



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA

UNAN – MANAGUA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Seminario de Graduación

Tema:

**"MIGRACIÓN DE TECNOLOGÍA ATM A IP EN LA RED DE TRANSPORTE DE
TELEFONÍA MÓVIL TAL COMO LA DE LA OPERADORA CLARO EN
MANAGUA"**

Que para optar al título de:

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA

Tutor: Msc. Álvaro Segovia

Asesor tecnológico: Ing. Harry Martínez

Presentado por: Br. Marlen Alejandra Celeberty Castillo

Br. Kenneth Alberto Dash Robinson

Managua, Nicaragua

21 de Enero de 2013

TEMA

“Migración de tecnología ATM a IP en la red de transporte de telefonía móvil tal como la de la operadora CLARO en Managua.”

DEDICATORIA

A Dios por darme la fortaleza, sabiduría y paciencia para emprender mis metas y culminar mis estudios universitarios.

A mis padres que han sido la fuente de inspiración en mi vida, que me han ayudado con sus consejos y a seguir el camino más indicado para mí futuro. Gracias por estar siempre a mi lado en los momentos buenos y difíciles.

M.Celeberty

DEDICATORIA

A mi Dios Todopoderoso por dotarme de la sabiduría, la fe y la fortaleza necesarias para emprender esta trayectoria de estudios superiores que a pesar de grandes sacrificios y obstáculos, culmina exitosamente en la realización de mi carrera universitaria.

A la memoria de mi madre, cariñosamente Mama Jule, quien desde el inicio y en todo momento confió plenamente en mi capacidad de alcanzar la meta que hace unos años me propuse cumplir, lo cual no hubiese sido posible sin su constante apoyo y amor de mamá.

A mis hermanos, hermanas y mi esposa que siempre creyeron en mí y me alimentaban con sus palabras de admiración y de aliento.

K. A. Dash

AGRADECIMIENTOS

A nuestra alma mater UNAN–Managua por abrirnos las puertas y brindarnos la oportunidad de ser futuros profesionales eficientes.

A todos los docentes que nos impartieron clases, compartiéndonos sus conocimientos; gracias por cada consejo y regaño que de mucho nos ha servido.

También agradecemos a los profesores que nos colaboraron y reservaron para nosotros de su tiempo para la revisión de este trabajo de graduación.

Índice de Contenido

Índice de Figuras y Cuadros.....	9
RESUMEN.....	11
INTRODUCCIÓN.....	12
JUSTIFICACIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	15
Capítulo 1: Tecnología ATM.....	16
1.1 Introducción.....	16
1.2 Aspectos generales de ATM.....	17
1.3 Características de ATM.....	18
1.4 Tecnología ATM.....	19
1.5 Arquitectura ATM.....	25
1.6 Clases de Servicios ATM.....	33
1.7 Parámetros de Calidad de Servicio.....	35
1.8 Ventajas y desventajas de ATM.....	35
Capítulo 2: Comparación de tecnologías ATM e IP – Parámetros para la migración.....	36
2.1 El Protocolo IP.....	36
2.1.1 Datagrama IP.....	37
2.1.2 Arquitectura de encaminamiento IP.....	38
2.1.3 Direccionamiento IP y Enrutamiento.....	39
2.1.4 Calidad de Servicios (QoS) en redes IP.....	40
2.1.4.1 Clasificación de QoS en redes IP.....	40
2.1.5 Jitter y Buffer de Jitter.....	41
2.1.6 Diffserv (servicios diferenciados).....	41

2.1.7 Clases de Servicios IP.....	42
2.1.8 Trama E1.....	42
2.1.9 ATM versus IP.....	45
2.2 Parámetros contemplados para la migración de ATM hacia IP.....	45
2.2.1 Costes de Infraestructura.....	46
2.2.2 Operación y Mantenimiento (O&M).....	46
2.2.3 Desempeño y Transmisión TX).....	46
2.2.4 Calidad de Servicio (QoS).....	47
2.2.5 Avances en Gestión y Supervisión.....	47
Capítulo 3: Solución contemplada para la migración de tecnologías ATM a IP.....	49
3.1 Propuesta de Solución.....	49
3.1.1 Descripción.....	49
3.2 Topologías.....	51
3.2.1 Topología Capa 2.....	51
3.2.2 Topología Capa 3.....	52
3.3 Consideraciones del Plan de Direccionamiento IP.....	53
3.4 QoS contemplados en la Red IP RAN.....	53
Capítulo 4: Método para migrar de ATM a IP.....	55
4.1 Método Iub sobre IP.....	61
4.1.1 RNC 3810.....	63
4.1.2 Tarjeta ET-MFX12.....	65
4.1.3 Tarjeta ET-MFX11.....	66
4.1.4 Estación de radio base RBS 3518.....	66

4.1.5 Resumen de Procedimiento.....	69
4.2 Método Abis sobre IP.....	69
4.2.1 Reseña de la red Abis.....	71
4.2.2 Descripción del Hardware.....	73
4.2.3 BSC.....	73
4.2.4 SIU-02.....	74
4.2.5 RBS 2106(v3).....	76
4.2.6 Resumen de Procedimiento.....	77
CONCLUSIÓN.....	78
ANEXOS.....	80
Anexo 1: Especificación técnica de HW empleados en la migración de ATM a IP.....	80
Anexo 2: Ilustración de envío y transmisión de información.....	83
GLOSARIO.....	84
BIBLIOGRAFÍA.....	87

Índice de Figuras y Cuadros

Figura 1.1: Diagrama de la estructura de celda ATM.....	17
Figura 1.2: Funcionamiento de un nodo ATM.....	20
Figura 1.3: Estructura detallada de la cabecera celda ATM-tipo UNI.....	21
Figura 1.4: Estructura detallada de la cabecera celda ATM-tipo NNI.....	21
Figura 1.5: Campos de encabezamiento de una célula ATM.....	22
Figura 1.6: Ubicación de la Interface UNI y NNI.....	23
Figura 1.7: Modelo de referencia ATM.. ..	25
Figura 1.8: Estructura de ATM.....	26
Figura 1.9: División de la capa física en dos sub-capas.....	28
Figura 1.10: Relación entre trayectoria de Transmisión, Trayectorias virtuales y canales Virtuales.....	29
Figura 1.11: Conmutador de VP y de VC.....	30
Figura 1.12: Capa AAL, soportando diferentes grados de servicio entre ambos extremos...32	
Cuadro 1: Ventajas y desventajas de ATM.....	35
Figura 2.1: Formato del datagrama IP.....	37
Figura 2.2: Encaminamiento IP.....	38
Figura 2.3: E1 señalización por canal asociado.....	43
Figura 2.4: Modelo E1.....	44
Cuadro 2: ATM versus IP.....	45
Figura 3.1: Iub sobre E1.....	50
Figura 3.2: Migración Iub sobre IP.....	50

Figura 3.3: Capa 2 de configuración IP.....	52
Figura 3.4: Capa 3 estándar configuración IP.....	53
Figura 4.1: Modelos RNC3810 y RNC3820 de Ericsson.....	56
Figura 4.2: Nodos B, modelos RBS3528 y RBS3106 de Ericsson.....	57
Figura 4.3: Red de acceso de radio terrestre UMTS (UTRAN).....	59
Figura 4.4: Redes de acceso de radio (RAN) para GSM y WCDMA.....	61
Figura 4.5: Sincronización de Iub sobre IP.....	62
Figura 4.6: RNC 3810.....	63
Figura 4.7: Arquitectura de HW de RNC.....	64
Figura 4.8: Tarjeta ET-MFX12 y sus puntos de conexión.....	65
Figura 4.9: Tarjeta ET-MFX11.....	66
Figura 4.10: Ilustración de la RBS 3518, Main y Remote.....	67
Figura 4.11: Configuración Estrella de RBS 3518 con RRUs.....	68
Figura 4.12: Diseño de un sitio coubicado: RBS 2106 (2G) y RBS 3518 (3G).....	70
Figura 4.13: Pila de protocolos de Abis.....	71
Figura 4.14: Conexión de Abis superior (Area sombreada).....	72
Figura 4.15: BSC (GSM) modelo CDMA 2000 de Ericsson.....	73
Figura 4.16: Site Integration Unit (SIU-02) con sus puntos de conexión.....	74
Figura 4.17: RBS 2106v3 de la familia RBS2000.....	76
Figura Anexo 1.....	83

RESUMEN

En este documento damos a conocer porque se realiza la migración de tecnología ATM a IP en la red de transporte de telecomunicaciones de telefonía móvil, proceso que se desarrolla a lo largo de tres capítulos. En el primer capítulo hablamos un poco de lo que es la tecnología ATM, en el segundo abordamos la tecnología IP, hacemos una breve comparación de ambas tecnologías y nos centramos ciertos parámetros y aspectos contemplados para la migración. El tercer capítulo describe el método que se utiliza para la migración de ATM a IP.

Debido al rápido incremento del tráfico en las redes móviles, muchas de las redes de transporte (backhaul) han quedado obsoletas. Es por este motivo, la migración a una red de transporte que permita manejar esta demanda de tráfico en las redes móviles de manera adecuada es realmente trascendental.

Se da la migración de tecnologías **ATM a IP** por la creciente demanda de servicios de tráfico de datos que impone nuevos requerimientos en el ancho de banda en la red de transporte que interconecta las estaciones base y los controladores radio en la red de acceso radio.

INTRODUCCIÓN

La industria de las telecomunicaciones ha tenido grandes cambios debido a la evolución tecnológica la cual nos ha encaminado a un crecimiento acelerado en la red de telefonía móvil (aumento de volumen de tráfico, utilización de ancho de banda, enrutadores, usuarios, etc.) Debido a estos incrementos surge la necesidad de emigrar a nuevas tecnologías.

Las tecnologías digitales en desarrollo, caminan a la par del desarrollo de protocolos de transmisión, los que en su gran mayoría manejan principios de transporte IP (protocolo de Internet,) que debido al aumento de tráfico digital en los canales de comunicación, se vuelve de suma necesidad un mejor monitoreo de éstos.

Las redes ATM (modo de transmisión asíncrono) utilizadas en muchos troncales, tienen un papel significativo dado que son capaces de proporcionar calidad de servicio (QoS); Es el modo de transferencia elegido para dar soporte a la red digital de servicios integrados de banda ancha (“Broadband Integrated Services Digital Network” o BISDN).

Tanto ATM como IP son tecnologías con distintos orígenes, distintos actores y distintos promotores, aunque ambas juegan un papel importante y de su integración depende en gran medida el desarrollo de Internet. Las redes IP soportan paquetes de longitud variable que son enrutados utilizando un servicio de datagramas no orientado a la conexión (Cada paquete es enrutado independientemente). Por el contrario, ATM utiliza un paquete pequeño de longitud fija o celda, y enrutamiento orientado a la conexión de circuitos virtuales (VC).

En nuestro informe se pretende enfocar todos los parámetros que implican el cambio de tecnología ATM mediante transmisión de E1 (equivalente a 2,048 kilobits) al transporte basado en tecnología IP en la red de telefonía celular en Managua, lo cual contribuye a simplificar el diseño de la red reduciendo sustancialmente los gastos de infraestructura, optimizar el uso de ancho de banda y aprovechar velocidades de transmisión, no solo de voz sino de datos, textos e imágenes, entre otros beneficios como consecuencia de esta migración.

El cambio de tecnología para transporte de datos E1 para celdas telefónicas a transporte de datos IP, constituye una migración. Esta migración es un proceso que debe ser bien estructurado, el procedimiento de migración de equipos debe cumplir con instrucciones previamente creadas como cantidad de E1s a modificar, tiempo de modificación, pruebas de conectividad, etc. Estos procedimientos se realizan después que la entidad encargada de monitorear las celdas telefónicas, ha sido notificada del cambio, de tal manera que no se confunda una falla de comunicación con una migración de equipos.

Por otro lado, la entidad encargada de monitorear el transporte de datos de las celdas, es quien debe verificar que se cumple con el procedimiento, es decir; corroborar que el canal a cambiar sea el correcto y que el tiempo estimado de cambio no sea alterado, también se debe encargar del correcto funcionamiento del canal luego de la migración.

JUSTIFICACION

Como el avance de las tecnologías digitales va de la mano con el desarrollo de protocolos de transmisión, que en su gran mayoría manejan principios IP, y debido al aumento de tráfico digital en los canales de comunicación, se hace necesario un mejor monitoreo de los mismos. Capaces de ofrecer y cumplir con protocolos, servicios de comunicación relacionados con la calidad de servicios.

Nuestro trabajo se basa en una pequeña investigación como acceso a la información sobre la migración de la tecnología ATM hacia IP por lo cual nos basamos en el trabajo técnico que optó por implementar la compañía de telefonía móvil CLARO (Managua) para potenciar y ampliar las actuales arquitecturas, servicios y protocolos de comunicaciones que poseen.

Con lo antes expuesto, se da por manifiesto que este proceso investigativo se ejecuta con un propósito de aporte administrativo e informativo sin precedentes. No se pretende profundizar en los aspectos técnicos, diseño y estudio de los parámetros requeridos, ya que los mismos fueron contemplados en su momento.

Realizaremos la revisión de algunos de los más importantes conceptos, técnicas, ideas y mecanismos en protocolos de altas prestaciones para redes de tecnología ATM e IP.

OBJETIVOS

Objetivo General

“Determinar los procesos a seguir para realizar la migración de ATM a IP en una red de telefonía celular.”

Objetivos específicos

1. “Realizar una reseña de la tecnología ATM existente en la red de telefonía móvil en Managua.”
2. “Comparar las tecnologías ATM e IP identificando los parámetros que conllevan a la migración ATM hacia IP en la red de transporte de la telefonía celular en el área capitalina.”
3. “Enfocar en breve la solución contemplada para la ejecución de una migración de tecnologías ATM a IP en la telefonía móvil.”
4. “Describir en resumen la forma particular establecida por la compañía Ericsson para concertar la migración de ATM a IP en la red de acceso de radio en la telefonía celular en Managua.”

Capítulo 1: Tecnología ATM

1.1. - Introducción

La tecnología ATM se inició a principios de la década de los 80, en un momento en el que los investigadores estaban intentando desarrollar una tecnología que pudiera utilizarse para el intercambio tanto de voz como de datos. En el periodo comprendido entre 1985 y 1989 el CCITT (actualmente ITU-T Telecommunication Standardization Sector) (*Leon, 2010*) comenzó a desarrollar la RDSI-BA (Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha) definiendo la tecnología adecuada para este desarrollo.

ATM (modo de transferencia asíncrono) es una tecnología orientada a la conexión con una fase previa de establecimiento de circuitos virtuales. Esta tecnología incluye información de diferentes tipos, como audio, video y también forma la base para el B-ISDN, (Broadband - Integrated Services Digital Network). (*Sánchez, 2011*) La B-ISDN está diseñada para ser la red más inteligente, incorporando sistemas de control que permiten al proveedor iniciar una conexión dependiendo del tráfico de señales o el tipo de señales que están siendo transmitidas. Las implementaciones de ATM pueden transmitir datos desde 25 hasta 622 Mbps.

ATM surgió como modelo de referencia para integrar todos los servicios en una sola infraestructura; aportaba una red con QoS (calidad de servicio), rapidez, eficiencia y seguridad.

ATM está orientado a conexiones, es decir, dos usuarios en diferentes equipos pueden establecer un canal simultáneo, pero a diferencia a redes de circuito de "switchhead" como en la red telefónica, no se establecen apartando líneas físicas o anchos de banda particulares.

La conexión se hace por medio de multiplexado estadístico, que combina todos los canales y anchos de banda en la misma conexión física para los usuarios utilizando la red, esta función es transparente y les brinda canales, o "circuitos virtuales" separados.

La gran ventaja de ATM, es su potencial habilidad para mezclar diferentes tipos de redes (voz, vídeo, datos, etc.) en una gran red físicamente no canalizada, lo cual se podía lograr empleando la conmutación de Paquetes de dimensiones pequeñas y fijas. Usando un método de multiplexar las células en ATM, define el concepto de modo de transferencia asincrónica, donde el término asincrónica se refiere a la habilidad de la red de enviar datos asociados con una conexión sólo mientras existan dichos datos. (Sánchez, 2011)

1.2. – Aspectos generales de ATM

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) es la base de un estándar Internacional propuesto como un sistema de conmutación de paquetes para el transporte de datos basado en células de longitud fija y de pequeño tamaño (53 octetos). Tal como se observa en la Fig. 1.1.

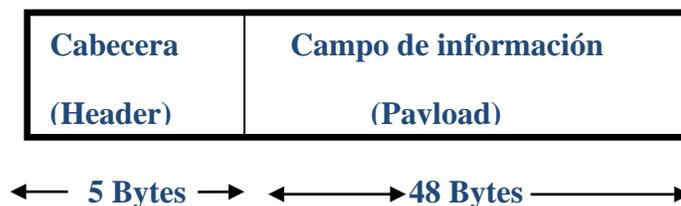


Fig. 1.1: Diagrama de la estructura de celda ATM (Sánchez, 2011)

El encabezado o cabecera ATM puede ser comprimido o expandido por los estándares ATM de la estación base. Un ejemplo de esto son los 2 bytes que contienen 12 bit para VCI (Virtual Chanel Identifier) y 4 bit de control.

La movilidad debe ser tan transparente como sea posible para las partes extremas y la localización de los VCI deberá permanecer válida cuando el móvil se desplace a través de los diferentes pico-celdas con el mismo dominio.

1.3. – Características de ATM

Las unidades móviles en la celda se comunican con sólo una estación de radio base o RBS (Radio Base Station, por sus siglas en inglés) que sirve a una celda en particular. El rol básico de una RBS es la interconexión entre redes LAN, WAN, MAN y subredes inalámbricas, además la transferencia y conversión de paquetes a redes ATM inalámbricas desde unidades móviles. (*simulador de trafico, 2010*) Entre las principales características tenemos las siguientes:

- **Conmutación de paquetes a alta velocidad**

La tecnología de transmisión por conmutación de paquetes proporciona multiplexación estadística de paquetes en el medio de transporte. Esto es ideal para datos a ráfagas a velocidad variable (VBR: Variable Bit Rate), pero para velocidades constantes de bits como voz y video puede causar un retardo relativamente alto. (*simulador de trafico, 2010*)

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

En ATM, el ancho de banda disponible se divide en pequeños paquetes portadores de información de tamaño fijo llamados células. (*Reza, 2009*) Estas células se asignan a los diferentes servicios sobre demanda, de tal forma que un usuario utilizará sólo el ancho de banda requerido para la transferencia de su información en cada instante.

Físicamente una red de conmutación de paquetes consta de un conjunto de nodos de conmutación interconectados, la misión de éstos es encaminar a los paquetes para que lleguen a su destino.

- **Tipos de conexiones virtuales**

ATM provee servicios orientados a la conexión. Para comunicarse con un nodo remoto, un host debe solicitar a su switch local el establecimiento de una conexión con el destino.

Una trayectoria virtual contiene un cierto número de canales virtuales (*simulador de tráfico atm*) y un enlace de transmisión físico puede tener varias trayectorias virtuales.

El canal virtual y la trayectoria virtual se detectan por unos identificadores ubicados en el encabezamiento de las células llamados VCI (Virtual Channel Identifier) y VPI (Virtual Path Identifier) Estas conexiones pueden ser de dos naturalezas: Switched Virtual Circuits (SVC) o Permanent Virtual Circuits (PVC).

- **SVC:** Es el enlace conmutado que se define de acuerdo a la demanda de transmisión.
- **PVC:** Son los enlaces permanentes que se define para dos nodos.

- **ATM Cell Transport**

En cuanto al transporte de información, ATM usa tramas de tamaño fijo que reciben el nombre de celdas. El hecho de que todas las celdas sean del mismo tamaño permite construir equipos de switching de muy alta velocidad. (*Sánchez, 2011*) Dentro del encabezado se coloca el par VPI/VCI que identifica al circuito entre extremos, información de control de flujo y un CRC.

La conexión final entre dos nodos recibe el nombre de Virtual Channel Connection o VCC. Una VCC se encuentra formada por un conjunto de pares VPI/VCI.

1.4. – Tecnología ATM

Las especificaciones ATM están siendo escritas para asegurar que esta facilite su integración con numerosas tecnologías de redes existentes en diversos niveles (FRAME RELAY, ETHERNET, TCP/IP, etc.).

La tecnología ATM usa un método bastante flexible para transportar diferentes tipos de información (Por ejemplo voz, datos y video), entre los dispositivos de una red de área local (LAN), de una red de área amplia WAN o entre ambas inclusive, mediante el intercambio de células (CELL SWITCHING), las cuales son de tamaño pequeño y fijo.

- **Arquitectura de un nodo ATM**

La arquitectura de un nodo ATM posee características particulares tales como:

- Los paquetes son pequeños y de tamaño constante.
- Es una tecnología de naturaleza conmutada y orientada a conexión.
- Los nodos que componen una red no tienen mecanismos para el control de errores o control de flujo.
- La cabecera de las células tiene una funcionalidad limitada.

Una red ATM está compuesta por nodos de conmutación, (Sánchez, 2011) elementos de transmisión y equipos terminales de usuarios. Los nodos son capaces de encaminar la información empaquetada en células a través de unos caminos conocidos como Conexiones de Canal Virtual.

El encaminamiento, en los nodos conmutadores de células, es un proceso hardware, mientras que el establecimiento de conexiones y el empaquetamiento/desempaquetamiento de las células son procesos software. Tal como se muestra en la fig.1.2.

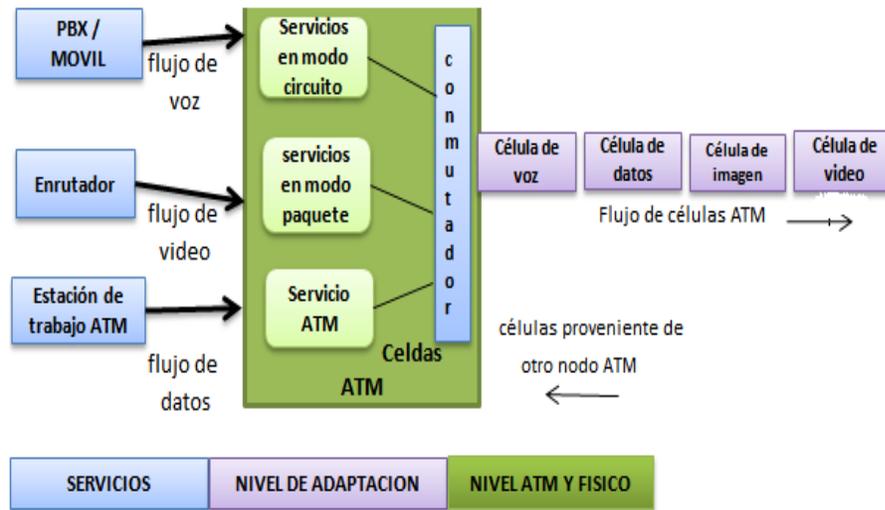
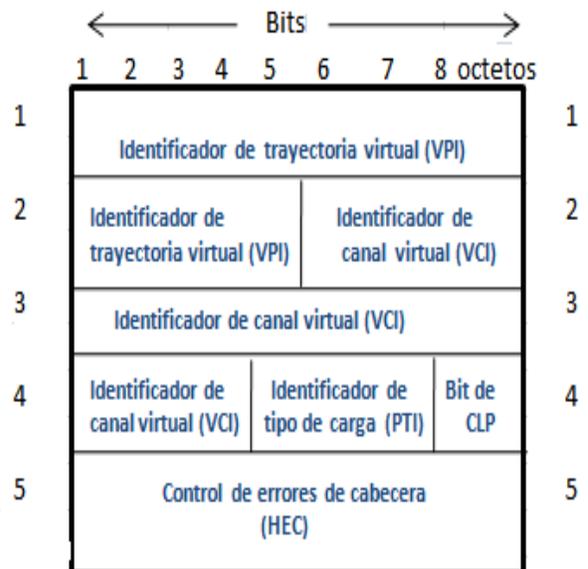
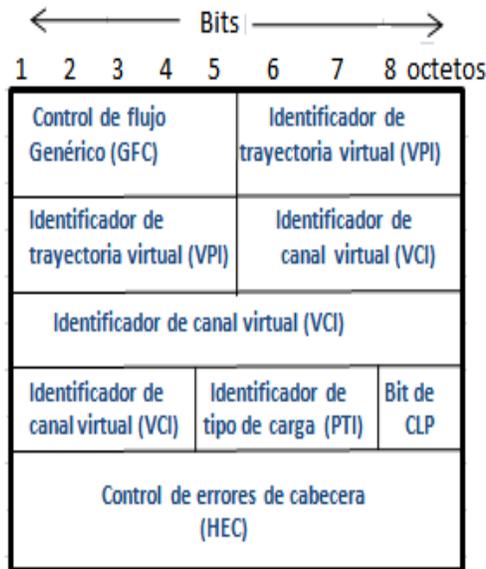


Fig.1.2:Funcionamiento de un nodo ATM
(Sánchez, 2011)

- **Células ATM**

Las células constituyen la unidad de transferencia en las redes ATM. Hay dos tipos de cabeceras, en donde se ubica la celda y son (detalladas en la fig.1.3 – 1.4):

- Cabecera para interface usuario a red (User Network Interface – UNI), para celdas en la UNI.
- Cabecera para interface red a red (Network to Network Interface)



CLP: Prioridad de pérdida de celdas

Fig.1.3: Estructura detallada de la cabecera de la Celda ATM – Tipo UNI (*simulador de trafico atm*)

Fig.1.4: Estructura detallada de la cabecera de la celda ATM – Tipo NNI

Las celdas ATM pueden ser transportadas en redes SONET (Synchronous Optical Network,) SDH (Synchronous Digital Hierarchy,) E3, EI o aún en módems de 9600 bps.

Una red ATM está formada por conmutadores ATM conectados entre sí utilizando un interfaz denominado Interfaz de Nodo de Red (NNI, Network Node Interface). Los terminales están conectados a la red a través de un interfaz denominado Interfaz de Usuario (UNI, User Network Interface).

Asimismo, constituye un elemento esencial la capa de adaptación ATM (AAL) que permite la conversión de los mensajes de usuario en una secuencia de celdas ATM y viceversa.

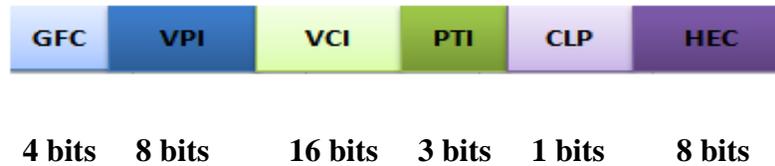


Fig.1.5: Campos del encabezamiento de una célula ATM (Sánchez, 2011)

GFC (Generic Flow Control), Control Genérico de Flujo (4 bits). Este campo de 4 bits no aparece en el encabezamiento de las células internas de la red, sino solamente en la interfaz usuario-red. Por lo tanto, sólo puede ser usado para el control de flujo en la interfaz local usuario-red.

- **VPI** (Virtual Path Identifier), Identificador de Trayectoria Virtual (8 bits).
- **VCI** (Virtual Channel Identifier), Identificador Virtual de Canal (16 bits).

Cada célula presenta un campo VPI y otro VCI. El conjunto de ambos especifica a un Canal Virtual (VC) que es una representación de una conexión unidireccional entre dos usuarios. El primero identifica la Ruta Virtual (Virtual Path) y el segundo un Canal Virtual (Sánchez, 2011) (Virtual Channel) específico dentro de cada VP. El campo PT (Payload Type) se usa para indicar el tipo de información contenida en el campo de carga de datos de la célula.

PTI (Payload Type Identifier), Identificador de Tipo de Carga Útil (3 bits). El campo se usa para indicar el tipo de información contenida en el campo de carga de datos de la célula.

CLP (Cell Loss Priority), Prioridad en la pérdida de Células (1 bit) lo emplea el emisor para especificar la prioridad deseada de descarte de células en el caso de congestión en la red. Un CLP=1 indica que la célula es de baja prioridad y por lo tanto descartable.

Un valor de 0 indica una célula de mayor prioridad relativa, que no debe ser desechada a no ser que no quede alternativa.

HEC (Header Error Control), Control de Error de Encabezamiento (8 bits). Es un código de redundancia cíclico usado para detectar errores en la cabecera. A continuación de la cabecera vienen 48 bytes de carga útil. Si se detectan errores múltiples, la célula es descartada. Si el encabezamiento es correcto, se puede proceder inmediatamente a la conmutación. Células vacías también son descartadas y se caracterizan por que su VPI/VCI es cero.

- **Interfaces ATM**

Hay dos tipos de interfaces las cuales se presentan en la figura 1.6 y son:

- Interface usuario a red
- Interface red a red

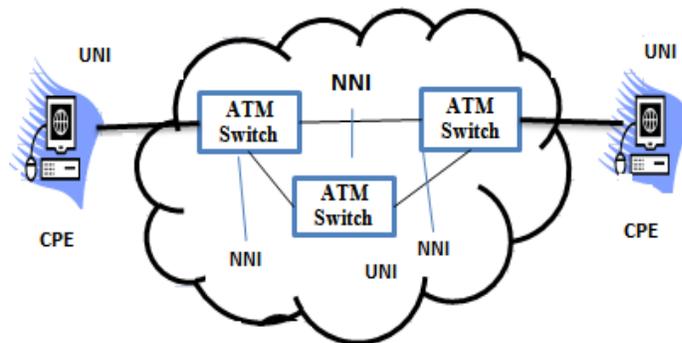


Fig.1.6: Ubicación de las interfaces UNI y NNI (*simulador de trafico atm*)

Interface Usuario a Red (User to Network Interface - UNI)

El dispositivo localizado en el punto extremo de una red ATM está conectado al conmutador a través de la interface de usuario – red (User to Network Interface - UNI), la cual representa la conexión del usuario al conmutador. Existen dos categorías de UNI y son:

a) UNI Privada (P-UNI)

Es una interface entre un dispositivo terminal y un conmutador de red privada que se encuentra a menudo en el ambiente LAN.

b) UNI Pública (P-UNI)

Es una interface entre un dispositivo terminal y una red pública conmutada. También se conoce como UNI Pública la interface entre la red privada ATM y la red pública. Sus requerimientos son más rigurosos que los de la UNI Privada.

c) Especificación de la interface privada de red a red (PNNI)

Esta norma define un protocolo que permite a los conmutadores establecer circuitos virtuales conmutados entre dos terminales ATM, de igual o diferentes marcas, que cumplan con la norma PNNI.

Interface Red a Red (Network to Network Interface)

Las interfaces de red a red (Network to Network–NNI) se usan para conectar conmutadores ATM a otros conmutadores ATM, tal como en el caso de las UNI, hay NNI Privadas y NNI Públicas:

a) Una NNI privada (P-NNI)

Es la interface entre dos Switches ATM privados.

b) Una NNI pública

Es la interface entre los dispositivos de conmutación de una red ATM pública. Una NNI pública crea una red WAN ATM.

Los conmutadores son responsables de determinar automáticamente las diferencias entre las interfaces UNI y NNI, así como de configurar sus parámetros.

1.5. – Arquitectura ATM

En la arquitectura ATM, el modelo de referencia ATM es diferente al del modelo OSI y también al del modelo TCP/IP. El modelo ATM se apoya en las capas Física, ATM y de Adaptación ATM, (Reza, 2009) cada una de ellas con una serie de funciones específicas para permitir la transferencia de células.

Por encima de esas tres capas se pone cualquier cosa que los usuarios quieran. Dos de esas capas están relacionados con las funciones ATM AAL y ATM). Una de ella que es común para todos los servicios (ATM), la cual tiene la capacidad de transferencia de paquetes y la segunda (AAL) que es dependiente del servicio.

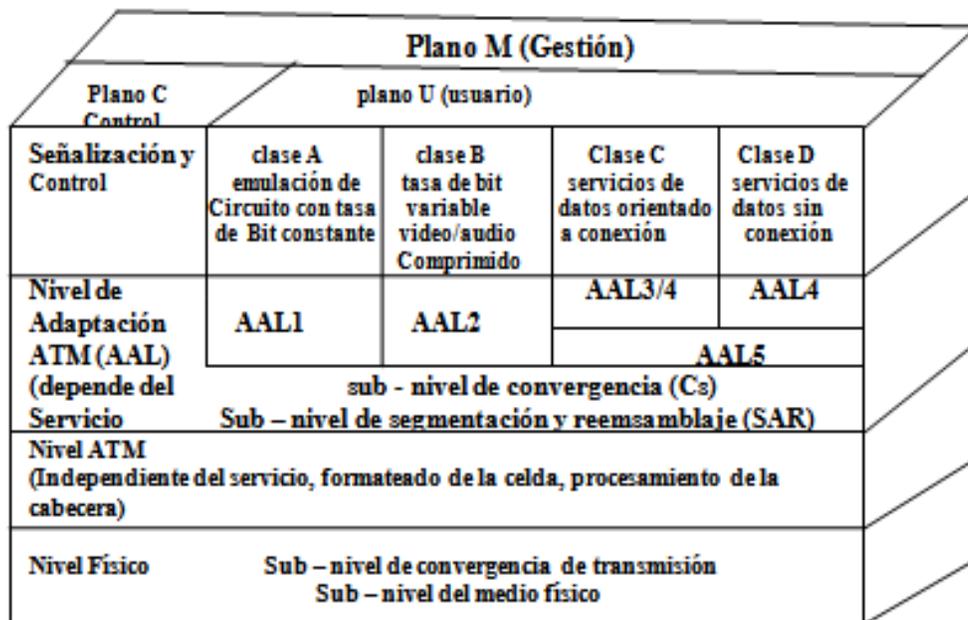


Fig.1.7: Modelo de referencia ATM (Sánchez, 2011)

El modelo de referencia ATM está compuesto por los siguientes planos:

- **Plano C** (control): Este plano es responsable de generar y gestionar las demandas de señalización.
- **Plano U** (usuario): Responsable de gestionar la transferencia de datos.
- **Plano M** (gestión): Contiene dos componentes:
 - Gestión de capas: Gestiona funciones específicas de las capas, como detección de fallos y problemas del protocolo.
 - Gestión de planos: Gestiona y coordina funciones relacionadas con el sistema completo.

La capa AAL solo existe en los extremos terminales de la red, donde se localizan los conmutadores terminales a través de los cuales los usuarios acceden a ella. En el interior de la red se encuentran los conmutadores de tránsito. Obsérvese la Fig.1.8.

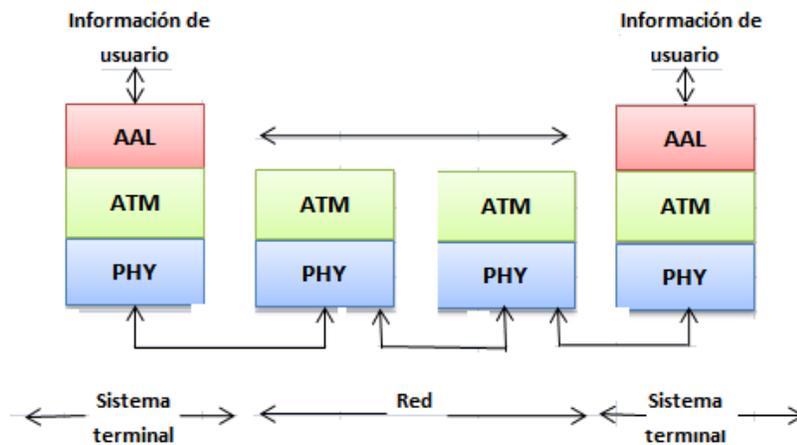


Fig.1.8: Estructura de ATM (Sánchez, 2011)

- **Capa Física**

La capa física tiene que ver con el medio físico: voltajes, temporización de bits y varias consideraciones más. Las células ATM se pueden enviar por si solas por un cables o fibra óptica o bien se pueden empaacar dentro de la carga útil de otros sistemas portadores. ATM se diseñó para que fuera independiente del medio de transmisión. (*Leon, 2010*)

Los conmutadores ATM están diseñados para permitir a todos los puertos comunicarse transparentemente e independiente de la velocidad física. Esto permite que la conexión física esté acoplada con los requerimientos de ancho de banda del dispositivo conectado.

Cada conexión física al conmutador ATM es un enlace dedicado y todos los enlaces pueden estar simultáneamente activos; Los conmutadores ATM están diseñados para permitir a todos los puertos comunicarse transparentemente e independiente de la velocidad física.

El nivel físico (PHY), proporciona al nivel ATM los medios para transportar celdas ya configuradas. Está dividido en dos subniveles:

La subcapa PMD (Physical medium dependent, dependiente del medio físico) establece la interfaz con el cable real; transfiere los bits y controla su temporización y esta información la transmite al nivel de Adaptación (AAL). Esta capa es diferente para diferentes portadoras y cables.

La subcapa TC (convergencia de transmisión). Cuando se transmiten las celdas, la capa TC las envía como una corriente de bits a la capa PMD. En el otro extremo, la subcapa TC obtiene una corriente entrante de puros bits de la subcapa PMD; su trabajo es convertir esta corriente de bits en una corriente de celdas para la capa ATM. La subcapa TC se encarga de todas las consideraciones que se relacionan con determinar dónde empiezan y donde terminan las celdas en la corriente de bits. (En OSI esta tarea es de la capa de enlace de datos).

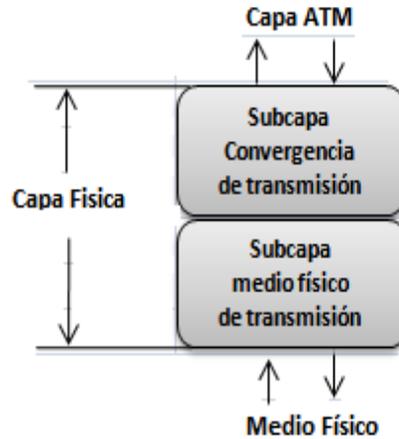


Fig.1.9: División de la capa física en dos subcapas (*simulador de trafico atm*)

La UIT ha estandarizado la transmisión de células ATM a través del medio físico en:

- Tramas SDH
- Tramas PDH.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy): La Jerarquía Digital Sincrónica se puede considerar como la evolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados. La jerarquía SDH se desarrolló en EEUU bajo el nombre de SONET y posteriormente el CCITT en 1989 publicó una serie de recomendaciones donde quedaba definida con el nombre de SDH.

La trama básica de SDH es el STM-1 (Synchronous Transport Module level 1), con una velocidad de 155 Mbps. Cada trama va encapsulada en un tipo especial de estructura denominado contenedor. Una vez se ha encapsulado se añaden cabeceras de control que identifican el contenido de la estructura y el conjunto, después de un proceso de multiplexación, se integra dentro de la estructura STM-1.

A estos contenedores se les añade una información adicional denominada tara de trayecto (Path overhead), que son bytes utilizados con fines de mantenimiento de la red, dando lugar a la formación de los denominados contenedores virtuales (VC).

- **Capa ATM**

La capa ATM tiene que ver con las celdas y su transporte; define la organización de las celdas y dice lo que significan los campos de encabezado. Esta capa también tiene que ver con el establecimiento y la liberación de circuitos virtuales y aquí es donde se localiza el control de la congestión. (*Red atm*)

La capa ATM se orienta a conexiones, tanto en términos del servicio que ofrece como de la manera en que operan internamente. El elemento básico de la capa ATM es el circuito virtual.

Las conexiones lógicas en la capa ATM, están basadas en el concepto de trayectoria Virtual (Virtual Path) y Canal Virtual (Virtual Channel), que es la unidad básica de conmutación y se establece entre dos usuarios de la red en el proceso de establecimiento de la conexión. Ver Figura 1.10.



Fig.1.10: Relación entre Trayectoria de Transmisión, Trayectorias Virtuales y Canales Virtuales (*Leon, 2010*)

Una trayectoria de transmisión puede contener varias trayectorias virtuales, cada una de las cuales puede contener varios circuitos virtuales como se muestra en la fig.1.11.

El empleo de VP y VC producen:

- Simplificación de la arquitectura de la red, ya que las acciones son separadas en aquellas relacionadas con una conexión lógica individual (VC) y las relacionadas con VP.
- Incrementa el rendimiento de la red, pues esta trata con menor número de entidades. Reducción de los tiempos de establecimiento de la conexión, pues la adición de un VC a un VP existente implica un procesamiento mínimo.

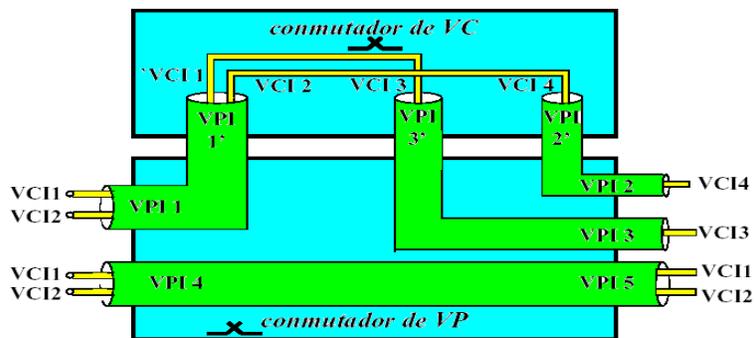


Fig.1.11: Conmutador de VP y de VC (Sánchez, 2011)

- **Capa AAL (ATM adaptation layer)**

La **capa AAL** permite a los usuarios enviar paquetes mayores a una celda, segmenta los paquetes, transmite las celdas de forma individual y las reensambla en el otro extremo. Cuando una trama o flujo de bits, (*Red atm*) cualquiera que sea su origen (voz, datos, imagen o vídeo), entra en una red ATM, el nivel de Adaptación la segmenta en celdas.

El proceso comienza inmediatamente cuando la primera parte de la trama entra en el conmutador de acceso a la red ATM; no hay que esperar hasta que la trama entera haya llegado.

AAL soporta cuatro tipos de servicios tal como se muestra en la Fig.1.7. Del Modelo de referencia ATM tales como:

1. **Clases A.** Maneja servicios de flujo constante de bit, por ejemplo una llamada de voz a 64 Kbps. Se trata de una emulación de circuito conmutado.
2. **Clase B.** Maneja servicios de tasa de bit variable, por ejemplo el video comprimido.
3. **Clase C.** Maneja servicios orientados a conexión, proporciona servicios en modo paquete, con velocidad binaria variable entre origen y destino.
4. **Clase D.** Maneja servicios no orientados a conexión, proporciona servicios en modo paquete, con velocidad binaria variable entre origen y destino.

La capa AAL es una capa extremo a extremo, tal como se muestra en la Fig.1.12, donde se observa que existen cuatro capas AAL diferente para los diferentes servicios y estas son:

- AAL-1
- AAL-2
- AAL-3/4
- AAL-5

- **AAL-1**

Se usa para transferir tasas de bits constantes que dependen del tiempo. Debe enviar por lo tanto información que regule el tiempo con los datos. Emula la conmutación de circuitos, para ello resuelve dos efectos naturales de ATM:

- La pérdida de células.
- El retardo variable del tiempo de entrega de las células.

AAL-1 resuelve el retardo variable de la entrega compensándola con un “buffer” que amortigua estas variaciones, los segmentos AAL-1 contienen de 46 a 47 bytes de carga útil, aunque pudieran ser menor en caso necesario por acuerdo de las partes, también recupera el reloj de la fuente en el receptor.

Sus aplicaciones están en la transmisión de voz y video en servicios isócronos.

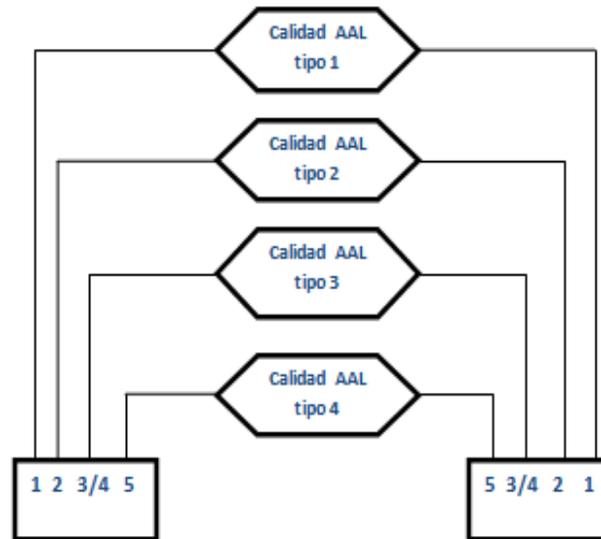


Fig.1.12: Capa AAL, soportando diferentes grado de servicio entre ambos extremos.

(Sánchez, 2011)

- **AAL-2**

Se usa para transferir datos con tasa de bits variable que dependen del tiempo. Es un servicio orientado a conexión en tiempo real y para esto envía la información del tiempo conjuntamente con los datos para que esta pueda recuperarse en el destino, pues necesita sincronización aunque no a velocidad constante.

AAL-2 provee recuperación de errores e indica la información que no puede recuperarse. Una aplicación típica se tiene en servicios de voz y video comprimido. Emplea un campo de número de secuencia en cada célula y un campo de tipo de información. También emplea CRC para la detección de errores en todas las células.

- **AAL-3/4**

Se diseñan para transferir los datos confiables no sensibles a la demora con tasa de bits variable y que son independientes del tiempo.

Entre sus características se tienen:

- Orientados a la conexión o no.
- Proporciona velocidad de acceso variable.
- No permite una relación temporal entre usuarios.
- Apropia para la transmisión de datos insensibles al retardo, ejemplo transferencia de archivos.
- Permite la multiplexación de niveles superiores en el mismo CVC.

- **AAL-5**

Soporta servicios VBR orientados a conexión, y se utiliza principalmente para transferir IP convencional por tráfico ATM y LANE. AAL5 usa SEAL y es la menos compleja de las recomendaciones AAL actuales. (Red atm) Ofrece una baja sobrecarga en el ancho de banda y requisitos de procesamiento más simples, a cambio de una capacidad de ancho de banda reducida y recuperación de errores.

1.6 - Clases de servicios ATM

La tecnología ATM fue diseñada y desarrollada para soportar e integrar varias clases de servicio. Estos servicios genéricos son proporcionados por cuatro tipos de AAL, que introducen niveles específicos de protocolo, para proporcionar la calidad de Servicio (*QoS*) adecuada para cada tipo de tráfico.

Las clases de servicio que normalizadas por la ITU-T son cuatro: DBR (Deterministic Bit Rate) SBR (Statistic Bit Rate) ABR (Avaliable Bit Rate) y ABT (ATM Block Transfer) Además de las clases de servicio recomendadas por la ITU-T, el ATM Forum especifica un conjunto de Categorías de Servicio (CoS), (*Cervelló, 2008*) algunas de ellas equivalentes a las capacidades de servicio mencionadas anteriormente. Las categorías de servicios comúnmente usadas por los proveedores son las siguientes:

La clase CBR (Constant bit Rate) proporciona una velocidad de acceso constante y una relación sincronizada entre los usuarios; en otras palabras es un servicio que emula las prestaciones de un circuito. Es equivalente a la DBR de la ITU-T.

La clase VBR (Variable Bit Rate) se divide en dos subclases, la de tiempo real (RTVBR) y la de tiempo no real (NRT-VBR), respectivamente. La RT-VBR es para servicios que tienen una tasa de bits variables en combinación con requisitos estrictos de tiempo real.

La otra subclase de VBR es para tráfico en el que la entrega a tiempo es importante pero la aplicación puede tolerar una cierta cantidad de fluctuación. Equivalente a la SBR de la ITU-T.

La clase ABR (Avaliable Bit Rate) se diseñó para tráfico a ráfagas cuya gama de ancho de banda se conoce aproximadamente. Permite a los usuarios finales pedir a la red cuánto ancho de banda es necesario para una conexión dada pero evita tener que comprometerse con un ancho de banda fijo. (*Red atm*)

La ABR es la única categoría de servicio en la que la red proporciona tasa de retroalimentación al transmisor solicitándole que disminuya la velocidad al ocurrir congestiones mediante las denominadas células RM.

La clase UBR (Unspecified Bit Rate) No garantiza ni el caudal de tráfico ni el retardo. Esta categoría se adapta bien al envío de paquetes IP, puesto que IP tampoco hace promesas respecto a la entrega.

1.7.- Parámetros de Calidad de Servicio

Los parámetros de calidad de servicio ATM de una fuente describen las características inherentes a dicha fuente. (Sánchez, 2011) Un juego de estos parámetros permite caracterizar el tráfico de una fuente que junto con la tolerancia de variación en la demora de las células transmitidas permite caracterizar una conexión ATM.

Parámetros negociados entre la aplicación y la red:

- CTD (cell transfer delay): retardo total de la celda desde que sale del origen hasta que llega al destino.
- CLR (cell loss ratio): se define como el tiempo transcurrido entre el envío de una celda por parte del emisor hasta su recepción en destino. Este retraso es la acumulación de los retrasos acumulados en cada nodo y enlace de la red.
- CDV (cell delay variation): mide la variación del retardo total de las celdas de una conexión.

1.8 – Ventajas y desventajas de ATM

A T M	
Ventajas	Desventajas
Garantiza QoS	Poco eficiente en cuanto al ancho de banda
Posee gestión de red y control de tráfico	Falta de escalabilidad
Enrutamiento orientado a conexión y sin conexión	Complejidad
Velocidades de accesos flexible	Costos más elevados
Simplifica el control de la red	Falta de nivel de proceso
Compatibilidad con otros medios físicos	La congestión causa pérdida de celdas
Rápida conmutación	

Cuadro 1: Ventajas y desventajas de ATM

Capítulo 2: Comparación de tecnologías ATM e IP – Parámetros para la migración

2.1 – El Protocolo IP

El protocolo de transmisión IP (Internet Protocol) es utilizado para comunicación de equipos en una red, debe ser utilizado tanto en el equipo inicial como final. (*Leon, 2010*) Este protocolo se encarga de que un equipo determinado pueda compartir información con una o varias redes, dependiendo de la configuración que se asigne.

A mediados de los 90, el Protocolo IP fue conquistando terreno como protocolo de red ante otras arquitecturas que se encontraban en uso como SNA, IPX, AppleTalk, OSI, etc.

IP es un protocolo orientado a datagramas que trata cada paquete de manera independiente, de modo que cada paquete deberá contener toda la información necesaria para ser encaminado de manera correcta. No tiene garantías de entrega de paquetes ni garantías de integridad en la información recibida, ya que ni emplea el checksum para comprobar el contenido del paquete, ni posee mecanismos de confirmación para determinar si el paquete ha alcanzado su destino. (*Reza, 2009*)

El protocolo IP (*Leon, 2010*) determina el destinatario del mensaje mediante 3 campos:

- El campo de dirección IP: Dirección del equipo
- El campo de máscara de subred: una máscara de subred le permite al protocolo IP establecer la parte de la dirección IP que se relaciona con la red.
- El campo de pasarela predeterminada: le permite al protocolo de Internet saber a qué equipo enviar un datagrama, si el equipo de destino no se encuentra en la red de área local.

2.1.1 – Datagrama IP

El datagrama IP es la unidad de transferencia en las redes IP. Básicamente consiste en una cabecera IP y un campo de datos para protocolos superiores. (*Leon, 2010*) El datagrama IP está encapsulado en la trama de nivel de enlace, que suele tener una longitud máxima (MTU, Maximum Transfer Unit), dependiendo del hardware de red usado. Para Ethernet, esta es típicamente de 1500 bytes. En vez de limitar el datagrama a un tamaño máximo, IP puede tratar la fragmentación y el reensamblado de sus datagramas.

		32 bits	
Versión (4 Bits)	Longitud del encabezado (4 Bits)	Tipo de servicio (8 bits)	Longitud total (16 bits)
Identificación (16 bits)		Indicador (3 bits)	Margen del fragmento (13 bits)
Tiempo de vida (8 bits)	Protocolo (8 bits)	suma de comprobación del encabezado (16 bits)	
Dirección IP de origen (32 bits)			
Dirección IP de destino (32 bits)			
Datos			

Fig.2.1: Formato del datagrama IP (*Leon, 2010*)

En la versión 4 de IP, el espacio de direcciones está limitado a 32 bits. Una dirección comienza con un número de red, (*Leon, 2010*) empleado para el routing, seguido de una dirección local, para la red interna. Bajo estas direcciones, también se sustenta la posibilidad de enviar paquetes-datagramas en modo Multicast (a todos los miembros de un grupo de la red) y Broadcast (a todos los miembros de la red).

Actualmente, a causa de la escasez de direcciones IP, se baraja la alternativa de ampliar la versión 4 de IP. A esta alternativa la llaman IPv6 o IPng (Next Generation Internet protocol). Diseñado por el IETF, esta solución mantiene todas las funciones utilizadas en IPv4, y el resto se quitan o se hacen opcionales. Con todo ello, se intentan solucionar algunos problemas que presenta la versión 4 añadiendo un mayor espacio de direccionamiento pasando así de 32 a 128 bits, un sistema de seguridad.

2.1.2 – Arquitectura de encaminamiento IP

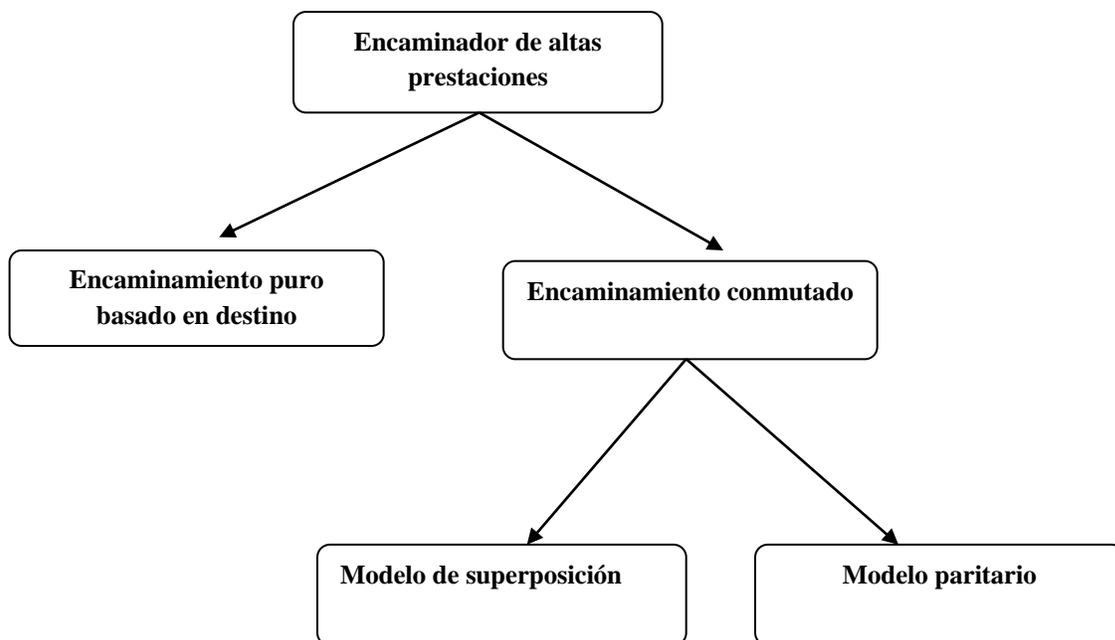


Fig.2.2: Encaminamiento IP (Reza, 2009)

El encaminamiento puro basado en destino: Está completamente basado en la arquitectura de dispositivos de encaminamiento convencional, pero resuelve el cuello de botella en los dispositivos de encaminamientos tradicionales modificando la arquitectura de la backbone. La gran mejora, es la posibilidad de poder efectuar envíos simultáneos de paquetes.

El encaminamiento conmutado: simplifica el proceso de búsqueda en la tabla utilizando etiquetas cortas de tamaño fijo, en lugar de los prefijos IP grandes de longitud variable.

Como se puede observar en la fig.2.1 el encaminamiento conmutado se puede clasificar en:

- **Modelo de superposición (overlay):** En este caso, los conmutadores ATM no son conscientes de las direcciones IP y de los protocolos de encaminamiento IP. Este modelo superpone una red IP encima de una red ATM, creando (Leon, 2010) dos infraestructuras de red con dos esquemas de direccionamiento y dos protocolos de encaminamiento.

Modelo paritario (peer-to-peer): Utiliza las direcciones IP existentes (o las direcciones ATM derivadas algorítmicamente) para identificar los sistemas finales y utiliza los protocolos de encaminamiento IP para establecer conexiones ATM.

2.1.3 - Direccionamiento IP y Enrutamiento:

Quizás los aspectos más complejos de IP son el direccionamiento y el enrutamiento. El direccionamiento se refiere a la forma como se asigna una dirección IP y como se dividen y se agrupan subredes de equipos. (*Montilla*)

El enrutamiento consiste en encontrar un camino que conecte una red con otra y aunque es llevado a cabo por todos los equipos, es realizado principalmente por enrutadores que no son más que computadores especializados en recibir y enviar paquetes por diferentes interfaces de red, así como proporcionar opciones de seguridad, redundancia de caminos y eficiencia en la utilización de los recursos.

2.1.4 – Calidad de Servicios (QoS) en Redes IP

Uno de los requisitos principales para que el proceso de migración hacia la red única se desarrolle con éxito es que las tecnologías de conmutación de paquetes permitan ofrecer servicios de tiempo real, típicamente la voz, (*Montilla*) asegurando a los usuarios los mismos niveles de calidad que les ofrecen hoy en día las arquitecturas basadas en conmutación de circuitos.

2.1.4.1 Clasificación de QoS en redes IP

* **Guaranteed** - El servicio garantizado es utilizado para requerir un retardo máximo extremo-a-extremo. Se trata de un servicio análogo al CBR en ATM.

* **DiffServ** - El servicio diferenciado utiliza la capacidad de particionar el tráfico en la red con múltiples prioridades o ToS (Type of Service). Se dispone de 3 bits de precedencia para diferenciar las aplicaciones sensibles a la congestión (se brindan mediante el encabezado del protocolo IPv4). (*Rivero, 2010*)

* **Best-effort** -Este es un servicio por defecto que no tiene en cuenta las modificaciones por la QoS. Se trata de una memoria buffer del tipo FIFO; trabaja sobre redes LAN y redes corporativas. Esta norma no garantiza la calidad de servicio QoS.

La QoS en redes IP puede ser caracterizada por un pequeño conjunto de parámetros medibles, relevantes para el tráfico de tiempo real.

- Disponibilidad de Servicio
- Retardo. (“*están constituidos por retardo de propagación y de transmisión*”) Intervalo entre transmisión y recepción de un paquete entre dos puntos.
- Variación de retardo. Conocido como jitter referido a la variación del tiempo que tardan los distintos paquetes en una ruta.
- Throughput. Tasa en la cual los paquetes pueden ser transmitidos en una red, puede ser expresado en términos de valor máximo o promedio.
- Tasa de pérdida de paquetes.

2.1.5 - Jitter y Buffer de Jitter

Los efectos de latencia (*es la suma de los retardos en la red*) de los paquetes en una red IP provocados por el tiempo que el paquete permanece circulando en la red, hacen necesario contar con un método que controle la regularidad del arribo de los paquetes.

Típicamente, la fuente de voz genera paquetes a una tasa constante, cosa que también deberá suceder a la (*Reza, 2009*) llegada, para que los algoritmos de compresión (CODECs) funcionen adecuadamente.

La solución a este problema es crear un "jitter buffer" (guarda los datos en memorias buffer, lo cual introduce un retardo aún mayor) a la salida de la media/access gateway.

Este algoritmo provoca un retardo deliberado en el flujo de paquetes, de tal modo que el CODEC reciba los paquetes a una tasa constante.

Además reordena los paquetes de acuerdo al protocolo RTP. El diseño de este buffer es especialmente delicado, ya que responde al compromiso entre retardo y calidad.

2.1.6 – Diffserv (servicios diferenciados)

Proporcionan un método que intenta garantizar la calidad de servicio en redes de gran tamaño, como puede ser Internet. Analiza varios flujos de datos en vez de conexiones únicas o reservas de recursos. Esto significa (*Rivero, 2010*) que una negociación será hecha para todos los paquetes que envía una organización, ya sea una universidad, un proveedor de servicios de internet o una empresa.

Los contratos resultantes de esas negociaciones son llamados Acuerdos de Nivel de Servicio (SLA), e inevitablemente implican un intercambio oneroso. Estos SLA especifican que clases de tráfico serán provistos, qué garantías se dan para cada clase y cuántos datos se consideran para cada clase.

Los paquetes entran en la red de tránsito con una determinada marca, indicativa de la calidad de servicio de que son acreedores, en función de que cumplan o no con el contrato de tráfico previamente establecido, que va a condicionar el tratamiento que los nodos y enlaces les otorguen. (*Rivero, 2010*)

2.1.7 – Clases de servicio IP

Para prioridad del tráfico son 3 bits y 12 bits de identificación VLAN. CoS se logra mediante 3 bits que se ingresan en un campo adicional de 4 bytes dentro de un protocolo Mac; estos 3 bits permiten ajustar un umbral en el buffer de entrada y salida del switch LAN para descarga de paquetes.

El mecanismo de CoS (clase de 0 a 7) desde alta a baja prioridad; se componen de las colas de recepción y transmisión. El umbral para extraer los paquetes de la cola de recepción son:

CoS 0/1: umbral del 50% (máxima prioridad)

CoS 2/3: umbral del 60%

CoS 4/5: umbral del 80%

CoS 6/7: umbral del 100% (mínima prioridad)

2.1.8 –Trama E1

E1 o Trama E1 es un formato digital. La trama E1 consta en 32 divisiones (time slots) PCM (Pulse Code Modulation) con una velocidad de 64k cada una, lo cual hace un total de 30 líneas de teléfono normales más 2 canales de señalización, en cuanto a conmutación. Señalización es lo que usan las centrales para hablar entre ellas y decirse que es lo que pasa por el E1. (*Montilla*)

El ancho de banda se puede calcular multiplicando el número de canales, que transmiten en paralelo, por el ancho de banda de cada canal:

Canales x (Ancho por canal) = 32 canales x 64 Kb = 2048 Kb (que es la velocidad del canal también conocida como trama 2Mb/s)

Al cambio de tecnología de E1 a IP para celdas telefónicas se refiere a la nueva forma en que las celdas telefónicas son conectadas a la red de transmisión para comunicarse con las centrales de conmutación de datos.

E1 se conecta por medio de un equipo de transmisión que actúa como canal de forma transparente, sin incurrir en la información que las (Cervelló, 2008) celdas transmiten. Este canal es monitoreado y controlado con base a parámetros técnicos propios de los equipos de comunicación y sus plataformas de gestión.

Existen dos formas de enviar la señalización de los canales de telefonía por transmisión E1:

- Señalización por canal asociado: Requiere la disponibilidad de un canal exclusivo para tareas de señalización.
- Señalización por canal común: conjunto de protocolo empleado en la mayor parte de redes telefónicas mundiales; su trabajo es la disposición y finalización de llamadas, no requiere la disposición de un canal exclusivo.

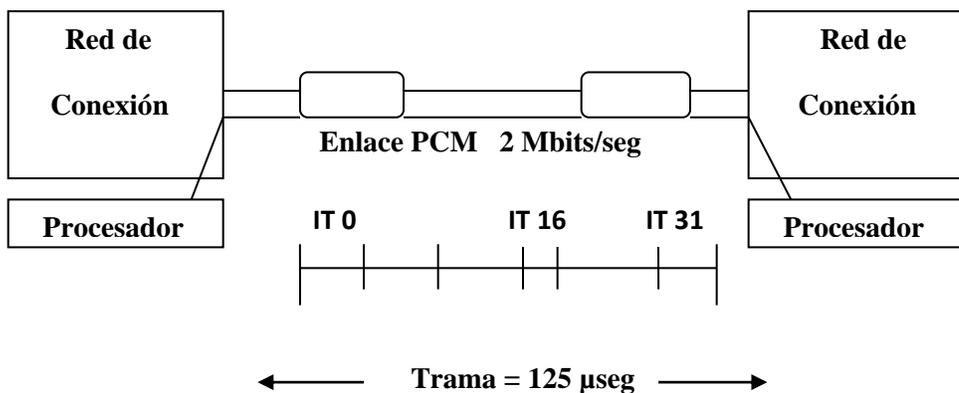


Fig. 2.3: E1 señalización por canal asociado (E1; telefonica)

Sincronismo de trama: se refiere a que el receptor pueda interpretar correctamente el significado de la secuencia de bits recibida del canal. El sincronismo de trama se logra a partir de palabras de alineación, que indica el inicio de una trama y a partir del conteo, el receptor puede interpretar el significado de los demás bits.

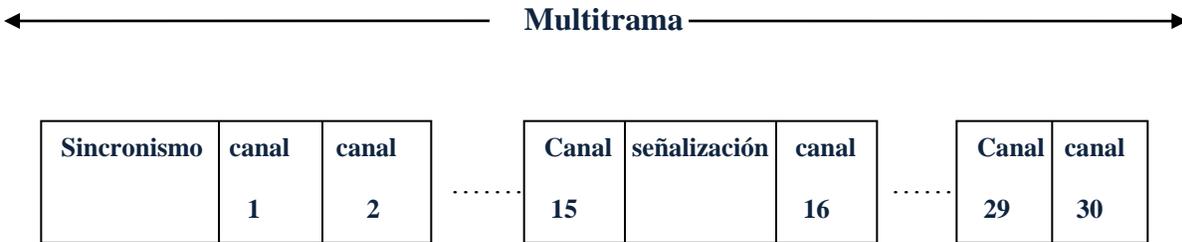
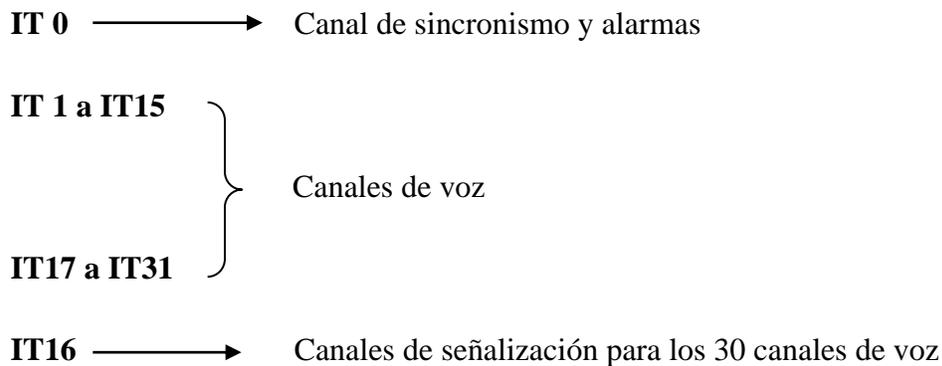


Fig.2.4: Modelo E1

La señalización se ubica entre el canal de audio 15 y 16, cuenta con 2 tramas una de ida y una de vuelta.

El IT0 (información transmitida) se dedica a la transmisión de una configuración predeterminada de bits que permite detectar problemas de alineación de tramas y transmitir alarmas.



2.1.9 – ATM versus IP

ATM	IP
Orientado a conexión	No orientado a conexión
Tamaño de celda fija: (53 bytes) <ul style="list-style-type: none">- 5 bytes de cabecera- 48 bytes de carga	Tamaño de datagrama variable: (Aprox. 1,500 bytes) <ul style="list-style-type: none">- 20 bytes de cabecera- 1,480 bytes de carga, aprox.
Respeto el orden de celdas	No respeta el orden de celdas
Emplea conmutación de paquetes	Procesa individualmente cada paquete
Garantiza la entrega de paquetes	No garantiza la entrega de paquetes
Menor ancho de banda	Más ancho de banda

Cuadro 2: ATM versus IP

2.2 – Parámetros contemplados para migrar de ATM hacia IP

Hemos observado y tratado a ATM como lo es, una tecnología robusta y ampliamente implementada en soluciones de redes de telecomunicaciones y hasta cierto punto coexistente con la versátil y eficiente IP para optimización en servicios de transporte en redes híbridas.

Reservando el mérito del cual se ha hecho merecedor ATM, en la actualidad, las interfaces IP/Ethernet son mucho menos costosas y prácticamente iguales en eficiencia; agregando que es una tecnología más conocida y de menos complejidad que ATM.

Para la construcción de una red totalmente de servicios múltiples y todo orientado a IP, existen varios aspectos a considerar. Entre otras, las principales razones por las que se debe optar por IP/Ethernet se mencionan a continuación.

2.2.1 – Costes de infraestructura

Se emplean menos inversiones en equipos (HW hardware) que conforman la red. Las interfaces IP sobre Ethernet son de un aproximado 8 a 13 veces más costo-eficientes en comparación con las soluciones IP sobre ATM o IP sobre SDH. (*Razones IP-Ethernet en vez de ATM, 2012*)

Además, las economías de escala permiten una reducción sustantiva entre un 30 y un 50% el precio anual de los conmutadores Ethernet.

Además es mucho mayor la escalabilidad de esta solución, que permite invertir en infraestructura a medida que crece la base de clientes y usuarios.

2.2.2 – Operación y Mantenimiento (O&M)

Las inversiones en instalación, operación y mantenimiento son reducidas. Ethernet lleva operando en el mercado de las LAN desde la década de los años 80, donde representa más del 95% del mercado y por tanto es una tecnología muy familiar y relativamente poco compleja. En comparación con otras tecnologías, entre ellas ATM, los costes operativos asociados a la gestión del ancho de banda, aprovisionamiento, mantenimiento y actualizaciones de IP sobre Ethernet son muy inferiores. (*Razones IP-Ethernet en vez de ATM, 2012*)

La arquitectura de operación y mantenimiento asegura accesibilidad y uso cómodo para el usuario con menos dependencias entre nodos. El operador puede acceder a cualquier estación base de radio, servidor de red de radio, o pasarela desde cualquier terminal. Ya que cada estación base de radio tiene su propia dirección IP, es posible conectar a esta directamente, para determinar la causa del problema.

2.2.3 – Desempeño en transmisión (Tx)

Menor velocidad de las interfaces de la red troncal, era una de las desventajas tradicionales de IP sobre Ethernet frente a IP sobre ATM o SDH.

Sin embargo, hoy en día Ethernet ofrece altas velocidades típicas de una red troncal, alcanzando en estos momentos hasta 10 Gbps.

Además, en contraposición a los sistemas ATM, donde la asignación de ancho de banda es mucho más estática, el ancho de banda en la red Ethernet es compartido más eficientemente por los usuarios finales.

Al usar IP es posible dimensionar el ancho de banda según el tráfico verdadero, en vez de por asignación de valor máximo. Esto produce ahorros importantes en términos de transmisión para tráfico GPRS. EDGE en ráfagas, así como para tráfico de voz que es transmitido por medio de transmisión discontinua (DTX).

2.2.4 – Calidad de Servicio (QoS)

Si bien es cierto que QoS es una de las características más sonadas de ATM, lo que compete esa cualidad en la redes de tecnología IP, sobre todo en lo concerniente a transferencia de datos por medio de paquetes o datagramas, no es de menospreciarse. *(Razones IP-Ethernet en vez de ATM, 2012)*

En las diferentes definiciones de calidad de servicio, se tiene que permite dar prioridad a aquellos servicios que, por ejemplo, son más sensibles al retardo y pérdida de paquetes. Lo anterior asegura que en caso de congestión de la red las aplicaciones más sensibles y mejor remuneradas reciben una mayor prioridad.

“La aparición de estándares para la asignación de prioridades, como IEEE 802.1p, empleados junto a protocolos de conmutación basados en etiquetas, como DiffServ o MPLS (MultiProtocol Label Switching), han permitido mejorar esta limitación tradicional de Ethernet.” (Rivero, 2010)

2.2.5 – Avances en Gestión y Supervisión

En los tiempos que Ethernet estaba limitada solo a las redes del hogar y oficinas, no requería de mucho trabajo de provisión y supervisión de la red.

Es por lo tanto que había escasas herramientas de gestión avanzadas en el momento en que Ethernet empezó a adaptarse a las grandes redes de telecomunicación.

No obstante, en la actualidad, existen herramientas de gestión y supervisión de redes Ethernet que, por mencionar algunos, son capaces de:

- Gestionar fallos, rendimiento, seguridad y configuración
- Realizar aprovisionamiento de VLAN (que funcionarían en vez de los circuitos virtuales permanentes, PVC de ATM)
- Asignar servicios a los diferentes usuarios
- Brindar asistencia a la ingeniería del tráfico y expansión futura.

Dentro de las continuas transformaciones y adecuaciones que realizan los operadores de telefonía móvil en la estructuras de sus redes de telecomunicaciones, se encuentran entre otras, la fusión de tecnologías para el aprovechamiento de todos los recursos en su máxima optimización. A este hecho obedece que la empresa CLARO en Nicaragua, ha optado en su momento por realizar la convivencia de GSM y UMTS, referidos comercialmente 2G y 3G respectivamente, en su red de telecomunicaciones celular y con el propósito de atender y responder a la demanda de mayor ancho de banda para la transmisión de datos, entre una diversidad de nuevos servicios.

En tanto que los servicios de GSM se transportan a través de conexiones de conmutación de circuitos TDM, la transmisión de paquetes conmutados en las redes UMTS (WCDMA) se realiza en modo ATM.

La combinación de ambos servicios, desde el punto de vista tecnológico, pasa por la migración a redes de paquetes conmutados Ethernet/IP/MPLS. Esta convergencia de protocolos, tecnologías e interfaces que deben ser soportadas por la infraestructura celular, constituye una de las muchas características de la telefonía móvil en la actualización. *(Razones IP-Ethernet en vez de ATM, 2012)*

Capítulo 3: Solución contemplada para la migración de tecnologías ATM a IP

Al momento de emprenderse en cualquier proyecto, ya sea para construir, remodelar, implementar o simplemente reestructurar, se deben de tomar en cuenta muchos factores y definir varios parámetros, tomando muy en cuenta el entorno de la tecnología en su fase de modernización para estar a la altura de los grandes avances. El área de las telecomunicaciones no es la excepción.

3.1 – Propuesta de Solución

Se contempla la presente solución con un enfoque principal en los siguientes aspectos y consideraciones obedeciendo a los requerimientos de la operadora de la red de telefonía móvil.

- Garantía de red con características de valor agregado (Feature plus)
- Calidad y Escalabilidad
- Costo-eficiencia
- Evolución hacia redes de nueva generación
- ATM una red de legado que no evoluciona.

3.1.1 – Descripción

La solución describe en breve la migración de ATM hacia IP para la interfaz Iub en una red WCDMA en P6, compuesta por un determinado número de nodos que ostenta la operadora CLARO en el casco metropolitano de Nicaragua.

La IP-RAN o red de acceso de radio por IP, define un ambiente para la característica de interfaz Iub sobre IP, la cual permite a los mercados la implementación de esta nueva característica. (*Baltodano, 2009*)

Para la migración de ATM a IP en la red de transporte se deben de observar los pasos siguientes:

- Definición de la topología de red y la interconectividad de nodos.
- Instalación y configuración de dispositivos en los nodos
- Llamadas en Iub sobre ATM/E1 previas al cambio de Iub sobre IP
- Migración de Iub hacia IP.
- Hacer pruebas de conectividad de IP posterior a la migración
- Llamadas de prueba haciendo uso de Iub sobre IP.

Las Figuras 3.1 y 3.2 ilustran un sitio en Iub sobre ATM y un sitio ya migrado a Iub sobre IP, respectivamente.

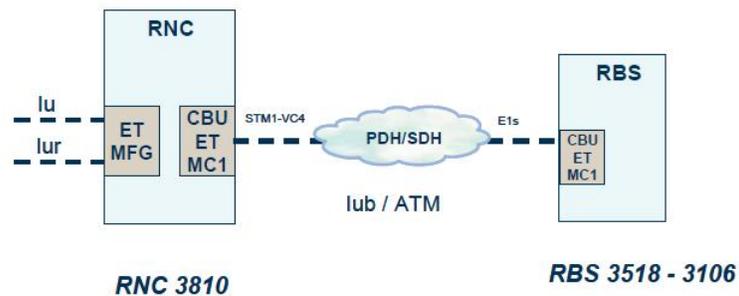


Fig. 3.1: Iub sobre E1

(Baltodano, 2009)

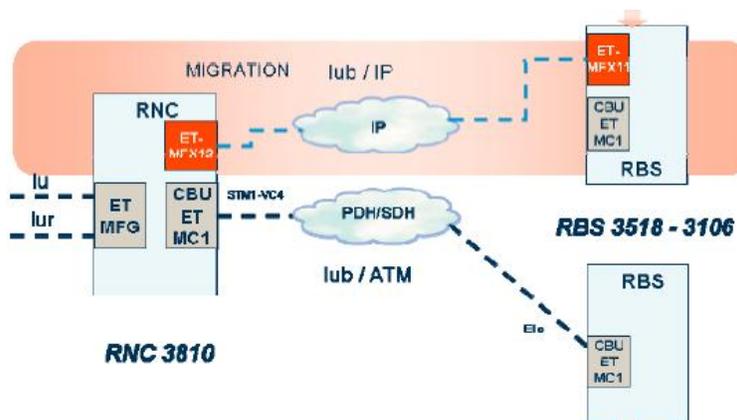


Fig. 3.2: Migración Iub sobre IP

(Baltodano, 2009)

3.2 – Topologías

Se permiten múltiples configuraciones de red mediante el uso de IP en la interfaz Iub. En la IP de la red de núcleo se pueden utilizar Conmutadores, Enrutadores al igual que agregados de RAN de WCDMA. (*Baltodano, 2009*)

Antes de iniciar el proceso de implementación de la característica de Iub sobre IP, debe estar disponible un plan de diseño de topología de red con su direccionamiento IP, lo cual depende de la red IP del operador.

Hay dos configuraciones IP de topologías en las capas 2 y 3 consideradas para esta propuesta de solución, las cuales se abordan a continuación.

3.2.1 – Topología Capa 2

Una topología de Capa 2 en una red WCDMA está fundamentada en un arreglo típico de un Sitio Primario, el RNC (Controlador de Red de Radio) y sus sitios de RBS (Estación de Radio Base) relacionados. En esta configuración no se utilizan enrutadores (Routers) de red. (*Baltodano, 2009*)

Todo el tráfico que cruza entre la Iub, RBS y RNC se conmuta a través de Conmutadores de red de área local LAN (Local Area Network.) Todos los nodos comparten el mismo dominio de difusión Ethernet cuando se usa esta topología.

En la Figura 3.3 se ilustra una topología Capa 2 estándar; nótese que no se emplean routers.

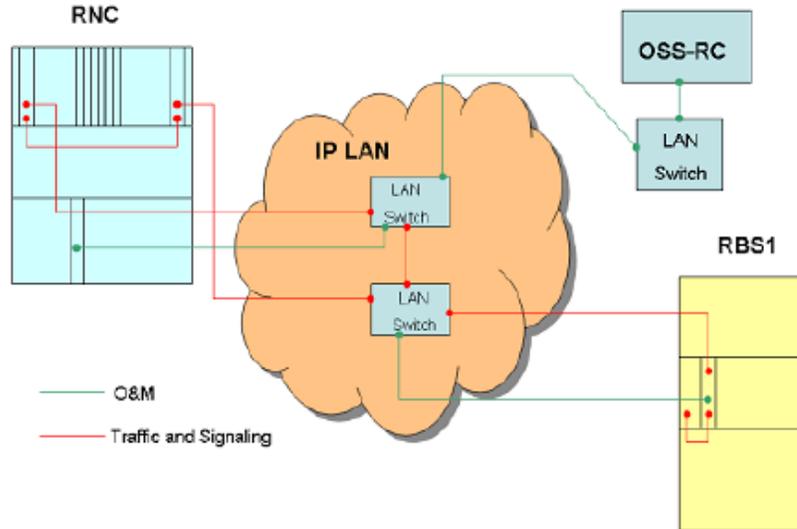


Fig. 3.3: Capa 2 de configuración IP

(Baltodano, 2009)

3.2.2 – Topología Capa 3

Cuando cada nodo de RAN WCDMA tiene un dominio de difusión Ethernet diferente, se emplea una topología Capa 3.

Para implementar una solución que brinde interconectividad entre nodos que usan subredes diferentes, se debe utilizar routers en la red. Esto se muestra en la Figura 3.4 donde todos los nodos están conectados a la misma red Ethernet.

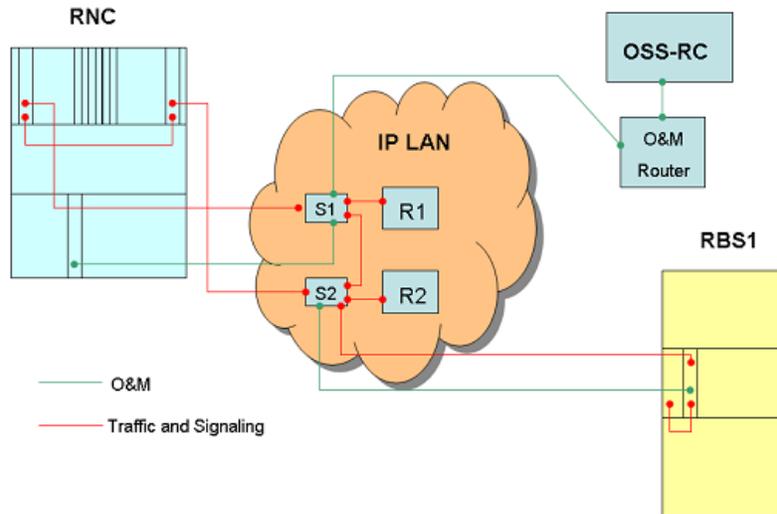


Fig. 3.4: Capa 3 estándar Configuración IP (Baltodano, 2009)

3.3 – Consideraciones del Plan de Direccionamiento IP

Las cantidades de direcciones IP requeridas tanto para las RBS como para el RNC, serían definidas por el operador de conformidad con las configuraciones técnicas y los parámetros que caracterizan la red.

Una vez creados y configurados los objetos IP relacionados en todos los nodos involucrados, la conectividad IP puede ser revisada y confirmada mediante una serie de comandos ping en los planos de usuario y de control. (Baltodano, 2009)

3.4 – QoS contemplados en la red IP RAN

- Requerimientos de Telecom Grade (grado de telecomunicación) en la red de transporte
- Distintos requerimientos en voz y datos de mayor esfuerzo BE (Best Effort)
- Desempeño de servicio de usuario degradado con incremento de retardo, pérdida de trama.

Marcación Diffserv, diferenciación de servicio, es soportada conforme ajustes por defecto y puede ser utilizado en la red IP para priorización de QoS.

La presente propuesta de solución se complementa con lo expuesto en la sección 4.1 del capítulo siguiente.

Capítulo 4: Método para migrar de ATM a IP

La comunidad de telecomunicaciones, en particular la de telefonía celular ha reestructurado su arquitectura de redes que consiste ahora en capas horizontales; donde los controles de llamadas y conectividades antes se aglutinaban, hoy están separadas por capas. Basado en este concepto y como solución para su sistema de telecomunicaciones móviles de 3G y 3G+, la compañía Ericsson ha adoptado este principio en su red de núcleo (Core,) a la cual están conectadas las redes de acceso que pueden ser de GSM BSS, WCDMA RAN y hasta una red PSTN. Se divide en tres capas la red de Core: La capa de conectividad, la capa de control y la capa de servicio. En la capa de conectividad es donde encontramos los dispositivos o nodos que se interconectan para realizar la transmisión ya sea por tecnología de transporte ATM o IP.

Una red se compone de un conjunto de dispositivos (frecuentemente llamados nodos) que están conectados por enlaces de un medio físico. A menudo se denominan canales de comunicación a los enlaces conectados con dichos dispositivos.

Para el trabajo investigativo que nos compete, recurrimos principalmente a las redes de acceso de radio en la RAN (Radio Access Network) y hacemos enfoque en los recursos físicos y medios de enlaces lógicos que protagonizan esta migración del transporte basado en tecnología ATM/TDM por transmisión El hacia la tecnología IP/Ethernet, en los sistemas de telefonía móvil GSM (2G) y UMTS (3G o WCDMA) de las redes de la operadora CLARO en el área metropolitana.

Se pueden emplear dos métodos para realizar la migración de ATM a IP, los cuales están basados en la tecnología de red y su forma de interconexión. Son los siguientes:

- **Iub sobre IP**, aplicable a redes WCDMA
- **Abis sobre IP**, aplicable a redes GSM

Ambas instancias responden a soluciones para la migración de circuitos TDM desde redes GSM y de tráfico ATM desde redes WCDMA a las nuevas redes con backbone Ethernet/IP.

Para una mejor comprensión de cada proceso se hará una breve descripción de su estructura, no sin antes hacer una reseña general de cada parte de sus componentes.

RNC (por sus siglas en Inglés, Radio Network Controller) Controlador de la Red de Radio (Fig. 4.1)

Es un elemento de tráfico de red encargado de controlar el uso e integridad de los recursos de la radio en la red de acceso de la tecnología WCDMA. La RNC es también responsable del control de los Nodos B que se conectan a ella. El modelo RNC 3820 de Ericsson, provee varios tipos de transmisión. Soporta conexión IP de alta velocidad sobre 10 y 1 Gigabit Ethernet así como interfaces STM-1 (155 Mbps) de ATM, entre otras particularidades.



Fig. 4.1 - Modelos RNC3810 y RNC3820 de Ericsson (Ericsson, WCDMA Access Transport Network Design, 2007)

RBS (Radio Base Station) Estación de Base de Radio

También se conoce como BTS (Base Transceiver Station) Estación Base Transceptor, es el elemento de tráfico responsable de la transmisión y recepción en uno o más celdas, desde y hacia los dispositivos terminales o UE (User Element.) En la tecnología de 3G la RBS corresponde al Nodo B. La función principal de una radio base es transmitir y recibir señales de radiofrecuencia, consecuentemente provee los canales físicos y lógicos dentro de una radio base.

Las estaciones radio-base son conectadas al BSC por medio de enlaces de transmisión digitales. Estos enlaces llevan información de voz y control entre la radio base y el MSC. El medio físico de enlace entre las radio-bases y el MSC puede variar, siendo los más comunes: el par trenzado, fibra óptica, microondas y los enlaces satelitales.

Nodo B: Es una estación radio base que da cobertura a los teléfonos móviles y en general es sectorial.

Las funciones que realiza están relacionadas con el nivel físico (codificación de canal, modulación, spreading) y algunas del RRC como el control de potencia o la ejecución del softer handover o traslado gentil. Equivale a la BTS de GSM. En la Fig. 4.2 se muestran algunos modelos de este tipo de radio base.

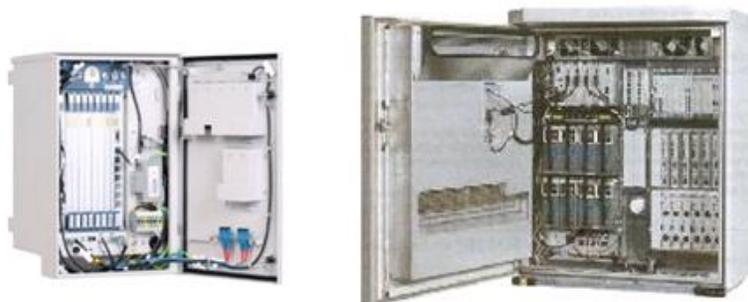


Fig. 4.2 - Nodos B, modelos RBS3518 y RBS3106 de Ericsson

Enlace Iub

Es la interfaz lógica entre la RNC y un Nodo B en la red de topología UTRAN (tecnología WCDMA.) La Iub permite la negociación de los recursos de radio entre ambas partes. Por lo tanto, limita en el ancho de banda del canal que se tiene para transmitir la información, en este caso datos, ya que la voz consume un caudal muy reducido (12,2 Kbps).

La 3GPP ha definido dos tipos de transporte para la interfaz Iu, la cuales son: transporte ATM y transporte IP. ATM es la tecnología de transmisión propuesta para la red de acceso en el R99 de UMTS, cuya funcionalidad va integrada en todos los elementos de red (es decir, tanto los Nodos B como el RNC son conmutadores ATM.) De esta manera se puede ofrecer un transporte eficiente y con la calidad de servicio requerido tanto para los usuarios de conmutación de circuitos como para los de conmutación de paquetes, presentándose así una red dinámica capaz de transportar todo tipo de tráfico.

El problema de este tipo de tecnología, es que el aumento de tráfico del día a día, ha obligado a tener un mayor ancho de banda, y es por ello que se utiliza la tecnología IP, que a cambio de renunciar a la gran fiabilidad en cuanto al Delay o retardos de la tecnología ATM, se pueden obtener mayores anchos de banda en IP.

Enlace Iu

Es la interfaz entre RNC y las componentes de la red de núcleo (Core) lo que provee una interconexión entre el sistema de red de radios (RNS) y la red de Core (CN.) La Iu es una red de conmutación de paquetes. Esta interfaz conecta el núcleo de red y el UMTS Radio Acces Network (URAN), es considerada como un punto de referencia. URAN puede tener varios tipos de implementaciones físicas. La primera en ser implementada es UTRAN y la segunda que puede ser implementada es el Broadband Radio Access Network (BRAN).

Enlace Iur

Esta es la interfaz lógica entre dos RNCs para el uso de servicios tales como handover o traspaso de comunicación entre Nodos B. El enlace Iur sirve como un enlace punto-a-punto, aunque también puede ser direccionado a través de la red de núcleo. La ilustración de los enlaces en una red UMTS se aprecia en la Figura 4.3.

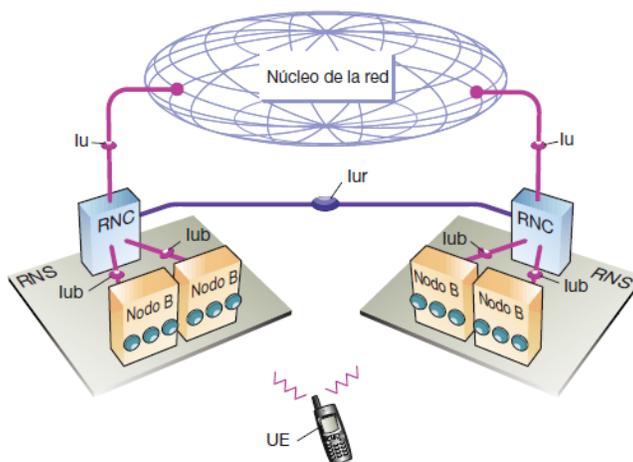


Fig. 4.3 - Red de acceso de radio terrestre UMTS (UTRAN)

Red de acceso radio de UMTS (UTRAN) desarrollada para obtener altas velocidades de transmisión. La red de acceso radio proporciona la conexión entre los terminales móviles y el Core Network. En UMTS recibe el nombre de UTRAN (Acceso Universal Radioeléctrico Terrestre) y se compone de una serie de subsistemas de redes de radio (RNS) que son el modo de comunicación de la red UMTS. Un RNS es responsable de los recursos y de la transmisión/recepción en un conjunto de celdas y está compuesto de un RNC y uno o varios nodos B.

Los nodos B son los elementos de la red que se corresponden con las estaciones base. El Controlador de la red de radio (RNC) es responsable de todo el control de los recursos lógicos de una BTS (Estación Base Transmisora).

BSC (Base Station Controller) o Controladora de Estación Base

La BSC controla y supervisa decenas y hasta centenares de RBS conectadas a ella y a las conexiones de radio en el subsistema (RNS.) Maneja la administración de celdas de datos, los algoritmos asignados y los comandos de trasposos (handovers.) La Controladora de Estación Base se conecta con las RBSs por enlaces *Abis* y con la MSC en la red de núcleo por enlace *A*.

Estos enlaces están estructurados sobre modulación por codificación de pulsos (PCM, Pulse Code Modulation) de E1. La BSC constituye clásicamente la inteligencia detrás de las RBS. La BSC cumple diferentes funciones de comunicación y de explotación; se comporta como un concentrador para el tráfico de abonado procedente de las estaciones base y actúa como un enrutador hacia la estación base destinataria, para el tráfico que proviene del conmutador.

Enlace Abis

Es la interfaz estandarizada que conecta la RBS con la BSC (casi todas las interfaces *Abis* son específicas del vendedor.)

Esta interface soporta dos tipos de enlaces: canales de tráfico a 64 kbit/s que lleva voz o datos del usuario y canales de señalización BSC-BTS a 16 kbit/s. *Abis* es implementado mediante E1s TDM.

Enlace A

Esta es la interfaz entre la BSC y MSC. Se utiliza para llevar canales de tráfico y la parte del usuario BSSAP del apilamiento SS7. La capa física es 2 Mbit/s padrón CCITT (Comite Consultatif Internationale de Telegraphie et Telephonie.)

En la Fig. 4.4 se aprecian las redes de acceso de radio de ambas tecnologías: GSM y UTRAN.

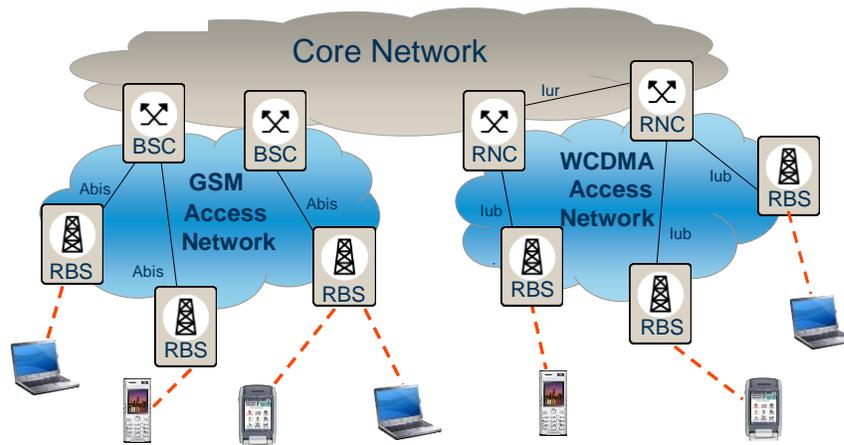


Fig. 4.4 – Redes de acceso de radio (RAN) para GSM y WCDMA

4.1: Método Iub sobre IP

Migración del sistema de transmisión de un Nodo B de ATM hacia IP. (Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008) En este procedimiento se contemplan todos los aspectos que implican la migración de la Iub a IP en los nodos tanto RNC como RBS en la red de acceso de radio (RAN.)

Este método brinda la opción de IP/Ethernet como una alternativa en vez de ATM sobre PDH/SDH, en el transporte Iub entre RBS y RNC. En muchos casos, la Ethernet sería la alternativa de menos costo en el transporte de RAN. Para otros casos, sería la única alternativa existente, como en algunas instalaciones de interiores.

Para que se pueda completar esta actividad es necesario realizar la configuración de ambos nodos tanto RNC como RBS o Nodo B.

Este procedimiento puede ser dividido en tres partes fundamentales:

- La primera es la pre-configuración que constituye la configuración del Subrack RNC y RBS con las tarjetas electrónicas ET-MFX11 y ET-MFX12 (cuya descripción y funcionamiento será tratado posteriormente) y la creación de la nueva sincronización y los parámetros para la migración, tanto en el RNC como en la RBS.
- La segunda parte, es la creación de algunas áreas de planeamiento en el OSS (Operation Support System) para la ejecución de la migración haciendo uso de archivos XML.
- Como tercera y última parte tenemos la eliminación de los parámetros de ATM relacionados con la interfaz Iub.

Se debe tomar en cuenta que la RBS obtendrá gestiones de manejo (Mub) por Ethernet y se realizará la sincronización de red a través de IP. El tráfico correrá en ATM hasta que sea completada la migración por el OSS-RC. (*Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008*)

La figura 4.5 muestra la sincronización de la red en IP.

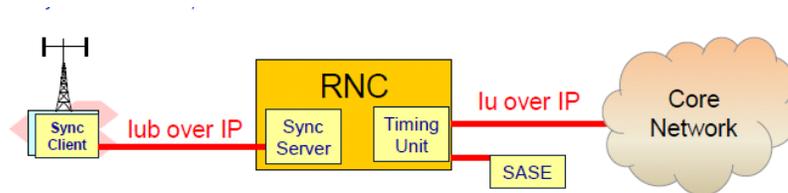


Fig. 4.5 sincronización de Iub sobre IP

En el caso que Iu está conectada sólo a través de IP, no habrá interfaz de transmisión disponible de la que el RNC puede tomar su sincronización. En este caso, el RNC debe tomar su sincronización desde el puerto físico de sincronización en su unidad de temporización. La señal de sincronización a este puerto físico puede ser, por ejemplo una señal de 2,044 MHz de un SASE, o de un multiplexor SDH en el sitio.

Equipos y componentes que se emplean en este proceso:

1. RNC 3810 de Ericsson
2. Tarjetas tipo ET (Exchange Terminal): ET-MFX12 y ET-MFX11
3. RBS 3518, de la familia de radio bases 3000 de Ericsson.

4.1.1: RNC 3810

El RNC3810 es el primer controlador de red de radio para la tecnología WCDMA. Soporta una gran variedad de aplicaciones de red de radios a través de su diseño modular y flexible. (Ericsson, *WCDMA Access Transport Network Design*, 2007) (Fig. 4.6.)



Fig. 4.6 – RNC 3810

Como funciones básicas del RNC tenemos, entre otras, las siguientes:

- Administrar y garantizar la seguridad del uso óptimo de los recursos de la red de acceso de radio.
- Controlar la movilidad y Handover o traspaso dentro de la red de acceso de radio.
- Soportar la interacción entre distintas tecnologías de acceso.
- El RNC provee funciones de Handover o traspaso entre redes de acceso WCDMA y GSM, como también el cambio de celdas entre redes de acceso WCDMA RAN y GSM/GPRS.
- Soportar los servicios de cada Radio Access Bearer (RAB), basados en Circuit Switched (circuitos conmutados) y Packet Switched (paquetes conmutados.)

- Controlar con transparencia mensajes de servicio entre el núcleo (Core) y el usuario.
- Soportar funciones de control para paging de los UEs (User Elements) o elementos de usuario, manejo de señalización durante conexión, manejo de los RABs de servicio y servicios complementarios como posicionamiento de UE.
- Proporciona funciones de transporte. (*Ericsson, WCDMA Access Transport Network Design, 2007*)

El RNC es un equipo que dispone de alta capacidad, con interfaces ATM e IP que están disponibles en el equipo para actuar como concentrador y conmutador.

La arquitectura del RNC 3810 está basada en Subracks que están conectados en una topología de estrella. Esto se ilustra en la Figura 4.7 abajo.

La topología permite escalabilidad puesto que el HW está construido en una forma modular, lo cual implica que crece la capacidad mediante la conexión de subracks de extensión (ES, Extension Subrack) con el subrack principal (MS, Main Subrack.)

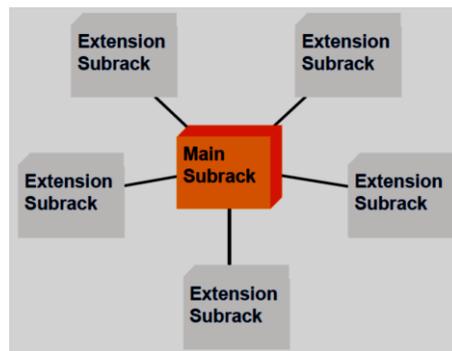


Fig. 4.7 – Arquitectura de HW de RNC

4.1.2: Tarjeta ET-MFX12

Es una tarjeta ET (Exchange Terminal) o tarjeta terminal de intercambio, que habilita el RNC para manejar la interfaz Iub sobre IP ya sea por un medio eléctrico o un medio óptico. Es recomendable la instalación de dos tarjetas ET-MFX12 en el RNC, una para garantizar redundancia. Esta implementación permite un performance en tratamiento de los datos más eficiente. Las tarjetas interfaces multi-funcionales de Ethernet, ET-MFX, habilitan IP sobre Iub como una alternativa de ATM para Iub. (*Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008*)

La ET-MFX12 (Figura 4.8) es un conmutador de Ethernet de 7 puertos integrado, con 1 SFP (G) y con 6 Puertos eléctricos de Ethernet (A, B, C, D, E, F) disponibles en el panel frontal con un servidor de sincronización integrado. El servidor de sincronización se comunica con el cliente de sincronización en la tarjeta ET-MFX11 en la radio base RBS 3518 (modelo de Nodo B utilizado para esta migración) para ejecutar y conservar la sincronización del Nodo B.

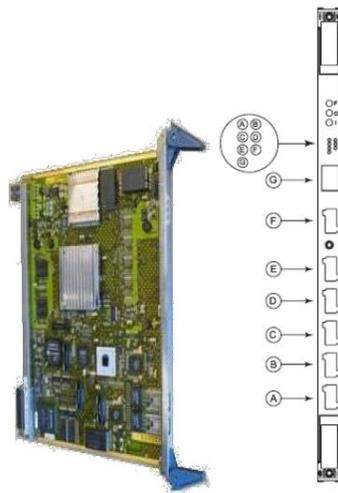


Fig. 4.8 – Tarjeta ET-MFX12 y sus puntos de conexión

(*Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008*)

4.1.3: Tarjeta ET-MFX11

Esta unidad ET-MFX11 se instala en la RBS y a través de la interfaz Iub por medio de la ET-MFX12 conmuta con la RNC. ET-MFX11 es un conmutador multipuertos Ethernet con terminaciones IP, la cual cuenta con la facilidad de manejo multiredes. Está prevista de 6 puertos eléctricos 10/100/1000 BASE-T, utiliza conectores Emily y un puerto que se puede usar con módulos SFP para conexiones ópticas. (Véase Fig. 4.9) (*Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008*)



Fig. 4.9 – Tarjeta ET-MFX11

La ET-MFX tiene integrado un Switch de Ethernet que brinda conmutaciones sin bloqueo de siete puertos externos de gigabit Ethernet al igual que el envío de tramas de Ethernet entre los puertos externos y un enlace interno.

4.1.4: Estación de radio base RBS 3518

Breve descripción, características y funcionalidades: (*Ericsson, Technical Product Description RBS 3518, 2008*)

La RBS 3518 (Fig. 4.10), es un Nodo B con arquitectura distribuida o sea que consta de dos partes de HW denominadas Main y Remote. (Ericsson, Technical Product Description RBS 3518, 2008)

Main Unit (MU): Es la unidad principal de la radio base y se puede alojar en ambientes Indoor en gabinetes y en intemperie. Contiene la parte de banda base donde incluye control de las funciones, procesamiento y transmisión.

La MU se compone de las siguientes unidades:

- Unidad de Distribución, transmisión ATM y conmutación (CBU-Control Base Unit)
- Unidad de transmisión, ATM E1/J1/T1, E3/J3/T3, STM-1 o IP (tarjeta ET-MFX)
- Unidad de canales en Uplink UL (tarjeta RAXB)
- Unidad de canales en Downlink DL (HSTX)
- Unidad de distribución de fibras (tarjeta OBIF)
- Unidad de alimentación AC, +24 o -48 Vdc (módulo PSU)

Remote Unit (RU) o Remote Radio Units (RRU): Consta de los radios para intemperie los cuales hacen uso de un cable de fibra óptica OIL (Optical Interface Link) como enlace interfaz que acarrea tráfico y señales de temporización entre la RBS 3518 y cada RRU. Estas están diseñadas para su ubicación en lo alto de las torres cerca de las antenas. Se soportan hasta 6 unidades de radio Remote por cada unidad Main. (Ericsson, Technical Product Description RBS 3518, 2008)



Fig. 4.10 – Ilustración de la RBS 3518, Main y Remote

Con las RRUs apropiadas, se puede configurar la RBS 3518 para conectar hasta seis sectores con una portadora para cada sector o hasta tres sectores con dos portadoras para cada sector, lo que le garantiza capacidad para brindar cobertura amplia externa y/o cobertura intramuros.

Las RRUs están conectadas a la RBS 3518 en una configuración estrella, tal como se aprecia en la Figura 4.11.

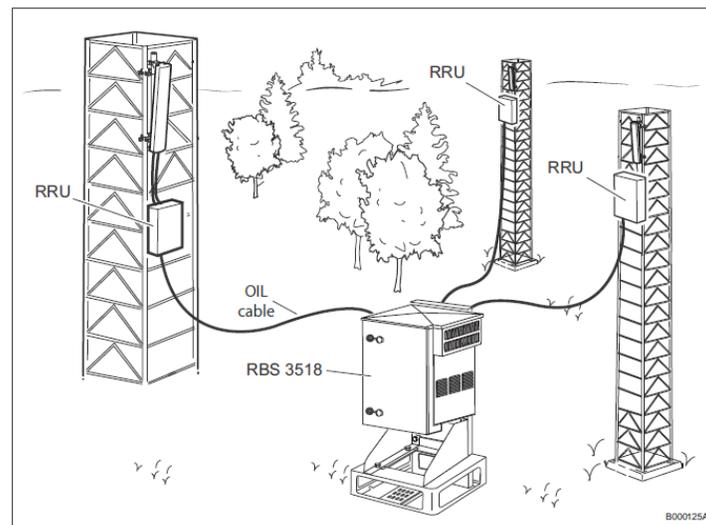


Fig. 4.11 – Configuración Estrella de RBS 3518 con RRUs (Ericsson, Technical Product Description RBS 3518, 2008)

La RBS 3518 puede ser configurada para bandas en las siguientes frecuencias: 2100, 1900, 1700/2100, 1700/1800, 900 y 850 MHz.

4.1.5: Resumen de procedimiento (*Ericsson, Migration from ATM to IP, 2008*)

- Pre-configuración, que constituye la configuración de los nodos RNC y RBS con las tarjetas ET-MFX; creación de nueva sincronización y parámetros para migrar dichos nodos.
- Creación de algunas áreas de planeamiento en el OSS utilizando archivos XML para ejecutar la migración.
- Instalación y configuración de las tarjetas electrónicas ET-MFX12 y ET-MFX11 en el subrack del RNC y RBS, respectivamente.
- Eliminación de todos los parámetros que regían para ATM relacionado con la Iub.
- Se tiene presente que la RBS obtiene gestiones de manejo (Mub) por Ethernet y se realiza sincronización de red por IP.
- Igualmente, el tráfico corre en ATM hasta que se complete la migración a IP.

4.2: Método Abis sobre IP

En este método se contempla un resumen descriptivo de lo que constituye la evolución de ATM hacia IP en su capítulo concerniente a la red de tecnología GSM y sus distintos componentes de HW, interfaces y protocolos. La característica Abis sobre IP se utiliza para la transmisión entre la BSC y la BTS en vez de una red dedicada de división por multiplexación en el tiempo o TDM con base de transmisión por E1.

La característica Abis sobre IP permite a las operadoras utilizar las redes de transporte de IP y Ethernet para conectar la RBS con la BSC, lo cual resulta en beneficio de reducción de costos de los servicios basados en IP y Ethernet. (*EABRVAR, 2012*)

Esta solución también amplía horizontes para compartir el transporte con WCDMA y facilita soluciones integradas para transporte de sitios de RBS. Dicho esto, Abis sobre IP se puede implementar en redes con sitios tanto individuales como sitios cubricados con tecnologías GSM y WCDMA (véase Fig. 4.12.)

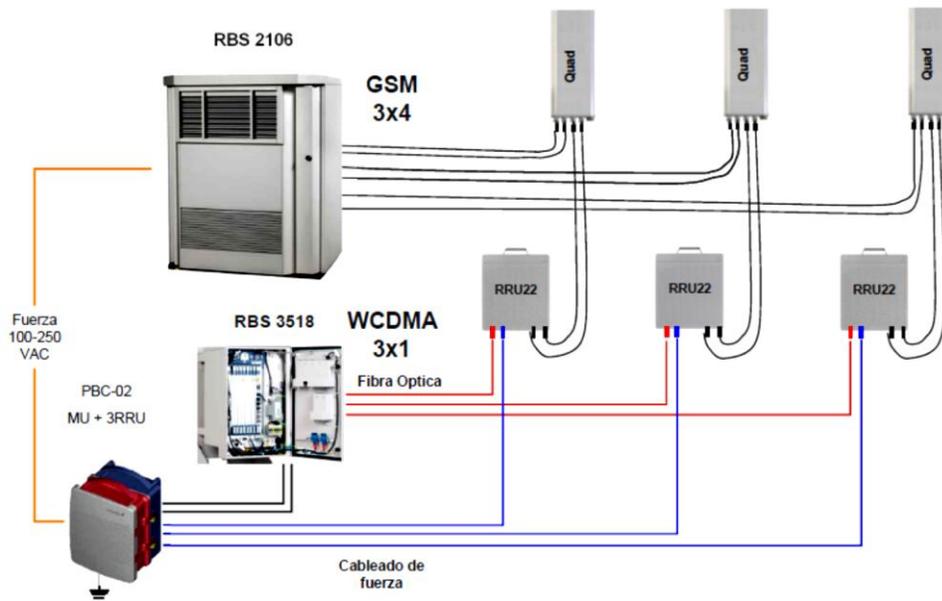


Fig. 4.12 – Diseño de un sitio ubicado: RBS 2106 (2G) y RBS 3518 (3G) (Ericsson, Plan Despliegue 2012, 2012)

En comparación con las redes TDM, el concepto de Paquete de Abis sobre IP proporciona significativamente una más alta capacidad de transmisión por recurso de ancho de banda, debido que utiliza el mismo empaquetado de trama que el de la característica de Paquete sobre TDM. Se optimiza la utilización del ancho de banda al permitir que la misma conexión de banda ancha sea compartida por señalización, voz y dato. (EABRVAR, 2012)

La capacidad de transmisión se usa como un conjunto de recursos. Todos los recursos de transmisión son ocupados solo cuando son realmente usados. Cuando se hace uso de Abis sobre IP, también es posible compartir el transporte con otros servicios, tales como 3G.

4.2.1: Reseña de la red Abis

Con las características Abis sobre IP, todos los tipos de tráfico son enviados como paquetes de IP sobre una WAN (Wide Area Network) o red amplia local, en vez de ráfagas de bits en ranuras de tiempo dedicado así como en TDM (esto último referido como “Abis clásico”). (Vargas, 2012)

En el sitio de la BTS la red IP es terminada en la STN/SIU (Site Transport Node/Site Integration Unit) para RBS. Abajo en la figura 3.13, se muestran las capas de protocolos usadas en Abis sobre IP para la transmisión con base en Ethernet.

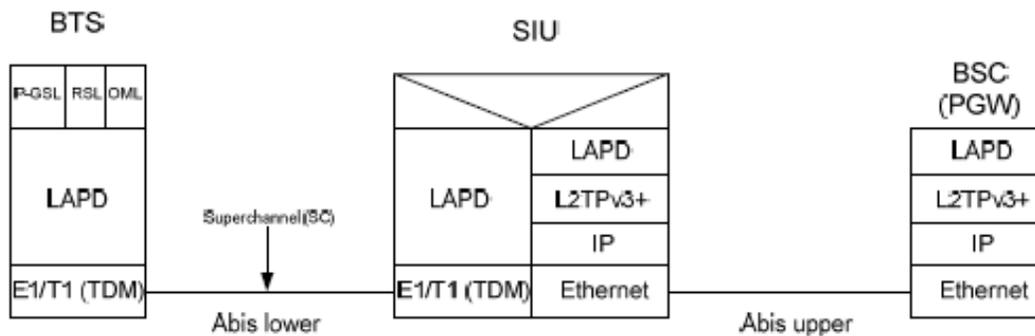


Fig. 3.13 – Pila de protocolos de Abis (Vargas, 2012)

La capa 1 se visualiza como líneas de conexión entre los nodos, sin embargo E1 también goza de ciertas características físicas.

La estructura se divide en dos secciones:

- Abis Inferior (del Inglés Abis Lower) y
- Abis Superior (del Inglés Abis Upper)

En Abis Inferior se utiliza el estándar de transmisión E1 donde se utiliza un canal E1 como un SC (Super Channel) o super canal entre STN/SIU y BTS. Un SC es un E1 o fracción del mismo que hace uso de 64 Kbps consecutivos de ranuras Abis como conexión de banda ancha para enviar tramas de LAPD. Hasta un total de 4 SC son conectados por cada TG (Transceiver Group) grupo de transceptores. Por todo, el Abis Inferior consiste de hasta 16 E1s. (Vargas, 2012)

Abis Superior es la parte utilizada para el transporte IP sobre WAN y está conmutada en el valor del identificador de punto de acceso de servicio o SAPI (Service Access Point Identifier) lo cual le brinda la oportunidad de diferenciar sobre el tipo de tráfico. Tal como se muestra en la Figura 4.14, Abis Superior es la interface de conexión entre la terminal IP de la SIU y la PGW de la BSC en la red de núcleo (Core) que se establece mediante Ethernet en la WAN.

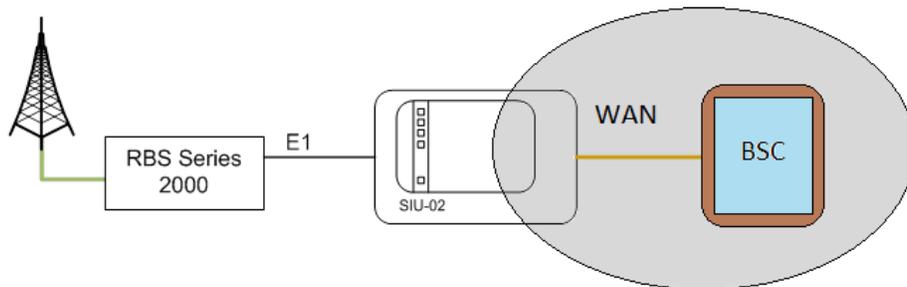


Fig. 4.14 – Conexión de Abis Superior (Área sombreada) (Vargas, 2012)

Por medio de la interfase WAN se conecta la SIU hacia la backhaul de la red móvil. Para la interfase SIU WAN, podemos utilizar ya sea interface Ethernet o E1 haciendo uso de ML-PPP (Multi link Point-to-Point Protocol) como protocolo L2. Para el presente caso usamos Ethernet.

4.2.2: Descripción del Hardware

Los equipos y componentes que protagonizan este proceso son:

- BSC
- SIU-02
- RBS 2106

4.2.3: BSC (2012)

El rol principal de la BSC es el manejo de los canales de radio en el interfaz aéreo y el manejo de trasposos o handovers. Dicho de otra manera, la BSC controla la red de radio y garantiza la mayor utilización posible de los recursos de radio. La BSC constituye clásicamente la inteligencia detrás de las RBS y cumple distintas funciones de comunicación y de explotación. (Ver Fig. 4.15.)



Fig. 4.15 – BSC (GSM) modelo CDMA 2000 de Ericsson

Las interfaces de red, tanto BSC IP y PGW (Packet Gateway) son pre requisitos para Abis sobre IP. Las interfaces de red BSC IP se ejecutan en los conmutadores BSC LAN y BSC NWI-E (Network Interface – Ethernet) denominado este último, interfaz de red Ethernet.

Por medio de la tarjeta PGWB (Packet Gateway Board) el portal de paquete PGW empata en IP en el lado de la BSC y constituye el hardware en la BSC para soportar Abis sobre IP. El PGW maneja voz, datos y señalización en el mismo paquete. Igualmente, el PGW es capaz de manejar una mezcla de transmisión de Abis sobre IP y Optimización Abis, pero cada grupo de transceptor TG (Transceiver Group) puede usar solamente un modo de transmisión.

4.2.4: SIU-02

SIU-02, ilustrada en la Fig. 4.16, es una unidad integradora de sitio fabricada por Ericsson. Esta unidad es un módulo de transmisión común en las avanzadas multi-estándar radio bases RBS6000. La SIU también brinda interfaces Ethernet para RBS2000 que proporciona el tradicional Abis sobre IP para GSM. De forma dinámica, el ancho de banda es compartido entre todas las tecnologías de radio en sitio, optimizando capacidad cumbre para HSPA (High-Speed Packed Access) de 3G y servicios LTE (Long Term Evolution) de 4G. (Ericsson.com, 2010)



Fig. 4.16 - Site Integration Unit (SIU-02) con sus puntos de conexión (VASCONCELOS, 2009)

Entre las funciones principales de la SIU-02 tenemos las siguientes:

(VASCONCELOS, 2009)

- Conversión TDM / IP
- Agregador de tráfico GSM
- Transporte compartido GSM / WCDMA
- Conectividad local mediante LCF (Local Connectivity Function)

La funcionalidad de transporte de IP de la SIU, incluye tráfico de equipamiento de sitio con interfaces IP sobre Ethernet conectados a los puertos de acceso del sitio. Hay ocho puertos de Ethernet en la SIU (enumerados de 0 hasta 7.) El puerto 0 está reservado para WAN. Los ocho puertos son de capacidad 10/100/1000 Mbps Ethernet con conector tipo RJ-45; los puertos enumerados de 0 hasta 3 también poseen SFP (100/1000 Mbps) con conectividad para fibra óptica.

En una SIU-02 hay 16 interfaces E1/T1. También la SIU-02 tiene capacidad para servir a 6 TGs.

La SIU-02 utiliza la funcionalidad de enrutador (Router) de sitio para transferir tráfico de IP a través de interfaces con base Ethernet y TDM.

- Funcionalidad host estándar IPV4 (futuro lanzamiento IPV6)
- Enrutamiento Estático
- Reenvío de IP (incluyendo rutas estáticas, interfaces no enumeradas y subred de RIP)
- Enrutamiento de Política Base

4.2.5: RBS 2106 (v3)

La RBS 2106v3 es una estación de radio base compacta de alta capacidad que soporta hasta doce transceptores (TRX) por gabinete. En ella es posible crear configuraciones de uno, dos y hasta tres sectores, incluyendo configuraciones de banda dual en un mismo gabinete. Al igual que todas las radio bases de la familia RBS2000, la RBS2106 soporta una amplia gama de aplicaciones que abarcan desde cobertura extrema hasta capacidad extrema. En la Figura 4.17 se aprecia este modelo de RBS.

Una de las características fundamentales de la RBS 2106, es que está preparada para servicios de datos GSM, incluyendo GPRS, HSCSD (High-Speed Circuit-Switched Data) y E-GPRS (Enhanced GPRS,) siendo este último un puente entre las redes 2G y 3G. (Ericsson, *RBS 2106 The GSM Macro Outdoor Base Station*, 2003)

La RBS 2106 está disponible para GSM en las bandas de frecuencias 800, 900, 1800 y 1900 MHz.



Fig. 4.17 – RBS 2106v3 de la familia RBS2000

(Ericsson, *RBS 2106 The GSM Macro Outdoor Base Station*, 2003)

4.2.6: Resumen de procedimiento

(EABRVAR, 2012)

- Establecer los parámetros para la conectividad de los equipos (BSC-SIU-RBS) e identificar los pre-requisitos de los mismos para realizar la migración.
- Formular un plan de direccionamiento IP para la conexión lógica entre STN/SIU, BSC y OSS.
- Hacer la debida configuración de la SIU-02 y BSC para su integración y conectividad.
- Realización de la conectividad lógica de Abis y O&M (Operación y Mantenimiento.)

CONCLUSIÓN

Para tener una mejor comprensión y una visión amplia acerca de la migración de la tecnología ATM hacia la tecnología IP en cuanto a red de transporte en telecomunicaciones se refiere, fue imprescindible que penetrásemos un poco en lo que compete a ATM en su forma y fondo.

Encontramos que con la evolución de las tecnologías en telecomunicaciones y la gran demanda por optimizar servicios múltiples en la red, a inicios de los años 80 surge ATM como modelo de referencia para integrar todos los servicios en una sola infraestructura. ATM aportaba una red con calidad de servicio (QoS), rapidez, eficiencia y seguridad, siendo esta la primera infraestructura que al ser ideada se planteó como objetivo entre otros, la inclusión de un alto nivel de seguridad.

Esta tecnología de protocolo de transporte de alta velocidad, es estructurada en el modo de transferencia asíncrona y se emplea en redes locales de empresas que requieren gran cantidad de ancho de banda. Vemos que la tecnología ATM se ha constituido Y establecido en forma consistente en las redes de transporte de la telefonía celular tanto en GSM como en UTMS, como lo es en el caso de la red operada por la compañía CLARO en Managua y a lo largo del país.

Al establecer una comparación entre las tecnologías ATM e IP, hemos encontrado que a pesar de las grandes fortalezas que ofrecen cada una con sus características particulares, existen varios aspectos significativos que representaron la base fundamental que conlleva a una migración de una tecnología a la otra. Sin embargo, contemplamos como ambas llegan al punto de convivencia en una misma red compartiendo recursos, dicese en la superposición de IP sobre la estructura ATM. Debido que la especificación de ATM se constituye antes del vasto crecimiento del tráfico IP, a la hora de acomodar este tipo de tráfico se presentan una serie de inconvenientes significativos.

Tanto ATM como IP han estado como protagonistas principales, cada uno en su rango y momento dado en los avances de tecnologías orientadas al transporte de servicios múltiples en las redes de telecomunicaciones, junto a técnicas avanzadas como MPLS que no es más que el aprovechamiento de recursos de ambas tecnologías; damos honor al mérito.

Independientemente de sus amplias ventajas y desventajas notorias, ATM e IP son grandes precursores y fundamentos para una nueva generación de redes. Podríamos con propiedad, afirmar que las tecnologías ATM e IP ampliamente tratadas, han contribuido grandemente a la proliferación de redes existentes como UTMS, comercialmente referida como 3G o WCDMA y porque no mencionarlo, indirectamente han pavimentado el camino hacia redes de tecnología de gran avanzada como LTE, lo cual es muy notorio sobretodo en IP/Ethernet con su fiabilidad y escalabilidad.

ANEXOS

Anexo 1: Especificación técnica de HW empleados en la migración de ATM a IP

1. RNC 3810

- Módulo GBP con varias tarjetas procesadoras (BP)
- Transmisión:
 - Conmutación ATM, hub de 16 Gbit/s en tarjeta SCB
 - Conmutación Ethernet/Terminal IP, en tarjeta ET-MFX
- Alimentación:
 - Voltaje nominal -48.0 VDC
 - Voltaje operativo Min/Max. -40.5 VDC/-57.0 VDC

2. ET-MFX11

- Conmutador Ethernet multi-puerto con Terminal IP
- 6 a 7 puertos eléctricos 10/100/1000 BASE-T
- 1 puerto 1000BASE-X SFP disponible
- Tarjeta Procesadora y Puerto interfase de switch de acceso a ATM
- Alimentación -48.0 VDC
 - Distribuidor de voltaje interno con rango de 0.9 a 3.3 VCD.

3. BSC

- Procesador APZ 212 55
- Tarjeta PGW/2 – Requerida para A-bis sobre IP. Maneja hasta 255 TRX.

- Alimentación:
 - Voltaje nominal -48.0 VDC
 - Voltaje operativo Min/Max. -40.5 VDC/-57.0 VDC
- Potencia de consumo 500W a 600W.

4. RBS 3518 (*Ericsson, Technical Product Description RBS 3518, 2008*)

- Frecuencia: 2100, 1900, 1700/2100, 1700/1800, 900 y 850 MHz.
- Transmisión:
 - ATM E1/J1/T1
 - E3/J3/T3
 - STM-1 o IP (tarjeta ET-MFX)
- Alimentación: AC, +24 o -48 VDC
- Potencia de consumo: 0.11kW – 0.17kW

5. RBS 2106v3 (*Ericsson, RBS 2106 The GSM Macro Outdoor Base Station, 2003*)

- Frecuencia: 800, 900, 1800 y 1900 MHz.
- Alimentación: 200-250V AC, 50/60 Hz
- Interfase de Transmisión: 1.5 Mbit/s (T1), 2 Mbit/s (E1), 75, 100, 120 Ohm.

6. SIU-02 (*Ericsson.com, 2010*)

- Interfaces:
 - Consola: 1 Ethernet (10Base-T/100Base-TX), conector RJ-45
 - Reloj: 1 PPS input,/output, conector RJ45-10 usando nivel eléctrico RS422
 - E1/T1: 16 E1/T1 via 8 conectores RJ-45
 - Ethernet: 8 Ethernet 100/1000Base-T conector RJ-45
- Alimentación: + 24/-48 VDC
- Potencia de consumo: 65 W (Max)

Anexo 2: Ilustración de envío y transmisión de información

Caso sencillo de tráfico: Llamada a una estación móvil. (Rinnback, 2000)

Un comando de localización arriba al portal de señalización SS7 vía la interfaz A. La pila completa de SS7 termina en el portal y el comando de localización es enviado vía TCP/IP al servidor de red de radio, el cual distribuye el comando de localización a RBS apropiada. (Figura Anexo 1.)

Una RBS detecta una solicitud de canal y envía una señalización al servidor de red de radio. El servidor selecciona un canal de radio dedicado y le redirecciona la estación móvil. El servidor también envía señalización al portal SS7, instruyéndole establecer una SCCP o parte de control de conexión de señalización al centro de servicio móvil de conmutación (MSC, mobile switching center.)

Luego la estación móvil comienza a enviar reportes de mediciones sobre el canal dedicado. La estación de radio base RBS manda estos reportes de mediciones al servidor de red de radio y envía sus propias mediciones para posterior evaluación.

El MSC asigna un código de identidad de circuito (CIC) en la interfaz A y lo señala al servidor vía el portal SS7, el que instruye al portal de media (MGW, media gateway) que asigne un transcodificador. El MGW conecta el transcodificador al CIC. El servidor de red de radio también informa a la RBS y el transcodificador de su contraparte de dirección IP.

La llamada puede ser ahora intercambiada.

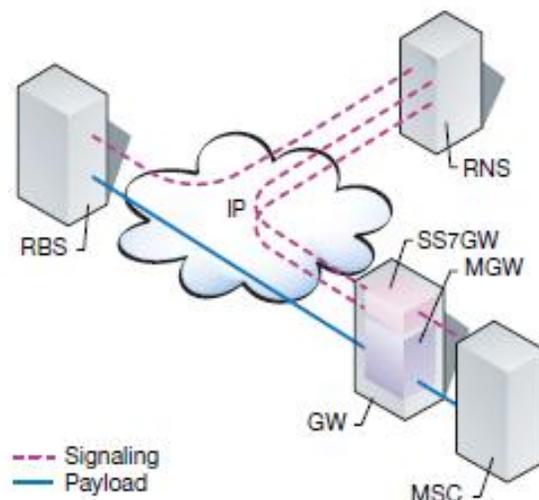


Figura Anexo 1 (Rinnback, 2000)

GLOSARIO

3GPP	Third Generation Partnership Project
ATM	Asynchronous Transfer Mode
BSC	Base Station Controller
BTS	base transceiver station
BTS	Base Transceiver Station
CDMA	Code division multiple access
CN	Core Network
GPRS	General Packet Radio Service
GSM	Global System for Mobile Communications
HSCSC	High Speed Circuit-Swithced Data
HSPA	High Speed Packet Access
IP	Internet Protocol
IUB	Interface UMTS between Node B and RNC
LAN	Local Area Network
LCF	Local Connectivity Function
LTE	Long Term Evolution
ML-PPP	Multi Link Point-to-Point Protocol

MPLS	Multi Protocol Label Switching
MU	Main Unit
NWI-E	Network Interface – Ethernet
O&M	Operation and Maintenance
PCM	Pulse Code Modulation
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
PGW	Packet Gateway
PGWB	Packet Gateway Board
PPP	Point-to-Point Protocol
QoS	Quality of Service
RB	Radio-based
RBS	Radio Base Station
RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network System
RRU	Remote Radio Unit
RU	Radio Unit
SAPI	Service Access Point Identifier
SC	Super Channel
SDH	Synchronous Digital Hierarchy

SIU	Site Interface Unit
STN	Site Transport Node
TCP	Transmission Control Protocol
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time division multiple Access
TG	Transceiver Group
UDP	User Datagram Protocol
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
WAN	Wide Area Network
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access

BIBLIOGRAFÍA

simulador de trafico. (2010).

Cervelló, C. (mayo de 2008). *telecom*. Recuperado el 08 de agosto de 2012, de http://posgrado.frba.utn.edu.ar/investigacion/especialidades/santamaria_tf_esp.pdf(santamaria i

E1, T. (s.f.).

Ericsson. (2003). RBS 2106 The GSM Macro Outdoor Base Station.

Ericsson. (2012). *Plan Despliegue 2012*. Ericsson.

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mayoral_p_e/capitulo3.pdf. (s.f.).

Recuperado el 18 de 09 de 2012, de

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mayoral_p_e/capitulo3.pdf.

<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>. (s.f.). Recuperado el 24 de Septiembre de 2012, de <http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>

http://www.geocities.ws/rosa_virgen_sm/Comunicaciones/Tel_celular/INFRA_RED_GSM.pdf.

(s.f.). Recuperado el 24 de Sep de 2012, de

http://www.geocities.ws/rosa_virgen_sm/Comunicaciones/Tel_celular/INFRA_RED_GSM.pdf

http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialgsm/pagina_3.asp. (s.f.). Recuperado el 25 de Sep. de 2012, de http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialgsm/pagina_3.asp

Leon, A. (2010). *monografias.com*. Recuperado el 12 de septiembre de 2012, de <http://www.webnuevatecnologias.com/newtecnofr/docinteres/pdfmono5.pdf>

Montilla, A. (s.f.). acceso movil tercera generacion.

Red atm. (s.f.).

Reza, M. (junio de 2009). *Articulo de internet tesis telematica*. Recuperado el 08 de agosto de 2012, de <http://www.webnuevatecnologias.com/newtecnofr/docinteres/pdfmono5.pdf>

Rivero, A. D. (2010). *Diffserv: Servicios Diferenciados*.

Sánchez, H. (2011). *Maestria en telecomunicaciones*. Managua, Nicaragua. Recuperado el 12 de Septiembre de 2012, de <http://www.cc.gatech.edu/gvu/stats/NSF/merit.html>.

simulador de trafico atm. (s.f.).

telefonica. (s.f.).

Vargas, A. (2012). *Abis over IP SIU Design*. Ericsson.

VASCONCELOS, M. (2009). *Site Integration Unit (SIU)*.

(http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/mayoral_p_e/capitulo3.pdf.)

(http://www.geocities.ws/rosa_virgen_sm/Comunicaciones/Tel_celular/INFRA_RED_GSM.pdf)

(<http://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>)

(http://www.teleco.com.br/es/tutoriais/es_tutorialgsm/pagina_3.asp)