el buffer, 2) de

inmediato al detectar la sobrecarga debe negociar con los encaminadores vecinos, para tratar de lograr una mejor gestión del tráfico. Para una explicación más amplia estudie las páginas 258-262 del libro.

La Figura 10.3 de la página 263, muestra un caso ideal del manejo de rendimiento, donde se supone que los buffer son de tamaño infinito y que nunca se presentarán problemas de sobrecargas o con el control de la congestión.

La realidad es otra; por ejemplo, la Figura 10.4 de la misma página, muestra lo que sucede en el peor caso (no hay esfuerzo por controlar la congestión).

Control de la congestión

La Figura 10.5 de la página 264 presenta mecanismos, donde se emplean las técnicas más importantes para el control de la congestión.

Técnicas más importantes empleadas para el control de la congestión:

- retrocontención
- paquete de bloqueo
- señalización implícita de la congestión
- señalización explícita de la congestión

Cada una de las técnicas son ampliamente explicadas en las páginas 262 – 266 del libro.

Gestión de tráfico

Señala Stallings "... el control de la congestión se preocupa de usar eficientemente una red con cargas altas", en la página 267.

En este apartado se explican técnicas de control de la congestión y la política de descartes para "refinar" aplicables a dichas técnicas.

- equidad: gestiona una cola separada para cada conexión lógica
- calidad de servicio: tratamientos diferentes para cada flujo de datos
- reservas: forma parte de las redes ATM; se logra mediante un contrato entre las partes sobre el tráfico

Cada técnica es ampliamente explicada en la página 267 – 268.

Control de la congestión en redes de conmutación de paquetes

Existen varios mecanismos de control de congestión, cada uno ofrece una buena solución. Lo que se pretende alcanzar es una adecuada gestión del tráfico.

Los congestionamientos son inevitables ya que pueden ser ocasionados por diversos factores. Para solventarlo se recomienda desde enviar paquetes de control con el fin de reducir la tasa de transmisión o detenerla ante una situación extrema.

En las páginas 268 – 269 del libro, se comentan otros mecanismos empleados, como podrá leer. En ocasiones puede haber una carga extra en la red para el caso de un paquete de sonda de extremo a extremo; sin embargo, con la combinación de los mecanismos puede mejorarse el rendimiento, que es el beneficio de una adecuada control de la congestión

Control de la congestión en Frame Relay

Existe una norma I.370 que es la que define el control de la congestión en la retransmisión de tramas (Frame Relay), los cuales son indicados en las páginas 269.

El control de la congestión debe efectuarse entre la red (encaminadores, conmutadores) y los usuarios finales (mediante la limitación del flujo de tráfico). La activación de la evitación de la gestión sucede cuando empieza a detectarse inicios de congestionamiento.

Las técnicas de control de la congestión en Frame Relay son presentadas en la Tabla 10.1 de la página 270; se muestra un resumen de las técnicas, tipos, funciones y elementos claves.

La recuperación frente a la congestión tiene un fin preventivo ante el posible colapso de la red a causa de una sobrecarga extrema en la red.

La Tasa de Información Comprometida (CIR), que es negociable con el proveedor de servicio, garantiza una velocidad ubicada en un rango acordado. Para gestionar la velocidad CIR se emplean dos parámetros: tamaño de ráfaga comprometido y tamaño de ráfaga en exceso (ambos son explicados en las páginas 271 y 272 del libro de texto). Frame Relay utiliza FECN y BECN para determinar si hay congestión.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

BECN: notificación explícita de congestión hacia atrás; informa al usuario sobre la acción de activar procedimientos con el fin de evitar la congestión, para el tráfico en sentido opuesto al de la trama recibida.

CIR: velocidad en bits por segundo que la red se compromete a soportar.

Congestión: sucede cuando el número de paquetes transmitidos por una red empiezan aproximarse a la capacidad de gestión de la red.

DE: bit candidato para descarte.

FECN: notificación explícita de congestión hacia adelante; informa al usuario sobre la acción de activar procedimientos con el fin de evitar la congestión, donde sea necesario, para el tráfico en el mismo sentido que el de la trama recibida

Estrategia de descarte: ante un congestionamiento severo, se descartan tramas.

Hop-by-hop: control de flujo desde un nodo al siguiente.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 10 de las páginas 276 y 277 del libro de texto, haga los ejercicios 10.1 y 10.3.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

- 10.1) 1. No garantiza que un nodo particular no sea hundido con tramas (marcos).
2. No es la mejor manera de distribuir permisos donde están los más necesitados.
3. Si un permiso se destruye accidentalmente, la capacidad de la red se reduce inadvertidamente.

10.3)

La longitud de la cola para cada acoplamiento salida de un encaminador crecerá continuamente; eventualmente, el tiempo si el tránsito a través de la cola excede el TTL (Time To Live, Tiempo de Vida) de los paquetes entrantes.

En un análisis simplista se diría que, bajo estas circunstancias, los paquetes entrantes están desechados y no retransmitidos, además que ningún datagrama consigue pasar. Pero tenemos que considerar el hecho de que el encaminador debe poder desechar un paquete más rápidamente que lo transmite. Si el encaminador está desechando muchos paquetes, el tiempo del tránsito de la cola disminuye. A este punto, el argumento consigue un bit implicado; en el mejor de los casos, el encaminador transmitirá algunos datagramas asignando a $TTL = 1$. Estos tendrán que ser desechados por el próximo encaminador que es visitado.

CAPÍTULO XII

CONTROL DE TRÁFICO TCP

Sumario

- ✚ control de flujo en TCP
- ✚ control de la congestión en TCP
- ✚ rendimiento de TCP sobre ATM

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Conocer mecanismos para gestionar el tráfico especialmente en la capa 4 del modelo de referencia OSI, específicamente la llamada capa o nivel de transporte, al considerar la congestión de tráfico que se presentan en las redes de telecomunicaciones.

La explicación se fundamenta en la forma en que TCP controla el flujo, lo cual también beneficia para el control de la congestión.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender el control de flujo en TCP.
- ✚ comprender el control de la congestión en TCP.
- ✚ analizar el rendimiento TCP sobre ATM.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
12.1. Control de flujo en TCP	316 – 327
12.2. Control de la congestión en TCP	327 – 345
12.3. Rendimiento de TCP sobre ATM	345 - 356

COMENTARIOS GENERALES

Los protocolos de capa de transporte hacen uso de TCP con el fin de valorar las condiciones de la red y determinar el comportamiento del tráfico. De esa manera, se pueden aplicar medidas tanto preventivas como correctivas a fin de regular el tráfico y garantizar la entrega de la información a través de la red.

Los aspectos claves a estudiar son los factores relacionados con la velocidad de transmisión y retardo de la propagación.

Control de flujo en TCP

El mecanismo empleado por TCP se denomina ventana deslizante (también llamado mecanismo de asignación de créditos). Funciona gracias a la negociación en tres vías. Además, se envía confirmación de parte del receptor al transmisor que el paquete de información llegó exitosamente.

Un segmento TCP está compuesto (en parte) por un número de secuencia, número de asentimiento (confirmación) y ventana. La Figura 12.1 de la página 317 muestra un ejemplo del mecanismo de asignación

de créditos en TCP. Para aclarar, tenga presente que: SN= Número de secuencia; AN= Número de asentimiento; W= Ventana.

Para ampliar la explicación en la página 318 del libro de texto, la Figura 12.2 muestra más detallado el control de flujo de envío y recepción.

Estrategia de retransmisión

Los mecanismos de control de errores y de control de flujos también se encuentran presentes en TCP. Podrían presentarse situaciones por las que sería necesario hacer una retransmisión de un segmento: daño del segmento durante el tránsito en la red, el cual es comprobable por la suma de verificación (Checksum) que se lleva a cabo para corroborar la integridad del segmento; en caso que lo encuentre dañado procede a descartarlo y solicita una retransmisión. La estrategia puede ser ampliada en las páginas 321 y 322 del libro de texto.

Opciones de políticas en la implementación de TCP

- Política de envíos: una entidad TCP emisora tiene la posibilidad de transmitir datos bajo su propia conveniencia; presenta el peligro del síndrome de la ventana tonta (transmisiones frecuentes y pequeñas).
- Política de entregas: ante la ausencia de un envío forzado, una entidad receptora es libre de entregar los datos al usuario cuando lo estime conveniente.
- Política de aceptación: el buffer de recepción almacena los segmentos TCP conforme van llegando, ante una eventualidad que ocasione un desorden en la recepción de segmentos puede recurrir a las opciones En-orden o En-ventana.
- Política de retransmisión: sucede con la cola de segmentos, donde se ha enviado, pero no ha sido confirmado. TCP maneja tres posibles estrategias: solamente el primero, por lotes o individual.
- Política de asentimientos: Al llegar un segmento TCP en cuanto a la temporización de asentimiento, la entidad TCP, maneja las opciones: inmediata y acumulativa.

Las opciones son ampliamente explicadas en las páginas 326 y 327 del libro de texto.

Control de la congestión en TCP

Como se ha visto (en los capítulos del libro de estudio), los problemas asociados con la congestión son: disponibilidad, rendimientos reducidos y

mayores tiempos de respuesta. La única forma de controlar la congestión es permitir colocar solamente la cantidad de datos que la red tiene capacidad de gestionar.

Para TCP/IP resulta muy complicado el tratar realizar los controles indicados; entre los factores incidentes se encuentran los comentados por Stallings en la página 328.

Las armas de TCP para hacer frente ante la congestión de la red son los mecanismos de control de flujo y errores mediante el uso de las ventanas deslizantes.

Control de flujo y de la congestión en TCP

La regulación de tráfico en TCP se da mediante la negociación entre el host de comunicación origen y el host de comunicación destino, acordando que los segmentos llegarán tan pronto al destino como el mismo pueda procesarlos. El problema que puede presentarse está en función del llamado cuello de botella (puede estar entre la interred) o en el destino, a lo largo de la ruta de ida y de regreso. En la página 329 la Figura 12.6 presenta las dos posibles situaciones indicadas.

Stallings comenta sobre dos tipos de cuellos de botella, los cuales pueden ser de carácter físico o lógico. La Figura 12.7 de la página 330 muestra un escenario donde indica los lugares donde pueden presentarse los tipos de cuellos de botella referenciados. Amplíe sus conocimientos haciendo la lectura de las páginas 328 a 331 del libro.

Gestión de la ventana

Es importante el tamaño de la ventana para usar TCP de una forma que no vaya a producir congestionamiento. Entre las técnicas se encuentran:

- Inicio lento: si la ventana es grande en esa proporción será la cantidad de segmentos a enviar una entidad TCP sin esperar confirmación.
- Dimensionado dinámico de la ventana en caso de congestión.
- Retransmisión rápida: "El valor del temporizador de retransmisión (RTO), usado por una entidad TCP emisora para determinar cuándo se debe retransmitir un segmento, generalmente será considerablemente más grande que el tiempo de ida y vuelta (RTT) real que necesitará el ACK (confirmación) de ese segmento para llegar al emisor". Stallings, página 340 del libro de texto.
- Recuperación rápida: consiste en la retransmisión del segmento perdido, dividiendo la ventana de congestión (cwnd) a la mitad.

- Transmisión limitada: este algoritmo insta al emisor TCP a transmitir un segmento nuevo, al cumplirse las condiciones indicadas en la página 345.

Rendimiento de TCP sobre ATM

ATM es una arquitectura en si compleja, ya que administra calidad de servicio (QoS), además de disponer de mecanismos para gestionar el congestionamiento y el tráfico. Igualmente, utiliza celdas (con un tamaño 53 octetos), lo que provoca que los segmentos TCP sean divididos en varias partes.

Al haber varios factores en esa mezcla interesante de tecnologías (ATM y TCP/IP), los acuerdos por parte de los que utilizan las tecnologías se entremezclan entre lo que debe utilizarse para mejorar o mantener un rendimiento adecuado. Todo lo indicado se encuentra aún en estudio, por lo que no existe una posición absoluta que indique cual es la forma correcta de emplear las dos tecnologías simultáneamente.

La arquitectura de protocolos, para la implementación TCP/IP sobre ATM es: TCP, IP, AAL5 (Capa de Adaptación de ATM) y ATM; estas son explicadas en las páginas 346 y 347 del libro de texto. La figura 12.4 de la página 347 muestra la relación entre las capas para TCP/IP sobre AAL5/ATM.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

ACK: de la palabra inglesa **acknowledgement** (reconocimiento), se utiliza para indicar que se ha enviado una confirmación de un receptor a un emisor.

Suma de verificación (Checksum): cálculo que se lleva a cabo para corroborar la integridad de los paquetes de información que viajan a través de una red.

PDU: unidad de datos del protocolo, es particular para cada capa del Modelo de Referencia OSI.

Segmento: PDU de la capa de transporte del Modelo de Referencia OSI

Temporización: cuando, ante un evento, un reloj empieza a trabajar, puede ser agregado un tiempo de inicio, para calcular cuándo debe finalizar la transacción o evento que activo el reloj.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 12 de las páginas 357 - 359 del libro de texto, haga los ejercicios 12.1, 12.2 y 12.3.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS SUGERIDOS

12.1) El número de segmentos no confirmados en la red fiable es en cualquier momento 5. Así, una vez que se alcance el estado constante, el rendimiento de procesamiento realizable máximo es igual al máximo teórico normalizado de 1.

12.2) Esto dependerá si ocurre la multiplexación o la división. Si hay una relación uno a uno entre las conexiones de red y las conexiones de transporte, entonces no debe permitirse el crédito en el nivel del transporte más grande que del tamaño de la ventana de la capa de red.

Si una conexión de transporte está dividida entre múltiples conexiones de red, cada una dedicada a una única conexión de transporte. Entonces, un límite superior práctico en el crédito del transporte es la suma de todos los tamaños de la ventana de la red.

Si las conexiones de transporte múltiples se multiplexan en una sola conexión de red, su crédito agregado no excederá el tamaño de la ventana de la red. Además, la cantidad relativa de crédito dará lugar a una forma de mecanismo de prioridad.

12.3) En TCP, no se hacen provisiones. El último segmento puede proporcionar una nueva asignación de crédito. En ISO TP, los mensajes de ACK/Credit (AK) están en PDUs separados, no son parte de la PDU de los datos.

Cada AK TPDU contiene un campo YR-TU-NR, que es el número de serie de los datos TPDU siguientes, un campo de CDT, que otorga crédito; además, posee un "número de secuencia" utilizado para asegurar que las concesiones del crédito están procesadas en la secuencia correcta. Asimismo, cada AK contiene "un valor de la confirmación del control de flujo" que repite los valores de parámetro en el AK anteriormente recibido (YR-TU-NR, CDT, número de secuencia). Esto puede utilizarse para tratar AKs perdidos.

CAPÍTULO XIII

CONTROL DE TRÁFICO Y CONGESTIÓN EN REDES ATM

Sumario

- ✚ Requisitos para el control de tráfico y congestión en redes ATM
- ✚ Atributos relacionados con el tráfico ATM
- ✚ El marco de trabajo de la gestión de tráfico
- ✚ Control de tráfico
- ✚ Gestión de tráfico ABR
- ✚ Gestión de tráfico GFR

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

ATM usa canales y rutas virtuales, también conocidos como conexiones lógicas y utiliza un mecanismo de negociación para mover el tráfico de celdas de un extremo a otro de la red. Esa negociación (contrato de tráfico), limita el flujo de tráfico, la Calidad de Servicio (QoS). En fin, se negocian los recursos que van a utilizarse durante la transmisión de información.

Es importante comprender en qué consiste Q o S y las diferentes posibilidades que ofrece para garantizar el servicio, haciendo énfasis en el control para las redes ATM, incluyendo el tráfico a ráfagas (ABR y GFR).

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender los requisitos en el tráfico y congestión en ATM.
- ✚ analizar los atributos relacionados con el tráfico ATM.
- ✚ comprender el marco de trabajo de la gestión de tráfico.
- ✚ entender el control de tráfico.
- ✚ analizar la gestión de tráfico ABR y GFR.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
13.1. Requisitos para el control de tráfico y congestión en ATM	363-367
13.2. Atributos relacionados con el tráfico ATM	367-373
13.3. El marco de trabajo de la gestión de tráfico	373-374
13.4. Control de tráfico	374-386
13.5. Gestión de tráfico ABR	386-397
13.6. Gestión de tráfico GFR	398-402

COMENTARIOS GENERALES

Para ATM el control de la congestión y del tráfico es igual de vital que para otras redes de telecomunicaciones, el propósito es mantener en los límites "razonables" la cantidad de información que recorre la red de tal manera que el rendimiento de la misma no se vea afectado, por posibles desbordes de los conmutadores ATM, lo que ocasionaría una importante pérdida de celdas (datos).

Por ser las celdas tan pequeñas y desplazarse a gran velocidad en la red ATM, se presentan situaciones complejas al tratar de controlar eficientemente la gestión del congestionamiento, el foro ATM ha publicado un conjunto inicial de restricciones de tráfico, a efecto de mejorar esos inconvenientes.

Existe tráfico denominado "sensible a retardos", como la voz y el vídeo; además se utilizan acciones para que en caso que se presente congestiones, sean debidamente atendidas para minimizar "la intensidad, extensión y duración de la congestión", según lo anota Stallings en la página 362 del libro de texto.

Requisitos para el control de tráfico y congestión en ATM

Las redes ATM se manejan completamente diferentes a otras redes conmutadas, ya que ATM transporta tráfico (datos) en tiempo real, por lo que el tratamiento que se aplica difiere enormemente de lo empleado en las redes citadas.

El rendimiento en las redes ATM puede ser afectado por efectos de latencia/velocidad (lo que sirve para redes tradicionales no opera para redes WAN con ATM). Las variaciones de retardo de las células (al digitalizarse voz y vídeo) para luego empaquetarse en celdas y ser transferidas, se pueden evitar. Eso es precisamente para lo que fue desarrollado ATM. Estúdielo en las páginas 363 a 366 del libro.

Atributos relacionados con el tráfico ATM

ATM tiene seis categorías de servicio, las cuales son comentadas por Stallings, en las páginas 367 y 368. Más adelante, en la página 368, se indica que los servicios citados se caracterizan por atributos, los cuales son agrupados en cuatro categorías, para completar la información. La página 369 (Tabla 13.1) presenta los atributos de las categorías de servicio.

El parámetro QoS (Calidad de Servicio), tiene definidos los parámetros: Estudie las páginas 371 y 372 del libro.

- variación de retardo de células (celdas) entre picos
- retardo máximo de transferencia de células (maxCTD)
- tasa de pérdida de células (CLR)

El marco de trabajo de la gestión de tráfico

El I.371 indica los objetivos para control de tráfico y congestión de la capa ATM:

- indica que debe admitir clases QoS de la capa ATM, los que sean necesarios para garantizar el buen desempeño y atención a los diferentes flujos de datos.
- la otra recomendación es que no tendrá como base protocolos AAL propietarios de un servicio de red ni de capas superiores de la aplicación.
- debe ser capaz de minimizar "la complejidad de la red y de los sistemas finales", a efecto de optimizar el rendimiento en la red.

Los aspectos citados y los objetivos de la ITU-T son expuestos en la Tabla 13.2 en la página 374 del libro.

Control de tráfico

La calidad de servicio (QoS) se basa en una amplia variedad de funciones definidas por el Foro ATM y la ITU-T, las mismas aparecen explicadas en las páginas 374 y 386 del libro del texto, para las cuales recomendamos su lectura.

Gestión de tráfico ABR

El tráfico ABR (Régimen Binario Disponible) hace uso del control en bucle cerrado, para atender por ejemplo transferencia de archivos, accesos a la Web, llamadas a procedimientos remotos, etc.

Cuando una cantidad de fuentes comparten la capacidad para por medio de la realimentación ajusten dinámicamente la carga con el fin de evitar la pérdida de celdas y compartiendo la capacidad equitativamente. Esto recibe el nombre de control de bucle cerrado. En las páginas 387 a la 398 se explica en qué consiste, además de presentar los parámetros del ABR.

Gestión de tráfico GFR

Es simple para el sistema final y es liviano en lo que procesamiento de la red ATM se refiere; en la página 398 Satllings señala: "...con GFR, el sistema final no aplica políticas ni conforma el tráfico..."

Otro factor importante del GFR (Régimen Garantizado de Tramas), es que no garantiza la entrega de tramas. La Figura 13.15, muestra los principales componentes del mecanismo GFR.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Calidad de servicio: propiedades de una red que define el grado de satisfacción de los usuarios.

Celda: unidad básica de información que maneja la arquitectura ATM.

Control de flujo: función que lleva a cabo una entidad receptora para limitar la cantidad o proporción de datos que envía la entidad emisora.

Tráfico sensible al retardo: por ejemplo, voz y videoconferencia.

EJERCICIO SUGERIDO

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 13 haga el ejercicio 13.1 de la página 403 del libro.

RESOLUCIÓN DEL EJERCICIO SUGERIDO

13.1) Sí, pero ATM no incluye mecanismos parecidos a la ventana deslizante. En algunos casos, un protocolo de una capa superior sobre ATM proporcionará mecanismos parecidos, pero no para todos los casos.

TEMA IV

CALIDAD DE SERVICIO EN LAS REDES IP

Sumario

- ✚ Capítulo XVII: Servicios integrados y diferenciados
- ✚ Capítulo XVIII: Protocolos para soporte de QoS

CAPÍTULO XVII

SERVICIOS INTEGRADOS Y DIFERENCIADOS

Sumario

- ✚ Arquitectura de servicios integrados (ISA)
- ✚ Disciplina de colas
- ✚ Detección temprana aleatoria
- ✚ Servicios diferenciados

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Los encaminadores (Router) se limitaban a recibir un paquete y enviarlo por determinada interfaz, sin llegar a hacer un procesamiento sobre lo que se retransmitía. Actualmente se ha trabajado para ofrecer más servicios por lo que se han desarrollados protocolos y mecanismos, los cuales son de gran ayuda a los nuevos requerimientos de las redes.

Las arquitecturas de integración y diferenciación junto con mecanismos de control de tráfico (disciplina de colas y descarte de paquetes), son el resultado después de una rígida investigación, y son los que ofrecen, con creces, una excelente solución.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá estar en capacidad de:

- ✚ comprender la arquitectura de los servicios integrados.
- ✚ entender el manejo en la disciplina de colas.
- ✚ comprender en que consiste la detección temprana aleatoria.
- ✚ comprender la forma en que funcionan los servicios diferenciados.

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
17.1. Arquitectura de servicios integrados (ISA)	482-490
17.2. Disciplina de colas	490-498
17.3. Detección temprana aleatoria	498-503
17.4. Servicios diferenciados	503-512

COMENTARIOS GENERALES

Vídeo, voz en tiempo real y gráficos son flujo de tráfico normal en las redes de nuestras corporaciones, organizaciones, entidades gubernamentales, e incluso para el usuario de Internet doméstico. Por lo tanto, aunque existen mecanismos que controlan el congestionamiento y regulen el tráfico y brindan otros controles, es crucial el uso de tecnologías que satisfaga las demandas de los más hasta los menos exigentes usuarios de las redes de telecomunicaciones.

Los estándares IETF (Grupo de Trabajo en Ingeniería de Internet) han trabajado en dos aspectos para brindar soluciones para la gestión de tráfico; una es los servicios integrados (SI) y la otra los servicios diferenciados (SD).

Los servicios integrados (SI) brinda un servicio colectivo, a las demandas al tráfico para un dominio en particular. Los servicios diferenciados (SD) funcionan diferente, ya que clasifica en grupos pequeños al tráfico, para que, de acuerdo al grupo al que pertenece, sea tratado de una manera diferenciada en comparación a los otros paquetes.

Arquitectura de servicios integrados (ISA)

Al entregar un paquete, las redes basadas en IP utilizan una técnica denominado de "mayor esfuerzo". Si bien es cierto, la IPV4, dispone de campos en su cabecera para establecer prioridad y tipo de servicio, no había sido tomada en cuenta para que los encaminadores (Router) hicieran uso de los campos indicados.

Como se ha dicho en varias ocasiones, las necesidades cambian, las redes actuales no se limitan solo para transportar datos. Las nuevas aplicaciones permiten uso de voz en tiempo real, video, imágenes de alta definición, todo lo que conforma parte de multimedia, que es lo que se mueve en el mundo de las redes hoy.

Ante la problemática de que si se debe cambiar toda la estructura de telecomunicaciones basada en IP en otra basada en ATM, donde se habla de una inversión de millones de dólares, no lo vuelve atractivo para ninguna corporación u organización. Afortunadamente, existen soluciones que dan soporte a esas aplicaciones de carácter crítico, donde los encaminadores que deben ser adaptados mediante nuevas funcionalidades que atiendan los requerimientos de los usuarios de redes.

Para cumplir lo anterior, la IETF ha trabajado en ISA, con el propósito que esa arquitectura brinde transporte de (Calidad de Servicio) QoS a través de redes IP.

El flujo de información, que transita ya sea en interred o en una red, suele dividirse en: elástico (puede ajustarse a variaciones de retardo y rendimiento, sin afectar las aplicaciones) y no elástico (no se adapta fácilmente). Las páginas 484 a la 485 explican cada uno de los tipos de esos tráficos.

El fin primordial de ISA es brindar provisión para un soporte de la QoS en las interredes IP. Los mecanismos de que dispone son: algoritmo de encaminamiento, para seleccionar rutas para minimizar los retardos; y descarte de paquetes. Al saturarse el encaminador, descarta el último paquete, por lo que el emisor procede al reenvío, ya que no recibió confirmación, pero se incluye un tiempo de espera y reduce la carga, lo que aliviana la congestión de la interred.

En la página 486 del libro, se indican las funciones que lleva a cabo ISA para gestionar la congestión y brindar transporte con calidad de servicio. Más adelante se explican los componentes de ISA, así como la Figura 17.1 de la página 487, donde puede visualizar la implementación de ISA sobre un encaminador.

Tres categorías de servicio: garantizado, carga controlada, mayor (menor) esfuerzo. Para una explicación de cada categoría estudie las páginas 488 y 489.

Disciplina de colas

Antes de ISA los encaminadores (Router) utilizaban la disciplina de colas basada en FIFO (Primero en entrar, Primero en salir), sin hacer ninguna distinción en que si se trataba de paquetes sensibles al retardo, aparte de otros inconvenientes señalados por Stallings en la página 492.

Para solucionar las situaciones no deseadas, se recomendó un sistema de colas equitativo, donde un encaminador mantiene múltiples colas en cada salida. Observe la Figura 17.3 de la página 491, donde contrastan las colas FIFO versus FQ (Sistemas de colas equitativo), por lo que es posible deducir los beneficios que implica el utilizar FQ en contraste con FIFO.

El FQ sanciona los paquetes cortos, lo cual es una desventaja, pero esa situación es resuelta a través BRFQ (Sistema de Colas Equitativo de Ciclos de Bits). Esa técnica la explica Stallings en las páginas 492 a la 498 del libro de texto.

Detección temprana aleatoria

Consiste en el descarte proactivo de paquetes, el cual funciona descartando los paquetes antes que el buffer se llene, lo cual mejora el rendimiento en la red.

Lo anterior resuelve el problema que se presentaba hasta el momento que los buffer de los encaminadores se llenaban, que ocasionaba el descarte de paquetes que iban llegando; la consecuencia: una ralentización en el rendimiento de la red. Con la técnica RED (Detección Temprana Aleatoria) no se espera hasta ese momento; más bien, antes de que el buffer empiece a saturarse, se inicia con un descarte temprano (antes que se presente el caos), lo que evitará la saturación en la red.

Los objetivos de RED son: evitar la congestión, evitar la sincronización global y evitar la predisposición al tráfico susceptible de producir ráfagas. Cada objetivo se encuentra explicado en las páginas 499 y 503.

Servicios diferenciados

La calidad de servicio tanto en Internet e interredes privadas son soportados por ISA y RSVP; sin embargo, es necesario manejar mucha complejidad para ponerlos a funcionar. Por otra parte, la escalabilidad para el manejo de grandes volúmenes de tráfico, no es fácil de lograr, ya que es mucho lo que hay que indicar (señalización de control) para coordinar una oferta QoS integrada, además del mantenimiento de información de estado que debe ser intercambiada entre los encaminadores.

Aparte de lo anterior, las cargas en Internet van en aumento, por lo que es urgente la posibilidad de brindar diferentes niveles de QoS para el tráfico de flujos de tráfico. Para ello, los Servicios Diferenciados (DS) aparecen para solventar los problemas citados de una manera sencilla y para brindar mejores implementaciones a bajo costo.

Las características de los DS son descritas en las páginas 503 y 508 del libro; en la página 506 la Tabla 17.1 se presenta la terminología de los servicios diferenciados, la figura 17.11 muestra el campo DS y TOS en IPv4.

Stallings explica que los paquetes IP al tener los campos Tos (Tipo de servicios), para IPv4 y Clase de Tráfico para IPv6 se etiquetan para recibir un tratamiento especial.

La configuración y funcionamiento de DS se ilustra mediante la Figura 17.2 de la página 508 del libro de texto. La lectura de las páginas 508 a la 512 es importante para entender la operación de los servicios diferenciados, tanto en sus dominios, así como en los nodos periféricos; también la Figura 17.3 de la página 510, presenta cómo opera el acondicionador de tráfico DS.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Encaminador: dispositivo de interconexión que conecta a dos redes de computadoras haciendo uso de un protocolo de internet y asume que todos los dispositivos conectados a las redes utilizan la misma arquitectura y protocolos de comunicación.

Servicios diferenciados: establecen un marco de trabajo en el que el tráfico de la red se diferencia en grupos diferentes.

Servicios integrados: Hace provisión de un servicio integral o colectivo a un conjunto de demandas de tráfico.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación, se presentan ejercicios que tienen como objetivo evaluar cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema. Para el Capítulo 17 realice los ejercicios que se encuentran localizados en las páginas 514 - 516 del libro de texto: 17.1a, 17.1b, 17.2a, 17.2b y 17.4.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS

17. 1a) Respuestas en base a RFC 1809.

Usando el campo de la etiqueta de flujo en IPv6 (junio 1995).

La especificación IPv6 permite que los encaminadores (router) ignoren el flujo de etiquetas y permitir la posibilidad que los datagramas IPv6 pueden transportar información de configuración del flujo en sus opciones.

El flujo de etiquetas desconocidas puede también ocurrir si un encaminador se cae perdiendo su estado. Durante un período de recuperación, el encaminador recibirá datagramas con etiquetas del flujo desconocidas, lo cual no es un error, sino una situación que se presenta durante el proceso de recuperación.

Finalmente, si se adopta la polémica sugerencia que cada conexión del TCP esté asignada a una etiqueta separada del flujo, puede ser necesario manejar etiquetas del flujo usando un caché LRU (para evitar el desbordamiento en el flujo de etiquetas en el buffer del encaminador). En este caso se trata de un estado del flujo activo, pero si no se usa frecuentemente, puede intencionalmente desecharse.

17.1b)

Un ejemplo es un encaminador que tiene dos trayectorias al destino del datagrama: una vía con un enlace satelital con un alto ancho de banda y otra vía con un enlace terrestre de bajo ancho de banda. Un flujo de alto ancho de banda de banda, obviamente, debe encaminarse vía el enlace de mayor ancho de banda, pero si el encaminador pierde el estado del flujo, el encaminador puede encaminar el tráfico vía el enlace de bajo ancho de banda, con el agravante que flujo de tráfico sature el enlace de bajo ancho de banda. Estas situaciones son excepciones más bien que la regla.

17.2a)

Una interred puede particionar el flujo. O el mensaje de eliminación puede perderse antes de alcanzar todos los encaminadores. Además, la fuente (nodo origen) puede fallar (caerse) antes de enviar un mensaje de la eliminación de la etiqueta del flujo.

17.2b)

El mecanismo obvio es utilizar un temporizador (contador de tiempo). Los encaminadores (Router) deben descartar los flujos de etiquetas que no han sido restauradas dentro de un determinado período de tiempo. A la vez, una fuente que se cae debe esperar cierto tiempo, durante el cual no crea ningún flujo hasta que tenga la certeza que todas las etiquetas de flujo han expirado.

17.4)

Durante sus discusiones, el grupo Extremo-a-Extremo señaló que esto significa que si un encaminador remitió un datagrama con una etiqueta de flujo desconocida, tiene que ignorar el campo de prioridad. ¿Por qué? Porque los valores de la prioridad pudieron haber sido redefinidos. (por ejemplo, las prioridades se pudieron haber invertido). La comunidad IPv6 concluyó este comportamiento como indeseable.

CAPÍTULO XVIII

PROCOLOS PARA SOPORTE DE QoS

Sumario

- ✚ La reserva de recursos: RSVP
- ✚ Conmutación de etiquetas multiprotocolo
- ✚ Protocolo de transporte en tiempo real (RTP)

PROPÓSITO DEL CAPÍTULO

Los tres enfoques importantes para la QoS son: RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos), MPLS (Conmutación Mediante Etiquetas Multiprotocolo) y RTP (Protocolo de Transporte en Tiempo Real).

Cada uno fue diseñado para cumplir con determinados objetivos, por ejemplo, el RSVP fue creado para dar soporte a la arquitectura IS para permitir la reserva de recursos en ambientes de datagramas. El MPLS es un ambiente o entorno de trabajo que rotula el tráfico y el encaminamiento a través de flujos de tráfico. El RTP un protocolo que brinda soporte a nivel de aplicaciones en tiempo real.

OBJETIVOS

Al finalizar el estudio de este tema, el estudiante deberá ser capaz de:

- ✚ analizar la reserva de recursos RSVP.
- ✚ comprende el funcionamiento de la Conmutación de etiquetas multiprotocolo (MPLS)
- ✚ comprender la operación del protocolo de transporte en tiempo real (RTP).

GUÍA DE LECTURA

Para lograr los objetivos descritos anteriormente, es importante que realice las siguientes lecturas:

Subtema	Páginas
18.1. La reserva de recursos: RSVP	523-534
18.2. Conmutación de etiquetas multiprotocolo	534-546
18.3. Protocolo de transporte en tiempo real (RTP)	546-556

COMENTARIOS GENERALES

Cada vez son más los usuarios que hacen uso de los recursos que brindan las redes de telecomunicaciones. Aunque ATM ha sido una buena solución para atender con calidad de servicio las necesidades de los usuarios, es una tecnología de mucho coste y los requerimientos de los usuarios de red son a cada instante más exigentes.

Las videoconferencias y videollamadas son utilizadas en muchas corporaciones e instituciones. Requieren servicios especiales para no presentar problemas como retardos, ya que son aplicaciones sensibles a las demoras. TCP/IP sale a brindar posibles soluciones mediante la capacidad y del tráfico a ráfagas. Como no existe un ATM universal, señala Stallings: "los diseñadores han buscado maneras de acomodar el tráfico a ráfagas con el tráfico de envío continuo dentro de una arquitectura TCP/IP", se han utilizado varias técnicas, como las mencionadas en las páginas 522 y 523 del libro de texto.

La reserva de recursos: RSVP

El protocolo de reserva de recursos fue diseñado para formar parte en la solución que brinda ISA, o sea, para arquitectura de servicios integrados, donde además han incluido un protocolo de transporte de tiempo real.

Idealmente, la calidad de servicio se basa en tener un buen rendimiento, el menor retardo posible entre otros factores; pero cuando la interred crece tanto en usuarios como en números de aplicaciones de mayores requerimientos, es necesario emplear el encaminamiento dinámico, a través de los protocolos de transporte OSPF y BGP. Esto porque manejan mecanismos para actuar ante situaciones de congestión de tráfico o fallas en las interredes.

En situaciones especiales como multidifusión o unidifusión la transmisión deben tomarse medidas preventivas. Estos aspectos están ampliamente cubiertos en las páginas 523 y 524, donde se brinda referencia sobre el manejo de recursos por medio de RSVP.

En la página 525, Stallings enumera los objetivos y características de RSVP, los cuales han sido la base para que la RFC 2205 definiera las características de RSVP. Vea los comentarios de la página 526 del libro de texto.

Dos características importantes de diseño son: reservas iniciadas por el receptor y estado no permanente. Estudie la explicación para cada una en las páginas 526 y 527.

El protocolo RSVP funciona sobre tres conceptos: sesión, especificación de flujo y especificación de filtro; las tres son explicadas en las páginas 527 y 528; además, en la última página aparece la definición para cada uno dentro de cajas de texto; la página 529 muestra la Figura 18.1, la cual presenta el tratamiento de los paquetes de una sesión en un encaminador.

El RSVP usa de dos tipos básicos de mensajes: Resv y Path, indicados y explicados en la página 533. En la Figura 18.4 de la página 534 se presenta el modelo de servidor RSVP, donde se muestra el uso de los dos mensajes básicos que emplea RSVP.

Conmutación mediante etiquetas de multiprotocolo (MPLS)

Hasta el momento ha estudiado cómo IS (Servicios Integrados), DS (Servicios Diferenciados) y RSVP (Protocolo de Reserva de Recursos), brindan mejoras a las redes IP, especialmente en la QoS (Calidad de Servicio); no obstante, hay presente una debilidad: no hay tratamiento directo para mejorar el rendimiento global.

A mitad de los 90 se trabajó en una simbiosis de dos tecnologías: IP y ATM. Varias empresas dedicadas a fabricar equipo especializado de telecomunicaciones empezaron a trabajar y ofrecer posibles soluciones; por ejemplo: Ipsilon (conmutación IP), Cisco System (conmutación de etiquetas), IBM (conmutación IP agregada basada en rutas) y Cascade (navegador IP). La finalidad era mejorar el rendimiento y las características de retardo de IP.

El IETF, en 1997, formó un equipo de trabajo denominado MPLS, a fin de establecer estándares; la primera propuesta fue presentada en inicios del 2001 (RFC 3031, Arquitectura de etiquetas multiprotocolo); pero pocos años antes, ya se habían diseñado encaminadores con la misma velocidad que ATM, por lo que no fue necesario mezclar ambas tecnologías.

MPLS siguió avanzando y hoy es fundamental para reducir la cantidad de procesamiento por paquete en cada encaminador IP. Esto mejora notablemente el rendimiento de los encaminadores. Además, MPLS ha ocupado una buena posición por que brinda: soporte QoS, ingeniería de tráfico, redes privadas virtuales y soporte multiprotocolo. En las páginas 535 y 537 aparece la explicación para cada una de esas capacidades; también en la página 537 la Tabla 18.2 contiene terminología que se emplea en MPLS.

El funcionamiento de MPLS aparece graficado en la figura 18.5 en la página 538. Observe el uso de los paquetes etiquetados: ahí no se muestran todos los elementos, solamente los que son fundamentales para MPLS. Estudie cómo opera MPLS en las páginas 538 a la 541.

Protocolo de transporte en tiempo real (RTP)

Como se ha indicado varias veces, TCP es el protocolo más utilizado en la capa de transporte, pero no cumple bien su trabajo cuando debe emplearse en aplicaciones distribuidas en tiempo real. Por ejemplo, audio y videoconferencia, donde el video debe ser presentado de inmediato; las desventajas de TCP ante las aplicaciones indicadas, son presentadas en la página 546.

La arquitectura del protocolo RTP puede observarla en la página 548 en la Figura 18.9. El RTP maneja los conceptos de encuadre en el nivel de aplicación y el procesamiento por capas integrado; cada uno es explicado en las páginas 547 y 548.

Es interesante notar que RTP soporta la transferencia de datos en tiempo real entre varios participantes en una sesión (asociación lógica de dos o más entidades RTP, que se mantiene durante la transferencia de datos).

La sesión es definida por: número de puerto RTP, número de puerto RTCP y direcciones IP de los participantes. Para una explicación más detallada, estudie las páginas 549 y 550.

La cabecera fija (ya que admite adicionales) RTP, se muestra en la Figura 18.10 de la página 550; cada campo es explicado en la página adyacente.

El protocolo de control RTP (RTCP) es mostrado en su formato en la Figura 18.11 de la página 553, además de la explicación del funcionamiento que realiza en las páginas 552 a 556.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Conexión lógica: asociación establecida entre unidades funcionales para transportar información.

Conmutación de paquetes: método de transmisión de mensajes a través de una red de comunicaciones mediante la cual los mensajes de gran tamaño se dividen en paquetes de menor tamaño, que son transmitidos como en conmutación de mensajes.

Protocolo: conjunto de reglas que gobiernan la operación de unidades funcionales para llevar a cabo la comunicación.

EJERCICIOS SUGERIDOS

A continuación se presentan ejercicios cuyo objetivo es evaluar todos y cada uno de los puntos contenidos en el desarrollo del tema.

Para el Capítulo 18, de las páginas 557 a 558 del libro de texto, haga los ejercicios 18.1a, 18.2 y 18.3a.

RESOLUCIÓN DE EJERCICIOS

18.1a)

Problema: IPv6 inserta un número variable largo variable en el encabezado de capa Internet antes del encabezado de transporte, aumentando la dificultad y el coste de la clasificación para el paquete de QoS.

Solución: la clasificación eficiente de los paquetes de datos de IPv6 se puede obtener usando el campo de la etiqueta del flujo del encabezado IPv6.

18.2)

El diagrama es una simplificación. Recuerde que el texto indica que las "transmisiones de todas las fuentes están remitidas a todas las destinaciones a través de esta rebajadora."

18.3a)

El propósito de la etiqueta es obtener el paquete para el encaminador final. Una vez que el encaminador Siguiete-a-pasada haya decidido enviar el paquete a la rebajadora final, la etiqueta tiene no más de largo cualquier función ni necesitar no más de largo ser llevado.