

41126
59



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**



**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ARAGÓN"**

**ADMINISTRACIÓN DE TRÁFICO POR PROTOCOLOS
TCP/IP Y MAC EN REDES ATM SATELITALES**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**
P R E S E N T A :
JOSÉ ANTONIO LEIJA HERNÁNDEZ

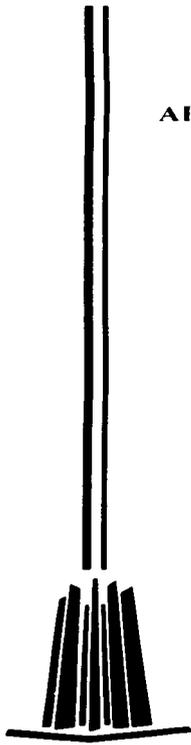
ASESOR:
ING. RAÚL BARRÓN VERA

MÉXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2003

1





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradezco a mis hermanas y a mi madre por el apoyo brindado en todo momento, ya que con ellas en el camino fue posible el llegar a esta meta, y quiero que sepan que son importante para mí, y que están a mi lado en esta etapa de mi vida.

Un agradecimiento especial a mi cañado Alejandro por su apoyo.

Este trabajo va dedicado a ellos.

Gracias.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 1. FUNDAMENTOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO**
- 1.1 Arquitecturas de Redes ATM Satelitales**
- 1.1.1 Generalidades**
- 1.1.2 Arquitecturas e Implementación de Redes Satelitales ATM (SAT ATM)**
- 1.1.2.1 SAT ATM para Satélites Transparentes.**
- 1.1.2.2 Arquitectura de red ATM fija.**
- 1.1.2.3 Arquitectura de red ATM con soporte para terminales móviles.**
- 1.1.2.4 Arquitectura de red ATM con soporte para redes móviles.**
- 1.1.3 SAT ATM con procesamiento satelital.**
- 1.1.4 Acceso a red ATM**
- 1.1.5 Inter conectividad de redes ATM**
- 1.1.6 Malla ATM**
- 1.1.7 Redes ATM Satelitales de Multiservicio.**
- 1.1.8 Tráfico en los segmentos de la red.**
- 1.1.9 Interfaz UNI**
- 1.1.10 Interfaz PNNI**
- 1.2 Protocolos para redes satelitales ATM de Banda Ancha**
- 1.2.1 Generalidades**
- 1.2.2 Descripción de entidades para redes satelitales**
- 1.2.2.1 Terminales de usuario**
- 1.2.2.2 Unidad de adaptación satelital**
- 1.2.2.3 Carga útil**
- 1.2.2.4 Estaciones gateway**
- 1.2.2.5 Estación de control de red**
- 1.2.2.6 Interfaces de comunicación**
- 1.3 Encapsulado del protocolo ATM**
- 1.3.1 Señalización de la terminal de usuario y punto de finalización del protocolo**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 1.3.2 Capas de control de enlace lógico y MAC**
- 1.4 Protocolos MAC en comunicaciones satelitales**
- 1.4.1 Tipo de tráfico**
- 1.5 Selección de protocolos MAC**
- 1.5.1 Protocolos de acceso múltiple por asignación fija**
- 1.5.2 Protocolos de múltiple acceso de asignación por demanda**
- 1.5.3 Protocolos de acceso randómico**
- 1.5.3.1 Aloha puro**
- 1.5.3.2 Aloha de rechazo selectivo**
- 1.5.3.3 Aloha ranurado**
- 1.5.4 Protocolos de reservación**
- 1.5.4.1 Reservación Aloha**
- 1.5.4.2 Asignación por demanda de prioridad orientada**
- 1.5.5 Híbrido de acceso randómico y reservación**
- 1.5.5.1 Aloha de reservación – Aloha-R**
- 1.5.5.2 Reservación round robin - RRR**
- 1.5.5.3 Salida abundante de trama entrelazada - IFFO**
- 1.5.5.4 Acceso múltiple de asignación por demanda de paquete - PDAMA**
- 1.5.5.5 Esquema satelital controlado**
- 1.5.6 Protocolos adaptivos**
- 1.5.6.1 Protocolo de árbol adaptivo**
- 1.5.6.2 Colisiones sobre reservación dividida – SRUC**

- 2. INGENIERÍA DEL PROYECTO Y PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN**
- 2.1 Adaptación del protocolo TCP/IP en redes ATM satelitales**
- 2.1.1 Introducción**
- 2.2 Control de congestión TCP**
- 2.3 Políticas de control de congestión TCP**
- 2.3.1 Inicio lento y eliminación de congestión**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 2.3.2 **Veloz retransmisión y recuperación**
- 2.3.4 **Reconocimientos selectivos**
- 2.4 **Categorías de servicio ATM**
- 2.5.1 **Tasa constante de bits CBR**
- 2.5.2 **Tasa disponible de bits ABR**
- 2.5.3 **Tasa de bits sin especificar UBR**
- 2.5.4 **Tasa variable de bits VBR**
- 2.5.4.1 **Tiempo Real VBR**
- 2.5.4.2 **Tiempo No Real VBR**
- 2.6 **Diseño para TCP sobre el satélite ATM**
- 2.7 **Simulación**
- 2.7.1 **Control de parámetros de utilización UPC**
- 2.7.2 **Caracterización de las señales de transmisión**
- 2.7.2.1 **Tráfico de telefonía.**
- 2.7.2.2 **Tráfico de datos**
- 2.7.2.3 **Tráfico de video**
- 2.8 **Modelo de simulación**
- 2.8.1 **Parámetros para análisis de desempeño**
- 2.8.2 **Resultados de la simulación**
- 2.8.3 **TCP sobre UBR y CBR**
- 2.9 **Factores de error de canal**
- 2.8.4 **TCP Sobre ABR y VBR**

- 3. **ADAPTACIÓN DEL PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO AL
MEDIO MAC EN REDES ATM SATELITALES.**

- 3.1 **Estudio de calidad de servicio**
- 3.1.1 **MAC en tráfico rt-VBR**
- 3.1.2 **MAC en tráfico nrt-VBR**
- 3.1.3 **MAC en tráfico UBR**
- 3.1.4 **MAC en tráfico CBR**

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- 3.1.5 **MAC en tráfico ABR**
- 3.2 **Dimensión de trama**
- 3.3 **Dimensión de paquete y slot**
- 3.4 **Medidas de desempeño**
- 3.5 **Comparaciones de desempeño**
- G3.6 **Problemática con PDH y SDH**

- 4. **ANÁLISIS FINAL DEL PROYECTO**
 - 4.1 **Alternativa de aplicación en México**
 - 4.2 **Aplicación y configuración propuesta para México**
 - 4.2.1 **Propuesta para centrales ALCATEL del país**
 - 4.2.2 **Propuesta para centrales Siemens del país**
 - 4.3 **Estimación de costos**
 - 4.4 **Conclusiones y recomendaciones**
 - 4.4.1 **Evaluación de los resultados generales**
 - 4.4.2 **Recomendación de implementación para México**

PROGRAMA DE SIMULACIÓN

RECOMENDACIONES UIT-T

BIBLIOGRAFÍA

GLOSARIO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1. FUNDAMENTOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

Objetivo general

El proyecto de grado tiene como objetivo general demostrar que es posible trabajar con el protocolo TCP/IP en la capa de aplicaciones de una red WAN con tecnología ATM.

Objetivo específico

Se pretende mejorar el desempeño de las futuras redes satelitales ATM. El proyecto, con ayuda de un programa de simulación, estudia el comportamiento en conexión satelital de tres políticas TCP/IP desarrolladas para redes LAN por la Fuerza de Ingeniería para el Internet (IETF): TCP de inicio lento – TCP de veloz retransmisión y recuperación - TCP con acuses de recibo selectivo, identificando la política que mejor satisface con el transporte de cada categoría de servicio ATM a nivel WAN. Ubicamos de esta manera, la política apropiada para cumplir con los requerimientos de una solución integral con Redes Digitales de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN) con conexión satelital.

1.1 Arquitecturas de Redes ATM Satelitales

1.1.1 Generalidades

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Es de notar un creciente interés en la tecnología de comunicaciones satelitales de banda ancha, ubicando a las redes satelitales como el eje principal de una Infraestructura Global de la Información.

En este ambiente, la red satelital debe soportar tanto tráfico de circuitos conmutados como altos tráficos de paquetes de servicios. El tradicional acceso

por circuitos conmutados, basados en la señalización de usuario o de red, es inadecuado para manejar de manera eficiente un tráfico dinámicamente variado de paquetes, necesitando soluciones respecto al ancho de banda.

La tecnología ATM junto con los sistemas de comunicaciones satelitales en banda Ka (30/20 GHz), constituyen las soluciones para la transmisión de servicios multimedia de banda ancha, como son páginas web, correo electrónico, compra en línea, conferencias de TV, acceso a base de datos, redes privadas, video en demanda (VoD), video conferencia, telefonía móvil y telefonía Internet. Todos estos servicios manejan diferentes tipos de transmisión, como son texto, gráficas, sonido, imagen y video. De esta manera, las ventajas ofrecidas por una tecnología de comunicaciones ATM satelitales, se resumen en proporcionar una cobertura geográfica amplia interconectando islas ATM, un mejoramiento en la capacidad de ancho de banda por demanda o en la capacidad de Acceso Múltiple de Asignación por Demanda (DAMA), y una alternativa para redes de fibra óptica en casos de presentarse desastres naturales.

Aunque la tecnología ATM fue desarrollada para proveer un servicio transparente punto a punto sobre redes terrestres, los sistemas ATM satelitales pueden desempeñar un rol importante en alcanzar conectividad global y aumentar la multiplexación estadística siempre que se mantengan los requerimientos de calidad de servicio (QoS).

Los recursos en las redes de comunicaciones satelitales, especialmente el satélite y la estación terrena, tienen un costo significativo, por lo cual deben ser utilizados eficientemente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2 Arquitecturas e Implementación de Redes Satelitales ATM (SAT ATM)

El desarrollo de soluciones estándares para redes terrestres e interfaces aéreos llegan a ser algo críticos y requieren de un estudio constante. Es así, que basados en la demanda de la industria, la Sección de Comunicaciones e Interoperabilidad (CIS) de la División de Comunicaciones Satelitales de la TIA, inició este proceso de estandarización. El comité de normas TR34.1 de la CIS ha definido un set de arquitecturas de redes ATM satelitales para una futura especificación de la capa física [TIA-EIA TSB]. Estas arquitecturas de red cubren a: satélites transparentes, satélites de conmutación, acceso a redes, escenarios de inter conectividad de redes, terminales y redes tanto fijas como móviles. Seguidamente, TR34.1 se ha encargado de desarrollar una de estas arquitecturas, la red de interconexión fija ATM punto a punto.

Las arquitecturas ATM satelitales definidas por TR34.1 pueden ser ampliamente agrupadas en dos categorías: SAT ATM para satélites transparentes y SAT ATM con procesamiento satelital. Además del tipo de procesamiento satelital, las arquitecturas definidas por TR34.1 difieren en términos de velocidades de datos ofrecidos, requerimientos de procesamiento de protocolos, soporte de movilidad proveído por la red, y si los satélites son utilizados para acceso o para tránsito.

1.1.2.1 SAT ATM para Satélites Transparentes.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En redes satelitales transparentes, no se realiza ningún procesamiento en la capa ATM ni en los propios satélites. Todo procesamiento de protocolo es ejecutado en tierra, en las terminales de usuario (TU), en las estaciones terrenas gateways (ETG) y en los centros de control de red (CCR). Estas arquitecturas proporcionan una manera rápida de desplegar ATM a localidades remotas y de interconectar islas ATM utilizando los actuales satélites. Aún cuando, la falta de

procesamiento y conmutación a bordo del satélite, impide una integración completa entre redes satelitales y redes terrestres ATM, las ventajas de tener cobertura ubicua, capacidad de ancho de banda inherente, efectividad en costo para largas distancias, ideales para proporcionar servicios móviles, flexibilidad en la ubicación de capacidad y configuración en redes, hacen a estas arquitecturas un complemento viable para redes terrestres de alta velocidad [IEEECM99].

Estas arquitecturas pueden dividirse en tres categorías de acuerdo al tipo de transmisión que soporta la red satelital: Arquitectura de red ATM fija, Arquitectura de red ATM con soporte para terminales móviles, Arquitectura de red ATM con soporte para redes móviles.

La figura 1.1 muestra las configuraciones de referencia para estas arquitecturas de red [IEEECM99].

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

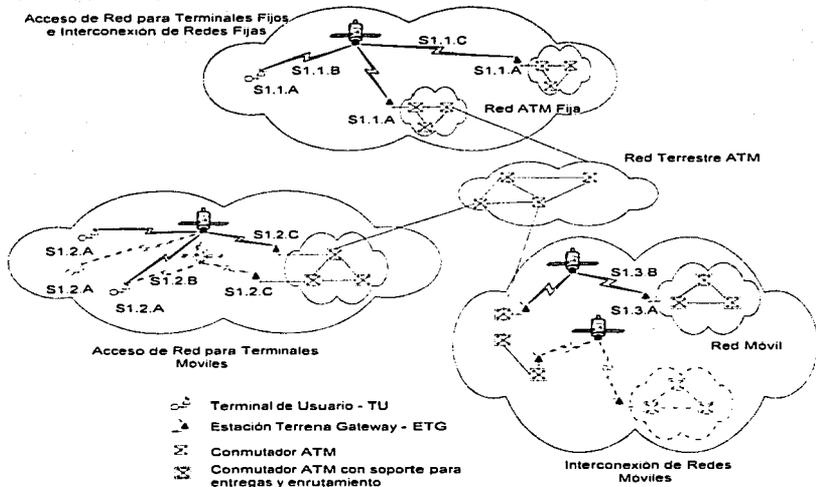


Figura 1.1 Configuraciones de referencia de redes SAT ATM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2.2 Arquitectura de red ATM fija.

En esta arquitectura, los satélites son utilizados en dos escenarios: acceso a la red a alta velocidad para terminales de usuario e interconexión a alta velocidad para redes ATM remotas. En el escenario de acceso a la red, la red satelital reside en la porción de acceso de red de banda ancha. Las terminales del cliente son típicamente pequeñas y de bajo costo. Las unidades internas de las terminales de usuario se conectan con el cliente en la red ATM a través de una interfaz usuario red ATM estándar (UNI). La estación terrena satelital, al otro lado

de los enlaces satelitales, es una estación terrena gateway (ETG). Las ETGs no ejecutan conmutación ATM o funciones de concentración, por lo tanto la interfaz entre la ETG y la red terrestre de banda ancha es también una UNI. Opcionalmente la ETG puede proveer funciones de conmutación ATM, en tal caso la interfaz a la red ATM terrestre puede ser una interfaz red a red (NNI) semejante al interfaz privado nodo red (PNNI) de ATM Forum.

Las redes satelitales se caracterizan por un amplio número de TUs y pocas ETGs. Debido al amplio número de TUs, el tamaño de las terminales, el costo y la eficiencia de ancho de banda llegan a ser críticos para un exitoso desempeño de estas redes. La eficiencia del ancho de banda, implica lograr un buen rendimiento de la capa física, tener técnicas avanzadas de codificación y modulación, una innovación en el manejo del ancho de banda y técnicas en la asignación de capacidades [ATMFPNNI].

En el escenario de interconexión de redes, la red satelital actúa como tránsito en la red de banda ancha. Las ETGs no llevan a cabo conmutación o funciones de concentración. Logrando un nivel seguro en la ganancia de multiplexación estadística en las redes terrestres ATM, el tráfico entrante a las ETGs es menos interrumpido. Aunque es posible el manejo dinámico del ancho de banda, no es tan crítico como en el escenario de acceso del usuario. Los enlaces satelitales proveen interconexión a alta velocidad entre islas ATM a velocidades fijas de transmisión [IEEEM99].

Los puntos de referencia de la arquitectura de red ATM fija se muestran en la figura 1.1. El punto de referencia S1.1.A representa a un UNI estándar o a un interfaz NNI ATM entre las estaciones terrenas y la red terrestre ATM. En el caso de acceso a la red, esta interfaz es una UNI ATM estándar, mientras que en el caso de interconexión de red esta interfaz es una NNI ATM estándar.

El punto de referencia S1.1.B es el interfaz aéreo entre el TU y la ETG para el escenario de acceso a la red. La velocidad de los datos en la capa física de la interfaz, está en el orden de 64 Kbps.

El punto de referencia S1.1.C es el interfaz aéreo entre dos ETGs para el escenario de interconexión de red. La velocidad de datos en la capa física para esta interfaz está en el orden de 1.2 Gbps.

La función de administración de los recursos ejecutados en la TU y en la ETG permite al ancho de banda asignado para conexiones a cambiar dinámicamente en función a la demanda, a la disponibilidad de capacidad, a los requerimientos de calidad de servicio y a lo que a cada uno le corresponde de ancho de banda. En esta arquitectura se asume que las funciones de administración de ancho de banda están centralizados en el CCR. En el escenario de acceso a la red, la TU puede también operar con señalización UNI ATM para establecer ciertas conexiones conmutadas. En este caso, los mensajes de señalización UNI son transportados transparentemente sobre la red satelital; de cualquier modo, la información presente en estos mensajes, es utilizada por la función de administración de recursos para asignar o no una capacidad satelital necesaria para tráfico ATM. La TU y la ETG pueden utilizar señalización interna para solicitar capacidad desde el CCR o para liberar capacidad basados en esta información. Para acceso a redes que utilizan conexiones permanentes (PVCs) la función de administración de recursos es más sencilla y no opera con señalización ATM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2.3 Arquitectura de red ATM con soporte para terminales móviles.

Esta configuración de red soporta a TUs portátiles, así como TUs que se encuentran en constante movimiento con respecto al satélite debido a la órbita del satélite (en el caso de órbitas terrestres satelitales medianas o bajas). Aún cuando las TUs portátiles requieren que la red satelital sustente el control de ubicación, el movimiento de los satélites ocasiona que la red satelital ejecute ciertos tipos de entregas.

Estas entregas pueden ser:

- De un satélite a otro mientras el TU o la ETG abandona el área de cobertura de un satélite e ingresa a otra.
- De un haz satelital a otro mientras la TU o la ETG abandona el área de cobertura de un haz e ingresa a otra.
- De un ETG a otro mientras el satélite abandona la línea de vista de una ETG e ingresa a otra.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los dos primeros tipos de entregas, no requieren de redireccionamiento en la capa ATM y pueden ser ejecutados en la capa física del satélite. De cualquier manera el tercer tipo de entrega requiere redireccionamiento de la conexión ATM en la capa ATM puesto que las dos ETGs están conectadas a la red ATM terrestre a través de dos conmutadores separados. Esto se ilustra en la parte inferior izquierda de la figura 1.1. Las tasas de entregas, entre haces, pueden ser mucho más altos que los otros dos tipos de entregas dependiendo de la configuración del sistema. Por ejemplo, una órbita terrestre satelital de unos 8000 Kms. de altitud podría tener un periodo orbital de cinco horas. El número mínimo de satélites requeridos para una cobertura completa a lo largo del plano orbital terrestre sería de cinco. Un solo satélite sería visto por un punto en la tierra durante una hora. Si el satélite tiene 100 haces en un modelo simétrico (cuadrado de 10X10), habrán aproximadamente 10 entregas de haz a haz dentro del satélite en esta hora. Esto se traduciría en la velocidad de una entrega cada seis minutos

para una conexión. Para los satélites de órbita baja, la velocidad de entrega es ciertamente mas alta. Mientras un satélite pueda estar a la vista alrededor de 12 minutos, una configuración satelital similar (100 haces en modelo simétrico) podría llegar a una razón de 10 entradas cada 12 minutos por cada conexión.

El desarrollo del control de ubicación y de los procedimientos de redireccionamiento de conexiones ATM, no está dentro de los actuales estudios de la TR34.1.

El modelo de referencia de red para esta arquitectura se muestra en la parte inferior izquierda de la figura 1.1. Esta figura ilustra los siguientes dos casos:

- Cuando el terminal de usuario es portátil, se requiere de funciones de control de movimiento para soportar su migración desde la cobertura de un haz satelital a otro.
- Cuando el terminal de usuario puede ser fijo, pero el satélite es móvil, se requiere funciones de control de movimiento para soportar entregas de conexiones desde un satélite, o haz, o ETG hacia otro satélite, otro haz u otro ETG.

El punto de referencia S1.2.A llega a ser un UNI ATM, posiblemente con mejoras y con protocolos adicionales de soporte móvil si las entregas y el control de ubicación son incorporado en la señalización UNI ATM.

El punto de referencia S1.2.B es el interfaz aéreo entre el terminal móvil y la estación terrena gateway. El punto de referencia S1.2.C es un NNI con soporte móvil.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.2.4 Arquitectura de red ATM con soporte para redes móviles.

En esta arquitectura de red, la red satelital proporciona interconectividad a alta velocidad entre una red móvil y una red fija, o entre dos redes móviles. Una aplicación de esta arquitectura, es interconectar las redes de comunicaciones de plataformas móviles como son aviones, barcos y trenes con la red terrestre ATM a través de enlaces satelitales. La red móvil consta de: uno o más conmutadores que son fijos uno respecto del otro, de terminales de usuario que están unidos a estos conmutadores y de una estación terrena satelital. La red móvil puede ser una red de posición solitaria sin conectividad con la red terrestre, o puede comunicarse con la red terrestre a través de varios enlaces NNI. En tierra, esta red consta de ETGs y de conmutadores ATM que se unen con la red terrestre ATM. Un sistema satelital global proporciona cobertura constante a la plataforma móvil.

El requerimiento obligatorio de esta arquitectura, es que soporte una red en movimiento. Una red en movimiento idealmente requiere de soporte para entregas y para direccionamiento dinámico (jerarquía de direccionamiento de una red fija).

Mientras la plataforma de la red móvil se va moviendo fuera del área de cobertura de un satélite e ingresa a otra, las conexiones en proceso son llevados desde el satélite y la ETG previos al satélite y ETG actuales.

Este puede ser un proceso de un paso, donde todas las conexiones son redireccionadas hacia la nueva ETG desde un nodo apropiado a lo largo de la trayectoria original; o puede ser un proceso de dos pasos, donde primero todas las conexiones son prolongadas desde la ETG previa hacia la nueva ETG, y seguidamente se lleva a cabo la optimización de la trayectoria redireccionando todas las conexiones de acuerdo a la trayectoria más óptima. En una red móvil grande, varias conexiones pueden tener que ser entregadas simultáneamente mientras la red móvil se encuentra en el área de cobertura solapada por dos haces satelitales.

1.1.3 SAT ATM con procesamiento satelital.

En redes ATM con procesamiento a bordo del satélite, el conmutador de carga útil ejecuta las funciones de conmutación ATM. Las funciones de control son típicamente distribuidas entre el conmutador ATM a bordo del satélite y el centro de control de red en tierra. Las interfaces ATM entre el conmutador de carga útil y las terminales terrenas pueden ser del tipo UNI o NNI. Los sistemas satelitales propuestos para el futuro por Astrolink y Teledesic son de este tipo. TR34.1 dividen a estas redes en tres arquitecturas de acuerdo al tipo de conectividad que proporcionan estas redes:

1.1.4 Acceso a red ATM

En esta arquitectura de red, se utilizan enlaces satelitales a baja velocidad para conectar hosts ATM remotos a una red terrestre. La interfaz ATM entre los hosts ATM y el conmutador a bordo es una UNI, y la interfaz ATM entre el conmutador a bordo y la red ATM terrestre es una NNI.

1.1.5 Interconectividad de redes ATM

En esta arquitectura de red, el satélite es un nodo ATM interconectando múltiples redes ATM terrestres a través de enlaces de alta velocidad. Las interfaces son del tipo NNI.

1.1.6 Malla ATM

En esta arquitectura de red, varios satélites forman una red ATM en el cielo a través de enlaces intersatelitales. Esta red provee, tanto acceso a redes ATM como interconectividad de redes. La interfaz ATM entre los satélites es del tipo NNI.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.7 Redes ATM Satelitales de Multiservicio.

Las redes ATM e Internet están diseñadas para manejar aplicaciones que requieran ancho de banda variable y en demanda. Si se diseña apropiadamente una red satelital con acceso múltiple de asignación por demanda, esta puede llegar a ser una plataforma ideal para proveer servicios ATM e Internet a ciertos niveles de calidad de servicio con un ancho de banda muy eficiente.

Un ejemplo de red satelital multiservicio es el propuesto por COM SAT con la tecnología Linkway 2000 que proporciona acceso y transporte de servicios conmutados de paquetes (ATM, IP/LAN y Frame Relay) y servicios conmutados de circuitos (ISDN, SS7), tal cual se muestra en la figura 1.2.

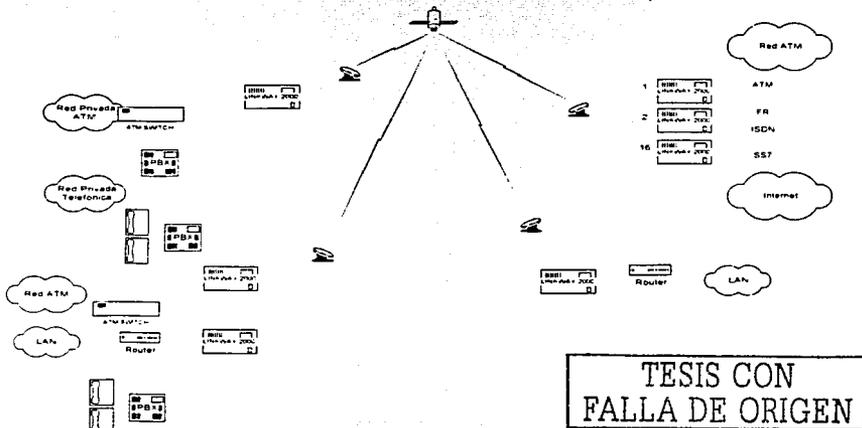


Figura 1.2 Red satelital ATM multiservicio

1.1.8 Tráfico en los segmentos de la red.

Después de haber analizado las más importantes configuraciones para redes satelitales con tecnología ATM, es importante describir el comportamiento de cada segmento de la red a nivel de protocolo para comprender el modelo de simulación del capítulo 3.

El tipo de red ATM que consideramos en el proyecto es la basada en circuitos virtuales permanentes. Este tipo de conexión se configura estadísticamente programando cada elemento de la red en la ruta de los circuitos usando un software de manejo de red.

En una llamada de un usuario a otro, la estación que origina la llamada pide un ancho de banda y una calidad de servicio para la aplicación. Si cada elemento de red en la ruta de conexión puede cumplir con este requerimiento entonces se establece la conexión entre los dos usuarios. Los elementos de señalización y los protocolos que los soportan difieren en los distintos puntos de la red.

1.1.9 Interfaz UNI

El interfaz de usuario de red (UNI-User Network Interface) es definido como el interfaz entre el usuario ATM y la red ATM. Hay dos tipos de UNIs, el UNI privado, que está localizado entre un usuario terminal de ATM y un elemento de red privada, y el UNI público que es la interfaz entre la red privada y la red pública. El protocolo de señalización usado en los UNIs se basa en el procedimiento de control de una llamada ISDN y es el más desarrollado de los protocolos de señalización ATM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.1.10 Interfaz PNNI

En una red privada la interfaz entre los conmutadores locales se conoce como interfaz privada red a red (PNNI-Private Network to Network Interface). En esta interfaz los procedimientos de señalización son similares a los que regulan las UNIs. Hay un protocolo adicional que se usa para intercambiar información de rutina entre los nodos de la red. Este se denomina interfaz interportadora de banda ancha (B-ICI -Broadband Intercarrier Interface), el cual se asemeja al sistema de señalización No. 7 (SS7).

El protocolo usado dentro de la red pública, y en el interfaz B-ICI entre las redes públicas se conoce como parte de usuario de servicios integrados de banda ancha (B-ISUP). Los mensajes B-ISUP tienen diferentes formatos que los mensajes de señalización de los UNIs, aunque muchos de los mensajes tienen propósitos similares.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2 Protocolos para redes satelitales ATM de Banda Ancha

1.2.1 Generalidades

Con los sistemas ATM satelitales, se puede rápidamente y económicamente extender los límites de cualquier red terrestre y llegar así a áreas remotas. Así los satélites llegarían a ser un complemento primordial para las redes terrestres fijas o móviles. De cualquier manera, estos no recibieron suficiente atención por la Organización de Telecomunicaciones Móviles en el año 2000/Sistemas de Telecomunicaciones Móviles Universal (IMT-2000/UMTS) ni por el Sistema Móvil de Banda Ancha. En consecuencia, se están desarrollando trabajos como son SECOMS, ASSET, WISDOM Y ACCORD dentro de Servicios y Tecnologías de Comunicaciones Avanzadas Europeas (ACTS), que intentan diseñar el nuevo sistema para el segmento satelital que proporcione tasas superiores a 2 Mbps. Estas son las denominadas nuevas generaciones de satélites de haz multispot con capacidades avanzadas de procesamiento en el plano. Estos sistemas son óptimos para trabajar en la banda de frecuencias Ka, 30 GHz para uplink y 20 GHz para downlink, para el transporte de servicios multimedia a elevadas velocidades de datos. Se han realizado estudios sobre la banda de frecuencia Ku, pero parece ser que la banda Ka se muestra como la única en el espectro que brinda el ancho de banda requerido.

1.2.2 Descripción de entidades para redes satelitales

La mayoría de los sistemas satelitales de banda ancha del futuro compartirán características comunes como son el tipo de red satelital, las capacidades de procesamiento y conmutación satelital, terminales de usuario, estándares de soporte de protocolo, esquema de acceso e interconexión de redes terrestres. Por lo tanto, en un sistema satelital típico de banda ancha, se consideran las siguientes entidades.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.2.1 Terminales de usuario

Las TUs deben soportar varios protocolos estándares, como son: Interfaz Usuario a Red ATM (UNI-ATM), Frame Relay UNI (FR-UNI), Red Digital de Servicios Integrados de Banda Angosta (N-ISDN), Interfaz de Tasa Básica (BRI), Interfaz de Tasa Primaria (PRI) N-ISDN, Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo Internet (TCP/IP). Las terminales de usuario están conectadas a la Unidad de Adaptación Satelital (UAS) a través de uno de los interfaces estándares de soporte.

1.2.2.2 Unidad de adaptación satelital

Esta es una unidad no estándar y especialmente diseñada, responsable de proveer acceso a la Red Satelital. Lleva a cabo todas las adaptaciones necesarias, del protocolo de terminal de usuario al protocolo de la plataforma satelital. También incluye todas las funciones de la capa física, como son codificación de canal, modulación/demodulación, los elementos de radio frecuencia, y la sección de antena. La red satelital puede atender a una gama de terminales de usuarios, con una variedad de capacidades de transmisión. Empezando por velocidades mínimas de transmisión de unos 8 o 16 kbps, hasta cubrir con velocidades máximas de transmisión de 144 kbps (o 384 kbps para terminales de usuario personales), incluso a 2048 kbps y más, para terminales fijos con antenas grandes. Todos los terminales comparten el mismo esquema de acceso y la misma pila de protocolo.

1.2.2.3 Carga útil

En la mayoría de los sistemas satelitales de banda ancha del futuro, se realiza regeneración de señal en la plataforma satelital. Las unidades de procesamiento de la plataforma satelital, llevarán a cabo multiplexación, demultiplexación, codificación y decodificación de canal, y veloz conmutación de paquetes utilizando configuración multispot.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La mayor parte del procesamiento, como son señalización para el establecimiento de llamada o control de admisión de conexión (CAC), se llevará a cabo en tierra.

1.2.2.4 Estaciones gateway

Estas son las que proporcionan conectividad a las redes externas. En sistemas de Orbita Geoestacionaria (GEO), la ubicación y el número de gateways dependen principalmente del tráfico en demanda. Un número elevado de gateways se ubicarán en áreas donde la demanda de tráfico sea elevada, y estos gateways están siempre conectados utilizando el (los) mismo(s) satélite(s).

En sistemas no geoestacionarios, la ubicación y el número de estaciones gateways depende de algunos diseños adicionales en el sistema, como son: diseño de constelación, el uso o no de enlaces intersatelitales (ISLs), etc.

Por ejemplo, en un sistema de órbita terrestre mediana sin ISLs, un número inferior a 10 gateways puede proveer total cobertura [EMPS94]. Un sistema de órbita baja podría requerir decenas o centenas de gateways, pero el número de estos se puede reducir con el uso de ISLs.

1.2.2.5 Estación de control de red

La estación de control de red (ECR) es una entidad central, utilizada en un sistema satelital GEO, usualmente una por satélite, proveyendo total control de los elementos y las operaciones de la red satelital. Este nodo es responsable de asignar los medios de radio a los gateways basándose en un esquema de planificación. La ECR es responsable de llevar a cabo enrutamiento de llamada y funciones de control de llamada, como son actualización de direcciones, autoidentificación, identificación y facturación. En sistemas no geoestacionarios, estas operaciones son normalmente llevadas a cabo por más de un gateway de forma distribuida.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.2.2.6 Interfaces de comunicación

Para lograr una infraestructura global de la información se debe considerar los estándares B-ISDN como la tecnología central que puede ser usada para proporcionar servicio de banda ancha a áreas remotas. En la figura 1.3 se muestra un modelo de referencia de red satelital B-ISDN, donde se ha seleccionado el concepto de Red Inteligente (RI) para solucionar problemas relacionados a enrutamiento de llamadas y a transporte de información de terminales.

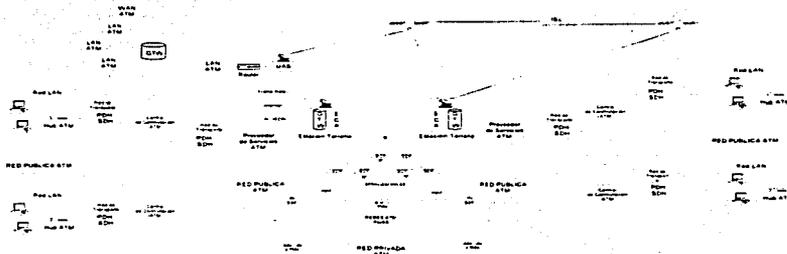


Figura 1.3 Modelo de referencia de red satelital B-ISDN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

En redes satelitales GEO, usualmente una estación central (ECR) controla los elementos satelitales, proporciona información de enrutamiento y lleva a cabo interrogaciones con base de datos de usuario. Por lo tanto, cuando se utiliza una aproximación centralizada para operaciones de red satelital, es vital el uso del sistema de señalización No.7 (SS7) en la interconexión del ECR a la plataforma RI. De cualquier manera es imprescindible la interconexión de mas de una estación a la plataforma RI, de mayor uso en sistemas no geoestacionarios, debido a que los gateways son usualmente responsables del control de los elementos de uno o más satélites de manera dinámica, y las operaciones de red satelital se llevan a cabo de manera distribuida. El protocolo que se utiliza en la red inteligente para proporcionar información de ubicación, recuperación, actualización, autoidentificación, enrutamiento de llamada, handoff, tarifación, operación y mantenimiento se denomina red inteligente de aplicación de partes (INAP) [ETS1].

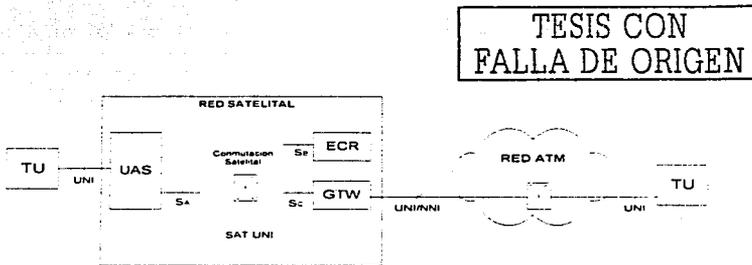


Figura 1.4 Entidades de red satelital

La figura 1.4 muestra las diferentes entidades de red involucradas en la vía de comunicación de una conexión ATM punto a punto.

La interfaz del terminal de usuario a la unidad de adaptación satelital es una UNI-ATM estándar, pudiendo también ser una Interfaz Red a Red (NNI-ATM). La interfaz de la unidad de adaptación satelital a la red de acceso satelital es la denominada SAT UNI, la cual está distribuida entre las distintas entidades de red satelital a través de los interfaces Sa, Sb y Sc.

Las interfaces de conexión entre redes ATM públicas y privadas puede ser una interfaz interna de red ATM (AINI), o la interfaz red a usuario público (UNI-P), o la interfaz red a red privada (PNNI). Entre distintas redes públicas ATM, es posible utilizar un interfaz por defecto denominada interfaz Inter portadora de banda ancha (B-ICI). Dentro de las redes públicas ATM, es posible utilizar dos protocolos distintos de señalización, el interfaz nodo a red pública B-ISDN basada en la parte de usuario de B-ISDN (B-ISUP) o las especificaciones de ATM Forum para PNNI. PNNI incluye enrutamiento además de un protocolo de señalización de nodo de red considerando que B-ISUP UIT es simplemente un protocolo de señalización.

1.3 Encapsulado del protocolo ATM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

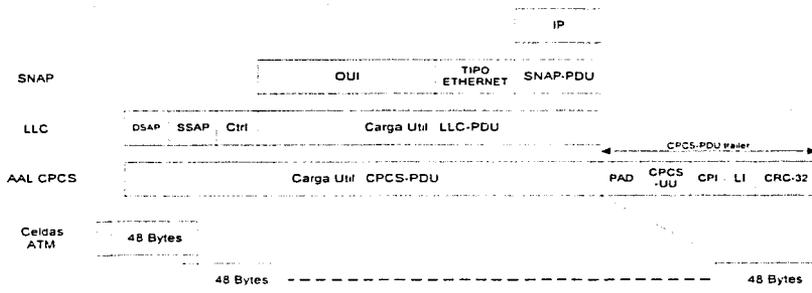
La encapsulación de protocolo es una técnica simple y sencilla de implementar para pasar información por las entidades de la red. En este escenario, el protocolo de la plataforma satelital es diseñado para soportar transparentemente diferentes estándares de terminal de usuario a través de una apropiada interfaz satelital. Los protocolos de acceso satelital terminan en las estaciones gateway y no son vistas por ninguna red externa. Por lo tanto, no se requieren modificaciones a los protocolos estándares existentes. Esta aproximación llega a ser atractiva en sistemas que necesitan acomodar diferentes tipos de terminales de usuario, con una variedad de protocolos estándares, cuando el protocolo ATM no es el mecanismo dominante de transporte. Estas redes que utilizan este tipo de plataforma de protocolo, pueden realizar tareas de conmutación de circuitos, conmutación de paquetes, etc. De cualquier manera, es muy difícil ofrecer un óptimo desempeño a cualquier protocolo estándar en

particular, resultando ineficiencias en el protocolo, relacionado principalmente al aumento de las cabeceras de los paquetes.

Existen varios métodos para llevar a cabo las comunicaciones entre computadoras en redes ATM. Todos ellos caen en dos categorías, denominadas IP sobre ATM y el método de Emulación LAN. La primera está siendo analizada por la Fuerza de Ingeniería para el Internet IETF, mientras que la segunda está siendo analizada por ATM Forum. La principal diferencia entre estos dos métodos está en los protocolos de alto nivel, encima de AAL. Para IP sobre ATM, están los protocolos IP, mientras que con Emulación LAN se encuentran las tramas Ethernet.

En nuestro modelo de análisis, los hosts terminales trabajan con el método IP sobre ATM. Para insertar paquetes IP dentro de un formato encapsulado para la transmisión sobre la red ATM, utilizamos la técnica de encapsulación de Control de Enlace Lógico (LLC) extendido para su funcionamiento en redes de comunicación satelital.

La función LLC es provista en la capa de alto nivel para identificar si los protocolos son compatibles con OSI o no. IP no es compatible con OSI, por lo cual es necesario identificar el protocolo. Esta identificación se lleva a cabo en el punto de acceso a subred (SNAP), la cual tiene funciones de administración de protocolo e indica el tipo de protocolo. En el caso de un protocolo compatible con OSI se utiliza un identificador de protocolo del nivel de red en lugar de SNAP para indicar el tipo de protocolo.



SNAP = Punto de acceso a subred
 LLC = Control de enlaces lógico
 AAL = Capa de adaptación ATM
 CPCS = Subcapa de convergencia de parte común
 OUI = Identificador organizacional único
 DSAP = Punto de acceso a servicio de destino

SSAP = Punto de acceso a servicio de fuente
 Ctrl = Control
 PAD = Relleno
 CPI = Identificador de parte común
 CRC = Código de verificación de redundancia ciclica
 PDU = Unidad de datos de protocolo

Figura 1.5 Encapsulación del protocolo ATM

La arquitectura del protocolo para la encapsulación del protocolo ATM sobre una plataforma satelital No-ATM se representa en la figura 1.5 para ambos planos, de control y de usuario [IEEE/N96].

1.3.1 Señalización de la terminal de usuario y punto de finalización del protocolo

Se utiliza la pila de protocolos en el plano de usuario para la traducción de cualquier tipo de mensajes de señalización TU en mensajes de señalización de la red satelital. Para el control de la llamada del terminal de usuario y las funciones relacionadas a movilidad en el segmento de red satelital, se requiere de un protocolo de señalización satelital específico. Este protocolo consiste de todos los procedimientos necesarios para el inicio, mantenimiento y liberación de conexiones de red satelital. Este protocolo reside en la UAS, en la ECR y en las estaciones gateway. Utiliza una aproximación orientada a conexión para ofrecer una determinada calidad de servicio (QoS) requerida por la red para todos los tipos de tráfico. Cada conexión satelital está asociada con un Identificador de Conexión Satelital (ICS) el cual es utilizado para el enrutamiento dentro de los límites de la red satelital. Los mensajes de señalización UNI-ATM pasan transparentemente a través de la estación gateway hacia el primer conmutador terrestre ATM, público o privado. De cualquier manera, para llamadas de TU a TU el punto de finalización de la señalización UNI-ATM debe llevarse a cabo en la estación gateway, ya que estas son conexiones dentro de los límites de la red satelital. En tal caso, solo uno o un número limitado de gateways que soportan señalización UNI se necesitarán en toda la arquitectura terrestre de la red satelital. Una aproximación similar será seguida por cualquier protocolo de transporte que utilice dichas capas satelitales.

1.3.2 Capas de control de enlace lógico y MAC

Las subcapas específicas del satélite, Control de Enlace Lógico (LLC) y Control de Acceso al Medio (MAC), mostradas en la figura 1.6, se agrupan en la capa del protocolo de Control de Enlace de Datos (DLC). DLC es necesario para el transporte de señales por las entidades de la red satelital a través del interfaz aéreo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

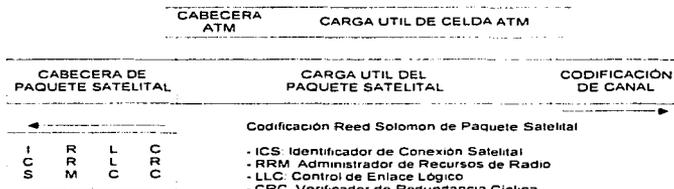


Figura 1.6 Protocolos en el enlace satelital

A fin de soportar un interfaz aéreo flexible con baja tasa de datos, 8 o 16 kbps, y para minimizar cualquier retardo de paquetización de la capa MAC, se necesita que la capa del protocolo de red proporcione al DLC básico unidades de protocolo de datos (PDUs) pequeños y fijos de 53 bytes. Por lo tanto, el trazo exacto de una celda ATM por LLC PDU parece ser la mejor solución, solo para la trayectoria uplink. En tal caso, el campo de cabecera LLC puede ubicarse al lado de la cabecera de la capa MAC en cualquier trama que sea transmitida sobre el

interfaz aéreo. El paquete de la capa MAC consiste de: cabecera satelital de paquete codificado, 53 bytes de carga útil de paquete satelital y los bits extras de codificación de canal. En la cabecera del paquete, se adicionan los siguientes campos: ICS, el campo de Control de los Medios de Radio (RRM), el campo LLC, y el campo de Verificación de Redundancia Cíclica (CRC).

En un ambiente satelital de haz multispot, la longitud del campo ICS que simplemente identifica una conexión activa, necesita ser bastante grande para incluir un número máximo de conexiones activas que puede soportar el sistema en cualquier instante. La presencia del campo RRM depende de la selección del protocolo de control de los elementos que se utiliza en la red de acceso satelital. Esta puede acomodar solicitudes y asignaciones de ancho de banda en ambas direcciones, uplink y downlink. El campo LLC puede ser utilizado para multiplexar varias conexiones uplink provenientes de la misma UAS utilizando el mismo valor ICS. Finalmente, el campo CRC es requerido para detectar errores en la cabecera del paquete satelital.

El dimensionamiento del presupuesto del enlace para la mayoría de los sistemas satelitales de banda ancha se lleva a cabo a fin de operar a Tasas de Error de Bits (BER) más bajas que 10^{-6} utilizando esquemas de codificación de detección de error. En la encapsulación del protocolo ATM se requiere un mínimo de procesamiento de potencia en ambas estaciones, UAS y GTW, pero aquí se introduce un paquete adicional en la punta de cada uno de los 5 bytes de cabecera de celda ATM. De cualquier manera, este paquete de cabecera se puede reducir a pocos bytes [IEECCM99].

Capacidad de Conmutación Satelital Uniformemente Distribuida	Número de Haces Spot Satelitales	Numero Maximo de Conexiones Activas por Haz Spot	Numero Requerido de Bits ICS
2	32	4096	12
2	64	2048	11
2	128	1024	10
2	256	512	9
5	32	10240	13
5	64	5120	12
5	128	2560	11
5	256	1280	10
10	32	20480	14
10	64	10240	13
10	128	5120	12
10	256	2560	11

Tabla 1.1 Longitud de campo ICS

La tabla 1.1 presenta el cálculo de la longitud del campo ICS. Se asume que la capacidad total del satélite es uniformemente distribuida a través del haz multispot y que 16 kbps es el canal más pequeño disponible para el usuario. Esto resulta en una longitud de 2 octetos para ICS, incluyendo 2-3 bits para el campo RRM. Con el fin de acomodar grandes tasas a los terminales, se necesitan 3 octetos para el campo LLC, resultando una longitud de cabecera total de 5 octetos más 1 octeto para detección y/o corrección de errores. Una alternativa es utilizar la extracción de la cabecera ATM en la UAS y su reconstrucción en el GTW, ya que no es usada en la etapa de conmutación de la red satelital. Aunque esta técnica requiere procesamiento extra de potencia cuando se compara con la encapsulación de celda ATM, esta reduce considerablemente la sobrecarga del paquete satelital. De cualquier manera, o consume rápidamente las conexiones disponibles desde los campos ICS y/o los campos LLC, o incrementa la longitud

de la cabecera MAC, porque para cada conexión, la información relacionada a los campos de Control de Flujo Genérico (GFC), Tipo de Carga Util, y Prioridad de Pérdida de Celda (CLP) necesita ser insertado en la cabecera MAC, así el GTW receptor está disponible para detectar el tipo de celda ATM recibida y que sea utilizada adecuadamente.

1.4 Protocolos MAC en comunicaciones satelitales

Los protocolos de control de acceso al medio están ubicados en el corazón de los distintos sistemas de comunicación electrónica. Los protocolos MAC están diseñados para coordinar la transmisión de paquetes, la retransmisión de paquetes dañados y para la resolución de colisiones entre estaciones durante el periodo de conexión. A su vez están basados en arquitectura de red de bajo nivel y juegan un rol importante en el desempeño de protocolos de alto nivel tales como protocolos de aplicación multimedia y multiservicio, como lo es ATM. El criterio de desempeño incluye elevado throughput de canal, estabilidad de canal, aplicabilidad de banda ancha y baja complejidad del algoritmo de control.

Los protocolos de control de acceso al medio permiten la comunicación de estaciones de diversas localidades para regular la transmisión de sus paquetes y administrar el ancho de banda de la red para utilizar sus recursos lo más eficiente posible. La explicación de existir diferentes protocolos MAC, es que los protocolos que son convenientes para ciertas aplicaciones, muchas veces no conocen los requerimientos de otras aplicaciones. Todos ellos utilizan comúnmente protocolos de alto nivel. Los protocolos FTP, HTTP, TFTP, TCP/IP, ATM, etc utilizan uno o más protocolos MAC de bajo nivel.

Realizamos la clasificación de los protocolos MAC de acuerdo a su funcionalidad, y después de un proceso de eliminación identificamos a los apropiados para soportar aplicaciones multimedia en comunicaciones satelitales.

1.4.1 Tipo de tráfico

El desempeño de un protocolo MAC depende exclusivamente de la naturaleza del tráfico transmitido por el canal de acceso múltiple ATM. El tráfico incluye distribución de mensajes de llegada, distribución de mensajes de longitud de paquete y de tráfico en ráfaga. Esta última, es una característica importante que interviene en el diseño o la selección de un protocolo MAC para la red satelital ATM. Grandes ráfagas requieren de extra buffers y de elevada capacidad de procesamiento para mantener comunicaciones fiables y garantías de calidad de servicio. Para tráfico en ráfaga, los protocolos MAC, que utilizan asignaciones fijas o por demanda sobre un periodo de tiempo, llegan a ser muy ineficientes. Para mejorar el throughput de un canal emisor compartido por usuarios con tráfico en ráfaga randómico, es necesario localizar dinámicamente la capacidad de tráfico en cada mensaje o paquete manteniendo al mínimo el retardo punto a punto. Esto también elimina a otra gama de protocolos MAC que no soportan tráfico en ráfaga.

1.5 Selección de protocolos MAC

Los protocolos MAC para comunicaciones de satelitales (elevada latencia), pueden ser clasificados según: su funcionalidad con respecto a la naturaleza estática o dinámica de canal, al mecanismo de control centralizado o distribuido y al comportamiento adaptivo del algoritmo de control. Se tiene la siguiente clasificación:

- ✓ Protocolos de asignación fija.
- ✓ Protocolos de asignación por demanda.
- ✓ Protocolos de acceso randómico.
- ✓ Protocolos híbridos de acceso randómico y de reservación
- ✓ Protocolos Adaptivos

Los primeros dos grupos de protocolos son protocolos de disputa libre del canal por distribución estática (asignación fija) o distribución dinámica (asignación

por demanda). Mientras que los últimos tres grupos de protocolos son protocolos de disputa orientada donde la congestión toma lugar en el canal de datos (acceso randómico) o en el canal de señalización (híbridos de acceso randómico y de reservación). Una importante ventaja de los protocolos de disputa libre de acceso es la habilidad de controlar el retardo de paquete, donde es posible encontrar el peor valor posible de retardo. Esta importante característica es esencial para aplicaciones en tiempo real. Con asignación por demanda, es necesario establecer el canal junto con la señalización. El acceso al propio canal de señalización es otro problema de múltiple acceso. Los protocolos híbridos toman ventaja del acceso randómico y de los protocolos basados en TDMA. Los protocolos de acceso randómico proporcionan baja latencia cuando el tráfico está ligero, mientras que los protocolos basados en TDMA proporcionan elevado throughput cuando la carga del tráfico es alta.

1.5.1 Protocolos de acceso múltiple por asignación fija

En los protocolos de acceso múltiple por asignación fija FAMA, la disposición del ancho de banda del canal para una estación es por asignación estática, y es independiente de las actividades de la estación. Esta se realiza particionando el ancho de banda en slots, cada uno asignado para una estación. La asignación de canal es firmemente controlada y no es adaptable para cambios de tráfico. FAMA puede ser clasificada como protocolos FAMA ortogonal, como son TDMA y FDMA, o FAMA cuasi ortogonal, como son CDMA.

Los protocolos FAMA son las técnicas más efectivas para redes satelitales compuestas por un número pequeño de estaciones (<10) con diseños de tráfico estables y posibles de pronosticar. FDMA ha sido la primera técnica utilizada en los primeros accesos múltiples para comunicaciones satelitales, mientras que TDMA está siendo actualmente utilizada.

En FDMA no se requiere de ninguna coordinación o sincronización. Cada estación puede utilizar su propia banda sin interferencia alguna. De cualquier manera, FDMA es despilfarrador, especialmente cuando la carga no está

momentáneamente nivelada. Cuando una estación está inactiva, su porción compartida de ancho de banda no puede ser utilizada por otra estación. FDMA es además no flexible, ya que adicional una estación requiere de modificaciones en el equipamiento. Ésta técnica tiene la ventaja de simplicidad, pero le falta flexibilidad y reconfigurabilidad. Por otro lado, TDMA proporciona un mejor throughput de canal. De cualquier manera, las estaciones deben estar sincronizadas; así cada estación sabrá exactamente el momento de transmitir. La mayor desventaja de TDMA es que cada estación requiere de una asignación fija de tiempo en el canal, tenga o no tenga datos para transmitir. En la mayoría de las aplicaciones el tráfico es en ráfaga, y la asignación fija de canal ocasiona un desperdicio de ancho de banda. Ya que nos interesa las redes de banda ancha de alta velocidad en comunicaciones satelitales, nos enfocaremos principalmente en el análisis de los protocolos MAC basados en TDMA.

1.5.2 Protocolos de múltiple acceso de asignación por demanda

En situaciones donde el tipo de tráfico es randómico y no predecible, la distribución fija del canal conduce a un uso ineficiente de la capacidad del transpondedor. Es necesaria la asignación dinámica de la capacidad por demanda en respuesta a las solicitudes de la estación. Para incrementar el throughput de la transmisión es posible la distribución dinámica utilizando reservaciones por demanda. El proceso de reservación puede ser implícito o explícito. En la reservación explícita, un único slot reservado es asignado para cada estación en todas las tramas. Cada trama contiene una subtrama de control que consiste en una secuencia de bits que sirve para reservar o anunciar futuras transmisiones. En la reservación implícita, las estaciones utilizan los slots Aloha para competir por la reservación de slots. En redes con gran número de estaciones, la disputa es usada para mantener un número pequeño de slots reservados. El límite entre las subtramas de control y de datos puede ser variable, la cual expande la subtrama de control para llenar el tiempo de trama no utilizado, reduciendo la disputa actual por los slots de control.

TEST CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.3 Protocolos de acceso randómico

Aún cuando en los protocolos de libre disputa toda transmisión planificada es garantizada para tener éxito, los protocolos de acceso randómico de antemano no garantizan una transmisión exitosa. No existe ningún intento para coordinar las estaciones y evitar colisiones. En cambio, cada estación realiza su propia decisión respecto a cuando acceder al canal. El acceso randómico sin control, es simple de implementar y adaptar a una demanda variable, pero en algunas situaciones esta puede ser despilfarrada debido a colisiones. Los esquemas de acceso randómico, relativamente padecen de capacidad limitada, y en presencia de tráfico en ráfaga ellos no pueden acomodar aplicaciones de tiempo real o garantías de calidad de servicio. Mas aún, el largo retardo de propagación de una ida y vuelta, empeora el problema ya que cada colisión de paquete aumenta por lo menos un retardo RTT al tiempo de transmisión de paquete.

1.5.3.1 Aloha puro

En este protocolo, las estaciones no son sincronizadas, y estás transmiten los paquetes de datos cuando estos se encuentran listos. En el caso en que uno o más paquetes chocan, cada usuario realiza el estudio de colisión y retransmite el paquete después de un retardo al azar. Este retardo al azar es crucial para la estabilidad del protocolo y de esta manera para el desempeño del throughput versus el retardo de todos lo protocolos de disputa orientada.

1.5.3.2 Aloha de rechazo selectivo

En una transmisión randómica asíncrona, la colisión más frecuente entre paquetes es parcial. En Aloha puro el paquete es totalmente destruido por una colisión, Aloha de rechazo selectivo no llega a la total destrucción de un paquete. El paquete de transmisión es dividido en subpaquetes, cada uno con su propia cabecera. Cuando ocurre una colisión, solo los subpaquetes que colisionan, son

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

retransmitidos. Aloha de rechazo selectivo es bien utilizado por paquetes de longitudes variables.

1.5.3.3 Aloha ranurado

En este protocolo, las estaciones son necesarias para sincronizar sus paquetes transmitidos dentro de slots de canal de longitud de tiempo fijo. Los paquetes de longitud constante logran un máximo throughput sobre toda la distribución de paquetes. El máximo throughput de canal es de 37%.

1.5.4 Protocolos de reservación

El objetivo de estos protocolos es de evitar completamente las colisiones. Desde que los usuarios son distribuidos, es necesaria una reservación de subcanal, para comunicar con cada uno de los otros tal que solo una estación a la vez pueda acceder al canal.

La mayoría de los protocolos de reservación adoptan al protocolo TDMA de asignación fija o a algunas variaciones del protocolo Aloha ranurado. El protocolo TDMA es ineficiente para un número largo de usuarios con tráfico en ráfaga, mientras que Aloha ranurado es independiente del número de usuarios, pero necesita ser controlado adaptablemente para una operación estable. Existe un trato entre la estabilidad de canal y el mecanismo de control de canal. Parte del precio que uno tiene que pagar en el throughput de canal es el aumento del mensaje de retardo. El retardo mínimo que se puede incurrir por un mensaje, excluyendo el tiempo de transmisión del mensaje, es mayor que doblar el tiempo de transmisión de canal. Esta es una importante consideración para canales satelitales.

1.5.4.1 Reservación Aloha

R-Aloha es un protocolo de disputa orientada con reservación implícita, y es el protocolo más simple de reservación. Las reservaciones son implícitas en el sentido de que una transmisión exitosa en un slot sirve como reservación para el correspondiente slot en la siguiente trama. El acceso inicial es al azar, y el Aloha ranurado es utilizado durante el periodo de disputa. Una vez que empieza la transmisión, el mismo slot dentro de las subsiguientes tramas es reservado por la misma estación con tal que tenga datos para transmitir. Las estaciones listas monitorean los slots en la trama presente. El protocolo reservación Aloha es básicamente un protocolo Aloha ranurado en las cuales los slots son organizados en tramas de tamaños iguales. Existen menos slots por tramas que el número de estaciones. Para comunicaciones satelitales, la duración de una trama debe ser mayor que el retardo de propagación satelital. El protocolo reservación Aloha lleva a cabo una mezcla dinámica del tráfico. Si el promedio de longitud de mensajes es largo, el protocolo lo ejecuta como un esquema TDMA de asignación fija. Si el tráfico es en ráfaga, el protocolo lo ejecuta como Aloha ranurado. Es menos el desempeño al de Aloha ranurado si la mayoría de los mensajes son de la longitud de un slot. Esto es porque el slot queda vacío por una vuelta. Este protocolo soporta tráfico en cadena y en ráfaga.

1.5.4.2 Asignación por demanda de prioridad orientada

En este protocolo, el tiempo de trama consiste de una parte de control y de una parte de datos. El límite es adaptado a la carga en circulación. El acceso a la parte de control puede ser determinístico o por una disputa de Aloha. Todas las estaciones rastrean la parte de control y mantienen una cola para determinar el instante de acceso apropiado. Se utilizan dos mecanismos distintos de reservación, datagramas y cadenas, para satisfacer los requerimientos de voz y datos. Para tráfico en cadena como voz y video, se realiza una reservación solo una vez, y es retenida por cada estación en una cola separada. Las reservaciones de datagrama son hechas basándose en la ráfaga.

1.5.5 Híbrido de acceso randómico y reservación

Los esquemas de reservación son diseñados para lograr las ventajas de acceso randómico y de TDMA. Una inmediata extensión está en utilizar un esquema de reservación con disputa. Las estaciones compiten durante el periodo de reservación, y aquellas que tienen éxito en realizar reservaciones transmiten sin ningún problema. Los protocolos híbridos derivan su eficiencia del hecho de que los periodos de reservación son pequeños a los periodos de transmisión por varios órdenes de magnitud.

1.5.5.1 Aloha de reservación – Aloha-R

Aloha-R es un protocolo de reservación de disputa orientada distribuida, que explícitamente toma reservaciones exclusivas. Una trama es dividida en slots de igual longitud, y cada uno de ellos es aún dividido en minislots. Los minislots adquiridos vía Aloha ranurado, funcionan como una cola común para todos los usuarios. Los slots de datos son utilizados en una base de la reservación y son libres de conflictos. El número de slots es adaptado a la carga en circulación. Una estación que quiere transmitir, envía un paquete de solicitud en un minislot especificando el número de slots deseados (menor al máximo permitido). Si la reservación es exitosa, la estación luego determina cuales futuros slots va ha adquirir y transmite en ellos. Para ejecutar apropiadamente el mecanismo de reservación, cada estación mantiene una cola que contiene información en el número de reservaciones no saldadas, y de los slots al cual su propia reservación empieza. De esta manera, una estación sabe cuando transmitir. Esta es determinada por la disciplina Primero en Ingresar – Primero en Salir (FIFO) basada en la reservación exitosa recibida.

En una variación de este protocolo, los slots ociosos son también disponibles para ser reservados por otros. Si existe una colisión en la reservación de minislots, todos los usuarios excepto el dueño del minislot se abstendrán de una reservación.

1.5.5.2 Reservación round robin - RRR

RRR es un protocolo de reservación de disputa orientada distribuida. La base de este esquema es una asignación TDMA fija. Esta requiere que el número fijo de estaciones sea menor o igual al número de slots en la trama. Cada estación tiene un slot dedicado. Si existen extra slots, estas pueden ser utilizadas por todas las estaciones usando Aloha ranurado. Si el slot no empieza a ser utilizado por su dueño, esta se pone disponible a ser utilizada por otras estaciones. En una variación de este esquema, cada estación mantiene el rastro de la cola global incluyendo la longitud de su cola en la cabecera del paquete. El algoritmo round robin es utilizado para asignar slots disponibles, slots de exceso y slots no utilizados, a los paquetes elegidos. Cada estación es requerida para transmitir información con respecto a su propia cola de paquetes en la cabecera del paquete de datos, transmitida en la trama previa. Un cómputo cero indica que el slot correspondiente está libre. Una estación reclama a su slot causando deliberadamente un conflicto en aquel slot detectado por otros usuarios. Esto permite a otras estaciones saber el estado actual de su propio slot. Esta aproximación es superior a R-Aloha para el tráfico en cadena desde que cada estación se garantiza un slot de ancho de banda. Para un número largo de estaciones, este algoritmo puede conducir a un elevado retardo.

1.5.5.3 Salida abundante de trama entrelazada - IFFO

En IFFO una trama consiste de: un slot de control, slots reservados y slots de disputa. El límite entre los dos últimos depende del número de reservaciones realizadas en la trama anterior. El slot de control es subdividido en minislots, una por cada estación, y es utilizada para realizar reservaciones. Todos los paquetes que llegan a estar listos durante el intervalo de tiempo de los slots reservados deben tomar una reservación en el siguiente tiempo de trama. La misma es retenida para la última disputa de los slots. Si ocurre una colisión, los paquetes son retransmitidos en los slots reservados de la siguiente trama. Salida Abundante significa que los paquetes están garantizados para ser transmitidos

satisfactoriamente en el segundo tiempo de trama después de que ellos llegan a estar listos para transmisión. Entrelazado significa que las reservaciones en las tramas impares son independientes de aquellas pertenecientes a tramas pares. La longitud de trama es variable pero debe ser de por lo menos un retardo de propagación RTT.

1.5.5.4 Acceso múltiple de asignación por demanda de paquete - PDAMA

En PDAMA, una trama consiste de un slot guía de control, un slot de guardia, minislots de reservación y de slots de información. El slot guía contiene acuses de recibo de reservaciones recibidas y de asignaciones de tiempos de tramas de otras estaciones. El contenido del slot guía es transmitido por la estación maestra. El slot de guardia asegura que cada estación atienda al slot guía antes que intente una reservación. Cuando la estación primero toma control, esta atiende a la siguiente subtrama guía. Esta luego transmite un mensaje de identificación corto, la cual incluye el tiempo de transmisión, durante la subtrama de guardia. Si no existe colisión, la estación intenta nuevamente durante las subsiguientes subtramas de guardia, utilizando un algoritmo randómico. Las estaciones disputan por la reservación utilizando Aloha ranurado. Se pueden realizar tres sorteos de reservaciones: *primero*, mensajes urgentes pueden ser enviados como una unidad en una sola subtrama de información. Una estación puede solicitar una continuación de asignación para un intercambio de voz digitalizado. La subtrama de información es de longitud variable. *Segundo*, una estación puede solicitar que el sistema sea colocado en modo de mensaje largo. *Tercero*, el modo digitalizado permite voz digitalizada. Se asigna capacidad suficiente para soportar transmisión de voz full duplex.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.5.5 Esquema satelital controlado

Este protocolo utiliza al satélite para realizar reservaciones en lugar de la estación terrena. Está diseñado para tratar de mezclar tráfico en cadena y en ráfaga. Es un protocolo en modo dual para tráfico conmutado de paquetes y de circuitos. La trama de canal es dividida en dos subtramas: una para estación de ráfaga y otra para estaciones fuertemente cargadas. La subtrama para las estaciones fuertemente cargadas es posteriormente dividida en dos subcanales; una reservación de subcanal consiste de minislots y de un subcanal de mensaje.

Las estaciones en ráfaga utilizan Aloha ranurado en sus subtramas dedicados para la transmisión de paquetes. Las estaciones fuertemente cargadas utilizan reservación de minislots randómicamente para reservar slots en el subcanal de mensaje entrante para su tráfico conmutado de circuitos. Cada trama consiste de tres subtramas. La reservación de subtrama contiene una gama de reservaciones de minislots. La subtrama no reservada contiene slots de datos por los cuales las estaciones disputan utilizando Aloha ranurado y son proyectados para tráfico en ráfaga. La subtrama de reserva contiene slots de datos que pueden ser reservados para tráfico en cadena. Para adquirir slots en la trama reservada, una estación disputa por un minislot utilizando Aloha ranurado para transmitir una reservación. Una reservación consiste del identificador de la estación terrena. Si la reservación es recibida satisfactoriamente en el satélite, y si por lo menos se dispone de un slot no reservado en la subtrama reservada, el satélite inmediatamente envía una confirmación en el mismo minislot. Esta confirmación consiste de la ubicación del slot dentro de la subtrama reservada. Una vez recibida la confirmación, la estación terrena puede luego utilizar el slot reservado en cada trama subsiguiente hasta que esta transmita una bandera de fin de mensaje. Esta informa al satélite que descargue al slot para su uso a futuro.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.6 Protocolos adaptivos

Los dos métodos de adquisición de canal denominados protocolos de reservación de disputa libre y de disputa orientada, tienen sus ventajas y desventajas. Cada esquema puede ser valorado acerca de la manera en que actúa con respecto a dos importantes medidas de desempeño: de retardo en baja carga y eficiencia de canal en alta carga. Para tráfico asimétrico el desempeño general de un protocolo puede ser mejorado permitiendo a las estaciones con alta carga de tráfico tener mayor oportunidad para transmitir. En los protocolos adaptivos, el número de competidores es controlado por un procedimiento adaptivo para reducir conflictos, o el canal conmuta dinámicamente desde un acceso randómico a un modo de reservación. En los protocolos de disputa limitada, las estaciones son divididas en grupos. Solo se permiten miembros de un grupo para competir por su slot asignado. Si uno tiene éxito, éste adquiere el canal y empieza a transmitir su trama. Si existe una colisión, los miembros de otro grupo disputan por su slot. Para realizar una selección apropiada, la cantidad de disputas pueden ser reducidas.

1.5.6.1 Protocolo de árbol adaptivo

Este es un protocolo distribuido en el cual las estaciones son organizadas tal cual salen de un árbol binario. Siguiendo una transmisión exitosa en el slot 0, todas las estaciones son permitidas para intentar en el slot 1. Si existe una colisión durante el tiempo de este slot, solo las estaciones que corresponden a la izquierda del subárbol son permitidas para competir por el siguiente slot. En general, el árbol es explorado para localizar a todas las estaciones listas. Si q estaciones listas son uniformemente distribuidas, el nivel óptimo para empezar a explorar es $\log_2 q$.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5.6.2 Colisiones sobre reservación dividida – SRUC

Aquí los slots son subdivididos en una parte de control y en una parte de datos. El subslot de datos puede ser en modo randómico o en modo reservado. El modo básico es de acceso randómico vía Aloha ranurado. Cuando se detecta una colisión, el subslot de datos pasa a ser de modo reservado. Y retorna a modo randómico cuando todos los paquetes colisionados han sido transmitidos satisfactoriamente. El subslot de control proporciona información acerca de estaciones implicadas en colisiones. El acceso a los slots de control está libre de colisiones. Las estaciones previamente en disputa no se mezclan con nuevas. SRUC es un protocolo adaptivo que combina Aloha ranurado y protocolos de reservación, conmutando de uno a otro de acuerdo al estado del canal. SRUC divide las estaciones en un cierto número de grupos. Luego el mismo número de slots son combinados en una trama, así todas las estaciones poseen una información entrante después de un tiempo correspondiente a un número determinado de tramas. El tamaño del subslot de control viene a ser pequeño, debido a que cada uno de ellos sirve solamente para algunas estaciones. El protocolo SRUC es generalmente estable ya que todos los paquetes colisionados son retransmitidos en el estado reservado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2 INGENIERÍA DEL PROYECTO Y PROCEDIMIENTO DE SIMULACIÓN

2.1 Adaptación del protocolo TCP/IP en redes ATM satelitales

2.1.1 Introducción

Varios sistemas satelitales de Banda Ka han sido propuestos para utilizar la tecnología ATM como transporte de tráfico Internet.

La tecnología de Modo de Transferencia Asíncrona (ATM) espera proveer redes basadas en calidad de servicio (QoS) que soporten aplicaciones de voz, video y datos. ATM fue originalmente diseñada para redes terrestres basadas en fibra óptica que muestren baja latencia y bajas tasas de error. ATM es un protocolo de conmutación de celda orientado a la conexión, que abarca las características de enlace de datos y capas de enrutamiento del modelo OSI. Las principales características de ATM son garantías de servicio, fácil conmutación y transporte multimedia. La estructura de celda ATM consta de 53 bytes, 5 para cabecera y 48 para información, diseñado para implementaciones de elevado ancho de banda con baja conmutación y alto enrutamiento. Si la cabecera es alterada más allá de la habilidad de corrección del byte de comprobación de redundancia cíclica (CRC), la celda es descartada. La pequeña cabecera y las limitadas reglas de enrutamiento permiten que la conmutación pueda llevarse a cabo por hardware de elevada velocidad. El tamaño pequeño de celda ATM, 53 bytes, permite utilizar pequeños buffers internos en los conmutadores, manteniendo al mínimo el jitter y el retardo de celda. ATM requiere mantener un orden en las celdas y el enlace estará casi libre de error. Estos requerimientos directamente afectan el diseño de redes inalámbricas y satelitales que pretendan utilizar ATM.

Los sistemas satélites de banda Ka que utilizan el espectro de frecuencia de los giga hertz, pueden alcanzar terminales de usuario por sobre sitios de densa población. Las redes satelitales basadas en ATM pueden proveer servicios de comunicaciones en tiempo real y tiempo no real a áreas remotas.

De cualquier manera, los sistemas satelitales poseen varias limitaciones inherentes. Los equipamientos de la red de comunicaciones satelitales, especialmente el satélite y la estación terrena, son costosos y típicamente poseen baja redundancia; esta debe ser robusta y utilizada eficientemente.

Los elevados retardos en sistemas de órbita geostacionaria (GEO) y las variaciones de retardo en sistemas de órbita baja (LEO) afectan a aplicaciones de tiempo real y de tiempo no real. En un mecanismo de control de congestión basado en establecimiento e interrupción, como TCP, el desempeño es inherentemente relacionado al retardo del ancho de banda, producto de la conexión. Por otra parte, las medidas de tiempo de viaje RTT por parte de TCP son sensibles a variaciones de retardo pudiendo causar falsas interrupciones y retransmisiones. Los resultados de control de congestión para redes satelitales de banda ancha, son algo diferentes de aquellas para redes terrestres de baja latencia.

2.2 Control de congestión TCP

La arquitectura de red que se considera en el proyecto, utiliza como tecnología fundamental de transporte al modo de transferencia asincrónica ATM, la cual transmitirá tráfico TCP/IP.

Utilizamos TCP por ser un protocolo de transporte sofisticado, extremadamente flexible, con funciones de control de congestión, de control de flujo y de control de errores [IRFC1323]. Su implementación básica actual nos muestra que este protocolo no es apropiado para redes de alta velocidad y elevado retardo; por lo cual los organismos internacionales han realizado ciertas modificaciones al protocolo para mejorar su desempeño sobre estas redes. El modelo de simulación propuesto utiliza tres de estos tipos de protocolos TCP [IRFC2001] funcionando, en nuestro caso, sobre una red ATM satelital. Estos modelos utilizan una política de control de flujo basada en ventanas. Cada remitente mantiene una variable denominada ventana de congestión para

controlar cuantos segmentos ATM pueden ser introducidos a la red en cualquier instante. Es decir, esta ventana mide la capacidad de la red. El host receptor, mantiene una variable denominada ventana receptora para indicarle al remitente la cantidad de segmentos que tiene que proporcionar.

Cuando un host TCP de destino recibe un segmento, este envía un acuse de recibo (ACK) para el siguiente segmento en espera.

2.3 Políticas de control de congestión TCP

2.3.1 Inicio lento y eliminación de congestión

Inicialmente, se establece la ventana de congestión (VNT) a un segmento y este se incrementa en un segmento en el lado receptor por cada nuevo ACK hasta que se origine congestión en la red. Se puede ver que de esta manera, VNT se duplica cada RTT, y esto corresponde a un crecimiento exponencial en VNT cada RTT.

El lado transmisor mantiene una interrupción de retransmisión, para el último paquete no reconocido. Cuando expira la interrupción para retransmisión, significa que se ha producido una congestión. Cuando el tiempo expira, el transmisor guarda mitad de VNT en una variable límite de ventana (LIM), y fija VNT a un segmento. El transmisor retransmite segmentos empezando por el segmento perdido. VNT es incrementado en un segmento en el lado receptor por cada nuevo ACK hasta que alcance el valor de LIM. Esta es la denominada fase de inicio lento (IL). Después, VNT se incrementa en un segmento cada RTT. Esto resulta en un crecimiento lineal de VNT cada RTT, es la fase de eliminación de congestión.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

El algoritmo asume que la pérdida de paquete causado por daño, es muy pequeña (menor al 1%) por lo cual la pérdida de un paquete señala congestión en algún lugar del enlace entre la fuente y el destino [RFC2001].

La figura 2.1 muestra el comportamiento de esta política TCP de transmisión.

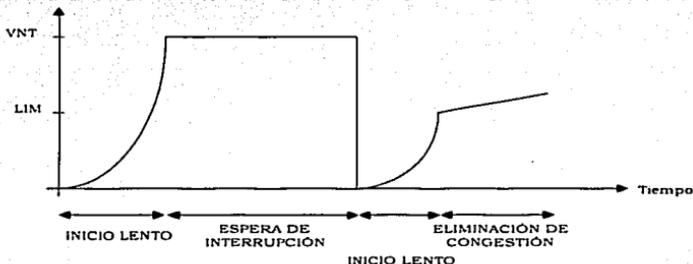


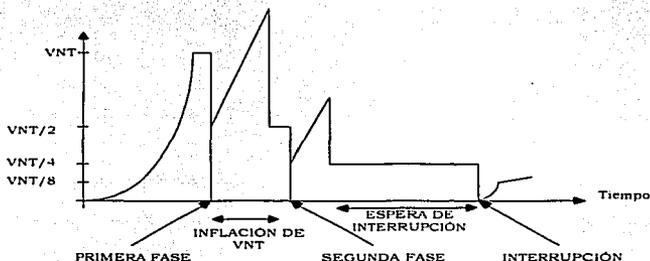
Figura 2.1 Política TCP de inicio lento

2.3.2 Veloz retransmisión y recuperación

Si un segmento es perdido por la red, los siguientes segmentos que llegan al lado receptor son segmentos fuera de orden. Por cada segmento fuera de orden, el host receptor inmediatamente envía un ACK al host transmisor indicando el número de secuencia del segmento faltante. A este ACK se le denomina ACK duplicado. Cuando el host transmisor recibe tres ACK's duplicados, se concluye que se ha perdido el segmento indicado por los ACK's, e inmediatamente se retransmite el segmento perdido. Luego, el transmisor reduce VNT a la mitad más tres segmentos, y también guarda la mitad del valor original de VNT en una variable LIM. Ahora, por cada ACK duplicado siguiente, el transmisor infla VNT en uno e intenta transmitir un nuevo segmento. Efectivamente, el transmisor espera $\frac{1}{2}$ RTT antes de enviar un segmento por cada

ACK duplicado siguiente que recibe. Como resultado, el transmisor mantiene la pila de la red a la mitad de su capacidad en el instante de veloz retransmisión.

Aproximadamente un RTT después que el segmento perdido es retransmitido, su ACK es recibido, asumiendo que el segmento retransmitido no ha sido perdido. En este momento, en lugar de establecer VNT a un segmento y proceder con la fase de inicio lento hasta que VNT alcance LIM, el host establece VNT a LIM, y entonces realiza la eliminación de congestión. El algoritmo de veloz



retransmisión y recuperación (VRR) se muestra en la figura 2.2.

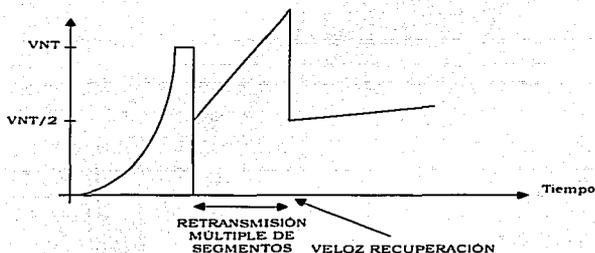
Figura 2.2 Política TCP de veloz retransmisión y recuperación

2.3.4 Reconocimientos selectivos

Se espera que TCP con reconocimientos selectivos (SACK) tenga una recuperación eficiente sobre múltiples pérdidas de segmento. En SACK TCP, los reconocimientos contienen información adicional acerca de segmentos que han sido recibidos por el destinatario. Cuando el destinatario recibe segmentos fuera de orden, éste envía ACK's duplicados, informando los segmentos fuera de orden que ha recibido. Con estos SACK's, el remitente puede reconstruir información acerca de los segmentos no recibidos por el destinatario. Cuando el remitente

recibe tres ACK's duplicados, este retransmite el primer segmento perdido, e incrementa su VNT en uno por cada ACK duplicado que recibe. Esta conducta es similar a TCP VRR. De cualquier manera, cuando el remitente está listo para transmitir un segmento, este utiliza la información de SACK para retransmitir segmentos perdidos antes de transmitir nuevos segmentos. Como resultado, el remitente puede recuperarse de múltiples caídas de segmentos en aproximadamente un RTT. La figura 2.3 muestra que la ventana de congestión representa a un SACK TCP recuperándose de múltiples pérdidas de segmento dentro de la misma ventana. Durante el tiempo en que la ventana de congestión va creciendo, después de ocurrida la rápida retransmisión, TCP envía paquetes perdidos antes de cualquier paquete nuevo.

Figura 2.3 Política TCP con acuses de recibo selectivos



La información SACK es enviada con un ACK por el receptor de datos hacia el remitente para informarle los segmentos fuera de orden recibidos. La opción SACK es enviada cuando se reciben datos fuera de orden. Todo ACK duplicado contiene la opción SACK. Esta opción contiene una lista de algunos de los bloques de datos continuos ya recibidos por el receptor. Cada bloque de datos es identificado por el número de secuencia del primer byte en el bloque, en el

costado izquierdo del bloque, y por el número de secuencia del byte inmediatamente después del último byte del bloque. Debido al máximo tamaño de cabecera TCP, por lo menos tres bloques SACK pueden ser especificados en un paquete SACK.

El receptor mantiene el rastro de todos los bloques de datos fuera de orden recibidos. Cuando el receptor genera un SACK, el primer bloque SACK especifica el bloque de datos formado por el más reciente segmento de datos recibidos. Esto asegura que el receptor proporcione la información más actualizada al remitente. Después del primer bloque SACK, los bloques restantes pueden ser llenados en cualquier orden.

El remitente también mantiene una tabla de todos los segmentos enviados no reconocidos. Cuando se envía un segmento, este es introducido en una tabla. Cuando el remitente recibe un ACK con la opción SACK, este marca en la tabla todos los segmentos especificados en los bloques de opción SACK como reconocidos selectivamente (SACKed). Las entradas por cada segmento quedan en la tabla hasta que sea reconocido el segmento. La conducta de espera del remitente es muy similar a la implementación VRR con la modificación ya detallada.

Cuando el remitente recibe tres ACK's duplicados, este retransmite el primer paquete no reconocido. Durante la fase de rápida retransmisión, cuando el remitente está enviando un segmento por cada ACK duplicado recibido, este primero intenta retransmitir los huecos en los bloques SACK antes de enviar cualquier segmento nuevo. Cuando el remitente retransmite un segmento, este marca en la tabla este segmento como retransmitido. Si un segmento retransmitido es perdido, el remitente interrumpe y ejecuta la fase de inicio lento. Cuando ocurre una interrupción, el remitente resetea la tabla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Durante la fase de rápida retransmisión, el remitente mantiene una variable PIPE que indica cuantos bytes hay actualmente en la pila de red. Cuando se recibe el tercer ACK duplicado, PIPE es establecido al valor de VNT y VNT se reduce a la mitad. Por cada subiguiente ACK duplicado recibido, PIPE es disminuido en un segmento, debido a que ACK denota un paquete abandonando la pila. El remitente envía datos, nuevos o retransmitidos, solo cuando PIPE es menor que VNT. Esta realización es equivalente a incrementar VNT en un segmento por cada ACK duplicado y enviando segmentos si el número de bytes no reconocidos es menor que el valor de la ventana de congestión VNT.

Cuando se envía un segmento, PIPE es incrementado en uno. Cuando se recibe un ACK parcial, PIPE es disminuido en dos. El primer decremento es debido a que el ACK parcial representa a un segmento retransmitido abandonando la pila. El segundo decremento es porque el segmento original que fue perdido y no ha sido reconocido, está ahora realmente considerado a perderse.

2.5 Categorías de servicio ATM

Una red ATM puede proporcionar conexiones de vía virtual y de canal virtual con diferentes niveles de servicio. El comportamiento típico de una red es reservar una cantidad fija de ancho de banda para cada conexión con las bases de una máxima velocidad de emisión de la fuente, es decir del valor de la tasa pico de celda (PCR), y para proveer un único nivel de calidad de servicio. Las categorías de servicio ATM representan nuevos bloques de servicios que hacen posibles a los usuarios de seleccionar combinaciones específicas de tráfico y de parámetros de desempeño [ATMUH].

Actualmente, la mayoría de los requerimientos que son propios de ciertas aplicaciones, serán resueltas en los bordes de la red ATM escogiendo la capa de adaptación ATM apropiada. De cualquier manera, de acuerdo con las definiciones estándares, el comportamiento de la capa ATM no debería contar con los protocolos AAL ya que estos son específicos para servicios, y son en muchos

casos sostenidos por terminales de usuario, ni con los protocolos de alto nivel, los cuales son específicos para aplicaciones.

Al poder mezclar tráfico heterogéneo y con la necesidad de controlar adecuadamente la ubicación de los elementos de red para cada tipo de tráfico, es posible alcanzar un grado elevado de flexibilidad, equitatividad y utilización de la red, proporcionando una cantidad seleccionable de capacidades dentro de la propia capa ATM. Es así, que para lograr este objetivo se han seleccionado distintas categorías de servicio.

Los usuarios y los operadores de red se pueden beneficiar de la disponibilidad de una cantidad seleccionable de servicios de la capa ATM.

2.5.1 Tasa constante de bits CBR

Esta categoría de servicio está para ser usada por aplicaciones que requieren una cantidad fija de ancho de banda, especificada por el valor de la tasa pico de celda PCR, la cual está a total disposición durante el tiempo de conexión. La fuente puede emitir celdas a o por debajo de la tasa que indica PCR en cualquier momento y por cualquier duración. Esta categoría de servicio es destinada a aplicaciones de tiempo real, es decir a aquellas que requieren de un retardo de transferencia de celda CTD y de una variación de retardo de celda sumamente estrecho. Podría ser apropiada para aplicaciones de voz y vídeo así como para servicios de emulación de circuitos CES. El compromiso básico efectuado por la red es que una vez establecida la conexión, la negociación de QoS está asegurada para todas las celdas que conforman las pruebas relevantes de conformidad. Las celdas que son retrasadas mas allá del valor que especifica el retardo de celdas transferencias CTD son asumidas para ser las de valor significativamente bajo para la aplicación. En el momento en que se recibe una celda con excesivo retardo, no será utilizado por los decodificadores por tener una reconstrucción de un flujo isócrono y puede ser considerada como perdida.

Cualquier aplicación de transferencia de datos, texto e imagen que contenga suficiente tráfico uniforme, puede ser transportada por CBR. Ejemplos: video conferencia, audio interactivo, distribución de audio y video (TV, enseñanza a distancia, pay per view, etc), recuperación Audio y Video (audio en demanda, librería de audio, etc).

Los requerimientos para calidad de servicio de esta categoría son: tasa constante de celda, con valores de CTD y CDV sumamente restringidos, y bajo CLR.

2.5.2 Tasa disponible de bits ABR

Es una categoría de servicio en la cual las limitadas características de transferencia de la capa ATM proporcionadas por la red, pueden cambiar al establecimiento de la conexión. Un mecanismo de control de flujo sostiene varios tipos de retroalimentación para controlar la velocidad de las fuentes en respuesta a los cambios de las características de transferencia de capa ATM. Las fuentes tienen la habilidad de reducir o incrementar sus tasas de información si la red requiere que estas la realicen. Se espera que la terminal de usuario que adapte su tráfico de acuerdo con la retroalimentación podría experimentar una baja tasa de pérdida de celda CLR, y obtener lo que le corresponde del ancho de banda disponible de acuerdo a una política de asignación específica de red. En esta categoría de servicio no se controla el parámetro variación de retardo de celda (CDV), aunque las celdas no sean retardadas innecesariamente. ABR no puede sostener aplicaciones de tiempo real. En el establecimiento de una conexión ABR el host debe especificar a la red una solicitud de ancho de banda máximo y mínimo utilizable de ancho de banda. Estos serán designados como una tasa pico de celda (PCR) y una tasa mínima de celda (MCR) respectivamente. MCR puede especificarse como cero. El ancho de banda disponible por la red puede variar, pero no debe llegar a ser menor que MCR.

Cualquier aplicación crítica corriendo sobre un host capaz de variar su velocidad de transmisión puede explotar al servicio ABR. Esta categoría proporciona un soporte económico a aquellas aplicaciones que muestran requerimientos dudosos de Throughput, retardo y baja tasa de pérdida de celda CLR. Por ejemplo interconexiones LAN y servicios de Internet. Estas típicamente pueden correr sobre pilas de protocolos basados en enrutadores como ser TCP/IP, la cual fácilmente puede variar su tasa de transmisión tal cual lo requiera la política de control de tasa ABR. Otra ambiente de aplicación apropiado para ABR es la emulación LAN; la transferencia crítica de datos como ser información de defensa, servicios bancarios, etc., aplicaciones de supercomputadores y comunicaciones de datos como ser llamadas de procedimiento remoto, servicios de distribución de archivos y intercambio o paginación de datos entre computadores. Los requerimientos para calidad de servicio son: utilizar la capacidad de la red cuando esté disponible y controlando la tasa de fuente por retroalimentación para minimizar CTD, CDV y CLR.

2.5.3 Tasa de bits sin especificar UBR

Esta categoría está destinada para aplicaciones de tiempo no real, las cuales no requieren de retardos estrechamente mínimos o de variaciones de retardos. Ejemplos de estas aplicaciones pueden ser transferencia de archivos e e-mail. Se espera que las fuentes UBR puedan transmitir por naturaleza ráfagas no continuas de celdas, por otra parte se requiere de un algoritmo de formación de tráfico. UBR no proporciona garantías de servicio relacionadas a tráfico. Específicamente, UBR no incluye el concepto de negociación de ancho de banda por conexión. UBR puede proporcionar soluciones apropiadas para aplicaciones con baja demanda. La mayoría de las aplicaciones son muy tolerantes a retardos y pérdidas de celdas. Ejemplos de éstas pueden ser: transferencias de texto, datos o imagen, e-mails, distribuciones y recepciones de archivos, etc. Los requerimientos para calidad de servicio en esta categoría son: utilizando cualquier capacidad restante, sin valores estrechos en CTD, CDV o CLR.

2.5.4 Tasa variable de bits VBR

2.5.4.1 Tiempo Real VBR

Esta categoría de servicio está propuesta para aplicaciones de tiempo real, aquellas que requieren de un retardo o variaciones de retardo sumamente estrechos, como ser aplicaciones de voz y video. Las fuentes esperan transmitir a una tasa que varíe con el tiempo alternativamente, estas fuentes pueden procesar tráfico en ráfaga. Los parámetros de tráfico que utiliza son la tasa pico de celda (PCR), la tasa sostenible de celda (SCR) y el tamaño máximo de ráfaga (MBS). Las celdas que están retrasadas más allá del valor especificado en CTD son asumidas como las de valor significativamente bajo para la aplicación. Por lo tanto los requerimientos de calidad son tasa de celda variable, con valores sumamente estrechos de CTD y CDV. El servicio VBR de tiempo real puede sostener multiplexación estadística de fuentes de tiempo real.

2.5.4.2 Tiempo No Real VBR

Esta categoría de servicio está propuesta para aplicaciones de tiempo no real, que poseen características de tráfico en ráfaga y puede ser caracterizada en términos de PCR, SCR y MBS. Para aquellas celdas que son transferidas dentro del contrato de tráfico, la aplicación espera una baja tasa de pérdida de celda CLR, y para todas las celdas ésta espera un límite en el retardo de transferencia de celda CTD.

Esta categoría de servicio puede soportar multiplexación estadística de conexiones sin ningún problema. Es apropiada para cualquier aplicación en la cual los hosts puedan beneficiarse de multiplexación estadística enviando información a una tasa variable y que puedan tolerar o recuperar una pequeña pero potencial proporción de pérdida randómica. Este es el caso para cualquier fuente con tasa

contante de bits para las cuales la transmisión de tasa variable permite un uso más eficiente de los elementos de la red sin deteriorar el desempeño de la misma. Particularmente, esta categoría puede utilizarse para voz con compresión de ancho de banda y supresión de silencio, para transferencia de datos, para aplicaciones con procesamiento de tipo transacción crítica de respuesta inmediata como ser reservaciones en líneas aéreas, transacciones bancarias, monitoreo de procesos, etc. y trabajo mútuo con frame relay.

2.6 Diseño para TCP sobre el satélite ATM

Se pueden utilizar las redes ATM satelitales para proporcionar acceso de banda ancha a localidades remotas, así como para servir como alternativa para redes troncales basadas en fibra óptica. En cualquier caso, solo se designa un único satélite para soportar a miles de terminales terrenas. Las terminales terrenas establecen canales virtuales (VCs) por medio de la conmutación en el propio satélite para transferir celdas ATM de una estación a otra. Debido a la limitada capacidad del conmutador satelital, cada terminal terrena tiene un número limitado de VCs que se pueden utilizar para el transporte de datos TCP/IP. En redes troncales, estas terminales terrenas son dispositivos de borde IP-ATM que culminan en conexiones ATM, y enrutan tráfico IP hacia y desde la red ATM. Estos enrutadores troncales de alta capacidad, deben manejar miles de flujos simultáneos de IP. Como resultado, estos enrutadores deben poder agregar múltiples flujos IP en VCs individuales. Las clasificaciones de los flujos pueden ser realizados por medio de un administrador de QoS que pueda utilizar pares de direcciones IP fuente/destino, así como números de puertos en la capa de transporte. El administrador de QoS puede además clasificar paquetes IP dentro de flujos basados en los diferentes códigos de servicios del byte TOS de la cabecera IP.

Además de la administración de VCs y de flujo, las terminales terrenas también proveen los medios para el control de congestión entre IP y la red ATM.

Las conmutaciones en el plano ATM deben llevar a cabo la administración de tráfico en los niveles de celda y de canal virtual.

Además, computadoras centrales (hosts) con TCP implementan varios flujos TCP y mecanismos de control de congestión para el uso efectivo del ancho de banda en la red. La figura 2.4 muestra las estructuras para varias opciones de diseño propuestas para redes y hosts TCP para el control de congestión.

Las técnicas detalladas en la figura 2.4, pueden ser utilizadas para implementar varios servicios ATM en la red. Los mejoramientos que llevan a cabo las políticas de administración de buffer inteligente en los conmutadores, pueden ser desarrollados por la Tasa de Bit sin Especificar (UBR) para mejorar la pureza y el throughput de la capa de transporte. Es posible utilizar una política por salida selectiva de celda, basada en una contabilidad de canales virtuales, para mejorar la pureza de la capa de transporte.

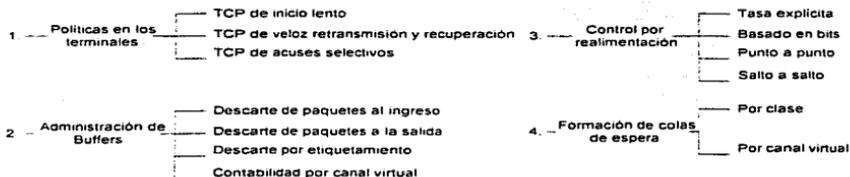


Figura 2.4 Estructura de diseño para TCP sobre ATM

La categoría de servicio ABR es otra opción para implementar TCP/IP sobre ATM. ABR utiliza parámetros estáticos declarados al establecerse la conexión y parámetros dinámicos renegociables mediante procedimientos de gestión de recursos basados en celdas RM [UIT371-1].

Para el control de congestión, las conexiones ABR utilizan un mecanismo de control de tasa basado en realimentación punto a punto de lazo cerrado. Los conmutadores pueden también utilizar la característica fuente virtual/destino virtual (VSVD) para segmentar el lazo de control ABR en pequeños lazos. ABR con VSVD puede efectivamente reducir los requerimientos de buffer para TCP sobre ATM, especialmente en trayectorias de elevado retardo. Es posible implementar ABR utilizando mecanismos de control de realimentación.

ABR al utilizar un modelo de control de congestión por realimentación de lazo cerrado, su desempeño depende únicamente del esquema de control de congestión utilizado en los conmutadores y en las fuentes. Un buen esquema en los conmutadores debe ser capaz de controlar las colas de espera dentro de la red ATM. ATM Forum propone un esquema de control de congestión para la categoría de servicio ABR (también propuesto para VBR) denominado eliminador de congestión por indicación de tasa explícita (ERICA+). Este es uno de los más completos y simplificados analizadores descubiertos. Muestra ser eficiente, justo con rápida respuesta transitoria, capaz de manejar tráfico TCP en ráfaga [KTMABR]. Cada fabricante puede tener su propio algoritmo de conmutación de tasa explícita. En el esquema de tasa explícita, las fuentes transmiten una celda de control de recursos RM cada n celdas. Las celdas RM contienen la tasa explícita. Los receptores regresan la celda RM a las fuentes. Los conmutadores ajustan la tasa, a la cual las fuentes se ajustan automáticamente. Con ERICA+ los conmutadores son los que miden la carga de la red y observan si tienen colas de espera pequeñas durante el estado de conexión. Las longitudes de cola son limitadas en momentos de sobrecarga. No se forman colas cuando hay un flujo interno de celdas en los conmutadores. Por lo cual los conmutadores retendrán las celdas esperando transmitir en cuanto se disponga de ancho de banda. La finalidad de utilizar ERICA+ está en función de la carga actual, de longitud de cola y del tiempo fijado para el drenaje de la cola.

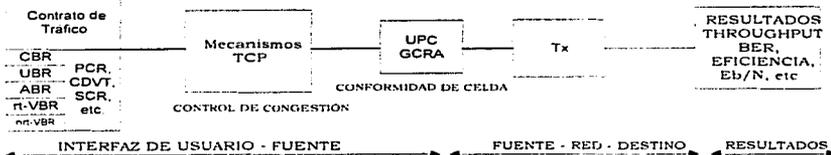


Fig.2.5 Estructura de simulación

2.7 Simulación

El modelo consta de cuatro PC's transmitiendo a la vez. La señal ingresa a una central de conmutación, la cual procesa la señal de acuerdo a las especificaciones del control de parámetros de utilización (UPC) y del algoritmo genérico de velocidad de celdas (GCRA). De ahí la señal es transportada a una estación terrena, la cual transmite hacia el satélite la información empaquetada. Al otro lado, la señal pasa por los mismos dispositivos indicados, y la información es recibida por otras cuatro PCs.

En el modelo de simulación, trabajamos con las cinco categorías de servicios ATM, implantando en cada una de ellas las tres políticas de control de congestión TCP. La figura 2.5 muestra el diagrama en bloques del programa de simulación. El control de tráfico lo realizamos basándonos en la Rec. ITU-I.371 [ver Anexo B], la cual recomienda el control UPC, para la interfaz usuario red y nodo red. Este es un mecanismo de control que asegura que los usuarios no violen sus contratos de tráfico.

Dependiendo del tipo de servicio deseado, establecido en el contrato de tráfico, se intercambian diferentes parámetros entre el usuario y la red. Estos parámetros se relacionan con el Algoritmo Genérico de Velocidad de Celda, el cual determina si cada celda está conforme o no con la especificación del servicio

contratado. Cada categoría de servicio ATM, tiene que cumplir ciertos parámetros que están caracterizados por el tipo de tráfico que sustentan, estos se describen en la tabla 2.1.

PARÁMETROS

PARÁMETROS	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
PCR y CDVT	E	E	E	E	E
SCR, MBS, CDVT	n/a	E	E	n/a	n/a
NCR	n/a	N/a	n/a	n/a	E
CDV Pico a Pico	E	E	S/E	S/E	S/E
Mín CTD	S/E	S/E	E	S/E	S/E
Máx CTD	E	E	S/E	S/E	S/E
CLR	E	E	E	S/E	E

Donde: E=Especificado, S/E=Sin Especificar, n/a=No Aplicable.

Tabla 2.1 Parámetros de desempeño de las categorías de servicio ATM

2.7.1 Control de parámetros de utilización UPC

Como ya se mencionó, el UPC es una componente clave dentro del control de tráfico. Este mecanismo monitorea el tráfico presentado por una interfaz usuario red (UNI) público o privado. Su función principal es la de monitorear la tasa de celdas del tráfico cursado, para prevenir las violaciones del contrato de tráfico, y asegurar que el tráfico presentado tenga los indicadores de circuito y ruta virtuales VPI/VCI válidos. Si el UPC detecta tráfico ilegal o no válido, puede descargar la celda o puede opcionalmente etiquetarla mediante un bit de prioridad de descargo de celda (CLP), dentro del encabezado de ATM.

Al ejecutar el programa de simulación, se debe suministrar la información correspondiente al contrato de tráfico para cada una de las cuatro PC's. Este contrato viene a ser una descripción de las características de conexión correspondientes a un determinado contrato de tráfico, la cual define los

parámetros del UPC para esa conexión en particular. Dependiendo del tipo de servicio deseado se intercambian diferentes parámetros entre el usuario y la red. Estos se describen en la tabla 2.2.

	PARÁMETRO	CARACTERÍSTICA
PCR	TASA PICO DE CELDAS	Es la máxima tasa instantánea a la cual se puede transmitir.
SCR	TASA SOSTENIBLE DE CELDAS	Es la tasa promedio medida sobre un intervalo de tiempo.
BT	TOLERANCIA DE DISPARO	La máxima rafaga que puede enviarse a la tasa pico.
MBS	TAMAÑO MÁXIMO DE RAFAGA	El máximo número de celdas que pueden transmitirse una tras otra a la tasa pico de celda.
MCR	TASA MÍNIMA DE CELDA	Es la tasa mínima de celda deseada por el usuario.

Tabla 2.2. Parámetros que determinan el comportamiento del usuario

Estos parámetros se relacionan con el algoritmo GCRA, que determina si cada celda está conforme o no con la especificación del servicio contratado. Es decir que la función UPC implementa la GCRA [EAATM97].

Los parámetros estandarizados por la UIT para cumplir con la calidad de servicio contratado por el usuario, se muestra en la tabla 2.3. El nivel de congestión simulado en el programa se encuentra dentro de estos parámetros.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PARAMETROS DE DESEMPEÑO PARA ENLACES SATELITALES

CLASES DE SERVICIO	CTD	CDV	CLR o ₁	CLR o	CER	CMR	SECBR
Clase 1	400 ms	3 ms	3×10^{-7}	N/A	4×10^{-6}	1/Dia	1×10^{-4}
Clase 2	S/E	S/E	1×10^{-5}	N/A	4×10^{-6}	1/Dia	1×10^{-4}
Clase 3	S/E	S/E	S/E	1×10^{-5}	4×10^{-6}	1/Dia	1×10^{-4}
Clase 4	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E	S/E

Tabla 2.3 Parámetros de desempeño para enlaces satelitales

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

61A

La figura 2.6 muestra el algoritmo para control de tráfico con el que funciona el programa de simulación.

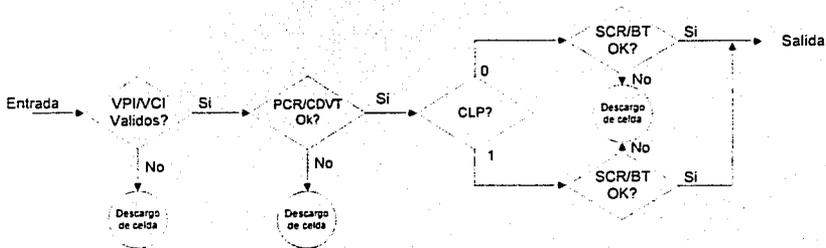


Figura 2.6 Control de parámetros de utilización (UPC)

Las casillas de decisión representan y se refieren al algoritmo GCRA. Este algoritmo determina si una celda está dentro de los parámetros de la red relativos al tiempo de llegada, mediante la comprobación de la tasa de celda.

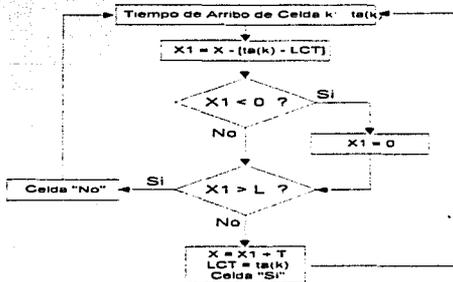


Figura 2.7 Algoritmo Genérico de Velocidad de Celdas (GCRA)

Es un algoritmo relativamente simple como se ilustra en la figura 2.7. Según la especificación af-tm-56 de ATM Forum, el algoritmo GCRA requiere de solo dos parámetros: I=Incremento y L=Límite [GCRA (I,L)] para definir la conformidad de la tasa de celda.

Por cada celda que llega a la interfaz UNI, el algoritmo GCRA determina si la celda tiene conformidad o no con el contrato de tráfico de la conexión. El algoritmo GCRA es utilizado para definir, de manera operacional, la relación entre los parámetros PCR y CDVT, y la relación entre SCR y BT, ya explicados anteriormente. De acuerdo a cada categoría de servicio, el algoritmo funciona según la tabla 2.4:

CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
GCRA(I/PCR, CDVT)	GCRA(I/PCR, CDVT) Y GCRA(I/SCR, BT-CDVT)	GCRA(I/PCR, CDVT) Y GCRA(I/SCR, BT-CDVT)	GCRA(I/PCR, CDVT)	GCRA(I/MCR, CDVT) Y GCRA(I/PCR, BT-CDVT)

Tabla 2.4 Conformidad para las categorías de servicio ATM

La tasa sostenible de celda (SCR) y la tolerancia de ráfaga (BT) habilitan al sistema terminal para que describa con mayor detalle el flujo de las celdas, así la red podrá utilizar con mayor eficiencia sus recursos. La tolerancia de ráfaga BT junto con SCR y GCRA determinan el máximo tamaño de ráfaga (MBS) que puede transmitirse a la tasa pico (T), manteniendo su conformidad con GCRA(T_s , τ_s). El MBS en número de celdas, está dado por $MBS = [1 + \tau_s / (T_s - T)]$.

En el mensaje de señalización, la tolerancia de ráfaga es transportada a través de la MBS la cual está codificada como número de celdas. MBS es usada para derivar de ella el valor τ_s . Para determinar τ_s de MBS se necesita que PCR sea especificada. Para ello PCR debe tener una prioridad de pérdida de celda CLP

de 0+1. Es decir, el tráfico puede tener la característica de mayor prioridad (CLP=0) o menor prioridad a la vez (CLP=1).

Dado los valores de MBS, T y T_s , τ_s tiene un valor perteneciente al intervalo: $[(MBS-1)(T_s-T), MBS(T_s-T))$. De manera convencional, consideramos τ_s igual al límite inferior de dicha expresión. Durante un intervalo de tiempo cerrado t, el número de celdas que pueden transmitirse con espacios no menores a T y que sigan en conformidad con GCRA(T_s , τ_s) es:

$$N(t) = \min \{ [1 + (t + \tau_s) / T_s], [1 + t / T] \}$$

Si $t \geq MBS \times T$, entonces $N(t) = 1 + (t + \tau_s) / T_s$

Si $t < MBS \times T$ entonces $1 + t / T$.

Esto no quiere decir que ráfagas con tamaño MBS espaciadas arbitrariamente conformen a GCRA(T_s , τ_s). Por ejemplo, una trama periódica de celdas con periodo $B \times T_s$, donde B es longitud de ráfaga, la cual transmite B celdas a la tasa pico espaciadas en $T1 = B \times (T_s - T) + T$ poseen una tasa pico de $PCR=1/T$, una tasa sostenible de celdas de $SCR=1/T_s$ y una longitud de ráfaga B y conforman a GCRA.

2.7.2 Caracterización de las señales de transmisión

Por la gran flexibilidad presente en los métodos de análisis de simulación, podemos caracterizar el tipo de señal para cada uno de los servicios multimedia con los que trabaja el modelo de simulación. Así, llegamos a definir el comportamiento de TCP sobre cada una de las categorías de servicio ATM.

Para el modelo de simulación, calculamos los parámetros de tráfico señalados por ATM Forum en su especificación UNI v. 4.0 relacionado a las

características de tráfico que cada categoría de servicio debe tomar de acuerdo a la tabla 2.5.

CLASES DE SERVICIO		SERVICIO	CARACTERÍSTICAS - APLICACIÓN
Clase 1	Rígida	CBR - VBR	Sensible a retardos - Telefonía y Video Conferencia
Clase 2	Tolerante	ABR - VBR	Tolerante a retardos - Video y Datos
Clase 3	Bi-nivel	VBR - ABR	Velocidad Variable - Datos a alta velocidad
Clase 4	Sin Especificar	UBR	Tiempo no real - Texto, datos.

Tabla 2.5. Clases de Servicio ATM

La caracterización de tráfico para las categorías de servicio ATM, se exponen a continuación.

2.7.2.1 Tráfico de telefonía.

Este tipo de información, que está destinada a la categoría de servicio CBR o VBR, como se muestra en la tabla 2.5, tiene un flujo de celdas de llegadas fijas a la UNI (Interfaz usuario red), a intervalos T ($1/PCR$). Se asume que los periodos entre actividad y silencio forman un proceso de renovación en el sentido que estos intervalos son independientes, con cada intervalo de presencia de señal de longitud aleatoria igual a NT . Se asume que este número de celdas en periodo de actividad está distribuido con media $E=59$ celdas, es decir que la media en tiempo de señal es 352 ms. Por lo tanto, la tasa pico de celdas será 59 celdas / 352 ms = 167.6 celdas/seg. Esta hipótesis va de acuerdo con estudios que indican que los periodos de actividad en la conversación están distribuidos exponencialmente. Los periodos de silencio están exponencialmente distribuidos con media en 650 ms, aunque este supuesto este alejado de la realidad. La tasa pido del canal de voz es 64 kbps.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

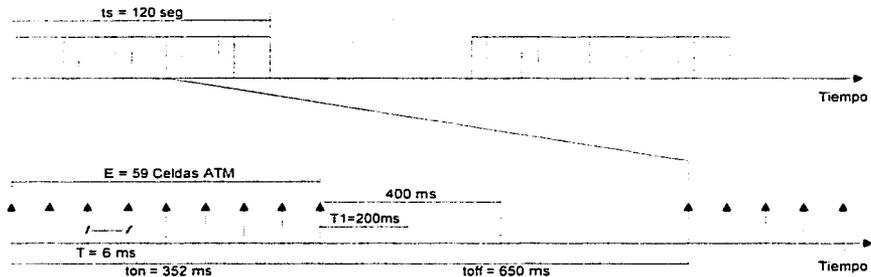


Figura 2.8 Caracterización de Telefonía Paquetizada

Tomamos en cuenta un tráfico razonable ofrecido a la red de 0,1 Erlangs y un tiempo medio de servicio de 120 segundos. La representación completa de la caracterización del servicio de voz paquetizado se presenta en la figura 2.8.

Se ha demostrado que en una conversación no existe un silencio entre palabras (ráfagas) menor a 200 ms. [BRAD68]. (T_1) factor que es de especial importancia para el cálculo de la tasa sostenible de celdas (SCR) para la categoría de servicio.

El valor de la tasa sostenible de celdas (SCR) depende del espacio mínimo entre ráfagas, así como del tamaño de la misma. El tamaño máximo de ráfaga (MBS) se puede estimar mediante la desigualdad de Chebyshev [HINE90] que indica que la probabilidad del número de celdas de una ráfaga de longitud B es:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$P_B(\mu - k\sigma < B < \mu + k\sigma) \geq 1 - k^{-2} \quad (3.1)$$

Para $k=4$, la probabilidad de que el tamaño de la ráfaga esté dentro del intervalo cerrado $[\mu - k\sigma, \mu + k\sigma]$ es mayor o igual a 0.937. Esta desigualdad es independiente de la distribución aleatoria B.

La desviación estándar σ para la distribución geométrica con media μ igual a las 59 celdas es 59.5 celdas, de modo que una consideración razonable del tamaño máximo de ráfaga MBS es de $\mu + 4\sigma$, es decir MBS=297 celdas.

El tiempo de transmisión para estas 297 celdas a la tasa pico ($T=1/PCR=5.97\text{ms}$) es de $297 \times 5.97 \text{ ms} = 1.773$ segundos. Por lo tanto, el estiramiento que se puede tolerar será igual a $1.773 \text{ seg} + T_1 = 1.973$ segundos. BT dividido por MBS nos da la tasa sostenible de celdas SCR igual a 6.64 ms (T_s).

La tolerancia de ráfagas τ_s [Anexo A], se calcula por medio de la fórmula [$\tau_s = (MBS-1)(1/SCR - 1/PCR)$] dando un valor de 198.32 ms. Podemos señalar que este valor está dentro de lo esperado, tomando en cuenta que el mínimo intervalo entre ráfagas es de 200 ms.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

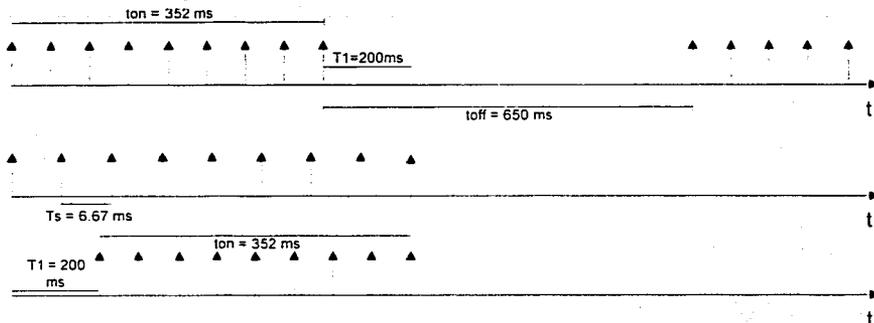


Figura 2.9 Caracterización de voz en base a SCR

2.7.2.2 Tráfico de datos

La llegada de celdas en la transmisión de datos, es a intervalos fijos de T (1/PCR) segundos, equivalente a la tasa pico de conexión durante los periodos de comunicación (ráfaga) y el no arribo de celdas durante periodos de silencio (ton, toff). Se ha decidido modelar los periodos de actividad mediante un número entero de celdas que obedece a una distribución geométrica con media $E = 52.08$ Kceldas, ($ton = 2$ segundos de transmisión de datos), que corresponde a una tasa media de 2 Mbps. Se asume una tasa pico de 10 Mbps, de modo que $T = 38.4 \mu\text{s}$. Los periodos de silencio que se consideran, están distribuidos exponencialmente con media en 8 segundos.

El tamaño máximo de ráfaga (MBS), al igual que para el tráfico de voz, se considera que cumple con la ecuación (3.1) siendo mayor o igual a 0.937.

La desviación estándar para la distribución geométrica con media $\mu = 52.08$ Kceldas es $\sigma = 56.7$ Kceldas, lo que entrega un MBS igual a 278.9 Kceldas.

Estas requieren un tiempo de transmisión a la tasa pico de $278.9 \times 10^3 \times 38.4 \mu\text{s} = 10.71$ segundos.

Por lo tanto, el estiramiento que se puede tolerar será igual a $10.71 \text{ seg} + T1 = 13.71$ segundos, asumiendo un espacio de silencio entre ráfagas no mayor a 3 segundos. BT dividido por MBS nos da la tasa sostenible de celdas SCR igual a $49.1 \mu\text{s}$ (T_s).

La tolerancia de ráfagas τ_s [Anexo A] se calcula por medio de la fórmula [$\tau_s = (\text{MBS}-1)(1/\text{SCR} - 1/\text{PCR})$] dando un valor de 2.98 segundos.

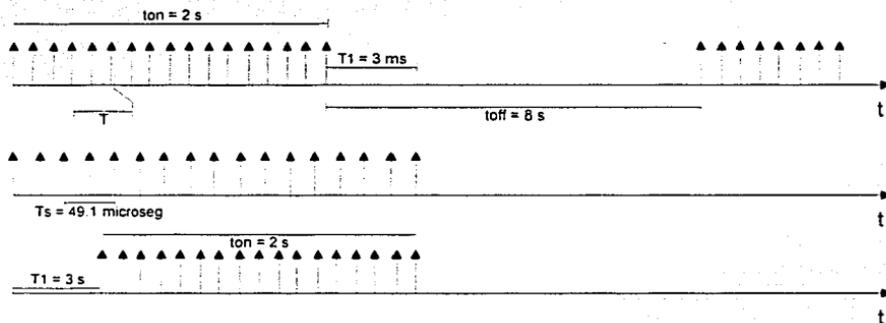


Figura 2.10 Caracterización del Tráfico de Datos.

2.7.2.3 Tráfico de video

Está claro que los requerimientos para la transmisión de video no comprimido exceden los recursos disponibles de cualquier usuario actual. Las tramas de video no comprimidas requieren de 100 hasta 240 Mbps para entregar señal sin distorsión y/o retardo, y las tramas de televisión de elevada definición requieren de alrededor de 1 Gbps para una apropiada transmisión. Para lograr

niveles aceptables de transmisión de tramas de video en redes debemos utilizar métodos de compresión para reducir el ancho de banda.

La compresión se lleva a cabo desechando las etapas redundantes de transmisión. Los métodos de compresión pueden ser simétricos o asimétricos. Un método de compresión simétrico es el movimiento JPEG (Grupo de Expertos en Fotografía), mientras que en compresión asimétrica podemos encontrar a MPEG (Grupo de Expertos de Imágenes en Movimiento) versiones 1 y 2.

MPEG-2 ha sido diseñado para proporcionar una elevada calidad de codificación de video para transmisión sobre redes de computadoras. MPEG, por lo tanto, es el protocolo de compresión principal para la transmisión de video sobre redes ATM. La compresión de video MPEG-2 (y MPEG-1) utilizan el algoritmo de la transformada coseno discreta para convertir bloques 8x8 de píxeles en códigos de longitud variable.

La capa de los sistemas MPEG-2 proporcionan los medios necesarios para la multiplexación y sincronización de las tramas de video, audio y datos. Las tramas de video son seccionadas en unidades denominadas unidades de acceso de video. Una unidad de acceso de video corresponde a una trama de imagen I, P o B, intra-trama, trama predictiva y trama bidireccional respectivamente. Un conjunto de unidades de acceso de video es una trama elemental de video y la combinación y paquetización de varias tramas elementales forman las tramas elementales paquetizadas (TEP). Estas tramas TEP pueden ser acumuladas y transmitidas tal cual se encuentran, pero mejor si son convertidas a tramas de programa (TP) o tramas de transporte (TT). Las tramas TP consisten de paquetes de longitud variable. Las tramas TT son de longitud fija. Cada paquete TT tiene una longitud de 188 bytes con 4 bytes de cabecera. Los paquetes TEP son cargados dentro de los paquetes TT tal que el primer byte del paquete TEP es el primer byte de la carga útil TT y un paquete TT solo puede transportar datos de un TEP.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La información de sincronización se encuentra en cabecera del paquete TEP. Este informa al decodificador el momento en que tiene que desplegar información decodificada al usuario y cuando decodificar información en los buffers del decodificador. Los bloques entre codificador y decodificador deben encontrarse sincronizados. Esta tarea se logra utilizando bloques de programa referenciales (BPR). Un BPR es insertado en el paquete TT en un campo ubicado después de la cabecera TT. Estos bloques BPR son insertados a intervalos regulares para mantener sincronización entre el codificador y el decodificador. El uso de estos marcadores de tiempo implica que el medio de transmisión ofrece un retardo de transmisión constante. En una red ATM la variación de retardo de celdas CDV, o jitter, está siempre presente. Existen dos medios principales para encapsular tramas MPEG-2 en celdas ATM por medio de la categoría de servicio CBR, las cuales son por la capa de adaptación ATM 1 (AAL1) y por la capa de adaptación ATM 5 (AAL5).

La figura 2.11 muestra el encapsulado de paquetes TT en unidades de protocolo de datos PDU. Dos paquetes TT caben exactamente en 8 celdas ATM. Este método de encapsulación fue adoptado en la especificación 1.1 de video en demanda de ATM Forum.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

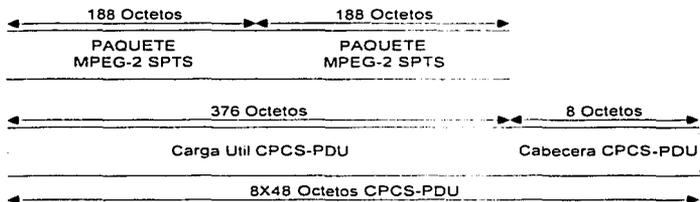


Figura 2.11 Encapsulado MPEG-2 en AAL5

La desventaja de utilizar AAL5, es que no soporta el método de corrección de error hacia adelante (FEC), y una gran ventaja es lo económico de utilizar AAL5.

El otro medio es transmitir video por medio de AAL1. Los paquetes TT pueden encapsularse en cuatro celdas ATM, tal como se ve en la figura 2.12.

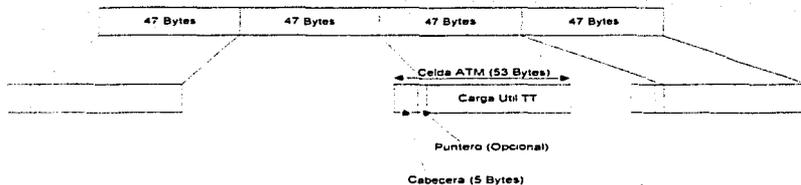


Figura 2.12 Encapsulado MPEG-2 en AAL1

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Una gran ventaja de AAL1 sobre AAL5 es que esta ha sido diseñada específicamente para aplicaciones de tiempo real. Y la mayor desventaja es que AAL1 solo puede soportar aplicaciones con tasa de bits constante.

AAL1 ha sido diseñado para soportar corrección de error FEC. Esta característica es muy importante para aplicaciones de video, especialmente para aplicaciones sensibles al medio como ser ATM inalámbrico. AAL1 es el más indicado para la transmisión de video por codificadores del tipo H.261 y H.263.

Llega a ser muy difícil determinar en el momento del establecimiento de la conexión que tasa de bits será para una trama de video en particular. Las tasas de bit de video pueden variar con los cambios del contenido de la escena. Una escena con pequeños movimientos y con detalles limitados puede requerir de una baja tasa de bits, pero si los movimientos repentinamente aumentan la tasa de bit requerida para transmisión puede aumentar impresionantemente ocasionando que se viole el contrato de tráfico y por ende que se pierdan celdas ATM. Será ineficiente asignar ancho de banda a cierto PCR y a cierta ráfaga MBS. Por lo cual es necesario utilizar ciertos métodos para el control de tasa de bits. Uno de ellos sería el uso de un buffer en el equipo receptor e inyectar un breve retardo en el inicio de transmisión de video. El usar retardo y buffer permite transmitir un número de tramas al decodificador por adelantado. Esto permite enviar en ráfaga tramas MPEG a una tasa constante de transmisión.

Para nuestras pruebas de simulación, empleamos este método sobre la transmisión de tramas MPEG-2 en AAL5; controlando la tasa de bits a un PCR de 50 Kceldas/seg y una tolerancia de retardo de celdas de 50 microsegundos.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.8 Modelo de simulación

La figura 2.13 muestra la configuración de la red básica del modelo de simulación. Se asume que la red satelital entera trabaja a un enlace satelital ATM de 155 Mbps, sin procesamiento alguno o colas de espera a bordo del satélite. Todo procesamiento y formación de colas de espera se llevan a cabo en las estaciones terrenas. Todas las fuentes son TCP unidireccionales e idénticas.

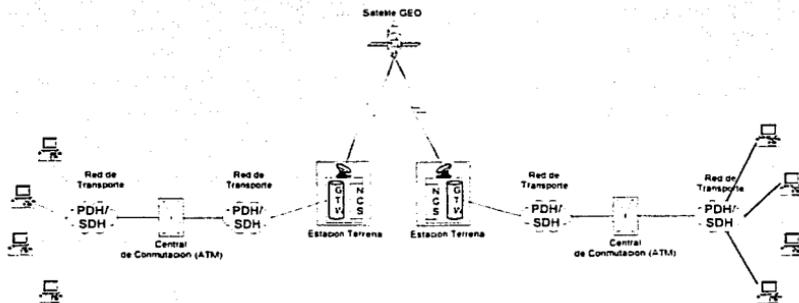


Figura 2.13 Modelo del programa de simulación

Dos propiedades fundamentales de redes de telecomunicaciones son el retardo y el ancho de banda. El producto de ambas nos da como resultado el número de bits que la red pueda mantener en transmisión, comúnmente llamada producto de retardo de ancho de banda (BDP).

$$BDP = RTT \times \Delta B$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este es también un indicador del límite máximo de requerimiento de buffer que los hosts de la simulación deben tener para alcanzar un desempeño óptimo. Gracias a este concepto, podemos introducir la velocidad de transmisión del sistema al proceso de ejecución.

En la simulación se insertan retardos en la señal debidas a la conexión satelital y a los presentes entre los hosts y la central de conmutación, estos son de 275 ms uplink o downlink y 5 ms respectivamente.

El máximo valor de ventana receptora TCP que utilizamos es de 8 704 000 bytes para un solo salto GEO. Esta dimensión de ventana es suficiente para atender los 155,52 Mbps de ancho de banda. El máximo tamaño de segmento TCP es 9180 bytes.

Uno de los objetivos principales del proyecto, está en estimar la dimensión de buffer mínima de los conmutadores que de cómo consecuencia un buen desempeño para TCP. Las dimensiones de buffer con las que trabajamos en el modelo salen de siguiente relación.

$$\text{Tamaño de Buffer} = 2^k \times \text{RTT} \times \text{bottleneck_link_data_rate}$$

Para valores de $k = -1, \dots, 6$. Las dimensiones de buffer, en celdas, utilizadas en el conmutador son:

GEO: 3375, 6750, 12500, 25K, 50K, 100K, 200K.

Expresando estos valores en múltiplos de RTT tenemos:

GEO: 0,0166 RTT, 0,033 RTT, 0,0625 RTT, 0,125 RTT, 0,25 RTT
0,5 RTT, 1 RTT. Respectivamente.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los conmutadores de banda ancha son capaces de multiplexar centenares de conexiones que utilizan circuitos virtuales ATM para aplicaciones de tiempo no real y tiempo real. Los conmutadores a bordo del satélite y los de las estaciones terrenas, pertenecen a esta categoría.

2.8.1 Parámetros para análisis de desempeño

El desempeño de TCP sobre cada categoría de servicio lo medimos principalmente por dos parámetros: eficiencia y equitatividad. Estos se definen de la siguiente manera:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum \text{THROUGHPUTS TCP}}{\text{MAX. THROUGHPUT POSIBLE TCP}}$$

Los throughputs TCP son calculados en las capas TCP de destino. El throughput se define como el Nro. total de bytes entregados a una aplicación determinada, dividida entre tiempo total de simulación. Los resultados se dan en Mbps.

El máximo Throughput TCP posible es aquel Throughput conseguido por la capa TCP corriendo sobre UBR en un enlace de 155,52 Mbps. Para 9180 bytes de datos (tamaño máximo de segmento TCP), la capa ATM recibe 9180 bytes de datos + 20 bytes de cabecera TCP + 20 bytes de cabecera IP + 8 bytes de cabecera LLC + 8 bytes de AAL5. Todos estos llegan a formar 193 celdas ATM. De esta manera cada segmento TCP resulta en 10229 bytes en la capa ATM. De aquí, el Throughput máximo posible es $9180/10229 = 89.7\% = 139,5$ Mbps. aprox. en un enlace de 155,52 Mbps.

En teoría, el Throughput máximo que un host puede alcanzar está dado por la relación:

$$\text{THR}_{\max} =$$

$$\frac{\text{Buff}}{\text{RTT}}$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde Buff es el tamaño máximo de ventana TCP receptora, y RTT el retardo que se presenta en la red de acuerdo a su topología (RTT = 550 ms). Por ejemplo, las actuales implementaciones comerciales de TCP como ser las encontradas en Microsoft Windows están diseñadas con ventanas receptoras de tamaño 8 Kbytes (Buff = 8 KB). De esta manera el máximo throughput que uno podría obtener en una aplicación de este estilo a través de un satélite geoestacionario es 119,16 Kbps. Asumiendo que 1 Kbyte es 1024 bytes. De esta manera confirmamos lo que se mencionó anteriormente, que para un buen desempeño del sistema, es necesario utilizar ventanas receptoras extremadamente grandes.

$$\text{Indice de Equitatividad} = \frac{\sum X_i}{N \cdot \sum X_i}$$

Donde X_i es el Throughput de la i -ésima fuente TCP y N es el número de fuentes TCP. El índice de equitatividad nos indica si las estaciones de trabajo con los mismos protocolos TCP en sus plataformas compitiendo por el enlace con característica bottleneck (cuello de botella) pueden compartir equitativamente el ancho de banda del canal disponible.

2.8.2 Resultados de la simulación

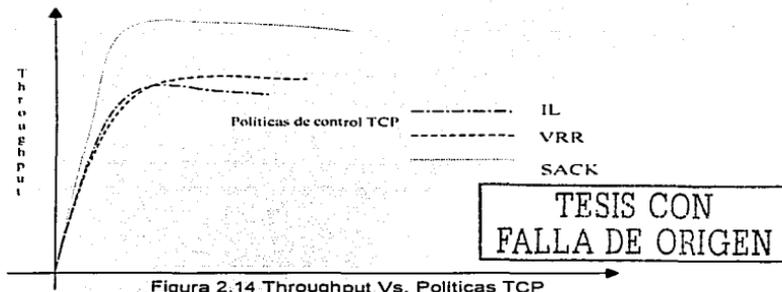
TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Debemos dejar claro que la implementación de TCP con su modelo básico es inapropiado en redes de elevada velocidad y elevado retardo, por lo cual se han realizado ciertas modificaciones para mejorar el desempeño del protocolo sobre dichas redes. Las redes con las características mencionadas, requieren de grandes tamaños de ventanas para un buen control del flujo de la información.

Gracias al programa de simulación podemos afirmar que cuando se presenta más de una sola pérdida dentro de una ventana de datos (categoría de servicio UBR), la política TCP de veloz retransmisión y recuperación se ejecuta varias veces en un RTT, resultando en una reducción de la ventana de congestión

varias veces, y de ahí el tener que proceder necesariamente con la fase de inicio lento, nos conduce a una reducción del throughput.

El modelo de simulación propuesto, utiliza como tercera alternativa a SACK TCP. Así el remitente será capaz de reconstruir paquetes perdidos con la información que le envía el host receptor. De esta manera, en un RTT el remitente puede recuperarse de múltiples pérdidas de segmento. Esta conducta se ve reflejada en el tiempo de simulación que SACK logra para el transporte de cualquier tipo de información, comparado con el empleado por TCP de veloz retransmisión y recuperación, el cual es ciertamente menor.



Por otro lado cuando utilizamos buffers sumamente pequeños ($0.016RTT$, $0.031RTT$, $0.0625RTT$) en los conmutadores, el throughput alcanzado por el sistema es muy pequeño. De hecho, para un número grande de fuentes el throughput se inclina totalmente a cero. Para dimensiones de buffer pequeños, el desempeño de TCP/IP se deteriora con el aumento del número de las fuentes. Esto se debe a que más paquetes son descartados en cada conexión

ocasionando interrupciones y retransmisiones innecesarias. Esto origina un descenso en el throughput.

Para dimensiones moderadas de buffer, es decir bordeando el 1RTT, el throughput se incrementa al aumentar las dimensiones de buffers. El throughput TCP alcanza un máximo valor al aumentar las dimensiones de los buffers.

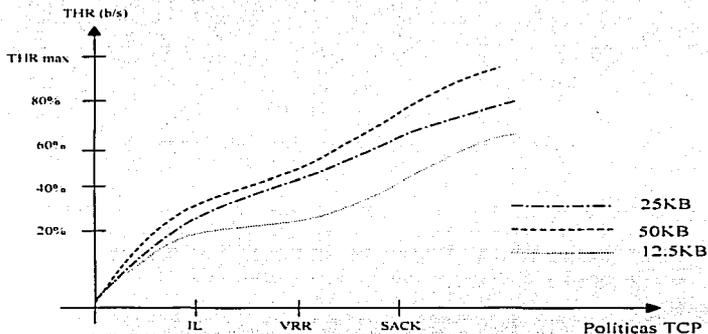


Figura 2.15 Throughput Vs. Dimensiones de Buffer

Las ventanas TCP son controladas por la tasa a la cual la fuente recibe los acusos de recibo ACK. La cantidad total de datos no reconocidos es controlado por el producto de retardo de ancho de banda de las conexiones.

Es decir: $\text{Celdas de datos sin ACK} = \text{RTT} \times \Delta B$

Todos estos datos pueden formar colas de espera en un único punto dentro de la red. Como resultado, debemos indicar que cada punto de formación de colas de espera (conmutadores, gateways, estaciones terrenas, etc) deben

contar con suficientes buffers para soportar un valor producto de retardo de ancho de banda de información TCP y asegurar un mínimo de pérdida.

Se puede notar que para buffers con dimensión de $1RTT$ a más, el throughput empieza a disminuir, ver figura 2.16. Cuando el retardo por formación de colas de espera es del orden del retardo de propagación RTT , los valores de las interrupciones por retransmisión (en milisegundos) vienen a ser muy variables. Durante la fase inicial, cuando los retardos en las colas de espera son bajos, el valor de la interrupción corresponde a la propagación RTT . Cuando las ventanas crecen para llenar los buffers de los conmutadores, el retardo por formación de colas de espera crece en un RTT (al usar buffers de $1RTT$), y los paquetes al final de la cola son descartados.

Los paquetes a retransmitirse son soltados después de recibir 3 ACKs duplicados. De cualquier manera, estos paquetes retransmitidos ingresan a la cola del conmutador detrás de aquella formada durante el RTT . Como resultado, antes que el remitente obtenga un ACK para la retransmisión de paquetes, se origina una interrupción, y se procede con la fase de inicio lento (IL). En este punto, el remitente empieza a retransmitir desde el último segmento no reconocido apenas recibe un ACK para ese segmento, ya que el segmento no ha sido realmente perdido, pero el retardo fue estimado incorrectamente. La pérdida de throughput ocurre durante el tiempo que se espera por la interrupción para retransmisión. Con buffers de tamaño pequeño, la variabilidad de RTT es pequeña, por lo cual no se dan falsas interrupciones.

Los resultados de simulación muestran que fuentes TCP con una buena política de asignación de buffers, como descarte selectivo, pueden compartir de mejor manera el ancho de banda del enlace. Una dimensión de buffers de $0.5RTT$ a $1RTT$ es suficiente para proporcionar un throughput mayor a 98% para tráfico SACK TCP en redes de elevado retardo y de gran número de fuentes, ver figura 2.16. Este requerimiento de buffer es independiente del número de fuentes.

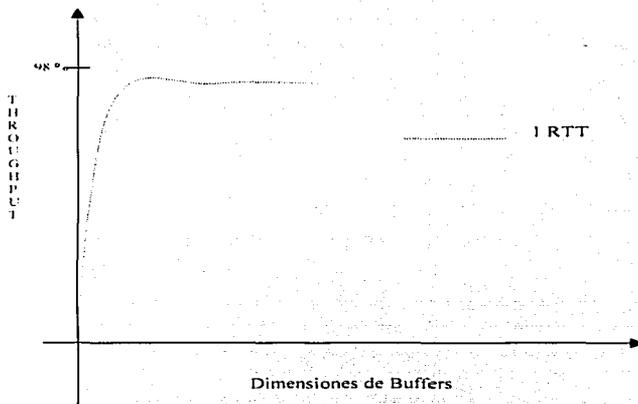


Figura 2.16 Comportamiento con 1 RTT de Buffer

2.8.3 TCP sobre UBR y CBR

Los conmutadores ligados a la tasa de bit sin especificar UBR generalmente no hacen nada para el control de congestión en la red. Solo descartan celdas siempre que exista sobrecarga en ellos. Al observar esta característica, para tráfico TCP sobre UBR se propone el uso de grandes buffers sin control de congestión. De cualquier manera, no interesa cuan grande sea el buffer, ya que al crecer el tráfico en la red siempre llegaremos a la sobrecarga.

También podemos argumentar que grandes buffers ocasionan grandes retardos. Para superar este problema, podríamos nosotros descartar celdas que ingresen cuando el conmutador se encuentre copado, y de ahí proceder con la fase de recuperación. Los resultados de simulación muestran que este método logra un pobre desempeño del sistema. La razón es que cuando el conmutador ATM descarta una celda, el resto del paquete sigue siendo transmitido, obstruyendo el congestionado enlace con datos inútiles.

Otra solución sería, que cuando ingrese una celda a un buffer lleno, esta sea aceptada simplemente descartando la celda ubicada en el frente del buffer. Esto es razonable, debido a que en las tres versiones de TCP, cuando se da una pérdida, la ventana es reducida a la mitad. Esto ocasiona que la fuente deje de transmitir paquetes durante por lo menos $\frac{1}{2}$ RTT. Con este descarte desde el frente, los hosts remitentes reciben tempranamente la notificación de congestión y de esta manera TCP VRR puede reaccionar al instante. Así, al reducir la tasa de estas fuentes, damos paso a otras fuentes a ingresar y abandonar el buffer satisfactoriamente. Así podemos mejorar el throughput del sistema.

Analizando más a fondo la política TCP VRR, concluimos que para conexiones de elevado retardo, esta daña la eficiencia. Esto se debe a que la congestión típicamente resulta de una múltiple pérdida de paquetes. TCP VRR no puede recuperarse de múltiples pérdidas de paquetes teniendo que ejecutar la fase de inicio lento, la cual es menos eficiente.

Para el caso de SACK TCP, con cualquiera de las políticas de descarte, se mejora considerablemente la eficiencia al obtenido con TCP de inicio lento. El throughput significativamente aumenta con SACK TCP en cualquier categoría de servicio y a cualquier dimensión de buffer.

El dimensionar buffers extremadamente grandes no es una manera de resolver los problemas por congestión de TCP sobre ATM. Si el buffer es muy pequeño y en consecuencia ocasiona una elevada tasa de pérdida de celda CLR

para cualquier política de transmisión TCP, la ventana de congestión siempre será reducida a la mitad. Esto significa un uso ineficiente del ancho de banda llegando así a un bajo desempeño.

TCP alcanza un máximo throughput cuando hay suficientes buffers en los conmutadores. Cuando el número de buffers es pequeño, se da una elevada reducción del throughput aunque CLR sea sumamente bajo. Cuando varía la capacidad, de la misma manera varía CLR, siendo que CLR no está relacionada con el throughput TCP. De esta manera podemos afirmar que CLR no es un buen indicador del nivel de desempeño TCP. Es decir, que CLR no indica el nivel de desempeño de TCP ya que un incremento en CLR no necesariamente significa un bajo throughput TCP. El efecto de pérdida de celda no ciertamente depende del número de celdas perdidas, sino del número de interrupciones. Si un gran número de celdas son perdidas, solo se origina una sola interrupción, entonces la degradación de throughput no será tan severa. Por otro lado, si pocas celdas son perdidas, pero estas pérdidas ocurren muy aparte de las múltiples interrupciones, el throughput será severamente degradado.

Podemos concluir que TCP utilizando UBR o CBR requiere de una cantidad de buffers de red igual a la suma de las máximas ventanas de todas las conexiones TCP para evitar pérdidas de celda. Así, vemos que UBR y CBR no son escalables con TCP. Con suficientes buffers, de 0.5 RTT a más, el desempeño de SACK TCP es escalable con respecto al número de fuentes.

El comportamiento de TCP sobre CBR, es similar debido a los parámetros de contrato de tráfico que poseen.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

2.8.4 TCP Sobre ABR y VBR

Para la transferencia de archivos a elevada velocidad sobre la categoría de servicio ABR, debemos implementar el algoritmo eliminador de congestión por indicación de tasa explícita (ERICA) propuesto en [ATMF961172] en los conmutadores ATM del enlace.

El grupo de estudios en control de tráfico de ATM Forum ha estandarizado un modelo de control de flujo basado en velocidad en lazo cerrado. [ATMFTME4]. En este modelo los conmutadores ATM entregan realimentación de tasa explícita (ER) o binaria, indicador de congestión explícita hacia delante (EFCI) por medio de celdas administradoras de recursos (RM) y las fuentes ajustan sus tasas de transmisión de acuerdo con esta información.

Cuando TCP utiliza el servicio ABR, existen dos algoritmos de control activos: el control TCP basado en ventana corriendo sobre el control ABR basado en tasa.

Las terminales transmiten datos a la tasa de celdas permitida (ACR), la cual es menor a la tasa pico (PCR) negociada. Inmediatamente después de establecerse la conexión, se fija ACR a la tasa de celda inicial (ICR), la cual es también negociada con la red. Las fuentes ABR transmiten la celda RM cada N_{rm} - 1 celdas (N_{rm} es 32 por defecto). La celda RM tiene al campo de velocidad de celdas en curso (CCR) inicializado con el actual ACR, al campo de tasa explícita (ER) donde la red entrega su realimentación, y otros campos más.

Basados en su carga, los conmutadores establecen el campo ER en la celda RM. Las celdas RM retornan a la fuente con el mínimo valor de ER establecido por todos los conmutadores del enlace. Cuando la fuente ABR recibe la celda RM de la red por realimentación, esta ajusta su ACR al valor ER de la celda RM. Cuando existe un flujo permanente de celdas RM en ambas direcciones (hacia delante y hacia atrás), hay un flujo permanente de realimentación desde la red a la fuente. En este momento se ha establecido el lazo de control ABR, y la

velocidad de la fuente es principalmente controlada por este lazo de realimentación (control de lazo cerrado). Ver anexo B.

Uno de los parámetros importantes que utilizamos es la exposición de memoria tampón de transición (TBE), la cual limita el número de celdas pendientes en la red. En su momento, TBE limita el número de celdas perdidas si algún enlace o conmutador ATM falla. Esta requiere que la fuente ABR reduzca su ACR si transmite celdas TBE y no recibe realimentación de la red.

El indicador de tasa explícita para anulación de congestión (ERICA) es un esquema simple de conmutación que designa ancho de banda de manera equitativa con rápida respuesta. El esquema consiste en utilizar un parámetro de uso del 90% del enlace. Es decir:

$$\text{Velocidad Objetivo} = \text{Parámetro de uso} \times \text{Velocidad de enlace}$$

En el modelo de simulación intervienen las cuatro categorías de servicio transmitiendo simultáneamente. Los conmutadores ATM del enlace, al evidenciar la presencia de una tasa ABR, ejecutan el algoritmo ERICA. Al ser la categoría VBR y CBR las de mayor prioridad, el ancho de banda para la clase de servicio ABR está dado por:

$$\Delta \text{ ABR} = \text{Velocidad Objetivo} - \Delta \text{ VBR} - \Delta \text{ CBR} - \Delta \text{ UBR}$$

La sobrecarga es calculada respecto a la velocidad objetivo, no así a la velocidad de enlace.

$$\text{Sobrecarga} = \text{Velocidad de entrada} / \Delta \text{ ABR}$$

Además de la velocidad de entrada, los conmutadores también miden el número de canales virtuales activos y calculan las porciones de ancho de banda a compartir.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Porciones de ancho de banda = $\Delta ABR /$ Número de canales virtuales activos.

Por cada canal virtual su porción es calculada basándose en el factor de sobrecarga y en la velocidad de celdas en curso de los canales virtuales.

Porción de canal virtual = Velocidad de celdas en curso de VC / Sobrecarga.

De aquí, Tasa explícita = \max (Porción de ancho de banda , Porción de canal virtual).

La tasa explícita (ER) en la celda RM es reducida si ER por canal virtual es menor a:

ER = \min (tasa explícita , tasa explícita para el canal virtual)

Otros parámetros de importancia y utilizados en el modelo de simulación, a nivel de usuario son:

Máximo segmento TCP = 9180 Bytes

Tiempo de retardo ACK = 0

Tiempo de procesamiento de paquete en destino = 0

Los valores que se toman para los parámetros de la fuente son:

TBE = 128.512

ICR = 10 Mbps

ADTF = 0.5 sec

CDF (XDF) = 0.5

CRM (Xrm) = TBE / Nrm

PCR = 155.52 Mbps

MCR = 0

RIF (AIR) = 1

Nrm = 32

Mrm = 2

RDF = 1/512

Trm = 100 ms

TCR = 10 c/s

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Los parámetros del algoritmo ERICA son los siguientes: el parámetro objetivo de utilización es 90%. La sobrecarga y la capacidad ABR son calculados en los conmutadores en alrededor a 100 celdas. Los buffers en el enlace cuello de botella, es decir en los gateway satelitales, tendrá un valor de TBE x (1,2 o 4) para una fuente ABR. La figura 2.17 resume el procedimiento empleado en el programa de simulación producto del cálculo arriba detallado, y de la Rec. UIT 371.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

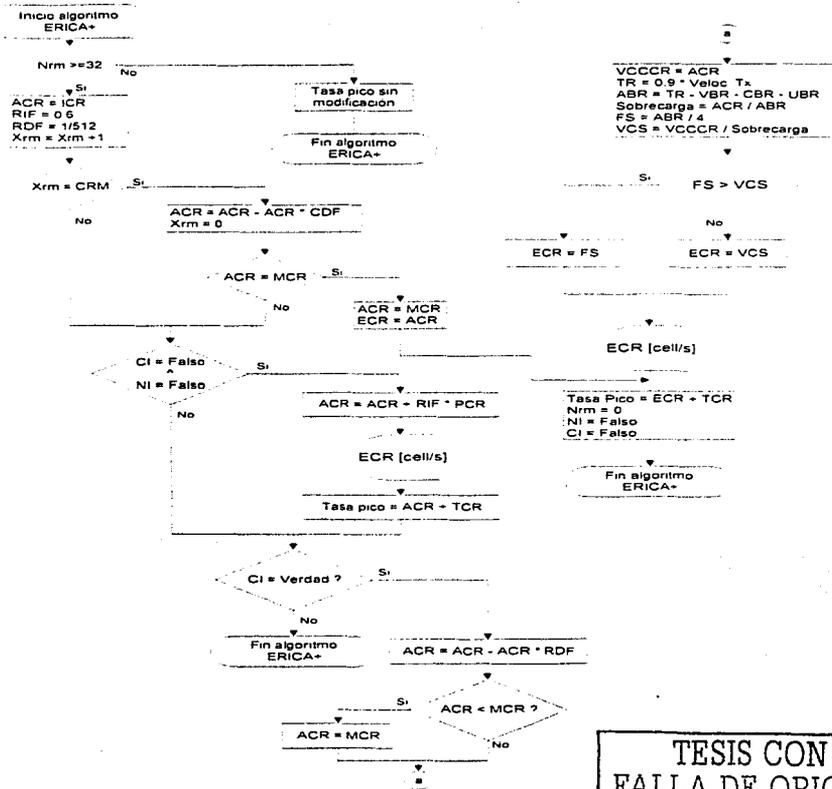


Figura 2.17 Algoritmo empleado para el ajuste de ancho de banda

Dimensión De Buffer	Throughput % del THIRmax	CLR(x10 ⁻⁴)
12.5KB	11	1.2
25KB	20	2.1
50KB	45	2.7

Tabla 2.6 Tasa de pérdida de celda en tráfico ABR-VBR

Haciendo correr el programa de simulación con todos estos parámetros, desplegamos los resultados en la tabla 2.6. Notamos que la tasa de pérdida de celda CLR es pequeña, y varía enormemente para cada tamaño de buffer que utilizamos en cada experiencia. La tasa CLR no refleja el desempeño TCP, ya que un CLR elevado no necesariamente significa un bajo Throughput TCP. El efecto de tener pérdida de celdas en la red recae en el número de interrupciones que se originan. Si un gran número de celdas son perdidas pero solo se da una interrupción, la degradación del throughput no será muy severa. Por otro lado, aun cuando pocas celdas se hayan perdido, y las pérdidas sean distantes unas de otras (en distintas ventanas), se producirán múltiples interrupciones ocasionando que el Throughput sea severamente degradado. Por lo cual, confirmamos que el parámetro de medida de nivel de celda CLR no es un buen indicador del nivel de desempeño TCP. También podemos afirmar que grandes tamaños de buffers en los conmutadores siempre entregarán un elevado Throughput TCP. Con grandes buffers, las ventanas igualmente llegarán a ser grandes, evitando colas en los conmutadores, y si se produce una pérdida en esa ventana, CLR puede llegar a ser también grande. Por otro lado, si ocurre una pérdida en una ventana pequeña, CLR puede ser también baja.

Cuando el número de fuentes aumenta, generalmente el Throughput total de la red aumenta. Esto se debe a que las fuentes TCP son generalmente limitadas por ventana, y cuatro fuentes con ventanas pequeñas impulsan más cantidad de datos que una fuente con ventana pequeña.

Tanto TCP como ABR poseen sus propios mecanismos para el control de flujo (TCP) o para el control de congestión (ATM). Cuando TCP transmite sobre ABR, normalmente este tráfico puede ser controlado de dos maneras. En TCP, el máximo tráfico es controlado por la ventana de congestión, y en ABR el tráfico es controlado por las tasas MCR, PCR y ACR. Gracias al modelo de simulación, vemos que el principal factor para lograr un buen desempeño de TCP sobre ABR, está en ubicar la mejor manera de que estos dos mecanismos de control de tráfico puedan interoperar. Al tener ABR un mejor control sobre fuentes, destinos y conmutadores, podemos ver que las políticas de descarte de celdas utilizadas en UBR no son muy importantes para TCP sobre ABR. De cualquier manera, las políticas de transmisión TCP siguen siendo de suma importancia en este caso.

Según el modelo de simulación, podemos afirmar que TCP alcanza un máximo throughput cuando existen suficientes buffers en los conmutadores. Cuando se alcanza un máximo throughput, las fuentes TCP son limitadas por la tasa ABR en lugar de ser limitadas por la ventana TCP. Cuando se reduce el throughput, las fuentes TCP son limitadas por la ventana TCP en vez de ser limitadas por la tasa de ABR. Cuando varía la capacidad ABR, CLR presenta gran variabilidad la cual es independiente del throughput TCP.

2.9 Factores de error de canal

Existen varios factores inherentes de los canales satelitales y de las características de red. Mencionamos en este acápite a los más importantes. La razón señal a ruido es un gran problema en transmisiones satelitales, ya que la señal cae en intensidad en proporción al cuadrado de la distancia.

Este comportamiento llega a ser muy complicado debido al comportamiento randómico de las condiciones atmosféricas y de espacio (por ejemplo, la atenuación por lluvia).

Estudios realizados señalan que canales satelitales sin codificación poseen valores de BER de alrededor de 10^{-6} , mucho más bajos a los obtenidos por cable a alta velocidad.

Al considerarse TCP un protocolo sensible a pérdidas, ya que utiliza la técnica de pérdida de paquetes para controlar el comportamiento de la transmisión, se vio que es incapaz de discernir entre pérdidas por congestión y pérdidas por corrupción en el enlace.

El ruido en el enlace satelital puede degradar mucho el desempeño de TCP, ya que valores grandes de BER accionan los mecanismos de reducción de ventana, pese a que la red se encuentre des congestionada. Adicionalmente, la pérdida de paquetes ACK degradan más el throughput, ya que los paquetes de datos correspondientes a estos ACKs ya fueron totalmente recibidos. Más aún, los errores en los enlaces satelitales son usualmente en ráfaga, lo cual es también muy problemático, ya que TCP con veloz retransmisión y recuperación usualmente no puede recuperarse de una pérdida excesiva de paquetes dentro de una ventana. Como resultado, el mecanismo de anulación de congestión TCP puede limitar severamente el crecimiento de la ventana. Considerando que TCP necesita de tamaños de ventana sumamente grandes para ambientes satelitales (del orden de los productos de retardo de ancho de banda) los deterioros de señal por efectos de ráfaga son más pronunciados.

Los retardos en la red satelital son influenciados por varios factores, uno de los principales es debido al tipo de órbita. En el caso de sistemas LEO, que trabajan sobre órbitas pequeñas, las ventanas de transmisión son relativamente pequeñas, y por lo tanto grandes constelaciones con enrutamientos inter satelitales dinámicos son requeridos para llegar a una cobertura continua (diez a cien satélites) sobre regiones grandes. Todos estos factores aumentan el grado de variabilidad de retardo, cantidad que depende del número de satélites, de órbitas dinámicas, de algoritmos de enrutamientos inter satelitales y más. En general,

tales condiciones de retardo son problemáticas para TCP, reduciendo su respuesta a pérdidas de paquetes, esto se da especialmente para conexiones que esperan transmitir desde su tamaño de ventana por defecto (es decir, un segmento). Esto significa que los usuarios deben esperar todo un retardo RTT antes de recibir el primer paquete ACK de la fase de inicio lento. El incremento en las variaciones de retardo pueden afectar los mecanismos temporizadores TCP permitiendo el ingreso de ruido en ellos. Estas variaciones pueden ocasionar retransmisiones e interrupciones prematuras y generalmente producen dimensiones de ventana incorrectas, reduciendo totalmente la eficiencia del ancho de banda.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3 ADAPTACION DEL PROTOCOLO DE CONTROL DE ACCESO AL MEDIO MAC EN REDES ATM SATELITALES

En este acápite nos enfocamos en un área dentro del análisis y modelamiento de los sistemas satelitales, que son los protocolos de acceso al medio MAC. Los protocolos MAC se encuentran ubicados en el enlace de subida (uplink), desde la estación terrena al satélite, ya sea atendiendo un canal o varios canales. Dependiendo del sistema, la técnica MAC puede tener un efecto dominante en la habilidad del sistema para entregar un contrato con cierta calidad de servicio. Un protocolo MAC debe tener las siguientes características: debe proporcionar calidad de servicio, eficiencia e interoperabilidad de servicio. Entregar calidad de servicio significa que el objetivo del protocolo MAC, con la ayuda de un buen algoritmo de control de admisión, debe garantizar (en términos de nivel de paquete) el contrato de calidad de servicio negociado en el instante de establecerse la llamada. Brindar eficiencia significa que el protocolo debe maximizar al máximo el uso de los recursos con que cuenta la red (como ser ancho de banda) garantizando la calidad de servicio de las llamadas en tránsito. Interoperabilidad de servicio significa que el protocolo debe ser capaz de soportar los servicios estandarizados tanto por ATM Forum como por la Fuerza de Ingeniería para el Internet (IETF).

Los protocolos MAC posibilitan que una terminal obtenga acceso al medio de transmisión en un sistema de canal compartido. Pero cuando una red debe proveer varios niveles de servicio, MAC es cuando juega un rol muy importante. La calidad de servicio en la subcapa MAC tiene comportamiento estadístico en: retardo de paquetes, variación de retardo y pérdida de paquetes. En terminología ATM, estas unidades de medida corresponden a máximo retardo de transferencia de celda (CTD), variación de retardo pico de celda (CDV) y tasa de pérdida de celda (CLR) respectivamente.

En este escenario, MAC viene a ser un organizador de paquetes para transmisión.

3.1 Estudio de calidad de servicio

Debido a la elevada latencia de los sistemas satelitales, la mayoría de los esquemas de acceso al medio basados en DAMA, no son posibles implementarlos en terminales terrenas de elevado ancho de banda y con requerimientos bajos de retardo. Por lo cual, solo anchos de banda dedicados podrían proporcionar la calidad de servicio necesaria.

En una red satelital de canal compartido, el protocolo MAC es el que implementa la disciplina de servicio.

A continuación, describimos un análisis de cómo las distintas categorías de servicio ATM pueden ser soportados por un protocolo MAC.

3.1.1 MAC en tráfico rt-VBR

Esta categoría de servicio fue diseñada para transportar voz y video en tiempo real. Requiere mínimos retardos y mínimas variaciones de retardo, y bajas pérdidas de paquetes. Para proporcionar este tipo de servicio, la única opción es la asignación de un ancho de banda fijo. Si el requerimiento de retardo punto a punto está en el orden de 2 RTTs, entonces DAMA puede ser utilizado para esta categoría de servicio.

Con la entrega de un total ancho de banda suficiente para satisfacer la tasa pico, entonces DAMA logrará un bajo retardo y una variación de retardo cercana a cero.

3.1.2 MAC en tráfico nrt-VBR

El único requerimiento para esta categoría de servicio es una baja pérdida de paquetes. No se requiere de limitantes en el retardo o variación de

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

retardo. Esto es posible conseguir utilizando DAMA. Ya que el retardo no es un factor a considerar, las solicitudes de ancho de banda hechas por DAMA son de baja prioridad, esto permite a otras estaciones terrenas a compartir el mismo ancho de banda con estrictas consideraciones de retardo para recibir mejor calidad de servicio. Utilizando esta técnica MAC, es posible satisfacer el contrato de calidad de servicio, y al mismo tiempo, utilizar los recursos de la red lo más eficientemente posible.

3.1.3 MAC en tráfico UBR

Para esta categoría de servicio el retardo no es crítico y los mecanismos de control de flujo están ubicados en la capa de transporte. Para acomodar esta categoría en el ambiente satelital, es posible utilizar técnicas de acceso randómico. Esto nos lleva a utilizar ya sea el protocolo Aloha o reservación Aloha (R-Aloha).

3.1.4 MAC en tráfico CBR

Esta categoría de servicio puede ser atendida asignando una cantidad constante de ancho de banda. Esto se logra asignando una cantidad fija de los recursos de canal (slots, frecuencias, etc) a la aplicación durante el tiempo de conexión.

3.1.5 MAC en tráfico ABR

El servicio de tasa de bits disponible ha sido pensado para entregar garantías de calidad de servicio que posibilite cambio durante la conexión. Una conexión que tenga un contrato de servicio de carga controlada, debe caracterizarse por una mínima carga de paquetes en las colas de los buffers. De ahí que este servicio puede tolerar una ligera pérdida de paquetes, y requerimientos mínimos de retardo que no son tan estrictos como para rt-VBR.

Para esta categoría, por lo que acabamos de mencionar, las soluciones más convenientes serían los protocolos DAMA y los híbridos de DAMA.

3.2 Dimensión de trama

En los protocolos de asignación por demanda o por reservación, cada estación debe percatarse del uso de los slots una trama antes. De esta manera, la cantidad M de slots en una trama, debe ser mayor al retardo de propagación de slots R . Valores distintos de M y b ocasionan un desempeño distinto de throughput versus retardo. Dado un tamaño b de paquete, una trama debe ser lo suficientemente pequeña para soportar de forma eficiente el tráfico. Por lo tanto, al escoger un tamaño de trama se debe cumplir la siguiente relación.

$$\frac{\sum \lambda_i T_f}{b} < M < \sum \frac{\lambda_i T_f}{b} \quad (4.2)$$

donde λ_i es la tasa de arribo para la estación i , $1 < i < N$, y T_f es el tiempo de trama.

3.3 Dimensión de paquete y slot

El tamaño de paquete y slot influye directamente en el desempeño del protocolo MAC. En teoría un paquete puede abarcar múltiples slots continuos. De cualquier manera, en la práctica un paquete cabe en un slot. Un slot tiene que ser lo suficientemente grande para transportar un paquete mas sus bits de control. Para seleccionar el tamaño de paquete, debemos considerar lo siguiente: *primero*, para tráfico de voz, el paquete no puede ingresar nuevamente hasta que se reciba el último bit del paquete. El retardo total no debe exceder 500 ms. Para una órbita satelital geoestacionaria con retardo de propagación de 278 ms, este retardo implica que la duración del paquete debe ser a lo sumo 222 ms. Para transmisión telefónica, la UIT-T, ex Comité Consultivo Internacional en Telefonía y Telegrafía (CCITT) en su recomendación G.114 estipula que el tiempo de propagación entre abonados no debe exceder 400 ms. Si tomamos en cuenta 30 ms debidas a la suma de los retardos de propagación en los extremos de la red, tenemos:

$$T_f < \frac{1}{2} (400 - 278 - 30) = 46 \text{ ms}$$

En la práctica, $0,75 < T_f < 20$ ms.

Segundo, la retransmisión de paquetes perdidos es inapropiado en tráfico de voz. *Tercero*, paquetes pequeños reducen el throughput debido a continuas cabeceras. Muchos protocolos híbridos con limitaciones variables entre voz y datos manejan transmisiones en un solo slot y largas transmisiones distintas. Por lo tanto es prudente diseñar slots lo más grandes posibles, para tráfico con pocos mensajes cortos. De cualquier manera si existe un gran número de mensajes cortos, estos paquetes hacen que la transmisión sea veloz. Si bien el throughput versus las características de retardo de algunos protocolos MAC pueden calcularse analíticamente, la selección del tamaño de paquete óptimo requiere de una simulación.

Tomando una serie de valores para M de la ecuación 4.2 llegamos a distintos desempeños en el retardo de transmisión. Claramente se puede ver que tramas pequeñas tienen mayor retardo de transmisión que tramas grandes. Mas aún el throughput aumenta con el aumento de M.

3.4 Medidas de desempeño

Existen varias medidas de desempeño utilizadas para la evaluación de protocolos MAC incluyendo: throughput versus características de retardo, equitatividad, resistencia a ruido de canal, fiabilidad, y adaptabilidad a varios tipos de tráfico. La más importante medida de desempeño es el throughput versus el promedio de retardo de mensaje.

Otra medida de desempeño importante es el requerimiento de buffer para cada protocolo. Por lo tanto, evaluamos el desempeño de los protocolos MAC respecto al desempeño del throughput versus retardo, promedio de máxima asignación de buffer, escalabilidad, estabilidad, y reconfigurabilidad de los protocolos.

3.5 Comparaciones de desempeño

Nuestro estudio está en comparar el desempeño del grupo de protocolos híbridos y adaptivos (R-Aloha, Aloha-R, RRR, SRUC y MDMA) con el de los protocolos estándares (BTDMA, GTDMA y Aloha ranurado). En GTDMA cada estación puede recibir más de un slot por trama. El número de slots asignados a una estación durante una trama es proporcional a su carga de tráfico. En BTDMA, todas las estaciones son consideradas sin tener en cuenta la carga de tráfico. BTDMA no solo depende de la cantidad de estaciones, sino que también sufre en el mal manejo del tráfico asimétrico.

Aloha ranurado tiene la ventaja de simplicidad, pero su máximo throughput será bajo. Por las características descritas en el capítulo 2, tanto R-Aloha como RRR llegan a tener el mismo desempeño.

R-Aloha, se distingue por ser robusto. Mientras Aloha-R es más complejo, pero tiene mejor desempeño de throughput versus retardo para tráfico en ráfaga. Es también adaptable a cambios en el número de estaciones y de tipos de tráfico.

SRUC, por su característica, entrega mejor throughput versus retardo con un desempeño de los buffers relativamente buenos. Es mayormente estable, ya que todos los paquetes colisionados son retransmitidos en el estado reservado. Es también adaptable a cambios en la carga de tráfico. Por su comportamiento en los grandes factores de ráfaga, SRUC es superior a los demás protocolos. La complejidad de su algoritmo de control es similar a la complejidad de Aloha-R.

El protocolo MDMA, el cual ha sido diseñado para proporcionar un mínimo de retardo, no puede desempeñarse mejor que SRUC.

Partiendo del hecho que no existe protocolo que se desempeñe mejor que otro por los diferentes tipos de tráfico y aplicaciones, algunos protocolos tienen ciertas características que las hacen más apropiadas para comunicaciones satelitales.

En general los protocolos híbridos toman ventaja sobre los protocolos de acceso randómico y de reservación, ya que tienen mejor característica de throughput versus retardo. Se pueden también adaptar a redes dinámicas por su escalabilidad y reconfigurabilidad. El protocolo GTDMA, por asignar ancho de banda a la medida de la carga de tráfico para cada estación, es que puede desempeñarse mejor que los demás. De cualquier manera, GTDMA no es apropiado para tráfico impredecible. Para tráfico asimétrico, SRUC será superior. Ambos, GTDMA y SRUC son altamente estables. Sin embargo, GTDMA es un grado menor en escalabilidad, mientras SRUC es escalable y adaptable a distintos tráfico y a cambios topológicos. Con todo esto podemos seleccionar las clases de protocolos MAC de acuerdo a distintos modelos de tráfico, y resumiendo en la siguiente tabla.

Tipo de tráfico	Clase de Protocolo MAC
Tráfico Normal	Asignación fija
Tráfico en ráfaga – mensajes cortos	Acceso randómico
Tráfico en ráfaga – mensajes largos y gran número de usuarios	De reservación
Tráfico en ráfaga – mensajes largos y poco número de usuarios	De reservación con canal de reservación fijo TDMA

Tabla 2.7 Desempeño de protocolos MAC

Y los desempeños de estos protocolos, considerando tráfico asimétrico y en ráfaga lo resumimos en la siguiente tabla 2.7.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.6 Problemática con PDH y SDH

Sistemas basados en SDH vienen a ser actualmente los más apropiados para atender las redes de servicios integrados de banda ancha B-ISDN, para sistemas satelitales y operaciones multidestino. La jerarquía digital plesiócrona PDH tiene varios problemas, el más importante es el problema inherente en la multiplexación de tributarios que están corriendo a tasas distintas. SDH elimina este problema, utilizando punteros para ubicar al dato deseado. Para vías satelitales, se requiere de ciertas modificaciones antes de implementar SDH. Primero, las tasas STM-1 son necesarias para enlaces satelitales, lo cual implica el uso de protocolos de conversión. Segundo, el control multidestino puede tomar ventaja con el empleo del mecanismo simple de multiplexación SDH, pero el control de las vías de información necesita una adaptación. El retardo y el jitter siempre estarán presentes, pero las sobrecargas en los circuitos satelitales pueden ser reducidos con SDH.

SDH multidestino junto a TDMA promete ser competitivo en costo, proporcionando algunas ventajas en términos de utilización y transponedores.

4 Análisis final del proyecto

4.1 Alternativa de aplicación en México

México es un país que para hacer efectivo su desarrollo no puede escapar de la tendencia de exigir medios de transporte de información para todos los servicios mencionados. Las perspectivas de aplicación del modelo propuesto en redes basadas en ATM, requiere de la implementación y adaptación de dichas redes en el país. Aquello, va ligado al hecho que el hardware necesario para una red de este tipo, SAT ATM, es costoso al igual que las funciones de operación y mantenimiento que requieren las centrales de conmutación ATM.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Actualmente, México ha experimentado un crecimiento en el ámbito de empresa privada y, se podría decir lo mismo para el área pública. Para analizar el mercado de las telecomunicaciones en el país, se debe considerar dos segmentos distintos: el mercado de los servicios profesionales y el de los servicios residenciales y semiprofesionales. El primero abarca el mercado de los medios y de las grandes empresas. Y el segundo está básicamente constituido por los servicios telefónicos. A continuación, proponemos una configuración de red, manteniendo las características TCP/IP comentadas anteriormente, y considerando los servicios residenciales con que cuenta el país.

A nivel de hardware propuesto para la implementación del modelo, debemos tener en cuenta que la región metropolitana de la ciudad de México, cuenta actualmente con un tendido de fibra óptica que cubre gran parte de la ciudad, y la empresa dueña de dicho tendido es Teléfonos de México (TELMEX). Esta empresa tiene como tecnología en sus plantas de conmutación, equipos de marca ALCATEL y SIEMENS. Estos dos tipos de centrales, al ser modulares, pueden ser ampliadas para brindar atención a redes de servicios integrales de banda ancha (B-ISDN). Por criterios de compatibilidad, proponemos en nuestra propuesta de red para México, el uso de equipos ALCATEL y SIEMENS, describiendo sus requerimientos mínimos en hardware necesarios para su implementación.

4.2 Aplicación y configuración propuesta para México

El proyecto, al tener un análisis a nivel protocolo, debemos considerar que sistemas personales con las políticas de control de congestión TCP analizadas, se encuentran actualmente en proceso de estudio para implementación.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.2.1 Propuesta para centrales ALCATEL del país

Hablando de centrales de conmutación ALCATEL con soporte ATM, contamos con nuevo hardware de esta fábrica disponible para el modelo que proponemos.

Proponemos un modelo integrado de redes ATM para el país. La solución integrada mejora las inversiones existentes actualmente en nuestras centrales de conmutación, añadiendo funciones a los componentes existentes o actualizando el equipo existente. Con esta solución, la red de voz de circuitos conmutados evoluciona hacia una red multiservicio al mejorar la estructura de conmutación y al añadir componentes para permitir la interconexión con la red de datos. Los componentes integrados dentro de la central de conmutación incluyen la funcionalidad de pasarela de acceso, el servicio de acceso de red (NAS), la pasarela de señalización y el servidor de control de enrutamiento. Esta solución de conmutador integrado puede suministrarse como componente autónomo o como un producto concentrado que englobe todas estas funciones.

En la arquitectura integrada, proponemos la implementación Alcatel 1000 MM (Multiservicio – Multimedia) en nuestras actuales centrales de conmutación, la cual agrupa conmutación ATM, enrutamiento IP y capacidades de pasarela de diferentes productos avanzados, desarrollados por compañías recientemente adquiridas por Alcatel. Los objetivos a alcanzar son: un aumento enorme y continuado en la capacidad de nuestro sistema utilizando una estructura de conmutación de alta capacidad basada en celdas, capacidad de transporte IP, y la ampliación de una extensa librería de servicios para incluir nuevas clases de servicios, el soporte para nuevos servicios multimedia basados en ATM, IP y tecnología de voz sobre paquetes, un rápido desarrollo de nuevos servicios como resultado de la provisión de interfaces abiertas (UNIX). En la figura 2.18 ilustramos la propuesta para centrales con Sistema 12 de Alcatel que actualmente funcionan en el país. Los equipos mencionados en el diagrama son totalmente compatibles a los existentes en las centrales y estaciones ~~terrenas empezando~~ con la

compatibilidad en la pasarela de señalización (SS7), terminando en los protocolos multiservicio de los mismos.

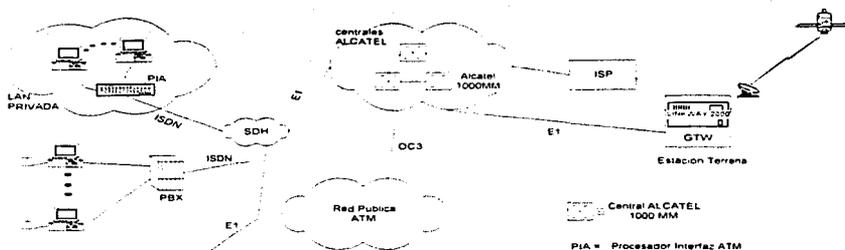


Figura 2.18 Propuesta integrada ATM para centrales ALCATEL de La Ciudad

4.2.2 Propuesta para centrales: Siemens del país

En las actuales centrales EWSD de conmutación funcionando en TELMEX, es posible ampliar los servicios gracias al sistema modular que poseen. Siemens posee en sus productos para comunicaciones de banda ancha, soluciones para una red integrada multiservicio que funcione a satisfacción y con 100% de compatibilidad con el hardware existente. La figura 2.19 ilustra la configuración que se propone para lograr una inter conectividad global a nuestras centrales EWSD.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Preferencia (IPOP). El módulo IPOP va conectado al Grupo Troncal de Línea LTG de la central EWSD, tal como se muestra en la figura 2.19.

Esta topología proporciona otro medio de quitar el tráfico Internet de la red de voz. El tráfico de datos dentro de la IPOP puede ser inmediatamente enrutado en la red de datos.

4.3 Estimación de costos

En este acápite, realizamos un breve análisis de inversión en relación con la elaboración del software de simulación. Consideramos 8 horas por día de trabajo durante 4 meses, totalizando 640 horas invertidas en la elaboración del paquete. Actualmente un promedio salarial para un programador en sistemas es de 20 dólares hora hombre. Dicho valor multiplicado por el tiempo invertido en la elaboración del paquete de simulación, resulta un costo de 12800 dólares americanos. Tomando en cuenta que el programa corre en Visual Basic V.5.0 de Microsoft, debemos considerar el costo de dicho paquete de programación, es decir aumentar 550 dólares a la cantidad anterior. No debemos dejar de lado el costo de la PC de trabajo, la cual alcanza la suma de 1000 dólares americanos.

Concluimos señalando que el costo de inversión en la elaboración del software de simulación tiene un valor de 14.550 dólares americanos.

ITEM	INVERSIÓN	
1 día de trabajo	8 horas	
4 meses de trabajo	640 horas	
20 dólares hora hombre	12800 dólares	12800 dólares
550 dólares por Software Visual Basic V.5.0	550 dólares	13350 dólares
1000 dólares para la PC	1000 dólares	14550 dólares
TOTAL		14551 dólares

Tabla 2.8 Resumen de inversión

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.4 Conclusiones y recomendaciones

4.4.1 Evaluación de los resultados generales

Para optimizar el desempeño de TCP cuando se despliega ATM sobre enlaces satelitales, se pueden utilizar mecanismos TCP y mecanismos ATM para mejorar el desempeño TCP en redes ATM de elevado retardo. Por todo lo experimentado en el programa de simulación, es posible señalar y afirmar que las categorías de servicios ATM pueden ser implementadas por una serie de mecanismos. Es decir, que para tráfico UBR o CBR, es posible implementar administración inteligente en los buffers. Para tráfico ABR o VBR implementar control por realimentación en la red, por medio de fuente virtual / destino virtual.

Se ha podido ver que TCP de inicio lento sobre la categoría de servicio UBR logra un bajo throughput y elevada des-equitatividad sobre redes satelitales. Esto se debe a que durante la pérdida de paquetes, TCP pierde tiempo esperando por su tosca interrupción para retransmisión. En presencia de una pérdida en ráfaga de paquetes, una rápida retransmisión y recuperación malogra el desempeño de TCP sobre UBR para redes con elevado retardo de ancho de banda. SACK TCP brinda el mejor desempeño en términos de throughput. Se ha visto que para trayectorias de largo retardo, el mejoramiento del throughput debido a SACK, es mayor que aquellas logradas por políticas de descarte y de administración de buffer. Para TCP sobre ABR VBR, se puede usar VSVD para aislar segmentos de elevado retardo de segmentos terrestres, lo cual ayuda en el dimensionamiento eficiente de buffers en enrutadores y conmutadores ATM. Como resultado, los conmutadores terrestres solo necesitan tener buffers proporcionales a los retardos de los productos de ancho de banda en el segmento terrestre de la trayectoria TCP. Conmutadores conectados a los lazos VSVD satelitales deben tener buffers proporcionales a los retardos de ancho de banda satelital.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La unidad de medida de congestión del algoritmo ERICA mejorado, está en función de la carga de entrada y del retardo de formación de colas de espera.

Es posible alcanzar un máximo throughput TCP cuando existen suficientes buffers en los conmutadores. Cuando la dimensión de los buffers es pequeña, disminuye enormemente el throughput TCP, aún teniendo una baja tasa de pérdida de celda (CLR).

La disminución de throughput se debe a la pérdida de tiempo en la espera de las interrupciones, y la transmisión de paquetes duplicados los cuales son descartados en destino.

Cuando el throughput disminuye, es debido a que las fuentes TCP fueron limitadas por TCP en la dimensión de su ventana de transmisión, en lugar de ser limitadas por ABR en la velocidad de transmisión.

Grandes dimensiones en los buffers, incrementa el throughput TCP. Un gran número de fuentes, aún limitadas por sus dimensiones de ventana, aumentan el throughput de TCP.

ABR es mejor para tráfico de datos que UBR. Los conmutadores UBR requieren de buffers proporcionales a la suma de las ventanas receptoras TCP. Es decir, que el servicio UBR no es escalable en términos del número de fuentes TCP.

SACK TCP tiene mayor eficiencia en relación a las otras dos políticas de transmisión, tal como muestra la tabla 2.9, pero el costo de utilización de SACK TCP es la implementación extremadamente compleja del protocolo, ya que se requieren cambios en el lado transmisor y receptor.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

EFICIENCIA		
THR IL 37%	THR VRR 48%	THR SACK 60%

Tabla 2.9 Resumen de eficiencia de las políticas TCP

Por todo lo expuesto anteriormente, concluimos que la asignación de las políticas TCP a las diferentes categorías de servicio ATM va de acuerdo con la tabla 2.10.

TCP sobre ATM		
IL UBR-CBR	VRR UBR-CBR-VBR	SACK VBR

Tabla 2.10 Asignación de políticas TCP a tráfico ATM

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4.4.2 Recomendación de implementación para México

Por ser el modo de transporte asíncrono una tecnología reciente, destinado para transporte multimedia, México se encuentra al igual que muchos otros países vecinos, en la etapa de estudio de implementación y pilotaje de redes ATM LAN, y hasta incluso WAN.

Hubiese deseado proponer un enlace para una red ATM mexicana, pero no es posible por la ausencia de la misma. El proyecto, de todas maneras propone soluciones en la implementación del protocolo de control de transmisión TCP/IP sobre la tecnología de transporte ATM. A nivel hardware, nos encontramos obligados a estudiar compatibilidad con tecnología escasa en tarjetas ATM que nos brindan las fábricas más reconocidas en el ámbito de la telecomunicaciones.

Al tener módulos ATM expandibles de la misma marca de nuestras centrales de conmutación, encontramos una compatibilidad total entre ellos y logramos mostrar una solución de infraestructura global (LAN/WAN) para cualquier red ATM que llegue a implantarse a futuro en el país.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

UIT-T

I.371.1

(06/97)

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

SERIE I: RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

Aspectos y funciones globales de la red – Funciones y requisitos generales de la red

Control de tráfico y control de congestión en la red digital de servicios integrados de banda ancha: Definiciones de conformidad para la transferencia de bloques de modo de transferencia asíncrono y la velocidad binaria disponible

Recomendación UIT-T I.371.1

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

109

RECOMENDACIONES DE LA SERIE I DEL UIT-T
RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ESTRUCTURA GENERAL	1.100-1.199
Terminología	1.110-1.119
Descripción de las RDSI	1.120-1.129
Métodos generales de modelado	1.130-1.139
Atributos de las redes de telecomunicaciones y los servicios de telecomunicación	1.140-1.149
Descripción general del modo de transferencia asíncrono	1.150-1.199
CAPACIDADES DE SERVICIO	1.200-1.299
Alcance	1.200-1.209
Aspectos generales de los servicios en una RDSI	1.210-1.219
Aspectos comunes de los servicios en una RDSI	1.220-1.229
Servicios portadores soportados por una RDSI	1.230-1.239
Teleservicios soportados por una RDSI	1.240-1.249
Servicios suplementarios en una RDSI	1.250-1.299
ASPECTOS Y FUNCIONES GLOBALES DE LA RED	1.300-1.399
Principios funcionales de la red	1.310-1.319
Modelos de referencia	1.320-1.329
Numeración, direccionamiento y encaminamiento	1.330-1.339
Tipos de conexión	1.340-1.349
Objetivos de calidad de funcionamiento	1.350-1.359
Características de las capas de protocolo	1.360-1.369
Funciones y requisitos generales de la red	1.370-1.399
INTERFACES USUARIO-RED DE LA RDSI	1.400-1.499
Aplicación de las Recomendaciones de la serie I a interfaces usuario-red de la RDSI	1.420-1.429
Recomendaciones relativas a la capa 1	1.430-1.439
Recomendaciones relativas a la capa 2	1.440-1.449
Recomendaciones relativas a la capa 3	1.450-1.459
Multiplexación, adaptación de velocidad y soporte de interfaces existentes	1.460-1.469
Aspectos de la RDSI que afectan a los requisitos de los terminales	1.470-1.499
INTERFACES ENTRE REDES	1.500-1.599
PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO	1.600-1.699
ASPECTOS DE LOS EQUIPOS DE RDSI-BA	1.700-1.799
Equipos del modo de transferencia asíncrono	1.730-1.749
Gestión de equipos del modo de transferencia asíncrono	1.750-1.799

Para más información véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.

RECOMENDACIÓN UIT-T I.371.1

CONTROL DE TRÁFICO Y CONTROL DE CONGESTIÓN EN LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA: DEFINICIONES DE CONFORMIDAD PARA LA TRANSFERENCIA DE BLOQUES DE MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO Y LA VELOCIDAD BINARIA DISPONIBLE

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Resumen

La Recomendación I.371 indica que se requieren definiciones de conformidad para la ABT y la ABR.

Esta Recomendación especifica las definiciones de conformidad de la ABT/DT y ABT/IT, y la definición de conformidad de la ABR para el modo de velocidad explícita. Los apéndices proporcionan información sobre los comportamientos de referencia de la fuente, del destino y del elemento de red para la velocidad de células explícita ABR y los modos binarios.

Orígenes

La Recomendación UIT-T I.371.1 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 13 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 20 de junio de 1997.

PREFACIO

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las telecomunicaciones. El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT) es un órgano permanente de la UIT. Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT.

En ciertos sectores de la tecnología de la información que corresponden a la esfera de competencia del UIT-T, se preparan las normas necesarias en colaboración con la ISO y la CEI.

NOTA

En esta Recomendación, la expresión "Administración" se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.

PROPIEDAD INTELECTUAL

La UIT señala a la atención la posibilidad de que la utilización o aplicación de la presente Recomendación suponga el empleo de un derecho de propiedad intelectual reivindicado. La UIT no adopta ninguna posición en cuanto a la demostración, validez o aplicabilidad de los derechos de propiedad intelectual reivindicados, ya sea por los miembros de la UIT o por terceros ajenos al proceso de elaboración de Recomendaciones.

En la fecha de aprobación de la presente Recomendación, la UIT ha recibido/no ha recibido notificación de propiedad intelectual, protegida por patente, que puede ser necesaria para aplicar esta Recomendación. Sin embargo, debe señalarse a los usuarios que puede que esta información no se encuentre totalmente actualizada al respecto, por lo que se les insta encarecidamente a consultar la base de datos sobre patentes de la TSB.

© UIT 1997

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INDICE

		Página
1	Alcance	1
2	Referencias	1
3	Abreviaturas	1
4	Descripción de alto nivel de las capacidades de transferencia ATM (para completar 5.5.2/1.371)	3
5	Conformidad para ABT/DT.....	6
5.1	Principios generales de la definición de conformidad para ABT/DT.....	6
5.2	Conformidad de las células RM	6
	5.2.1 Conformidad de las células RM generadas por el usuario	6
	5.2.2 Conformidad de las células RM generadas por la red.....	7
5.3	GCRA dinámico para ABT/DT (para completar 5.5.5.1.4/1.371).....	7
5.4	Conformidad de bloques ATM para ABT/DT	9
6	Conformidad para ABT/IT	12
6.1	Conformidad de células para ABT/IT	12
6.2	Conformidad de bloques ATM para ABT/IT	13
7	Conformidad para ABR (para completar 5.5.6.4/1.371).....	13
7.1	Definición de los retardos de ABR utilizados en la definición de conformidad	14
7.2	Requisitos de la definición de conformidad de ABR	15
7.3	Algoritmo de conformidad de ABR	16
	7.3.1 Algoritmo genérico de velocidad de células dinámico (DGCRA) para ABR	16
	7.3.2 Algoritmo para la determinación de T(k) en el modo de velocidad explícita	16
	17	
	Anexo A – Evitación de múltiples negociaciones de BCR pendientes	19
	Apéndice I – Ejemplos de métodos que aseguran la unicidad de la numeración de células RM en la ABT	21
1.1	Segmentación del campo SN entre diferentes redes.....	21
1.2	Tratamiento propietario del campo SN	21
1.3	Segmentación del campo SN para indicar la posición relativa de una célula RM	22
	Apéndice II – Obtención de los parámetros de definición de conformidad para la ABT.....	22
	Apéndice III – Comportamientos de referencia de la fuente, del destino y de un elemento de red para la ABR	24
III.1	Comportamiento de referencia de la fuente.....	24
III.2	Comportamiento de referencia del destino.....	26

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Recomendación I.371.1

CONTROL DE TRÁFICO Y CONTROL DE CONGESTIÓN EN LA RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA: DEFINICIONES DE CONFORMIDAD PARA LA TRANSFERENCIA DE BLOQUES DE MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO Y LA VELOCIDAD BINARIA DISPONIBLE

(Ginebra, 1997)

1 Alcance

Esta Recomendación completa la especificación de las capacidades de transferencia ATM presentada en la Recomendación I.371. Contiene definiciones de conformidad para las siguientes capacidades de transferencia ATM: ABT/DT, ABT/IT, ABR para el modo velocidad explícita.

- El cuerpo principal especifica las definiciones de conformidad de la ABT/DT, ABT/IT, ABR para el modo velocidad explícita.
- En anexo A se describen cuántas renegociaciones múltiples en ABT deben tratarse.

2 Referencias

Las siguientes Recomendaciones del UIT-T y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Recomendación UIT-T I.371 (1996), *Control de tráfico y control de congestión en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- [2] Recomendación UIT-T I.356 (1996), *Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.
- [3] Recomendación UIT-T I.610 (1995), *Principios y funciones de operaciones y mantenimiento de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)*.

3 Abreviaturas

Esta Recomendación utiliza las siguientes siglas.

ABR	Velocidad binaria disponible (<i>available bit rate</i>)
ABT	Transferencia de bloques ATM (<i>ATM block transfer</i>)
ACR	Velocidad de células autorizada (<i>allowed cell rate</i>)
ATC	Capacidad de transferencia ATM (<i>ATM transfer capability</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATM-PDU	Unidad de datos de protocolo ATM (<i>ATM protocol data unit</i>)
BCR	Velocidad de células de bloque (<i>block cell rate</i>)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

BECN	Notificación explícita de congestión hacia atrás (o en sentido de retorno) (<i>backward explicit congestion notification</i>)
CBR	Velocidad de células constante (<i>constant bit rate</i>)
CCR	Velocidad de células en curso (<i>current cell rate</i>)
CDV	Variación del retardo de células (<i>cell delay variation</i>)
CEQ	Equipo de cliente (<i>customer equipment</i>)
CI	Indicación de congestión (<i>congestion indication</i>)
CLP	Prioridad de pérdida de células (bit de) [<i>cell loss priority (bit)</i>]
CLR	Tasa de pérdida de células (<i>cell loss ratio</i>)
CTD	Retardo de transferencia de células (<i>cell transfer delay</i>)
DBR	Velocidad binaria determinística (<i>deterministic bit rate</i>)
DGCRA	GCRA dinámico (<i>dynamic GCR-A</i>)
DIR	Dirección (<i>direction</i>)
DT	Transmisión retardada (<i>delayed transmission</i>)
ECR	Velocidad de células explícita (<i>explicit cell rate</i>)
EFCI	Indicación explícita de congestión hacia adelante (o en sentido de ida) (<i>explicit forward congestion indication</i>)
FIFO	Primero en entrar, primero en salir (<i>first-in first-out</i>)
FRM	Gestión rápida de recursos (<i>fast resource management</i>)
GCRA	Algoritmo genérico de velocidad de células (<i>generic cell rate algorithm</i>)
GFC	Control de flujo genérico (<i>generic flow control</i>)
IACR	Velocidad de células inicial permitida (<i>initial allowed cell rate</i>)
IBT	Tolerancia intrínseca a las ráfagas (<i>intrinsic burst tolerance</i>)
INI	Interfaz entre redes (<i>inter-network interface</i>)
IT	Transmisión inmediata (<i>immediate transmission</i>)
ITT	Instante de transmisión ideal (<i>ideal transmission time</i>)
I.VMT	Último instante de modificación virtual (<i>last virtual modification time</i>)
I.VST	Último instante de planeamiento virtual (<i>last virtual schedule time</i>)
MBS	Máximo tamaño de ráfaga (<i>maximum burst size</i>)
MCR	Mínima velocidad de células (<i>minimum cell rate</i>)
NE	Elemento de red (<i>network element</i>)
NI	Ningún aumento (<i>no increase</i>)
NPC	Control de parámetros de red (<i>network parameter control</i>)
OAM	Operación y mantenimiento (<i>operation and maintenance</i>)
PACR	Velocidad de células potencial permitida (<i>potential allowed cell rate</i>)
PDU	Unidad de datos de protocolo (<i>protocol data unit</i>)

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PCR	Velocidad de células de cresta (<i>peak cell rate</i>)
PEI	Intervalo de emisión de cresta (<i>peak emission interval</i>)
PHY	Capa física (<i>physical layer</i>)
PTI	Indicador de tipo de carga útil (<i>payload type indicator</i>)
QOS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RDF	Factor de disminución de velocidad (<i>rate decrease factor</i>)
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RIF	Factor de aumento de velocidad (<i>rate increase factor</i>)
RM	Gestión de recursos (<i>resource management</i>)
SAP	Punto de acceso al servicio (<i>service access point</i>)
SBR	Velocidad binaria estadística (<i>statistical bit rate</i>)
SCR	Velocidad de células sostenible (<i>sustainable cell rate</i>)
SDU	Unidad de datos de servicio (<i>service data unit</i>)
SN	Número secuencial (<i>sequence number</i>)
TAT	Instante de llegada teórico (<i>theoretical arrival time</i>)
TBE	Exposición de la memoria tampón de transición (<i>transient buffer exposure</i>)
UNI	Interfaz usuario-red (<i>user-network interface</i>)
UPC	Control de parámetros de utilización (<i>usage parameter control</i>)
VBR	Velocidad binaria variable (<i>variable bit rate</i>)
VCC	Conexión de canal virtual (<i>virtual channel connection</i>)
VCI	Identificador de canal virtual (<i>virtual channel identifier</i>)
VD	Destino virtual (<i>virtual destination</i>)
VPC	Conexión de trayecto virtual (<i>virtual path connection</i>)
VPI	Identificador de trayecto virtual (<i>virtual path identifier</i>)
VS	Fuente virtual (<i>virtual source</i>)
VSA	Algoritmo de planeamiento virtual (<i>virtual scheduling algorithm</i>)

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

4 Descripción de alto nivel de las capacidades de transferencia ATM (para completar 5.5.2/1.371)

Una capacidad de transferencia ATM (ATC) especifica un conjunto de parámetros y procedimientos de capa ATM destinado a sustentar un modelo de servicio de capa ATM y una gama de clases QOS asociadas. Cada ATC se especifica además en términos de un modelo de servicio, un descriptor de tráfico, procedimientos específicos si procede, una definición de conformidad y los correspondientes compromisos QOS. Las ATC controladas de bucle abierto (DBR y SBR) y las ATC controladas de bucle cerrado (ABT y ABR) se especifican como sigue.

Capacidad de transferencia determinística – DBR

La capacidad de transferencia DBR está destinada a su utilización para satisfacer los requisitos de tráfico CBR y por tanto atender compromisos QOS en términos de la tasa de pérdida de células.

retardo de transferencia de células y la variación del retardo de células adecuados para dicho tráfico. Sin embargo, la DBR no está limitada a aplicaciones CBR y puede utilizarse en combinación con requisitos de QOS menos rigurosos, incluidos los requisitos no especificados indicados en la Recomendación I.356.

La DBR se basa únicamente en la velocidad de células de cresta PCR(0+1) para el flujo de células CLP=0 y CLP=1 conjunto, donde las células OAM generadas se tratan conjuntamente o por separado. La definición de conformidad para la DBR es especificada por una o dos aplicaciones del GCRA, dependiendo de cómo se traten las células OAM de usuario. No se aplica a la DBR ni descarte selectivo de células ni rotulado de células.

En 5.5.3/1.371 puede verse una especificación completa de la ATC DBR.

Capacidad de transferencia de velocidad binaria estadística – SBR

La capacidad de transferencia SBR utiliza la velocidad de células sostenible y la tolerancia intrínseca a las ráfagas, además de la velocidad de células de cresta, y es adecuada para aplicaciones en las que existe un conocimiento anterior de las características de tráfico que va más allá de la tasa de células de cresta, de la cual la red puede obtener una ganancia estadística. Los compromisos de QOS son en términos de tasa de pérdida de células. Puede haber o no compromisos de QOS sobre el retardo.

Hay tres variantes de la SBR, según en qué conjunto de parámetros se utilice además de la PCR(0+1). En los tres casos, la conformidad con la PCR(0+1) es especificada por un GCRA($T_{s,1}$, $\tau_{s,1}$). La SBR de tipo 1 trata las células independientemente del valor del bit CLP. La SBR de los tipos 2 ó 3 puede utilizarse para aplicaciones que pueden distinguir información más sensible (células CLP=0) de información menos sensible (células CLP=1).

La SBR de tipo 1 utiliza SCR(0+1) y $\tau_{s,1}(0+1)$. La conformidad con SCR(0+1) y $\tau_{s,1}(0+1)$ es especificada por un GCRA($T_{s,1}$, $\tau_{s,1}$). Los compromisos de QOS son sobre las células CLP(0+1), para la tasa de pérdida de células y opcionalmente el retardo. No se aplican a la SBR de tipo 1 ni descarte selectivo de células ni rotulado de células.

Las SBR de tipos 2 y 3 utilizan SCR(0) y $\tau_{s,1}(0)$. La conformidad con SCR(0) y $\tau_{s,1}(0)$ es especificada por un GCRA($T_{s,1}$, $\tau_{s,1}$). Los compromisos de QOS en términos de tasa de pérdida de células son sobre las células CLP(0). No se especifica la tasa de pérdida de células para células CLP=0+1. Puede existir un compromiso de QOS con respecto al retardo; si existe, se aplica al flujo de células CLP=0+1. El descarte selectivo de células CLP=1 se aplica a la SBR de ambos tipos 2 y 3. El rotulado de células sólo se aplica a la SBR de tipo 3.

En 5.5.4/1.371 puede verse una especificación completa de las ATC SBR.

Transferencia de bloques ATM – ABT

La capacidad de transferencia ABT está destinada a las aplicaciones que pueden adaptar bloque a bloque su velocidad de células de cresta instantánea. Un bloque ATM es un grupo de células delimitado por células RM. ABT utiliza parámetros estáticos declarados al establecerse la conexión y parámetros dinámicos renegociables en bloque ATM mediante procedimientos de gestión de recursos utilizando células RM.

Parámetros estáticos son PCR(0+1), SCR(0+1) y las tolerancias asociadas. Parámetros dinámicos son la velocidad de células de cresta para un bloque ATM; la velocidad de células de bloque BCR(0+1), y la tolerancia asociada. PCR(0+1) especifica la máxima BCR(0+1) que puede negociarse mediante procedimientos RM para la conexión. Las células OAM generadas por el usuario pueden tratarse conjuntamente o por separado. SCR(0+1) especifica un comportamiento medio a más largo plazo de la conexión; es opcional y puede fijarse a 0.

Hay dos variantes de ABT. En ABT/DT (transmisión retardada), la fuente puede comenzar a transmitir un bloque ATM sólo después de haber recibido un acuse de recibo positivo de la red por medio de una célula RM. En ABT/IT (transmisión inmediata), la fuente comienza a transmitir células de datos de usuario inmediatamente después de la célula RM de petición; el bloque ATM se transfiere en su totalidad si se dispone en la red de los recursos solicitados para ese bloque ATM, y se descarta en caso contrario. En ambos casos, la petición de BCR puede ser elástica, en cuyo caso la red puede decidir seleccionar una BCR menor que la solicitada por la fuente.

En ABT/DT, los compromisos de QOS a nivel de célula son en términos de tasa de pérdida de células, retardo de transferencia de células y variación del retardo de células dentro de un bloque ATM. La definición de conformidad a nivel de célula es especificada dentro de un bloque por una o dos aplicaciones del algoritmo genérico de velocidad de células dinámico DGCRA, cuyas variables son actualizadas según la información transmitida por las células RM. Si se especifica una SCR, los compromisos de QOS a nivel de bloque ATM son en términos de retardo máximo para que prospere una petición de BCR.

En ABT/IT, los compromisos de QOS a nivel de célula son en términos de tasa de pérdida de células dentro de un bloque ATM, suponiendo que la petición de BCR es aceptada en toda la conexión. Los compromisos de QOS sobre retardos dentro de un bloque ATM sólo son pertinentes cuando no se utiliza el modo elástico. Como en ABT/DT, la definición de conformidad a nivel de célula es especificada dentro de un bloque por una o dos aplicaciones del DGCRA. Si se especifica una SCR, los compromisos de QOS a nivel de bloque ATM son en términos de tasa de pérdida de bloques. A este respecto, ABT/IT implementa descarte de tramas.

El descarte selectivo de células sobre la base del bit CLP y el rotulado no se aplican a la ABT.

La subcláusula 5.5.5.1.371 describe los modelos de servicio ABT/DT y ABT/IT, especifica el formato de célula RM ABT y los tipos de mensajes intercambiados en interfaces normalizadas. Esta Recomendación especifica la definición de conformidad ABT en las cláusulas 5 y 6.

Velocidad binaria disponible – ABR

La capacidad de transferencia ABR está destinada a sustentar aplicaciones elásticas en tiempo no real que puedan adaptarse a la anchura de banda instantánea disponible dentro de la red. En dicho caso, la red puede compartir los recursos disponibles entre conexiones que soporten dichas aplicaciones. ABR utiliza parámetros estáticos declarados al establecerse la conexión y parámetros dinámicos renegociables mediante procedimientos de gestión de recursos basados en células RM.

Parámetros estáticos son la velocidad de células de cresta PCR y la mínima velocidad de células MCR. Las células de datos de usuario tienen el bit CLP puesto a 0. Parámetros dinámicos transportados por células RM son la velocidad de células explícita (ECR), la indicación de congestión (CI), la indicación ningún aumento (NI) y la longitud de cola. La velocidad de células autorizada (ACR) a la fuente se deriva de estos parámetros y gamas entre la MCR y la PCR.

En la ABR, el usuario interroga regularmente a la red sobre la anchura de banda disponible en ese momento enviando células RM que transmitan a la red una velocidad solicitada. Hay dos modos de funcionamiento: modo velocidad de células explícita y modo binario. En el modo velocidad de células explícita, la red devuelve regularmente al origen la ECR, de la cual la fuente deriva su ACR. En el modo binario, la red puede también devolver indicadores binarios: el origen debe utilizar los indicadores binarios para calcular su ACR.

En ABR, los compromisos de QOS son en términos de tasa de pérdida de células para células CLP=0. La subcláusula 5.5.6.1.371 describe el modelo de servicio ABR, especifica el formato de células RM ABR y los tipos de mensajes intercambiados en las interfaces normalizadas.

La cláusula 6 especifica la definición de conformidad para ABR en el modo velocidad explícita solamente. En el apéndice III se indican los comportamientos de referencia de la fuente y del destino a las indicaciones de la red para el modo velocidad de células explícita y el modo binario. En el modo binario no pueden hacerse compromisos de QOS, pero pueden proporcionarse indicaciones de QOS en términos de tasa de pérdida de células a conexiones que respeten los comportamientos de referencia de la fuente y del destino.

5 Conformidad para ABT/DT

La conformidad para ABT/DT en una interfaz normalizada se define a nivel de célula y a nivel de bloque. La definición de conformidad a nivel de célula incluye la conformidad de las células RM y de las células dentro de un bloque con respecto a las velocidades de células de bloque en curso. La definición de conformidad a nivel de bloque se prueba por comparación con la velocidad de células sostenible.

Ambas definiciones de conformidad dependen de las células RM que atraviesen la interfaz. En 5.1 se describen los principios generales para la definición de conformidad de ABT/DT.

5.1 Principios generales de la definición de conformidad para ABT/DT

Los mensajes de control que definen el bloque ATM para ABT/DT en una interfaz se describen en el anexo C/L.371.

Las células que delimitan los bloques ATM en sentido hacia adelante son:

- 1) células RM de disminución de BCR enviadas por la fuente ($TM=0$);
- 2) o células RM de acuse de recibo enviadas por la fuente en respuesta a:
 - un acuse de recibo positivo enviado por la red tras una petición de aumento de BCR formulada por la fuente;
 - una modificación de BCR o iniciada por el destino o por la red.

Es conveniente no tener múltiples negociaciones de BCR pendientes, lo cual puede hacerse introduciendo niveles de prioridad entre las negociaciones de BCR (véase el anexo A).

Una red no debe iniciar una negociación de BCR mientras está pendiente otra de nivel de prioridad igual o superior.

La conformidad de una conexión ABT se prueba por comparación con:

- 1) el valor de BCR del flujo de células CLP(0+1) de datos de usuario y opcionalmente el flujo de células OAM por el usuario (conformidad de células);
- 2) la velocidad de células sostenible para el flujo de células conjunto $CLP=(0+1)$ (incluido el de células OAM por el usuario) de una conexión ABT/DT (conformidad de bloques ATM).

5.2 Conformidad de las células RM

5.2.1 Conformidad de las células RM generadas por el usuario

La conformidad de las células RM de petición enviadas por el usuario viene definida en una interfaz dada por un $GCR_A(T_{ov}, \tau_{ov})$, donde $1/T_{ov}$ es la velocidad de células de cresta del flujo de células RM de petición de ABT/DT y τ_{ov} es la tolerancia de CDV asociada.

La conformidad de una célula RM de acuse de recibo enviada por el usuario tras la petición de un usuario o de una red se verifica mediante las tres pruebas siguientes:

- 1) Es la respuesta de la fuente a una célula RM de acuse de recibo o a una célula RM de petición enviada por la red (véase el anexo C/1.371).
- 2) Llega dentro de un intervalo de temporización después de que la célula RM enviada por la red a la fuente a la que responde ha atravesado la interfaz. El valor de temporización depende del tiempo de propagación de ida y vuelta de la interfaz a la red. Este valor es determinado por el operador de la red o, si se aplica a una INI, negociado entre operadores de red. Puede especificarse en régimen de abono o conexión a conexión.
- 3) Transporta información (valores de BCR, número secuencial, bit CI, etc.) consecuente con el mensaje enviado por la red. En particular, los valores de BCR válidos son menores o iguales que los valores de BCR transmitidos por la célula RM enviada por la red a la fuente.

El procesamiento de células RM no conformes es específico del operador de red. Si una célula RM de acuse de recibo enviada por el usuario llega después de que ha expirado la temporización o si el contenido de dicha célula es inválido, la red no cumple los compromisos de QOS. Las acciones ejercidas por la red en tales condiciones (por ejemplo, procedimientos de recuperación definidos) no se especifican en esta Recomendación.

5.2.2 Conformidad de las células RM generadas por la red

Las células RM generadas por la red son conformes hasta un cierto límite fijado por mutuo acuerdo entre los operadores de red.

5.3 GCRA dinámico para ABT/DT (para completar 5.5.5.1.4/1.371)

En ABT/DT, la conformidad de las células es comprobada por un GCRA dinámico para células de datos de usuario y células OAM de usuario.

Tan pronto como una BCR mayor que 0 es negociada para el flujo de células OAM de usuario, se compara separadamente la conformidad de células para las células OAM de usuario. Así, en una conexión ABT/DT, la conformidad de células se comprueba por comparación:

- i) con la BCR dinámicamente negociada para el flujo de células $CLP=0+1$;
- ii) con la BCR del flujo de células OAM tan pronto como la BCR asignada a este flujo de células OAM de usuario es mayor que cero.

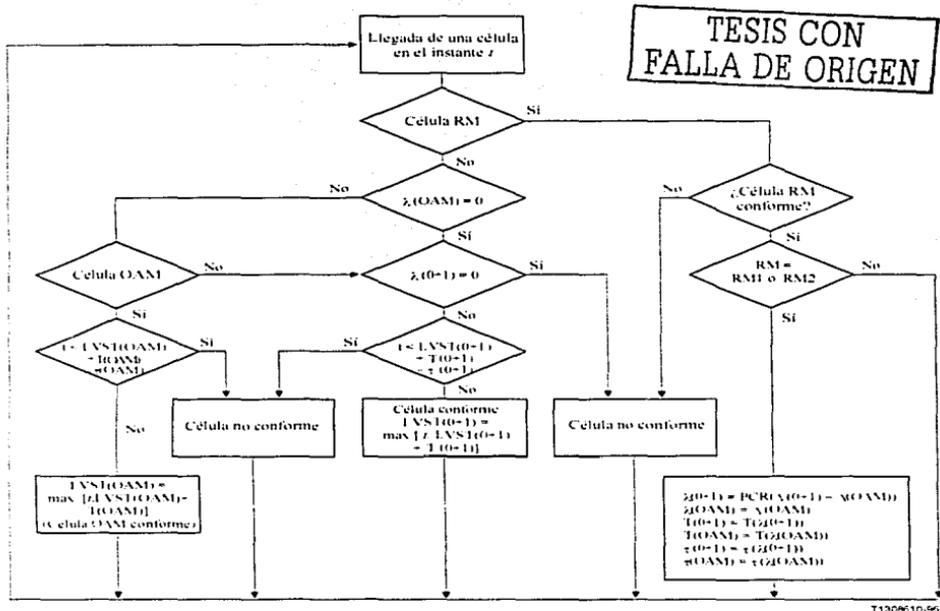
Dado que la BCR de los flujos de células de una conexión ABT/DT puede variar en el tiempo, los algoritmos de prueba de conformidad deben tener en cuenta las modificaciones de BCR efectuadas por medio de algunas células RM. Así, algunas células RM específicas deben ser interpretadas por estos algoritmos, a saber:

- células RM de disminución de anchura de banda RM_1 en sentido hacia adelante con $TM=0$;
- células RM de acuse de recibo RM_2 enviadas en sentido hacia adelante (con $TM=0$ ó 1).

El algoritmo de conformidad de células hace uso del último instante de planeamiento virtual (LVST), que es el instante previsto de la última célula de datos conforme, en lugar del instante de llegada teórico (TAT).

El algoritmo de conformidad de células se representa en la figura 1.

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN



T130610-56

NOTA 1 - $LVS1(0+1)$ y $LVS1(OAM)$ son inicializadas a $-\infty$, que es un valor por defecto para identificar la primera célula de una conexión AIM. $\lambda(0+1)$ y $\lambda(OAM)$ son inicializadas a cero.

NOTA 2 - Por definición $\lambda(0+1) \geq \lambda(OAM)$, o en otro caso la renegociación de la velocidad de células de cresta sería inválida.

Figura 1/I.371.1 - Conformidad de células para una conexión ABT/DT

En la figura 1 se utiliza la notación siguiente:

$\lambda(x)$ BCR en curso del flujo de células x :

$T(x)$ intervalo de emisión de cresta en curso de la componente x que corresponde a la BCR $\lambda(x)$:

$\tau(\lambda(x))$ tolerancia de CDV utilizada para probar la conformidad del flujo de células x para la BCR $\lambda(x)$ asignada. la función $\tau(\lambda)$ se especifica al establecerse la conexión para los flujos de células de datos de usuario. puede especificarse un valor único; para tráfico OAM $\tau(\lambda)$ debe ser consecuente con la regla por defecto normalizada especificada para tráfico OAM (véase el apéndice II I.371); si $\lambda=0$, τ adopta un valor por defecto:

$\lambda(x)$ BCR de flujo de células x transportada en una célula RM ABT/DT específica:

$T(\lambda)$ intervalo de emisión de cresta correspondiente a la BCR λ , en la lista de granularidad de velocidades de células de cresta de capa ATM normalizada dada en 5.4.1.2/1.371; si $\lambda=0$, T adopta un valor por defecto igual al máximo valor soportado por la red;

PCR(A) designa el valor mayor más próximo en la lista de granularidad de velocidades de célula de cresta de capa ATM correspondiente a la velocidad A;

x designa la $CLP=0+1$ o el flujo de células OAM.

5.4 Conformidad de bloques ATM para ABT/DT

La conformidad de bloques ATM se prueba comparándola con la velocidad de células sostenible, si es mayor que 0, que es especificada para el flujo de células $CLP=0+1$. La prueba de conformidad de bloques ATM se basa en un algoritmo que calcula cierto número de créditos. Los bloques ATM son no conformes cuando el número de créditos es nulo. Además, el algoritmo de conformidad de bloques ATM hace uso de un instante virtual u definido en el instante de llegada de una célula como el máximo entre este instante de llegada y el LVST de la última célula de datos $CLP=0+1$ conforme, que es calculado por el algoritmo de conformidad a nivel de célula (véase 5.3). Más precisamente, $u = \max\{LVST, t\}$, siendo t el instante en curso.

La velocidad de células sostenible Λ_N y la tolerancia τ , utilizada en este algoritmo de conformidad son las que son válidas en la interfaz considerada y son deducidas de la velocidad de células sostenible Λ_N^0 y el máximo tamaño de ráfaga MBS^0 , negociado al establecerse la conexión, como (véase el apéndice II):

$$\Lambda_N = \min\left(\Lambda_N^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \left(\frac{1}{T_{RM}} + \frac{1}{T_{RM}}\right), \frac{1}{T}\right)$$

$$\tau_{SCR} = \left(MBS^0 - 1 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \left[2 + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta}\right]\right)(T_{SCR} - T)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde

- 1) $1/T$ es la velocidad de células de cresta de la conexión y T , es el intervalo de emisión correspondiente a Λ_N ;
- 2) se supone que los flujos de células RM de petición por el usuario hacia adelante y hacia atrás emitidos por ambos usuarios de la comunicación ABT/DT son considerados en la interfaz conformes a $GCR(A(T', \tau', \lambda))$ y $GCR(A(T', \tau', \lambda))$, respectivamente;
- 3) τ' , es la diferencia entre el máximo y el mínimo (o cuantiles equivalentemente distante) de los retardos de transferencia virtual para células RM que delimitan bloques ATM. El retardo de transferencia virtual para una célula RM que delimita un bloque ATM se define como la diferencia entre el instante en el que es transmitida la célula RM en el PHY-SAP del terminal equivalente y el instante virtual u en que se recibió en la interfaz;
- 4) Δ es el tiempo de transmisión de célula (en segundos) a la velocidad del enlace de interfaz.

La conformidad de bloques ATM se comprueba teniendo en cuenta el volumen de los recursos reservados. El algoritmo de prueba de conformidad de bloques ATM se representan en la figura 2.1.371. Los principios de la conformidad de bloques ATM son los siguientes (véase la figura 3.1.371):

las células RM específicas son células RM de los tipos RM_1 y RM_2 antes definidos:

- la conformidad de bloques ATM se comprueba intervalo a intervalo, comparando el instante actual t con una fecha de no conformidad t_{nc} ;
- la fecha de no conformidad sólo es pertinente cuando la BCR λ es mayor que la velocidad de células sostenible $\Lambda_{sc} = 1/T_{sc}$;
- el instante de no conformidad t_{nc} se calcula utilizando una variable X , la velocidad de célula sostenible Λ_{sc} y la BCR λ asignada al flujo de células;
- X se actualiza en cada instante de llegada de célula RM específico y representa el número de créditos para la reservación de una nueva BCR (X se calcula utilizando la BCR asignada a la anterior reservación de BCR);
- al recibo de una célula RM de acuse de recibo de anchura de banda hacia adelante con los bits de gestión de tráfico y de mantenimiento puestas a 1 y 0, respectivamente, el número X de créditos se repone a 0. Se pretende así realinear los algoritmos de conformidad de bloques ATM cuando se aplica un procedimiento de control;
- el instante de no conformidad t_{nc} y la variable X se calculan a partir del máximo del instante en curso y del último instante de planeamiento virtual (LVST) del flujo de células (LVST es calculado por la prueba de conformidad de células para el flujo de células CLP=0+1).

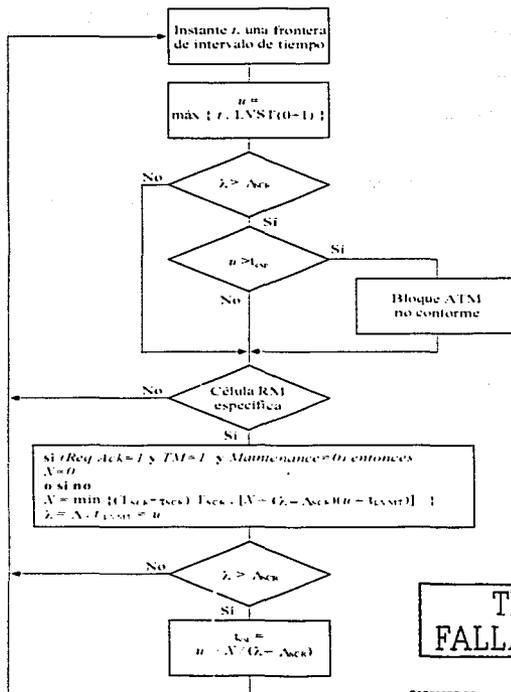
Se cumplen las siguientes relaciones:

$$\left\{ \begin{array}{l} X = \min \left\{ \frac{T_{SCR} + \tau_{SCR}}{T_{SCR}}, \left[X - (\lambda - \Lambda_{SCR})(u - t_{LVST}) \right]^+ \right\} \\ \lambda = \Lambda_{LVST} = u + \frac{X}{\lambda - \Lambda_{SCR}} \text{ si } \lambda > \Lambda_{SCR} \end{array} \right.$$

donde u es el instante virtual, t_{nc} el instante virtual correspondiente a la modificación de BCR anterior, es decir, el último instante de modificación virtual (LVMT), y $x = \max\{0, x\}$.

- El instante de no conformidad sólo es pertinente si $\lambda > \Lambda_{sc}$; en otro caso, la necesidad de la fuente es menor que la esperada y el bloque ATM es conforme.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



T130620-96

NOTA 1 - u_{max} y u son inicializados a $+\infty$, que es un valor por defecto para identificar la primera célula de una conexión ATM. X es inicializada a $\frac{T_{scb} + T_{scs}}{T_{scb}}$, z es inicializada a 0.

NOTA 2 - Las BCR y el LVST son los del flujo de células considerado, LVST viene dado por el algoritmo de conformidad de células (figura 1).

Figura 2/L371.1 - Conformidad de bloques ATM para un flujo de células de una conexión ABT/DT

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

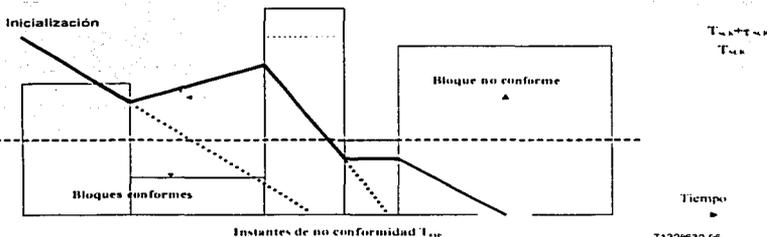
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

Velocidades
de células ▲

▲ Créditos

PCR

SCR



T130630-96

NOTA - Esta figura se da con fines de ilustración. La línea de trazo grueso continuo representa el número instantáneo de créditos. La pendiente de esta curva es igual a la diferencia entre la SCR y la BCR. El cálculo de $T_{n,c}$ para un determinado bloque ATM se basa en el número de créditos disponible en la frontera de bloque ATM.

Figura 3/L.371.1 - Ejemplos de evolución de las variables de conformidad de bloques

La pérdida de células RM puede producir indebidamente no conformidad de bloques y, en el caso de células RM₁ o RM₂ perdidas, puede exigir la recuperación o la reinicialización de las variables de conformidad. Los algoritmos de conformidad de bloques ATM son realineados mediante procedimientos de control (véase 6.2.3.6/L.371).

6 Conformidad para ABT/IT

La conformidad para ABT/IT en una interfaz normalizada se define a nivel de célula y posiblemente a nivel de bloque. La definición de conformidad a nivel de célula incluye conformidad de las células RM y de las células dentro de un bloque con respecto a las velocidades de células de bloque en curso. La definición de conformidad a nivel de bloque se prueba por comparación con la velocidad de células sostenible. Ambas definiciones de conformidad dependen de las células RM que atraviesan esa interfaz.

6.1 Conformidad de células para ABT/IT

La conformidad de células para ABT/IT es idéntica a la conformidad de células para ABT/DT, excepto en que:

- las células RM que delimitan bloques ATM son:
 - 1) células RM de petición de modificación la velocidad de células de bloque (gestión de tráfico=0) enviadas por la fuente;
 - 2) o células RM de acuse de recibo con gestión de tráfico=1 enviadas por la fuente en sentido hacia adelante en respuesta a una modificación de BCR indicada por la red;
- el usuario debe enviar sólo células RM de petición hacia adelante. Las células RM de petición hacia atrás son no conformes.

Las células RM específicas para tener en cuenta la definición de conformidad son entonces:

- RM₁ células RM conformes de petición de aumento o disminución de anchura de banda enviadas por la fuente (TM=0);
- RM₂ células RM de acuse de recibo (TM=1) enviadas por la fuente en sentido hacia adelante en respuesta a una negociación de BCR iniciada por la red.

6.2 Conformidad de bloques ATM para ABT/IT

El algoritmo de conformidad a nivel de bloque ATM para ABT/IT es idéntico al de ABT/DT (dado por la figura 2/1.371), salvo en que las células RM específicas a tener en cuenta son células RM conformes de petición de aumento o disminución de anchura de banda enviadas por la fuente (TM=0) y células RM de acuse de recibo (TM=1) enviadas por la fuente en sentido hacia adelante. Además, la velocidad de células sostenible Λ y la tolerancia $\tau_{..}$ a tener en cuenta en la definición de conformidad de bloques ATM, son las que son válidas en la interfaz considerada y son deducidas de la velocidad de células sostenible Λ^u y el máximo tamaño de ráfaga MBS^u negociado al establecerse la conexión (véase el apéndice II) como:

$$\Lambda_S^u = \min \left(\Lambda_S^u + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^u \times \frac{1}{T_{RM}} \cdot \frac{1}{T} \right)$$
$$\tau_{SCR} = \left(MBS^u - 1 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^u \times \left[1 + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} \right] \right) (T_{SCR} - T)$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

donde se utiliza la notación de 5.3.

La pérdida de células RM puede producir indebidamente no conformidad de bloques, y en caso de células RM₁ o RM₂ perdidas, puede requerir recuperación o reinicialización de variables de conformidad. Los algoritmos de conformidad de bloques ATM están resincronizados cuando una red inicia una acción de control a lo largo de la comunicación ABT/IT.

7 Conformidad para ABR (para completar 5.5.6.4/1.371)

Se aplica la siguiente definición de conformidad al flujo de células compuesto por células generadas por el usuario y células RM (CLP=0) a velocidad intermedia, excluidas las células RM de BECN.

NOTA - Aunque las células RM con CLP=0, incluidas las células BECN, están incluidas en la velocidad de células autorizada (de acuerdo con 5.5.6.1/1.371), las células BECN se excluyen del flujo probado por la definición de conformidad. Se deduce que, cuando el equipo emite células BECN como parte del flujo de velocidad de células autorizadas actual, estas células BECN no causarán pérdida alguna de conformidad.

La conformidad de las células BECN se determina por mutuo acuerdo entre fuente/redes. Un controlador podría no obstante controlar el flujo de células CLP=0 conjunto fijando márgenes a la velocidad controlada.

Las células de datos de usuario fuera de velocidad (CLP=1) son no conformes. La definición de conformidad para células RM fuera de velocidad (CLP=1) no se trata en esta Recomendación.

Los conceptos de conformidad de una conexión ABR y la conformidad de las distintas células en esa conexión definen las condiciones en las que un operador de red es responsable de sustentar objetivos de QOS para la conexión. La conformidad se aplica a las células a medida que son probadas a su llegada a la UNI o a la interfaz entre redes. Cada una es entonces conforme o no conforme. Basándose en parte en los resultados de la prueba de conformidad, un operador de red designará una conexión como acorde o no acorde.

Si algunas células son no conformes con alguna de las pruebas de conformidad pertinentes, la red puede considerar la conexión no acorde (véase 5.3.2/1.371). Si la red decide ofrecer compromisos de QOS a una conexión con algunas células no conformes, la QOS de capa ATM sólo es asegurada hasta un volumen de células que es conforme con todas las pruebas de conformidad pertinentes. La definición precisa de una conexión ABR acorde se deja al operador de red. Toda definición de una conexión ABR acorde encontrará una conexión acorde si todas las células de la conexión son conformes y si las células RM en la conexión satisfacen los requisitos, si los hay, del mecanismo implementado por el operador (u operadores) de red.

Para conexiones acorde en la UNI o en la interfaz entre redes, la clase de QOS acordada será sustentada al menos durante un número de células igual a las células conformes de acuerdo con la definición de conformidad.

Para conexiones no acordes, la red no necesita respetar la clase de QOS acordada.

Una fuente recibe información de realimentación procedente de células RM hacia atrás. La realimentación puede incluir información en el campo velocidad de células explícita (ECR), el campo de longitud de cola, el bit indicador de congestión (CI), el bit ningún aumento (NI) de cada célula RM hacia atrás en la conexión hacia atrás compañera. Una fuente que se comporta como se especifica en el apéndice III sería conforme.

La verificación de los valores de los campos de células CCR y MCR no forma parte de la definición de conformidad de ABR.

Adviértase que en la capacidad ABR, no es necesario que una fuente envíe células RM. Sin embargo, si no hay un flujo de células RM hacia atrás generadas por el usuario, y si la red desea transmitir realimentación al usuario, la red puede hacer uso de la capacidad de generar ella misma células RM hacia atrás (BECN) (véase 5.5.6.3.1/1.371).

7.1 Definición de los retardos de ABR utilizados en la definición de conformidad

El algoritmo que define la conformidad en una interfaz debe tener en cuenta los retardos entre el momento en que se conoce una nueva velocidad en la interfaz y el momento en que las células llegan a la interfaz que ha sido emitida por la fuente después de que la nueva velocidad es conocida por la fuente. Estos retardos son variables.

Las características del tráfico recibido en la UNI o en la interfaz entre redes en una conexión ABR dada dependen críticamente de los retardos entre esa interfaz y la fuente (o fuente virtual) que genera el tráfico. Los retardos más pertinentes a las características de un flujo recibido en la interfaz se definen con relación a los tiempos de transmisión de cada célula por la fuente de tráfico. Adviértase que la fuente puede tener células en cola para su transmisión. La transmisión de la siguiente célula se planea (nominalmente) como función del recíproco de la ACR en curso. Mientras se espera, la célula RM hacia atrás podría llegar y determinarse una nueva ACR. La fuente podría acertadamente dejar invariable el instante de transmisión planeado de la célula delantera, o podría actualizar el instante de transmisión planeado de acuerdo con la nueva ACR. En el contexto de la definición de conformidad, se supone que la fuente podría elegir la alternativa que permite el instante de transmisión más próximo. Por tanto, un instante de transmisión se denomina un instante de transmisión ideal (ITT) si la diferencia entre el mismo y el instante de transmisión de la célula anterior en la conexión es mayor o igual que el mínimo de:

- a) el inverso de la ACR en efecto inmediatamente después del instante de transmisión de la primera de las dos células; y
- b) el inverso de la ACR en efecto inmediatamente antes del instante de transmisión de la segunda de las dos células.

El instante de transmisión de la primera célula en la conexión es automáticamente un ITT.

Dos retardos, t_1 y t_2 , son particularmente pertinentes a las características de tráfico en una interfaz:

- El retardo t_1 designa el tiempo que va desde el instante de transmisión de la célula por la fuente de tráfico hasta su recepción en la interfaz considerada.
- el retardo t_2 designa la suma de:
 - 1) el retardo desde la salida en la interfaz considerada de una célula RM hacia atrás en la conexión hacia atrás hasta la recepción de la célula RM por la fuente de tráfico; y
 - 2) el retardo desde el siguiente instante de transmisión de una célula en la conexión hacia adelante (siguiente a la recepción de la célula RM por la fuente de tráfico) hasta la llegada a la interfaz considerada de dicha célula.

Por tanto, t_1 es el retardo de transferencia unidireccional desde la fuente a la interfaz y t_2 es el retardo de realimentación de ida y vuelta entre la interfaz y la fuente, excluido el residuo del intervalo entre células entre instantes de transmisión sucesivos.

Los retardos t_1 y t_2 varían en el curso de la sesión. Sea τ_1 un límite superior impuesto a t_1 y τ_2 y τ_3 los límites superior e inferior respectivamente de t_2 .

Los parámetros τ_1 , τ_2 y τ_3 se especifican en la interfaz considerada para la conexión considerada. (Adviértase que por sencillez τ_3 podría ponerse a 0, aunque con la consecuencia de una definición de conformidad menos rigurosa.) La definición de conformidad de 7.3 utiliza estos parámetros, así como las ACR determinadas por la células RM hacia atrás en la conexión hacia atrás compañera.

7.2 Requisitos de la definición de conformidad de ABR

La definición de conformidad de ABR debe satisfacer las siguientes condiciones de diseño relativas a los parámetros τ_1 , τ_2 , τ_3 que se especifican para la conexión, y los retardos t_1 y t_2 :

- 1) La definición de conformidad identificará cada célula como conforme o no conforme.
- 2) La definición de conformidad deberá poder probarse en una interfaz.
- 3) La definición de conformidad encontrará todas las células de una conexión conformes si todas las células de una conexión se conforman al $GCR_A(MCR^{-1}, \tau_1)$.
- 4) La definición de conformidad utilizada en una interfaz encontrará una célula no conforme sólo si su instante de llegada allí y los de sus células conformes precedentes en la conexión no pudiesen haber resultado de los instantes de transmisión ideales de una fuente ABR, y los retardos t_1 y t_2 para la conexión satisfacen $\tau_3 \leq t_2 \leq \tau_2$ y $\max(t_1) - \min(t_1) \leq \tau_1$. Al determinar si una célula es conforme, puede suponerse que el intervalo entre esa célula y la célula anterior de la conexión:
 - i) tendrá en cuenta la realimentación transportada en las células RM hacia atrás transmitidas a través de la interfaz en la conexión más de τ_2 antes que la célula anterior; y
 - ii) no tendrá en cuenta la realimentación transportada en las células RM hacia atrás transmitidas a través de la interfaz de la conexión hacia atrás menos de τ_3 antes que la célula anterior.

7.3 Algoritmo de conformidad de ABR

7.3.1 Algoritmo genérico de velocidad de células dinámico (DGCRA) para ABR

La definición de conformidad se basa en el GCRA dinámico. El GCRA dinámico (DGCRA) es una ampliación del GCRA definido en el anexo A/I.371. El DGCRA difiere del GCRA en que el incremento T cambia con el tiempo, tal como determina la información de realimentación de ABR transportada en la conexión hacia atrás correspondiente.

El DGCRA comprueba la conformidad de las células CLP=0 en la conexión ABR, excluidas las células RM BECN.

Designemos por $T(k)$ el incremento que corresponde a la k -ésima célula de la conexión que es probada por el DGCRA. La tolerancia τ_1 , que comprende la fluctuación de fase o las ráfagas, es una constante que no depende de k .

En el instante de llegada $t_d(k)$ de la k -ésima célula el DGCRA calcula primero $T(k)$ (véase 7.3.2) y comprueba luego la conformidad de la célula y actualiza su propio último instante de planeamiento virtual (LVST) como sigue:

Inicializar:

$$LVST = t_d(1), T_{\dots} = T(1).$$

En cada instante de llegada $t_d(k)$ de una célula para $k \geq 2$:

$$\text{si } t_d(k) \geq LVST + \min(T(k), T_{\dots}) - \tau_1, \quad \# \text{ la célula es conforme}$$

$$\quad \text{¡¡}j\text{!} \text{ entonces } LVST = \max(t_d(k), LVST + \min(T(k), T_{\dots}))$$

$$\text{o si no} \quad \# \text{ la célula es no conforme}$$

no actualizar el estado del algoritmo.

$$T_{\dots} = T(k).$$

En el caso especial de que $T(k)=T$ (una constante) para todos los k , el algoritmo anterior es equivalente a GCRA(T, τ_1). El término " $\min(T(k), T_{\dots})$ " tiene en cuenta la opción de la fuente de replanear o no la célula delantera en cola para su transmisión cuando se recibe nueva realimentación.

La selección de $T(k)$ depende de dos parámetros de retardo adicionales τ_2 y τ_3 para la conexión. El intervalo $T(k)$ debe satisfacer las condiciones de que:

- $T(0) =$ el recíproco del valor inicial de la ACR;
- $\frac{1}{PCR} \leq T(k) \leq \frac{1}{MCR}$ para $k \geq 1$, donde MCR es la mínima velocidad de células y PCR es la velocidad de células de cresta para la conexión.

La secuencia $\{T(k), k \geq 1\}$ de incrementos, que se utilizan sucesivamente en los instantes de llegada $\{t_d(k), k \geq 1\}$ de las células en la interfaz, depende de la información de realimentación en la célula RM hacia atrás enviada a través de la interfaz en los instantes de salida $\{t_o(j), j \geq 1\}$ en la conexión hacia atrás (véase 7.3.2). Cada célula RM hacia atrás determina una velocidad de células autorizada que podría aplicarse a algunas células futuras en sentido hacia adelante.

No se especifica actualmente si se tienen en cuenta otros eventos pertinentes a la conexión.

Adviértase que es posible que esta velocidad nunca se aplique a ninguna de las células en sentido hacia adelante, ya que no pueden transmitirse células en el intervalo cuando la definición de conformidad estuviera utilizando esta velocidad.

FALLA DE ORIGEN

Así, denominamos estas velocidades calculadas "velocidades de células autorizadas potenciales" (PACR). Sea $PACR(j)$ la velocidad de células autorizada potencial determinada en la interfaz por la célula RM hacia atrás enviada a través de la interfaz en el instante de salida $t(j)$.

En el modo 1 (modo velocidad explícita), el campo ECR es el único campo en las células RM hacia atrás pertinentes (véase en 7.3.2 una definición del conjunto de células RM hacia atrás pertinentes) que se utiliza en el cálculo de $T(k)$. La conformidad con el modo 1 se especifica en la presente Recomendación.

En el modo 2 (modo binario), la determinación de $T(k)$ puede también utilizar los campos `QueueLength` (longitud de cola), `CI`, y `NL`. El modo 2 está en estudio y puede depender de la especificación ulterior del comportamiento de referencia de la fuente.

El DGCRA demora los aumentos de correspondencia en la secuencia $\{PACR(i)\}$ en los incrementos $\{T(k)\}$ hasta después de un retraso τ_1 y demora las disminuciones de correspondencia en $\{PACR(i)\}$ en $\{T(k)\}$ hasta después de un retraso τ_2 . Este acomoda el comportamiento de una conexión que requiera al menos un tiempo τ_3 y a lo sumo un tiempo $\tau_2 \geq \tau_3$ para afectar a los cambios encargados en la velocidad a la que las células llegan a la interfaz.

En 7.3.2 se presenta el algoritmo para determinar la secuencia de incrementos $\{T(k), k \geq 1\}$ para el caso del modo velocidad explícita. Este algoritmo se reconoce que es menos que óptimo en cuanto a su rigurosidad a fin de reducir la complejidad. Los algoritmos mejorados para el modo serán objeto de ulterior estudio.

7.3.2 Algoritmo para la determinación de $T(k)$ en el modo de velocidad explícita

El algoritmo se escribe en un formato que determina la ACR en la interfaz como una variable temporal continua cuyo recíproco en el instante $t_p(k)$ es $T(k)$; si resulta que ACR es calculada hasta un valor menor que 1 célula/s, ACR se fija a 1 célula/s. Se determina así el incremento para el DGCRA a cada llegada de célula en sentido hacia adelante.

NOTA - En un instante de tiempo dado, la ACR que es válida en la interfaz puede diferir de la ACR considerada válida por la fuente, lo cual puede deberse por ejemplo a un retraso, o debido a que algunas células RM hacia atrás consideradas en la interfaz no han llegado a la fuente.

El siguiente algoritmo calcula dos conjuntos de contadores ($t_first, PACR_first$) y ($t_last, PACR_last$). $PACR_max$ es una variable auxiliar definida como $\text{Max}(PACR_first, PACR_last)$.

- t_first es el instante en el que está planeado fijar $T(k)$ a $1/PACR_first$;
- si es diferente de t_first , t_last es la actualización planificada de t_first , a la expiración de t_first ; en ese instante $PACR_first$ es actualizado a $PACR_last$.

$PACR_first$ y $PACR_last$ se determinan sobre la base del valor $PACR(j)$ del campo ECR transportado en las células RM pertinentes. Las células RM pertinentes son células RM hacia atrás con CRC-10 correcto en el campo EDC (véase 7.1A.371) que son células no BECN, o células BECN con $ECR < PACR_last$.

El algoritmo descrito a continuación tiene las siguientes características:

- a lo sumo pueden planearse dos modificaciones de velocidad, que pueden ser aumentos o disminuciones de la ACR en curso;
- como t_first , t_last , $PACR_first$ y $PACR_last$ se actualizan potencialmente cada vez que se observa una célula RM hacia atrás en sentido hacia atrás, un valor dado de $PACR_first$ o $PACR_last$ nunca puede ser utilizado en el DGCRA ya que, antes de aplicarse a su instante planeado, puede ser revisado por otra célula RM hacia atrás;

- si se planean menos de dos actualizaciones de velocidad. $t_first=t_last$ y $PACR_first=PACR_last$:
- si no se planea ninguna actualización de velocidad. $PACR_first=PACR_last=ACR$ y $t_first=t_last < tb(j)$:
- si se planea al menos una actualización de velocidad ($PACR_first \neq ACR$). t_first no puede ser retardado por una actualización de velocidad posterior, y $PACR_first$ sólo puede aumentarse:
- en cualquier momento $PACR_last$ transporta el valor ECR de la última célula pertinente que ha atravesado la interfaz:
- si la ECR de una nueva célula pertinente es igual a $PACR_last$, no tiene lugar ninguna actualización:
- $MCR \leq PACR_first \leq PCR$ y $MCR \leq PACR_last \leq PCR$:
- $tb(j) \leq t_first \leq t_last \leq tb(j) + \tau_2$ si al menos se programa una actualización de velocidad:
- si $ACR < PACR_first$, $t_first \leq tb(j) + \tau_3$:
- si $PACR_first < PACR_last$, $t_last \leq tb(j) + \tau_3$.

Ajuste de ACR(t) basado en el campo ECR en células RM hacia atrás

```

Inicialización:
t_first=t_last=0
PACR_max=PACR_first=PACR_last=ACR
• En cada tb(j) que es el instante de llegada de una célula RM pertinente:
calcular PACR(j) = min(PCR, max(MCR, ECR en una célula RM hacia atrás))
si PACR(j) ≠ PACR_last:
  si (t_first > tb(j))
    # comenzar actualización de una lista de planeamiento no vacía
    si (PACR(j) ≥ PACR_max)

      # comenzar el procesamiento de un aumento
      PACR_max = PACR(j)

      si (tb(j) + τ3 > t_first)
        si ((t_first = t_last) o (t_last > tb(j) - τ3))
          t_last = tb(j) - τ3
          finalizar si
        finalizar si
      o si no
        PACR_first = PACR(j)
        si (PACR(j) ≥ ACR)
          t_first = tb(j) - τ3
          finalizar si
          t_last = t_first
        finalizar o si no

      # finalizar el procesamiento de un aumento
      o si no

      # comenzar el procesamiento de una disminución
      PACR_first = PACR_max
      si (PACR(j) < PACR_last)
        t_last = tb(j) - τ2
  
```

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

o si no, no se produce actualización
¿es la lista de planeamiento no vacía?

PACR(j) es un aumento
sobre la PACR_max en curso

actualizar PACR_max

t_first y PACR_first no varían

o si no t_last no varía

finalizar si (tb(j) - τ3 > t_first)

tb(j) - τ3 ≤ t_first

actualizar PACR_first

PACR(j) es un aumento sobre ACR

o si no t_first no varía

finalizar si (PACR(j) ≥ ACR)

se planea una sola actualización de velocidad

finalizar o si no (tb(j) - τ3 ≤ t_first)

PACR(j) es una disminución

sobre PACR_max

planear la velocidad más alta a t_first

PACR(j) es una disminución

sobre PACR_last

t_last es demorado

<p>finalizar si finalizar o si no # <i>finalizar el procesamiento de una disminución</i> PACR_last=PACR(j)</p>	<p># o si no t_last no varia # <i>abmccnar nueva velocidad en PACR_last</i></p>
<p>finalizar si # <i>finalizar actualización de una lista de planeamiento no vacía</i> o si no # <i>comenzar actualización de una lista de planeamiento no vacía</i> si (PACR(j)>ACR) t_first=tb(j)-τ3 o si no t_first=tb(j)-τ2 t_last=t_first PACR_max=PACR_first=PACR_last=PACR(j)</p>	<p># <i>la lista de planeamiento está vacía</i> # <i>se planea un aumento (τ3 retardo)</i> # <i>se planea una disminución (τ2 retardo)</i> # <i>se planea una sola actualización</i></p>
<p>finalizar o si no # <i>finalizar actualización de una lista de planeamiento vacía</i> finalizar si * a la expiración de t_first: ACR=PACR_first t_first=t_last PACR_first=PACR_last PACR_max=PACR_last</p>	<p># finalizar si para PACR(j)=PACR_last # <i>actualizar ACR</i> # <i>actualizar t_first</i> # <i>actualizar PACR_first</i></p>

Fin del ajuste de ACR(t) basado en el campo ECR en células RM hacia atrás.

ANEXO A

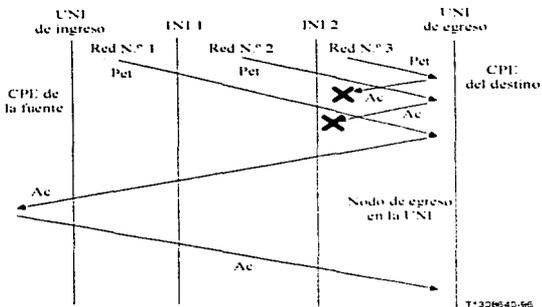
Evitación de múltiples negociaciones de BCR pendientes

Para evitar en una red múltiples negociaciones de BCR pendientes generadas por la red, se introducen en una determinada red los siguientes principios de prioridad entre diferentes negociaciones de BCR generadas por la red:

- 1) Una petición de negociación de BCR iniciada por una red ascendente tiene prioridad sobre cualquier negociación de BCR iniciada por la red considerada o una red descendente. Dado este principio de prioridad, si en la red considerada hay pendiente una negociación de menor prioridad, esta red debería entonces interrumpir la negociación de BCR de baja prioridad y permitir el procesamiento de la negociación de BCR de nivel de prioridad superior.
- 2) Si se ha iniciado una negociación de BCR por la red considerada o una red ascendente, la red considerada debe entonces denegar cualquier petición de negociación de BCR emitida por una red descendente.

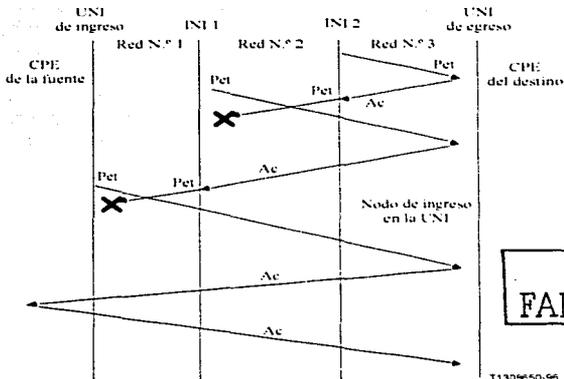
Para la implementación de los principios de prioridad citados entre negociaciones de BCR, es conveniente que dos negociaciones de BCR procesadas por una determinada red no se identifiquen por el mismo número secuencial. El número secuencial de la respuesta dada por una red después de una petición de BCR debe ser compatible con el número secuencial de la petición y los principios de prioridad entre negociaciones de BCR generadas por la red. En el apéndice I se describen diferentes métodos que cumplen este requisito.

La interrupción o denegación de negociaciones de BCR se efectúa descartando células RM de petición o de acuse de recibo de manera que estas células no atraviesen una interfaz normalizada. En las figuras A.1 y A.2 se presentan ejemplos en los que se aplican los principios de prioridad citados para ABT/DT.



X Significa que la célula RM se descarta en la red y no atraviesa la siguiente interfaz normalizada de su trayecto

Figura A.1/I.371 – Denegación de negociaciones de BCR en la red de origen, o en una red descendente (las células RM tienen diferentes números secuenciales)



X Significa que la célula RM se descarta en la red y no atraviesa la siguiente interfaz normalizada de su trayecto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura A.2/I.371 – Denegación de negociaciones de BCR en la red de origen, o en una red ascendente (las células RM tienen diferentes números secuenciales)

APÉNDICE I

Ejemplos de métodos que aseguran la unicidad de la numeración de células RM en la ABT

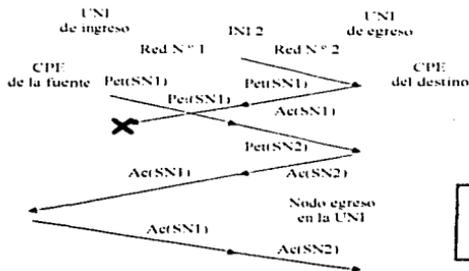
A fin de implementar el esquema de prioridad (descrito en el anexo A), que permite discriminar entre peticiones de BCR potencialmente contradictorias iniciadas por la red, es necesario en algunos casos basarse en el valor número secuencial (SN), lo cual sólo puede hacerse si a las células correspondientes a las diferentes negociaciones de BCR se les asignan diferentes valores SN. Sin embargo, las células RM de petición que son generadas por diferentes redes pueden transportar valores SN idénticos a menos que se implemente un esquema específico. Actualmente no se recomienda ningún esquema para asegurar esta propiedad. En este apéndice se describen tres posibles métodos.

I.1 Segmentación del campo SN entre diferentes redes

Es posible segmentar la codificación del campo SN de 4 octetos entre las redes de la conexión, lo cual evitaría que se identificasen con el mismo SN dos negociaciones de BCR diferentes, ya que una determinada red no debe iniciar una nueva renegociación de BCR mientras está pendiente una iniciada por ella misma.

I.2 Tratamiento propietario del campo SN

Por ejemplo, si una red está procesando una negociación de BCR identificada por un número secuencial dado y si esta red recibe una petición de BCR de mayor prioridad pero con el mismo valor SN, la red puede cambiar el número secuencial de esta última transacción de BCR para procesar en esta red y las redes descendentes, pero la red considerada debe también restablecer el valor del número de secuencia inicial en la respuesta a las redes ascendentes. En la figura I.1 se representan las acciones ejercidas cuando diferentes células RM tienen los mismos valores de número secuencial.



T130660-66

✗ Significa que la célula RM se descarta en la red y no atraviesa la siguiente interfaz normalizada de su trayecto

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura I.1/I.371 – Evitación de conflictos de número secuenciales

1.3 Segmentación del campo SN para indicar la posición relativa de una célula RM

Puede preverse el siguiente esquema: de los cuatro octetos disponibles en el campo SN de la célula RM ABT, tres se utilizan para asignar un número (NA) a cada célula RM que se genera, y uno para identificar la posición de la red en que se observó en un momento dado, con relación a la red que la generó.

- Una célula es generada por la red en sentido hacia adelante, como una célula Pet, con un NA dado y RL=0.
- NA no se modifica cuando la célula RM atraviesa una interfaz.
- Cuando la petición atraviesa una interfaz normalizada, RL aumenta en 1.
- Cuando la célula es devuelta como un Ac en la UNI de destino, RL no varía.
- Cuando el Ac atraviesa una interfaz normalizada, RL disminuye en 1 hasta RL=0.
- La célula Ac atraviesa entonces la interfaz, como una Pet, con RL=1.
- Cuando la petición atraviesa una interfaz normalizada, RL aumenta en 1.

El esquema anterior asegura que, en la red que ha originado la renegociación de BCR, una célula Ac correspondiente a una célula Pet dada lleva exactamente el mismo número secuencial (NA,RL). Además, dos células RM generadas en diferentes redes tienen necesariamente diferentes números secuenciales (diferentes valores RL).

A fin de identificar el nivel de prioridad de una determinada célula, se almacena el número (NA,RL) transportado por la célula RM/Pet en la interfaz considerada. Al recibirse Ac, u otra Pet, es posible identificar la célula de prioridad más alta.

APÉNDICE II

Obtención de los parámetros de definición de conformidad para la ABT

Considérese una conexión ABT, que es conforme con la velocidad de células de cresta 1/7, la velocidad de células sostenible Λ_{SCR}^0 , y el máximo tamaño de bloque MBS⁰ en el PHY-SAP del terminal equivalente. Estos parámetros se especifican en el contrato de tráfico. Además, los flujos de células RM de petición por el usuario hacia adelante y hacia atrás en la interfaz considerada son conformes con el GCRA(T_{acc} , $\tau_{a,0}$) y GCRA(T_{acc} , $\tau_{r,0}$), respectivamente. El número $S_i(0,t)$ de células, que puede transmitirse en el PHY-SAP del terminal equivalente en el intervalo de tiempo (0,t) satisfacen la fórmula:

$$S_i(0,t) = \sum_{\text{bloques ATM en } (0,t)} \rho_i(t_i^d - t_i^f) \leq \Lambda_{SCR}^0 \times t + MBS^0$$

donde ρ_i es la BCR en células del bloque ATM i y t_i^d y t_i^f son los instantes de comienzo y finalización del bloque ATM i , respectivamente. t_i^d y t_i^f son en realidad los instantes de transmisión de las células RM delanteras y traseras del bloque ATM i , respectivamente.

Se define $\tau_{i,0}$ como en 5.4. Para determinar el peor caso dada la cantidad de recursos consumidos por la conexión ABT, supóngase que las células RM delanteras experimentan el mínimo retardo virtual de transferencia de células y que las células RM traseras de los bloques ATM experimentan el máximo retardo virtual de transferencia de células y que las células traseras de los bloques ATM experimentan el máximo retardo virtual de transferencia de células. El tamaño del bloque ATM i aumenta entonces a lo sumo en $\tau_{i,0} \times \rho_i$ células.

Se desprende entonces que en la hipótesis de que la conexión ABT sea conforme con la velocidad de células de cresta $1/T$, la velocidad de células sostenible $\Lambda_{M,R}^0$ y máximo tamaño de bloque MBS⁰ en el PHY-SAP del terminal equivalente, el número S' de células que pueden transmitirse en la interfaz satisface, teniendo en cuenta que $\beta \leq \frac{1}{T}$.

$$S'(0,t) = \sum_{i=1}^{m(t)} \rho_i (t_i' - t_i) + \sum_{i=1}^{m(t)} \rho_i \times \tau_{M,R}^0 \quad (1)$$

$$\leq t \times \Lambda_{M,R}^0 + MBS^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{M,R}^0 \times n(t)$$

donde $n(t)$ es el número de bloques ATM en $(0,t)$.

El número $n(t)$ de bloques ATM depende realmente del modo de transmisión y del contrato de tráfico para los flujos de células RM de petición del usuario.

En el modo transmisión inmediata (ABT/IT), teniendo en cuenta el contrato de tráfico sobre el flujo de células RM de petición del usuario en sentido hacia adelante, este número satisface:

$$n(t) \leq \frac{t}{T_{RM}} + \sigma_{RM} \quad (2)$$

donde $\sigma_{RM} = \left\lceil 1 + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} \right\rceil$ donde Δ designa el tiempo de transmisión de una célula. Se desprende que:

$$S'(0,t) \leq t \left(\Lambda_{SCR}^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \frac{1}{T_{RM}} \right) + MBS^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \sigma_{RM} \quad (3)$$

Como consecuencia, el tren de células en la interfaz viene caracterizado por la Λ_{SCR} sostenible y el máximo tamaño de ráfaga (fraccionario) MBS definido por:

$$\Lambda_{SCR} = \min \left(\Lambda_{SCR}^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \frac{1}{T_{RM}}, \frac{1}{T} \right) \quad (4)$$

$$MBS = MBS^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \left\lceil 1 + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} \right\rceil$$

La tolerancia τ_{SCR} se determina mediante la relación

$$\tau_{SCR} = (MBS - 1)(T_{SCR} - T) \quad (5)$$

En el modo transmisión diferida (ABT/DT) dado que las negociaciones de la BCR pueden ser iniciadas por la fuente y por el destino, debe tenerse en cuenta no sólo el número de bloques ATM debidos a la fuente, sino también los debidos al destino. El flujo de células RM de petición de usuario del destino debe ser conforme en la interfaz considerada con el GCRA(T_{RM}, τ_{RM}^0) (los parámetros T_{RM} y τ_{RM}^0 son conocidos al establecerse la conexión). La combinación de los flujos de células RM de petición del usuario generados por la fuente y por el destino puede dar lugar a lo sumo a $n(t)$ bloques ATM en el intervalo de tiempo $(0,t)$ con

$$n(t) \leq t \left(\frac{1}{T_{RM}} + \frac{1}{T_{RM}'} \right) + \sigma_{RM}' \quad (6)$$

$$\text{donde } \sigma_{RM}' = \left\lceil 2 - \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} + \frac{\tau_{RM}'}{T_{RM}' - \Delta} \right\rceil$$

Se desprende que la conexión se caracteriza en la interfaz considerada por la Λ_{SCR} sostenible y el máximo tamaño de ráfaga MBS (fraccionario) definido como:

$$\Lambda_{SCR} = \min \left(\Lambda_{SCR}^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \left(\frac{1}{T_{RM}} + \frac{1}{T'_{RM}} \right) \cdot \frac{1}{T} \right)$$

$$MBS = MBS^0 + \frac{1}{T} \times \tau_{SCR}^0 \times \left[2 + \frac{\tau_{RM}}{T_{RM} - \Delta} + \frac{\tau'_{RM}}{T'_{RM} - \Delta} \right] \quad (7)$$

La tolerancia τ_{SCR} correspondiente a la definición de conformidad de bloque ATM para ABT/DT se deduce mediante la ecuación (5).

Observación 1 – Los términos correctivos en las fórmulas anteriores que dan los parámetros a tener en cuenta en la definición de conformidad a nivel de bloque dependen de las características de tráfico de los flujos de células RM. En general, T_{RM} se toma suficientemente grande (una fracción del tiempo de propagación de ida y vuelta a través de la red para ABT/DT y varias veces este tiempo de propagación de ida y vuelta para ABT/DF). Además, τ_{SCR} debe elegirse suficientemente pequeño para evitar agrupaciones de células RM. Resulta por tanto que los términos correctivos son en general pequeños cuando se comparan a los parámetros intrínsecos.

APÉNDICE III

Comportamientos de referencia de la fuente, del destino y de un elemento de red para la ABR

III.1 Comportamiento de referencia de la fuente

Para obtener pleno uso de la anchura de banda dinámica de una conexión ABR, una fuente necesita enviar células RM en sentido hacia adelante (es decir, una célula RM hacia adelante) del flujo de información. Una fuente recibe células RM en sentido hacia atrás (es decir, una célula RM hacia atrás) a menos que estas células se hayan perdido en la red. Para un funcionamiento eficiente del control en bucle cerrado, una fuente necesita adaptarse regularmente a las cambiantes condiciones de red. La fuente pasará por alto las células RM hacia atrás con CRC-10 incorrecta en el campo EDC (para el campo EDC, véase 7.1/1.371).

Las células de datos de usuario se emiten con el bit CLP puesto a 0.

Una fuente debe normalmente enviar una célula RM hacia adelante en velocidad por cada $(N_{RM}-1)$ células en velocidad. El parámetro N_{RM} podría ser específico de la red o fijarse a un valor por defecto.

En las células RM hacia adelante, la fuente debe fijar el campo MCR a MCR y fijar el campo CCR para que sea igual a la ACR en curso.

En el PHY-SAP del terminal equivalente (véase la Recomendación 1.371), una fuente activa debe emitir células en velocidad a una velocidad no mayor que la velocidad de células autorizada en curso (ACR). El valor de ACR no sobrepasará nunca PCR, ni será nunca menor que MCR.

Una fuente debe actualizar su ACR de acuerdo con la información recibida en las células RM hacia atrás:

- 1) Si el valor de la ECR es menor que la ACR, ésta debe entonces reducirse a la ECR, pero sin ser inferior a la MCR.
- 2) Si el valor de ECR es mayor que el ACR, puede entonces aumentarse la ACR (a menos que la célula RM hacia atrás sea una BECN, en cuyo caso no se aumentará la ACR). El aumento

de ACR debe venir limitado por un incremento fijo $RIF * PCR$ que permita la convergencia paso a paso a la ECR. Si la ACR incrementada es mayor que la ECR, se fija a la ECR. La puesta de RIF a 1 permitiría un salto inmediato a la ECR. El factor de aumento de velocidad (RIF, *rate increase factor*) se fijaría por defecto o se asignaría al establecerse la conexión.

3) Una fuente puede hacer uso de los bits CI y NI:

- a) Si la fuente recibe una célula RM con $CI=1$, el valor de ACR (en efecto antes de la llegada de la célula RM hacia atrás) se reduciría entonces por un factor multiplicador, pero no más allá de la MCR. Específicamente, la ACR debe reducirse al menos en $ACR * RDF$, en el que el parámetro factor de disminución de la velocidad (RDF, *rate decrease factor*), puede ser fijado por defecto o ser asignado al establecerse la conexión por procedimientos de gestión o por señalización.
- b) Si la célula RM hacia atrás tiene $CI=0$ y $NI=0$, la ACR puede entonces aumentarse a lo sumo en el incremento aditivo $RIF * PCR$ hasta una velocidad no mayor que la PCR.
- c) Si la célula RM hacia atrás tiene $NI=1$, la fuente no debe entonces aumentar la ACR.
- d) Si el valor de la ACR resultante de los pasos 3) a) a 3) c) es mayor que el valor de la ECR en la célula RM hacia atrás, la ACR debe entonces reducirse a un valor menor o igual que la ECR, pero no menor que la MCR. En otro caso, la fuente debería utilizar el valor de ACR calculado a partir de los bits CI y NI solamente.

4) Además, si la fuente hace uso del campo *QueueLength* (longitud de cola), y si *QueueLength* es distinto de cero, debe entonces seguir disminuyéndose la velocidad de emisión, o no deben enviarse células durante un periodo de tiempo, a fin de permitir que disminuya la longitud de cola. Quedan en estudio los procedimientos para calcular reducciones de velocidad binaria a intervalos basados en *QueueLengths* distintos de cero.

Además de las actualizaciones de la ACR debidas a la recepción de células RM hacia atrás, una fuente debe actualizar su ACR de acuerdo con las siguientes reglas:

- 5) Cuando una fuente se inicializa, debe fijar la velocidad de células autorizada, ACR, a lo sumo a la velocidad de células autorizada inicial (IACR) y la primera célula en velocidad enviada debe ser una célula RM hacia adelante. El valor de IACR es mayor o igual que MCR. Al comienzo de la conexión, se autoriza al usuario a enviar a lo sumo el número de células de exposición de memoria tampón de tránsito (TBE, *transit buffer exposure*) a la IACR sin recibir una célula RM hacia atrás, lo que explícitamente asigna una ACR. Cuando se han transmitido células TBE sin ninguna célula RM recibida, la fuente debe reducir su velocidad, por pasos o en un solo paso, a la MCR. La IACR puede ser negociada entre la red y el usuario al establecerse la conexión. El valor de TBE es asignado a la conexión mediante procedimientos de gestión o de señalización.
- 6) Una fuente que no ha emitido células en velocidad durante un periodo suficientemente largo debe reducir su ACR a IACR si su ACR está por encima de la IACR para reflejar la reasignación de recursos de red que puede haber tenido lugar durante el periodo de inactividad. Cuando la fuente se vuelve otra vez activa, debe comportarse, como en el apartado 5) anterior, utilizando la velocidad de células autorizada (posiblemente reducida).
- 7) Una fuente que no ha podido recibir una célula RM hacia atrás en un periodo suficientemente largo de tiempo debe reducir su velocidad de envío, pero no necesita reducirla por debajo de la MCR. Las definiciones de cuándo una célula RM hacia atrás se considera atrasada y la reducción de velocidad apropiada quedan en estudio.

III.2 Comportamiento de referencia del destino

Un destino permite a su fuente correspondiente estimar la anchura de banda que puede conseguirse de la red devolviendo células RM a la fuente.

- 1) El destino debe dar la vuelta a todas las células RM recibidas para devolverlas a la fuente. El bit de sentido, DIR (*direction bit*), debe cambiarse de "hacia adelante" a "hacia atrás".
- 2) Si un destino no puede dar la vuelta a una célula RM hacia adelante antes de que reciba una célula RM hacia adelante posterior a la que dar la vuelta en el mismo VC, puede devolver sólo la célula RM hacia adelante más reciente y descartar las antiguas células RM hacia adelante. Otra posibilidad es que emita la célula RM antigua con el bit CLP puesto igual a 1, y con el contenido de la célula antigua posiblemente sobrescrito por el contenido de la célula nueva. Sin embargo, la pérdida de una célula RM CLP=1 hacia atrás entre una interfaz normalizada y la fuente puede causar desalineación entre las ACR en la fuente y la definición de conformidad en la interfaz, que puede repercutir en la QOS de la conexión. Si un destino encuentra que no tiene una ACR adecuada en la conexión hacia atrás para soportar la emisión de célula RM hacia atrás, debe considerar que el mismo está en congestión interna y actuar como se indica más abajo en el apartado 4).
- 3) Si se ha recibido una EFCI=1 en la célula de datos antes de la célula RM, el destino debe entonces marcar la célula RM hacia atrás. Una implementación puede:
 - a) reducir la ECR; o
 - b) fijar el bit CI en la célula RM.
- 4) Para declararse congestionado, el destino puede actuar de una o más de las formas siguientes:
 - a) reducir aún más ECR a cualquier velocidad que pueda soportar;
 - b) fijar el bit CI y/o el bit NI;
 - c) reducir aún más el valor del campo QueueLength en la célula RM.

Un destino puede también generar una célula RM hacia atrás sin haber recibido una célula RM hacia adelante. Estas células son células BECN. Estas células tienen las siguientes características:

- las células BECN tienen el bit CLP puesto a 0;
- el bit BECN del campo de mensaje debe ser fijado;
- el sentido debe ser hacia atrás;
- el bit CI o el bit NI se pone a 1.

Otras interacciones entre la anchura de banda hacia adelante, la anchura de banda hacia atrás y la frecuencia con la que se envían las células RM quedan en estudio.

III.3 Comportamiento de referencia de un elemento de red

El elemento de red puede modificar una célula RM en tránsito basándose en el estado del elemento de red. Queda en estudio la necesidad de que los elementos de red inserten células RM hacia adelante.

Un elemento de red no está autorizado a actualizar los campos de la célula RM ABR protegidos por el campo EDC, si el código CRC-10 en el campo EDC es incorrecto.

Un elemento de red implementará al menos uno de los siguientes métodos para controlar la congestión en los puntos de formación de colas:

- 1) El elemento de red puede reducir el campo ER de la célula RM hacia adelante y/o hacia atrás (marcado de velocidad explícita).
- 2) El elemento de red puede fijar la bandera EFCl en los encabezamientos de células de datos (marcado de EFCl).
- 3) El elemento de red puede fijar $CI=1$ o $NI=1$ en las células RM hacia adelante y/o hacia atrás (marcado de velocidad relativa).
- 4) El punto de formación de cola del elemento de red puede fijar el campo de longitud de cola de la célula RM para que sea el máximo del valor presente y el número de células puestas en cola para este VC en este punto de cola de esta conexión.

La realimentación de velocidad explícita proporcionada por un elemento de red se obtiene de la política de asignación definida.

Además, el elemento de red puede segmentar el bucle de control de ABR utilizando una fuente y un destino virtuales (control VS/VD).

Un elemento de red puede generar células RM hacia atrás, denominadas células de notificación explícita de congestión hacia atrás (BECN). Estas células tienen las siguientes características:

- las células BECN tienen el bit CLP puesto a 0;
- el bit BECN del campo de mensaje debe ser fijado;
- el sentido debe ser hacia atrás;
- el bit CI o el bit NI se pone a 1.

La velocidad máxima de las células BECN generadas por el elemento de red no se especifica actualmente, pero debe ser consecuente con el acuerdo mutuo que limita la velocidad conjunta de las células BECN que se aplican en las interfaces normalizadas.

Las células RM hacia atrás pueden ser atendidas fuera de secuencia con relación a las células de datos. Seguirá en estudio la prioridad de las células RM hacia adelante. Quedan en estudio los límites impuestos a la velocidad relativa de las células RM con respecto a la células de datos.

En el caso especial de que $1/ECR$ resulte grande con relación al tiempo de propagación de ida y vuelta, no resulta ya razonable enviar al menos una célula RM por tiempo de propagación de ida y vuelta, lo cual tiene el efecto de aumentar el tiempo de realimentación más allá de un tiempo de propagación de ida y vuelta. En consecuencia, pueden necesitarse asignaciones de memoria también adicionales para estos VC. Este tema queda en estudio.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

- Serie A Organización del trabajo del UIT-T
- Serie B Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
- Serie C Estadísticas generales de telecomunicaciones
- Serie D Principios generales de tarificación
- Serie E Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
- Serie F Servicios de telecomunicación no telefónicos
- Serie G Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
- Serie H Sistemas audiovisuales y multimedia
- Serie I **Red digital de servicios integrados**
- Serie J Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedia
- Serie K Protección contra las interferencias
- Serie L Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
- Serie M RGT y mantenimiento de redes; sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsimil y circuitos arrendados internacionales
- Serie N Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
- Serie O Especificaciones de los aparatos de medida
- Serie P Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
- Serie Q Conmutación y señalización
- Serie R Transmisión telegráfica
- Serie S Equipos terminales para servicios de telegrafía
- Serie T Terminales para servicios de telemática
- Serie U Conmutación telegráfica
- Serie V Comunicación de datos por la red telefónica
- Serie X Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
- Serie Z Lenguajes de programación

BIBLIOGRAFÍA

- [ATMFPNNI] ATMForum Private Network – Network Interface Specification v.1.0, marzo 1996.
- [ATMFTME4] ATM Forum, "ATM Traffic Management Specification V. 4.0", April 1996, Af-tm0056.000.
- [ATMFUNJ] ATMForum User – Network Interface Specification v.3.1, 1994.
- [ATMUH] "ATM in Europe", The user handbook, section 2.
- [BRAD68] Brady, P. (1968) A Statistical Analysis of On – Off Patterns in 16 conversations, the Bell System Technical Journal, Vol. 47, No.1, Pgs. 73-91.
- [EAATM97] Enlace Andino, "ATM", Julio 1997, Nro 18
- [EMPS94] "Network and Signaling Aspects of a Satellite Personal Communications Network", 1st European Workshop on Mobile Personal Satcoms, EMPS-94, Frascati - Italia, octubre 1994.
- [ETS1] ETS1, "ETS300374-1: Intelligent Network (IN), Capability Set1 (CS-1), Core Intelligent Network Application Part (INAP), part 1: Protocol Specification", Sept 1994.
- [HINE90] Hines, W., Montgomery, D. (1990). Probability and Statistics in Engineering and Management Science Wiley – Interscience, New York.
- [IEEECM99] IEEE Communications Magazine 1999, "Satellite ATM Network Architectures, Communications and Telelearning", Vol.37, No.3, Marzo 1999.
- [IEEENM96] IEEE Network Magazine. "Cell Relay Protocols and Techniques for using the Service Effectively", Vol.8, No.2, Mar 1996.
- [IRFC1323] IETF Request for comment 1323, "TCP extension for high performance", octubre 1996.
- [IRFC2001] IETF Request for comment 2001, "TCP slow start, congestion avoidance, fast retransmit and fast recovery algorithms", enero 1997.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- [KTMABR] Kalyanraman, "Traffic management for the available bit rate (ABR) service in asynchronous transfer mode (ATM) networks", Ohio State Univ. 1997
- [TIA-EIA TSB] TIA/EIA Telecommunications Systems Bulletin TSB-91, "Satellite ATM networks Architectures and Guidelines".
- [UIT371-1] Aspectos y funciones globales de la red - Funciones y requisitos generales de la red RDSI 05/97

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

GLOSARIO

AAL	Capa de adaptación ATM
ABR	Velocidad binaria disponible
ABT	Transferencia de bloques ATM
ACK	Acuse de recibo
ACR	Velocidad de células autorizada
Aloha-R	Aloha de reservación
ATC	Capacidad de transferencia ATM
ATM	Modo de transferencia asincrono
ATM-PDU	Unidad de datos de protocolo ATM
BCR	Velocidad de células de bloque
BDP	Producto de retardo de ancho de banda
BECN	Notificación explícita de congestión hacia atrás (o en sentido de retorno)
BER	Tasa de error de bits
BICI	Interfaz inter portadora de banda ancha
BISUP	Parte de usuario de servicios integrados de banda ancha
BPR	Bloques de programa referenciales
BT	Tolerancia de ráfaga
CAC	Control de admisión de conexión
CBR	Velocidad de células constante
CCR	Velocidad de células en curso
CDMA	Acceso múltiple por división de códigos
CDV	Variación del retardo de células
CDVT	Tolerancia a la variación del retardo de celdas
CEQ	Equipo de cliente
CI	Indicación de congestión
CIS	Sección de comunicaciones e interoperabilidad
CLP	Prioridad de pérdida de células
CLR	Tasa de pérdida de células
CTD	Retardo de transferencia de células
DAMA	Acceso múltiple de asignación por demanda
DBR	Velocidad binaria determinística
DGCRA	GCRA dinámico
DLC	Protocolo de control de enlace de datos
DIR	Dirección
DOWNLINK	Transmisión de bajada del satélite
DT	Transmisión retardada
ECR	Velocidad de células explícita
EFCI	Indicación explícita de congestión hacia adelante (o en sentido de ida)
ER	Tasa explícita
ERICA+	Eliminador de congestión por indicación de tasa explícita

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ETG	Estaciones terrenas gateway
FAMA	Protocolo de acceso multiple por asignación fija
FDMA	Acceso múltiple por división de frecuencia
FIFO	Primero en entrar, primero en salir
FEC	Corrección de error hacia adelante
FR	Frame relay
FRM	Gestión rápida de recursos
GEO	Orbita terrestre geoestacionaria
GCR A	Algoritmo genérico de velocidad de células
GFC	Control de flujo genérico
GTW	Estación gateway
IACR	Velocidad de células inicial permitida
IBT	Tolerancia intrínseca a las ráfagas
ICS	Identificador de conexión satelital
IETF	Fuerza de ingeniería para el Internet
IFFO	Salida abundante de trama entrelazada
IL	Política TCP de inicio lento
IMT2000/UMTS	Organización de telecomunicaciones móviles en el año 2000/sistemas de telecomunicaciones móviles universal
INAP	Red inteligente de aplicación de partes
INI	Interfaz entre redes
IP	Protocolo de Internet
IPOP	Punto de presencia integrado
ISL	Enlace intersatelital
ISO	Observatorio espacio infrarrojo
ISDN	Red digital de servicios integrados
IT	Transmisión inmediata
ITT	Instante de transmisión ideal
JPEG	Grupo de expertos en fotografía
LEO	Orbita terrestre baja
LIM	Límite de ventana
LLC	Control de enlace lógico
LVMT	Último instante de modificación virtual
LVST	Último instante de planeamiento virtual
MAC	Control de acceso al medio
MBS	Máximo tamaño de ráfaga
MCR	Mínima velocidad de células
MPEG	Grupo de expertos de imágenes en movimiento
NAS	Servicio de acceso de red
NE	Elemento de red
NI	Ningún aumento
NNI	Interfase red a red
NNI-P	Interfaz red a red privada
NPC	Control de parámetros de red
OAM	Operación y mantenimiento
OSI	Modelo de referencia de sistemas abiertos de interconexión
PACR	Velocidad de células potencial permitida

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PDAMA	Aceso múltiple de asignación por demanda de paquete
PDU	Unidad de datos de protocolo
PCR	Velocidad de células de cresta
PEI	Intervalo de emisión de cresta
PHY	Capa física
PNNI	Interfase privado nodo red
PIPE	Bytes en la pila de transmisión
POP	Punto de presencia
PTI	Indicador de tipo de cabida útil
PVC	Conexión virtual permanente
QoS	Calidad de servicio
R-Aloha	Reservación Aloha
RDF	Factor de disminución de velocidad
RDSI-BA	Red digital de servicios integrados de banda ancha
RI	Red inteligente
RIF	Factor de aumento de velocidad
RM	Gestión de recursos
RRM	Campo de control de los medios de radio
RRR	Reservación Round Robin
RTT	Retardo de viaje de transmisión
SAP	Punto de acceso al servicio
SAT ATM	Sistema satelital con tecnología ATM
SBR	Velocidad binaria estadística
SCR	Velocidad de células sostenible
SDU	Unidad de datos de servicio
SN	Número secuencial
SNAP	Punto de acceso a subred
SRUC	Protocolo de colisiones sobre reservación dividida
SS7	Sistema de señalización Nro 7
TAT	Instante de llegada teórico
TBE	Exposición de la memoria tampón de transición
TCP	Protocolo de control de transmisión
TDMA	Aceso múltiple por división de tiempo
TEP	Tramas elementales paquetizadas
THR	Throughput
TOS	Tipo de servicio
TP	Tramas de programa
TT	Tramas de transporte
TU	Terminal de usuario
UAS	Unidad de adaptación satelital
UNI	Interfaz usuario-red
UNI-P	Interfaz público red a usuario
UPC	Control de parámetros de utilización
UPLINK	Transmisión de subida al satélite
VBR	Velocidad binaria variable
VCC	Conexión de canal virtual
VCI	Identificador de canal virtual

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

VD	Destino virtual
VNT	Ventana de congestión
VPC	Conexión de trayecto virtual
VPI	Identificador de trayecto virtual
VRR	Politica TCP de veloz retransmision y recuperación
VS	Fuente virtual
VS/VP	Fuente virtual / destino virtual
VSA	Algoritmo de planeamiento virtual

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN