

**DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE JERARQUÍA DIGITAL
SÍNCRONA DE NUEVA GENERACIÓN (SDH-NG).**

**CARLOS MARIO PEREZ OSORIO
JAIRO ECHENIQUE MARTÍNEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARTAGENA DE INDIAS
2006**

**DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE JERARQUÍA DIGITAL
SINCRONA DE NUEVA GENERACIÓN (SDH-NG).**

**CARLOS MARIO PEREZ OSORIO
JAIRO ECHENIQUE MARTÍNEZ**

**Monografía
Minor de Telecomunicaciones
Para optar por el título de
Ingeniero Electrónico**

**Director
GONZALO LOPEZ VERGARA
Ingeniero Electrónico
Especialista en Telemática**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLIVAR
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA
CARTAGENA DE INDIAS**

2006

Cartagena, de 2006

Señores

Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Respetados señores:

Por medio de la presente me permito informarles que la monografía titulada “DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA DE NUEVA GENERACIÓN (SDH-NG)” ha sido desarrollada de acuerdo a los objetivos establecidos.

Como autores de la monografía consideramos que el trabajo es satisfactorio y amerita ser presentado para su evaluación.

Atentamente,

CARLOS M. PEREZ OSORIO

JAIROECHENIQUE MARTÍNEZ

Cartagena, de 2006

Señores

Comité curricular de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

Universidad Tecnológica de Bolívar

Ciudad

Respetados señores:

Cordialmente me permito informarles, que he llevado a cabo la dirección del trabajo de grado de los estudiantes Carlos Mario Pérez Osorio y Jairo Echenique Martínez titulado “DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA DE NUEVA GENERACIÓN (SDH-NG)”

Atentamente,

Especialista en Telecomunicaciones

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Cartagena de Indias D. T. y C. de 2006

DEDICATORIA

A Dios por darme tantas cosas buenas en la vida, a mis padres que me llevaron de la mano por el camino correcto y siempre me brindaron su apoyo.

Jairo Echenique Martínez

A Dios y a mis papas los cuales siempre me han brindado el apoyo necesario para seguir adelante.

Carlos Mario Pérez Osorio.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer de igual manera, primero que todo a Dios, a nuestros padres por el apoyo incondicional a nuestros hermanos, vecinos y amigos que estuvieron siempre ahí y colaboraron de alguna forma u otra para hacer posible este trabajo, a nuestros profesores por ese gran aporte de conocimiento necesario y vital para el desarrollo de nuestra vida profesional.

Jairo Echenique Martínez.

Carlos Mario Pérez Osorio.

CONTENIDO

GLOSARIO.....	xi
LISTA DE FIGURAS.....	xvi
LISTA DE TABLAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
INTRODUCCIÓN.....	xxii
1. PROCEDIMIENTO DE TRAMADO GENÉRICO	
(Generic Framing Procedure).....	1
1.1 TRAMA DE USUARIO GFP.....	4
1.1.1 Cabecera GFP (Core Header GFP).....	5
1.1.1.1 Campo Indicador De Longitud De PDU (PLI).....	5
1.1.1.2 Campo De Corrección De Errores En La Cabecera (cHEC).....	6
1.1.2 Área De Carga Útil De GFP (Payload Área).....	6
1.1.2.1 Cabecera De Carga Útil (Payload Header).....	7
1.1.2.1.1 Campo De Type GFP.....	8
1.1.2.1.2 Campo De HEC De Type (tHEC).....	10
1.1.2.1.3 Cabeceras De Extensión GFP.....	10
1.1.2.1.4 Campo De HEC De Extensión (eHEC).....	11
1.1.2.1.5 Campo de carga útil (Payload).....	11
1.1.2.1.6 Campo de verificación de trama de carga útil (FCS).....	11
1.1.3 Tramas de control GFP.....	11
1.1.3.1 Trama De Relleno (GFP Idle Frames).....	13
1.1.3.2 Señal De Indicación De Falla Remota Del Cliente (Far-End Client	
Signal Fail Indication).....	13
1.1.4 Tipos De Cabecera De Extensión De GFP.....	14
1.1.4.1 Cabecera De Extensión Nula.....	15

1.1.4.2	Cabecera De Extensión Para Trama Lineal.....	15
1.1.4.2.1	Campo De Puerto De Destino (DP).....	15
1.1.4.2.2	Campo De Puerto Fuente (SP).....	15
1.1.4.2.3	Campo Suplente.....	16
1.1.4.2.4	Campo HEC de extensión (eHEC).....	16
1.1.4.3	Cabecera De Extensión Para Tramado En Configuración en Anillo.....	16
1.1.4.3.1	Campo Suplente 1.....	17
1.1.4.3.2	Campo De Prioridad.....	17
1.1.4.3.3	Campo De Tiempo De Vida (TTL).....	17
1.1.4.3.4	Campo De Puerto De Destino (DP).....	17
1.1.4.3.5	Campo De Puerto Fuente (SP).....	17
1.1.4.3.6	Campo de dirección de destino MAC.....	17
1.1.4.3.7	Campo De Dirección Fuente MAC.....	17
1.1.4.3.8	Campo Suplente 2.....	17
1.1.4.3.9	Campo HEC de extensión (eHEC).....	18
1.2	ASPECTOS ESPECÍFICOS DE CARGA ÚTIL PARA EL MAPEO GFP EN MODO TRAMA (GFP-F).....	19
1.2.1	Carga útil MAC Ethernet.....	19
1.2.1.1	Encapsulamiento de la MAC Ethernet.....	20
1.2.1.2	Ethernet Inter- Packet Gap (IPG) Eliminación y Recuperación.....	20
1.2.2	Carga útil IP/PPP.....	21
1.2.2.1	Encapsulamiento de la trama PPP.....	21
1.2.2.2	Descripción del Interworking GFP/HDLC.....	22
1.2.2.3	Opciones de configuración de la carga útil PPP.....	22
1.2.3	Control de error en una trama GFP Mapeada.....	23
1.3	ASPECTOS ESPECÍFICOS PARA EL MAPEO EN MODO TRANSPARENTE DE CARGAS ÚTILES EN CLIENTES DEL TIPO 8B/10B EN GFP.....	24

1.3.1 Código 10B_ERR.....	27
1.3.2 Código 65B_PAD.....	28
1.3.3 Código 65B_ESC.....	28
1.3.4 Inserción De Una Secuencia De Escape 64B/65B.....	29
1.3.5 Adaptación De Códigos De Bloques 64B/65B En GFP.....	30
1.3.6 Running Disparito en códigos 64B/65B.....	31
1.3.6.1 Manejo de Running Disparity en Ingreso.....	32
1.3.6.2 Manejo de Running Disparity en Salida.....	32
1.3.6.3 Aspectos específicos para la disparidad en clientes.....	33
1.3.6.3.1 Carga útil Fibre Channel.....	33
1.3.6.3.2 Carga útil ESCON.....	34
1.3.6.3.3 Carga útil FICON.....	34
1.3.6.3.4 Carga útil Gigabit Ethernet.....	34
1.3.6.4 Tasa De Adaptación En Bloques De Código 64B/65B.....	35
1.3.6.5 Tasa de adaptación al reloj de referencia local.....	35
1.3.6.6 Aspectos De Adaptación De Tasa Para Clientes Específicos.....	36
1.3.6.6.1 Carga útil Fibre Channel.....	36
1.3.6.6.2 Carga útil ESCON.....	37
1.3.6.6.3 Carga útil FICON.....	37
1.3.6.6.4 Carga útil Gigabit Ethernet full Duplex.....	37
2. CONCATENATION VIRTUAL (VIRTUAL CONCATENATION-VCAT).....	38
2.1 Tipos De Concatenación.....	39
2.1.1 Procedimiento De Concatenación Contigua.....	39
2.1.1.1 Velocidades Definidas Para SDH.....	40
2.1.1.2 Mapeo De Señales Clientes Con Concatenación Contigua.....	41
2.1.1.3 Codificación De Los Byte H4 Y K4 En SDH Tradicional.	42
2.1.2 Procedimiento De Concatenación Virtual.	43
2.1.2.1 Mecanismo Para Concatenación Virtual.....	44

2.1.2.2 Nueva Codificación De los Bytes H4 y K4 Para Soporte De Concatenación Virtual.....	44
2.1.2.3 Concatenación Virtual De Alto Orden.	45
2.1.2.4 Concatenación Virtual De Bajo Orden.....	48
2.1.2.5 Ajuste De Retardos Diferenciales	52
3. ESQUEMA DE AJUSTE DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE (LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME- LCAS).....	54
3.1 Protocolo LCAS.....	58
3.1.1 LCAS Para Contenedores de Alto Orden.....	58
3.1.1.1 Campos De Paquetes De Control Para LCAS De Alto Orden.....	60
3.1.1.1.1 Campo De Control (CTRL).....	60
3.1.1.1.2 Identificación De Grupo (GID).....	60
3.1.1.1.3 Código De Redundancia Cíclica 8 (CRC-8).....	60
3.1.1.1.4 Estado De Miembro (MST).....	61
3.1.1.1.5 Acuse de Recibo (Rs-Ack).....	61
3.1.2 LCAS Para Contenedores de Bajo Orden.....	61
3.2 Mensajes del Protocolo LCAS.....	62
3.2.1 Flujo de Llamada Para Adición de Miembros.....	62
3.2.2 Flujo de Llamadas Para Borrado de Miembros.....	64
3.2.3 Flujo de Llamada Para Borrado de Último Miembro.....	65
3.2.4 Flujo de Llamada Para Indicación de Falla del Último Miembro.....	66
3.2.5 Flujo de Llamada Para Indicación de Falla de un Miembro Cualquiera.....	67
3.2.6 Maquinas de Estado de Fuente y Destino.....	68
4. ALGUNAS LIMITACIONES DE NG-SDH/SONET FRENTE A METROETHERNET.....	70
4.1 Análisis Económico.....	70
4.1.1 Capex.....	70

4.1.2 Precio De Servicio.....	71
4.1.3 El Costo de Actualizar la Red.....	72
4.2 Limitaciones técnicas de NG-SDH/SONET en el Soporte de Servicios de Datos.....	72
4.2.1 La Eficiencia en la Transmisión de Datos no Esta Mejorada.....	72
4.2.2 La Multiplexación GFP Tiene Una Limitación Critica.....	73
4.2.3 Limitaciones En Enlaces Multipunto.....	74
CONCLUSIONES.....	75
BIBLIOGRAFÍA.....	77

GLOSARIO

Ancho De Banda: Representa la cantidad de datos que pueden ser cargados en un canal de comunicaciones al mismo tiempo, para dispositivos digitales se expresa en bytes por Segundo y en dispositivos análogos en Hertz.

APS (Automatic Protection Switching): conmutación de protección automática.

ATM (Asynchronous Transfer Mode): Modo de transferencia asincrona.

Capex (Capital expense): definición que hace referencia al gasto en dinero de construir infraestructura o actualizar redes en este caso.

DVB (Digital Video Broadcasting) : Es una organización que promueve estándares aceptados internacionalmente de televisión digital, en especial para HDTV y televisión vía satélite, así como para comunicaciones de datos vía satélite (unidireccionales, denominado sDVB-IP, y bi-direccionales, llamados DVB-RCS).

DWDM: es un método de multiplexación muy similar a la Multiplexación por división de frecuencia que se utiliza en medios de transmisión electromagnéticos. Varias señales portadoras (ópticas) se transmiten por una única fibra óptica utilizando distintas longitudes de onda de un haz láser cada una de ellas. De esta manera se puede multiplicar el ancho de banda efectivo de la fibra óptica, así como facilitar comunicaciones.

Ethernet: protocolo para redes de datos, las redes Ethernet típicamente opera a 10, 100 o 1000 Mb/s.

ESCON (Enterprise Systems Connectivity): una tecnología definida por IBM para interconectar a través de fibra óptica, servidores, computadores, servicios de almacenamiento y computadores a una velocidad de 200Mbps.

Fibre Channel: protocolo definido por la ANSI para extender la conmutación en canales de fibra a través de áreas de red extensa, con velocidades definidas de 200Mbps y 1000Mbps (Fibre Channel 2).

FISCON (Fiber Connectivity): tecnología definida por IBM para extender las capacidades de ESCON basado en los desarrollos y la multiplexación de la tecnología Fibre Channel.

GFP Tramado (GFP-F): un tipo de mapeo de GFP donde las señales de cliente son recibidas y mapeadas de manera completa en tramas GFP.

GFP Transparente (GFP-T): un tipo de mapeo en el cual los bloques de códigos de los clientes son decodificados y mapeados en un arreglo de longitud fija dentro de una trama GFP y ser transmitidos de manera inmediata sin esperar la llegada de la trama completa del cliente.

HDLC (High-Level Data Link Control): es un protocolo de comunicaciones de datos punto a punto entre dos elementos basado en el ISO 3309. Proporciona recuperación de errores en caso de pérdida de paquetes de datos, fallos de secuencia y otros. Mediante una red de conmutadores de paquetes conectados con líneas punto a punto entre ellos y con los usuarios se constituye la base de las redes de comunicaciones X25.

HO-VCAT (High Order Virtual Concatenation): Concatenación virtual de alto orden.

IGP (Interpacket Gap): espaciamiento entre tramas que se da en el protocolo Ethernet para tareas de procesamiento.

IP (Internet Protocol): protocolo de la pila de protocolo de TCP/IP que se encarga de las direcciones lógicas.

LAPS (Link Access Procedure): procedimiento de codificación de señales Para una transmisión mas adecuada al medio físico.

LCAS (Link Capacity Adjustment Scheme): esquema de ajuste de la capacidad de enlace.

LO-VCAT (Low Order Virtual Concatenation): Concatenación virtual de bajo orden.

MAC (Medium Access Control): Control de acceso al medio.

Modelo OSI (Open System Interconexión): Estructura ideal creada para la comunicación entre entidades.

MSB (Most Significant Bits): bit más significativos.

MTU (Maximum Transmission Unit): máximo tamaño del área útil de un octeto en GFP.

NMS (Network Management System): término genérico utilizado para referirse al sistema de gestión de redes de una infraestructura de telecomunicaciones.

Opex (Operating Expenditures): término utilizado para nombrar los costos provenientes de manejar un negocio.

OA&M (Operation, Administration and Maintenance): operación administración y mantenimiento.

OTN (Optical Transport Network): redes de transporte óptico.

Paquete: conjunto de bits agrupados serialmente en un formato definido, conteniendo un comando o mensaje de datos para enviar por la red.

Protocolo: un conjunto de reglas que gobiernan el formato, tiempo, secuencia y control de errores de los datos intercambiado a través de la red.

PPP (Point-to-Point Protocol): Protocolo punto a punto, es un protocolo de nivel de enlace estandarizado en el documento RFC 1661. Por tanto, se trata de un protocolo asociado a la pila TCP/IP de uso en Internet.

Puerto De Destino/Fuente (DP/SP): una entidad direccionable lógicamente en una interfaz física.

RS (Regenerator Section): sección de regeneración.

SAN (Storage Area Network): Redes de área de almacenamiento.

SDH (Synchronous Digital Hierarchy): jerarquía digital sincrona es un protocolo estandarizado por la ITU para la transmisión de datos sobre fibra óptica.

SOH (Section Overhead): Tara de sección.

SONET (Synchronous Optical NETWORK): red óptica sincrona, estándar de la ANSI como protocolo de las redes backbone para la transmisión de grandes velocidades en grandes anchos de banda.

STS-n (Synchronous Transport Signal level n): señal de transporte sincrono de nivel n.

STM-n (Synchronous Transport Module level n): modulo de transferencia sincrona de nivel n.

TDM (Time Division Multiplexing): Multiplexación por división de tiempo.

TU (Tributary Unit): unidad tributaria.

TUG (Tributary Unit Group): grupo de unidades tributarias.

VCAT (Virtual Concatenation): concatenación virtual.

VC (Virtual Container): Contenedor virtual.

VLAN (Virtual Local Area Network): Red de area local virtual.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Relación de GFP con las señales de clientes y las rutas de Transporte.
- Figura 2.** Modelo funcional GFP (para un solo cliente).
- Figura 3.** Formato de trama de usuario GFP.
- Figura 4.** Formato de cabecera GFP.
- Figura 5.** Formato de campo de carga útil.
- Figura 6.** Formato de cabecera de carga útil.
- Figura 7.** Formato de campo Type.
- Figura 8.** Formato de las tramas de control GFP.
- Figura 9.** Formato de trama de relleno.
- Figura 10.** Trama de señal de indicación de falla remota.
- Figura 11.** Formato de cabecera de extensión nula.
- Figura 12.** Formato de de trama con extensión nula.
- Figura 13.** Formato de trama de cabecera de extensión en anillo.
- Figura 14.** Relación entre la trama Ethernet y GFP.
- Figura 15.** Relación entre la trama Ethernet y GFP.
- Figura 16.** Relación entre la trama PPP/HDLC y la trama GFP
(incluyendo la opción de Configuración ACFC del PPP).
- Figura 17.** Formato de trama para GFP-T.
- Figura 18.** Bloque de datos de GFP-T.
- Figura 19.** Ejemplo de códigos de bloques con control.
- Figura 20.** Estructuras de grupo de mapeo de códigos de 64B/65B en una trama GFP.
- Figura 21.** Esquema de ubicación de VC en capa de transporte.
- Figura 22.** Concatenación contigua en SDH.
- Figura 23.** Codificación del octeto H4.

- Figura 24.** Nueva codificación H4.
- Figura 25.** Nueva codificación K4.
- Figura 26.** Identificación de una secuencia de un VCG en una multitrama.
- Figura 27.** Identificación del indicador de multitrama en VCAT.
- Figura 28.** Arreglo del octeto K4 para LOVCAT.
- Figura 29.** Diferencia de transporte entre concatenación virtual y contigua.
- Figura 30.** Paquetes de control para LCAS de alto orden.
- Figura 31.** Paquete de control de LCAS de bajo orden.
- Figura 32.** Flujo de llamada para adición de miembros.
- Figura 33.** Flujo de llamada para borrado de un miembro de un VCG.
- Figura 34.** Flujo de llamada de supresión de último miembro.
- Figura 35.** Flujo de llamada de falla de último miembro.
- Figura 36.** Flujo de llamada de falla de un miembro cualquiera.
- Figura 37.** Maquina de estado de la fuente.
- Figura 38.** Maquina de estado del destino.
- Figura 39.** Diferencia de Costo en Dólares Para Redes Ethernet y SDH.
- Figura 40.** Mapeo de Señales en Modo GFP-F.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de clientes según valor hexadecimal de **UPI**.

Tabla 2: Valores de caracteres especiales de control apeados en 4 bits.

Tabla 3: Relación de bloques GFP y tasa de datos de cliente con concatenación virtual.

Tabla 4: Velocidades binarias jerárquicas SDH.

Tabla 5: Capacidades definidas para concatenación contigua.

Tabla 6: Eficiencia de concatenación contigua con protocolos clientes.

Tabla 7: Eficiencia de concatenación virtual en clientes.

Tabla 8: Tamaños de buffer requeridos para ajustes de retardos diferenciales.

Tabla 9: Comandos de control de LCAS.

RESUMEN

La nueva generación SONET/SDH (NG-SDH) es un término que aunque a simple vista aparente algo único, en realidad abarca un amplio un rango de desarrollos basados en estándares y propietarios que están construidos sobre la infraestructura SONET/SDH disponible actualmente. Desplegado primeramente por operadores de larga distancia como una forma para soportar nuevos servicios tales como Ethernet, Fibre Channel, ESCON, y DVB, la nueva generación SONET/SDH permite la entrega de datos con alta velocidad, y muy alto ancho de banda aún con presupuestos muy limitados.

La nueva generación de SONET/SDH extiende la utilidad de la red existente de SONET/SDH utilizando la red de capa uno e incluyendo tecnologías tales como la concatenación virtual (VC), el procedimiento genérico de trama (GFP), y el esquema de ajuste de la capacidad de enlaces (LCAS).

En general, la concatenación virtual mapea contenedores individuales en un enlace virtualmente concatenado. Así, Cualquier número de contenedores puede ser agrupado lo que provee mejor granularidad en el ancho de banda que el obtenido usando técnicas tradicionales (concatenación contigua por ejemplo). Adicionalmente, esto permite a los operadores de redes ajustar la capacidad de transporte requerido para el servicio del cliente para su mejor eficiencia. Debido a que los nodos intermedios de la red tratan cada contenedor en el enlace como uno estándar, solo el equipo de inicio de trayectoria y el del fin de trayecto necesitan reconocer y procesar la estructura de la señal virtual concatenada.

Esto significa que cada enlace puede tomar su propia trayectoria a través de la red, lo cual puede conducir a diferencias de fase entre los contenedores llegando al equipo Terminal de trayectoria, requiriendo al equipo almacenar en el buffer los retrasos.

La información requerida para concatenación virtual es transportada en la cabecera de trayectoria (path overhead) de los contenedores individuales.

Para la concatenación virtual, se requieren de dos parámetros que son el contador de trama (MFI) y el número de secuencia (SQ).

Debido a que los miembros de un VCG puedan viajar a través de la red por diferentes trayectorias, significa que todos los miembros puede que no lleguen al puerto de destino al mismo tiempo. Para eliminar este **retraso diferencial** y garantizar la integridad de todos los miembros en un grupo, un número de secuencia (SQ) es asignado a cada miembro. El MFI puede detectar retrasos diferenciales entre miembros del VCG y compensarlos hasta en 512 ms.

Otro de los componentes primordiales dentro de lo que conocemos como SDH-NG es el llamado Procedimiento de Tramado Genérico (GFP). Esta técnica de encapsulado, como cualquier otra, se utiliza para adaptar las ráfagas de tráfico asíncrono y las tramas de distintos tamaños antes que el tráfico de servicio de datos como IP/PPP, Ethernet MAC, Fibre Channel, ESCON y FICON sea transportado sobre redes SONET/SDH. GFP adapta una corriente de datos basados en tramas en corrientes de datos orientados a bytes, por medio de mapeos de los diversos servicios en una trama de propósito general, la cual es después mapeada en las conocidas tramas de SONET/SDH. Esta estructura de trama es mejor para detectar y corregir errores y para proveer mejor eficiencia en el ancho de banda que los procedimientos tradicionales de encapsulado.

Finalmente, el esquema de ajuste de la capacidad de enlaces (LCAS) es uno de los últimos protocolos estandarizados. Este protocolo corre entre dos elementos de Red que están conectados en una interfase del cliente hacia la tradicional red SONET/SDH. Cada byte H4/K4 transporta un paquete de control, el cuál contiene información sobre la concatenación virtual y sobre los parámetros del protocolo LCAS. Para determinar que miembros de un grupo VCG están activos y cuales son usados, LCAS permite al equipo origen, cambiar dinámicamente el número de contenedores en un grupo concatenado en respuesta a un cambio en tiempo real de los requisitos del ancho de banda. Este incremento o decremento en el ancho de banda de transporte puede ser realizado sin influenciar negativamente el servicio.

INTRODUCCIÓN

Los cambios económicos globales más recientes entre los cuales tiene gran importancia la apertura económica a través de la globalización, ha traído como consecuencia un aumento enorme en la competencia a nivel mundial. Específicamente en el campo de las telecomunicaciones, el crecimiento de las redes privadas han forzado a los proveedores de servicios de telecomunicaciones a incrementar la eficiencia y calidad de sus servicios; las cuales, ante las nuevas necesidades que han surgido durante los últimos años y que han hecho que los servicios fijos de voz pasen a un segundo plano, se han visto obligadas a replantear su modelo de servicio ya que son conscientes que las necesidades actuales necesitan de redes que soporten además de voz, el tráfico de densas cantidades de datos.

Debido a esto y como se sabe, en las últimos dos décadas las redes SDH/SONET, han proporcionado conexiones de alta calidad basadas en prestaciones avanzadas de OA&M, mecanismos de recuperación, arquitecturas tolerantes a fallos, monitorización de calidad y control jerárquico de eventos, la mayoría de los operadores en telecomunicaciones desplegó una gran infraestructura con esta tecnología para el transporte de los grandes flujos de información, llegando a ser la tecnología dominante en las instalaciones de transmisión, por lo que es lógico pensar que la tecnología SDH NG sigue siendo la solución más económica y eficiente para las nuevas tecnologías de transmisión de datos, Además, SDH NG se está convirtiendo en la tecnología más adecuada debidos a su nuevos cambios ya que para compatibilizar estas tecnologías, se están instalando una nueva generación de nodos multiservicios.

Estos nodos integran todas las capacidades de acceso remoto, encaminamiento y conmutación en la misma línea. Además existen diferentes interfaces de red (GbEthernet, STM-n y DWDM), protocolos (TDM, ATM, IP y LAN virtual, ESCON, FICON y Fibre Channel) e interfaces de cliente, logrando así una mayor eficiencia y compatibilidad con las tecnologías existentes y de esta manera protegiendo las inversiones realizadas por los operadores de telecomunicaciones y cumpliendo con las exigencias actuales de ancho de banda.

Teniendo en cuenta las nuevas mejoras adaptadas al SDH tradicional, se describen en los capítulos siguientes de una manera lógica y secuencial las características de los cambios propuestos, por ejemplo para el procedimiento de tramado genérico (GFP) del capítulo 1 se desglosa la trama y sus campos correspondientes de control, información y de chequeo de errores, luego se describen los métodos de mapeo correspondientes para cada protocolo de capas superiores soportado (GFP de trama o GFP transparente) y la conformación de sus bloques de código para ser transmitidos en tramas a través de redes de SDH.

En lo concerniente a la concatenación virtual otra mejora sustancial y descrita en detalle en el capítulo 2 se muestra el concepto de concatenación tradicional (contigua) la codificación de los bytes que intervienen en ella y su eficiencia para luego mostrar el procedimiento con la concatenación virtual la codificación de sus bytes y las mejoras presentadas.

Para el capítulo 3 se describe el procedimiento de ajuste de la capacidad del canal, el cual es necesario primeramente el soporte de concatenación Virtual Ya que los procedimientos de control de este protocolo se dan gracias a la codificación establecida para VCAT.

Por ultimo se muestra en capitulo 4 algunas de las debilidades y limitaciones de SDH de nueva generación frente a otra tecnología emergente como lo son las redes Metro Ethernet.

1. PROCEDIMIENTO DE TRAMADO GENÉRICO (Generic Framing Procedure)

Unos de las primeras mejoras adoptadas para las redes tradicionales de transporte basadas en la tecnología SDH y equivalentes es el procedimiento de tramado genérico, este al igual que el SDH tradicional se encuentra en la capa física su incorporación se presenta en la periferia de red y lo que hace al agregarse es subdividir la capa física como se muestra en la figura 1 (con referencia al modelo OSI). Se observa claramente que este protocolo no esta amarrado a redes SDH si no que es posible su aplicación para otros tipos de redes de transporte óptico (**OTN**).

Básicamente GFP proporciona un mecanismo genérico para adaptar el tráfico de señales de clientes de capas superiores sobre un octeto de una red de transporte síncrona. Estas señales pueden ser orientadas a unidades de datos de protocolo o **PDU** (como una MAC de IP/PPP o de Ethernet) y también orientadas a bloques de código (como un Fibre Channel o ESCON), o a una tasa constante bits.

GFP esta constituido por aspectos comunes y de cliente. Los aspectos comunes de GFP incluyen todo el tráfico adaptado, la conformación de las tramas y la descripción de sus campos correspondientes y Los de cliente específico se refieren ya al tipo de mapeo que corresponde a cada protocolo.

Actualmente GFP define dos modos de adaptación de señal de cliente. Un modo de adaptación orientado a PDU, que hace referencia al mapeo de trama GFP o GFP-F para aplicaciones donde es necesario un mejor aprovechamiento del ancho de banda y otro denominado mapeo transparente para aplicaciones donde se hace necesario una menor latencia en la transmisión de los datos como lo son las aplicaciones en tiempo real (videos, teleconferencias y redes de almacenamiento de datos” **SAN**”).



Figura 1. Relación de GFP con las señales de clientes y las rutas de transporte.¹

¹American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 8

La figura 2 muestra un modelo funcional de alto nivel de GFP. En el modo de adaptación de mapeo de trama, la función de adaptación Cliente/GFP debe operar en la capa física o en la de enlace de datos del cliente. Es necesario que sea visible la PDU del cliente.

Para el modo de adaptación transparente, la función adaptación Cliente/GFP opera con el chorro de caracteres codificado en vez de usar las PDU's entrantes. Utilizando los ajustes correspondiente en la trama para el procesamiento del código de la señal de cliente entrante.

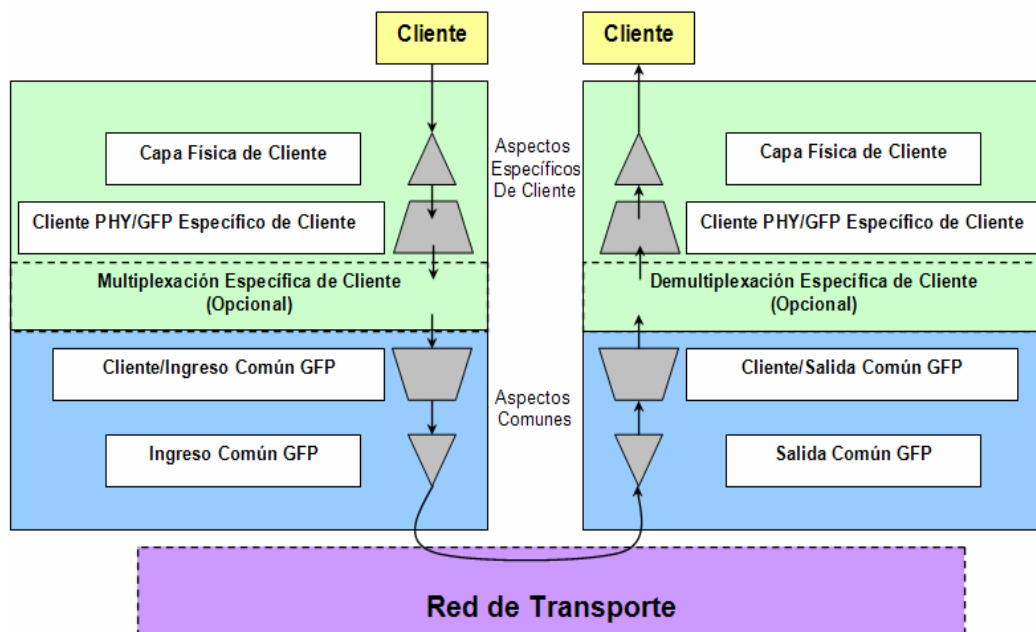


Figura 2. Modelo funcional GFP (para un solo cliente).²

²American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 8

1.1 TRAMA DE USUARIO GFP.

El formato de tramas de usuario es mostrado en la figura 3. Las tramas de usuario GFP son alineaciones de octetos que consisten en un área de cabecera y otra de información útil.

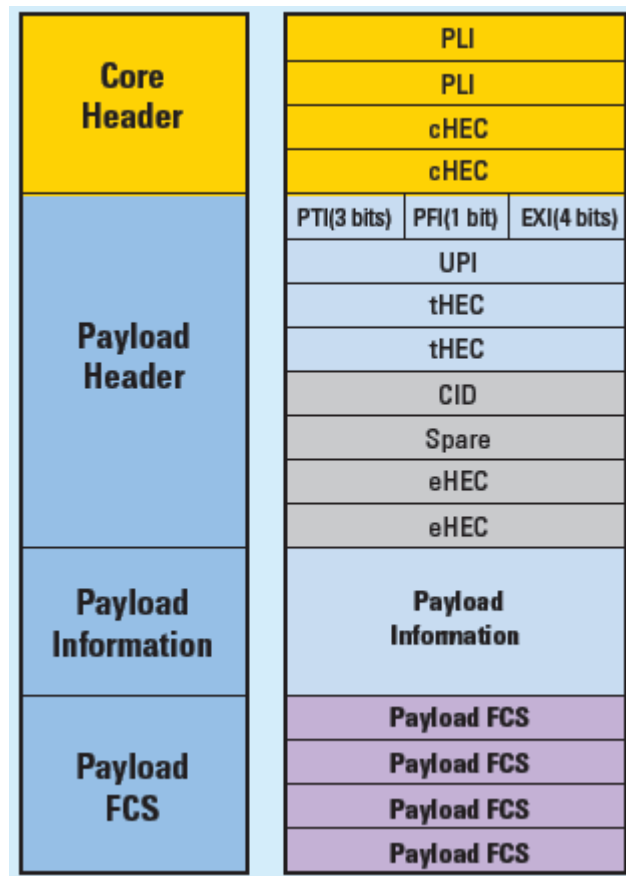


Figura 3: Formato de trama de usuario GFP.³

³ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

1.1.1 Cabecera GFP (Core Header GFP). El formato de cabecera es mostrado en la figura 4. Como vemos en la figura la longitud de la cabecera en la trama de usuario GFP esta fijada en 4 octetos, su intención es dar soporte al proceso de delimitacion de las tramas y también soporte a funciones en operaciones esenciales como las de enlaces de datos, independientemente de lo soportes ofrecidos en las PDUs de capas superiores.

Este formato a su vez se divide en un campo indicador de longitud de PDU (PLI "PDU Length Indicator field") y otro de detección de errores llamado campo de chequeo de errores de cabezera (cHEC "Core Header Error Check field").

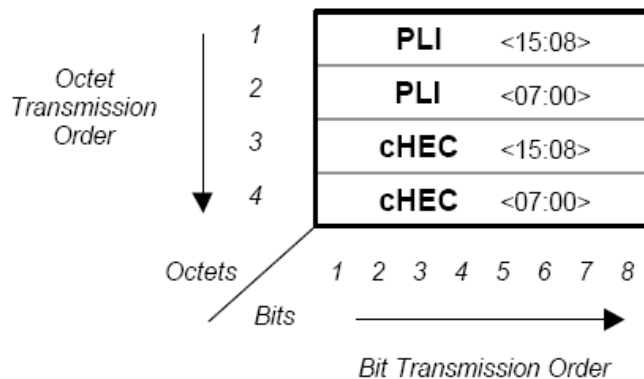


Figura 4: Formato de cabecera GFP. ⁴

1.1.1.1 Campo Indicador De Longitud De PDU (PLI). Los dos octetos del campo PLI consiste en un número binario que representa la cantidad de octetos en el área de carga útil de la trama GFP. Los valores de los primeros 4 bits del primer octeto (1-4 vistos en la figura 6) del campo PLI están reservados para el uso de las tramas de control de GFP que se describen en la sección 1.1.2.

⁴American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 7

1.1.1.2 Campo De Corrección De Errores En La Cabecera (cHEC). Los dos octetos conformados por el campo de control de errores contienen un mecanismo de control de tipo CRC-16 que genera una secuencia para proteger la integridad de los datos contenidos en la cabecera y también permite corrección de errores. La secuencia cHEC es calculada en base a la resta de los octetos de la cabecera con un polinomio definido y en cada recepción se verifica con la adición del polinomio que los resultados de estas restas concuerden con los datos de la cabecera.

1.1.2 Área De Carga Útil De GFP (Payload Área) El área de carga útil consiste en todos los octetos de toda la trama GFP después de la cabecera. Esta área de longitud variable puede incluir de 4 a 65 535 octetos. Y su función es transportar o llevar la información de protocolos de capas superiores.

Esta área esta compuesta por: cabecera de carga útil (payload header), campo de carga útil (Payload) y un campo adicional en la trama para soporte de funciones de equipos con compatibilidad de secuencia de chequeo de trama (Frame Check Sequence) FCS que es una comprobación de errores pero de toda el campo de carga útil.

La estructura del área de carga útil esta descrita en la figura 5. Los tamaños de las MTU o unidades de transferencia máxima de GFP son de aplicaciones específicas y varían según esta, por ejemplo podría haber una implementación donde la recepción de cargas útiles de tramas GFP soporte por lo menos 1600 octetos y otras en las cuales por acuerdo de los equipos de borde GFP se podría cambiar a otros valores diferentes en sus MTU.

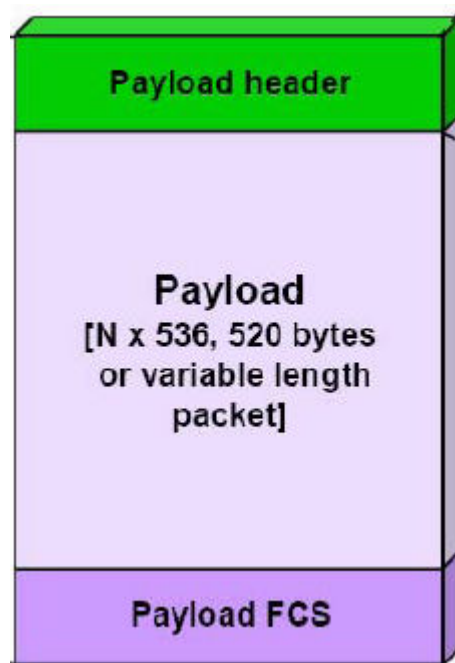
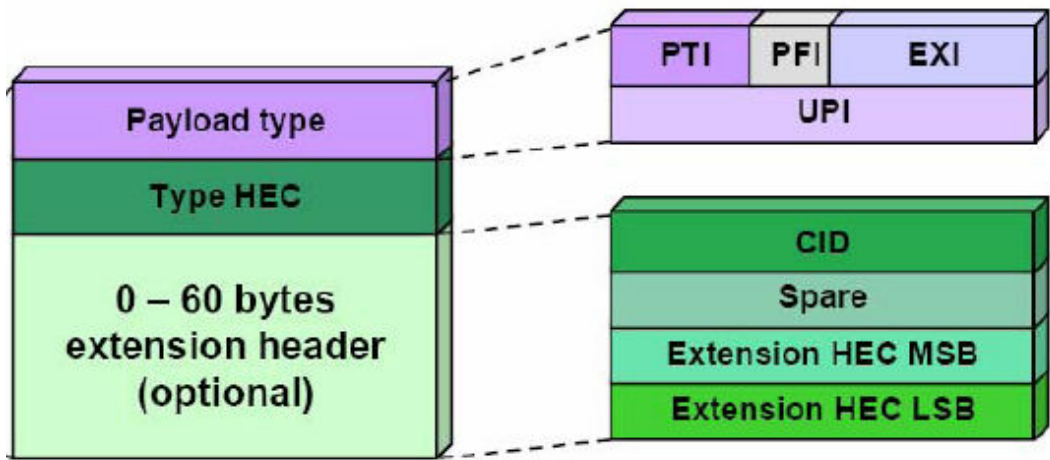


Figura 5: Formato de campo de carga útil.⁵

1.1.2.1 Cabecera De Carga Útil (Payload header). La cabecera de carga útil en un área de longitud variable, de 4 a 64 octetos de longitud. Su función es soportar la gestión al nivel de enlace de datos a las señales de clientes de capas superiores. El área contiene obligatoriamente dos campos: el tipo o type, el tHEC, y un número adicional de campos de cabecera de carga útil referidos como de extensión de cabecera (Extensión header).

La presencia de estas cabeceras de extensión, y sus formatos y la presencia de cargas útiles FCS son indicadas por el campo de tipo (Type). En lo que respecta al campo denominado tHEC este se encarga de proteger la integridad del campo de tipo (Type). La estructura de esta cabecera de carga útil se encuentra ilustrada en la figura 6. Una implementación debe soportar la recepción de una trama GFP con una cabecera de una longitud del rango de 4 a 64 octetos.

⁵Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 45



CID - Channel identifier
 FCS - Frame Check Sequence
 EXI - Extension Header Identifier
 HEC - Header Error Check
 PFI - Payload FCS Indicator
 PTI - Payload Type Indicator
 UPI - User payload Identifier

Figura 6: Formato de cabecera de carga útil.⁶

1.1.2.1.1 Campo De Type GFP. Este es uno de los campos obligatorios de la cabecera de carga útil que indican el contenido y el formato de la carga útil contenida en la trama GFP, el campo de Type distingue también varios tipos de ambiente, de servicios y multiservicios. El campo de Type está conformado: por 3 bits de identificación de tipo de carga útil (PTI), 1 bit indicador de carga útil FCS (PFI), 4 bits de identificación de cabeceras de extensión (EXI) y 8 bits de identificación de carga de útil de usuario (UPI). En la figura 7 se muestra el formato.

⁶Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 45

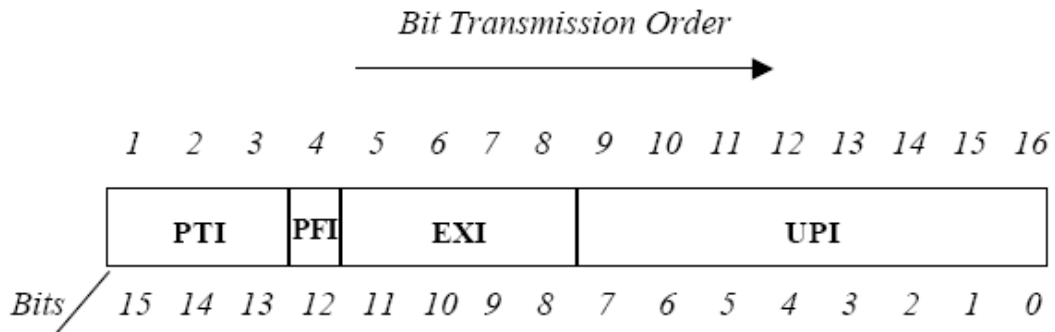


Figura 7: Formato de campo Type.⁷

- El campo **PTI** (Payload Type Indicator) se encarga de especificar si se trata de una trama de gestión o datos de clientes.
- El campo **PFI** (Payload FCS Indicator) se encarga de indicar si hay presencia (1) o ausencia (0) de carga útil FCS.
- El campo **EXI** (Extensión Header Identifier) su función es indicar el tipo de cabecera de extensión presente en la trama ya sea Null, Linear o Ring. Estas se explicaran en la sección 1.1.4.
- El campo **UPI** (User Payload Identifier) como lo indica su nombre su función es definir el tipo de carga útil definida en la trama dependiendo de la señal cliente. A continuación en la tabla 1 se muestran valores para diferentes clientes.

⁷American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 12

Valor del Campo UPI (HEX)	Protocolo	Modo GFP
0x01	Ethernet	Trama
0x02	PPP (IP & MPLS)	Trama
0x03	Fibre Channel	Trasparente
0x04	FICON	Trasparente
0x05	ESCON	Trasparente
0x06	GbE	Trasparente
0x07	reservado	
0x08	MAPOS	Trama
0x09 - 0xFE	reservado	
0x00 & 0xFF	no disponible	

Tabla 1: Tipos de clientes según valor hexadecimal de **UPI**.⁸

1.1.2.1.2 Campo De HEC De Type (tHEC). Los dos octetos que conforman este campo poseen una secuencia de control de errores del tipo CRC-16 para protección de la integridad de los datos contenidos en campo Type, permitiendo la detección y corrección de estos tanto de uno o varios bits.

1.1.2.1.3 Cabeceras De Extensión GFP. Este campo esta conformado de 0 a 60 octetos, con la capacidad para soportar tecnología específica al nivel de enlace de datos como: identificador de enlaces virtuales (virtual link identifiers), direcciones de fuente/destino, números de puerto, clase de servicio y control de errores de cabecera adicional.

⁸ Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 28

La longitud y el formato de este campo lo define el valor en el campo de Type. Los tipos de cabeceras su configuración se tratara más profundamente en la sección 1.1.4.

1.1.2.1.4 Campo De HEC De Extensión (eHEC) Este campo esta conformado por dos octetos que contienen una secuencia del tipo CRC-16 para el control de errores en el campo de cabeceras de extensión, permitiendo también la detección y corrección de estos tanto en uno o varios bits.

1.1.2.1.5 Campo De Carga Útil (Payload). Este el campo que contiene el tramado de la PDU de capas superiores o la información útil de los clientes. Este posee una longitud variable entre 0 a 65535 octetos (claro esta cantidad menos los utilizados por la cabecera). Las PDU de los usuarios y el control de estas siempre se trasmiten a través del campo de carga útil como una cadena de paquetes alineados por octetos.

1.1.2.1.6 Campo De Verificación De Trama De Carga Útil (FCS). Es un campo opcional de cuatro octetos de longitud que protege la integridad de los datos contenidos en el campo de carga útil a través de la utilización del control de errores con el algoritmo del tipo CRC-32.

1.1.3 Tramas De Control GFP. Como se dijo anteriormente los valores del 0 al 3 están reservados para funciones de control, como se ve en la figura 8 hay varios tipos de tramas desde vacías o de relleno hasta otras para funciones de gestión y mantenimiento.

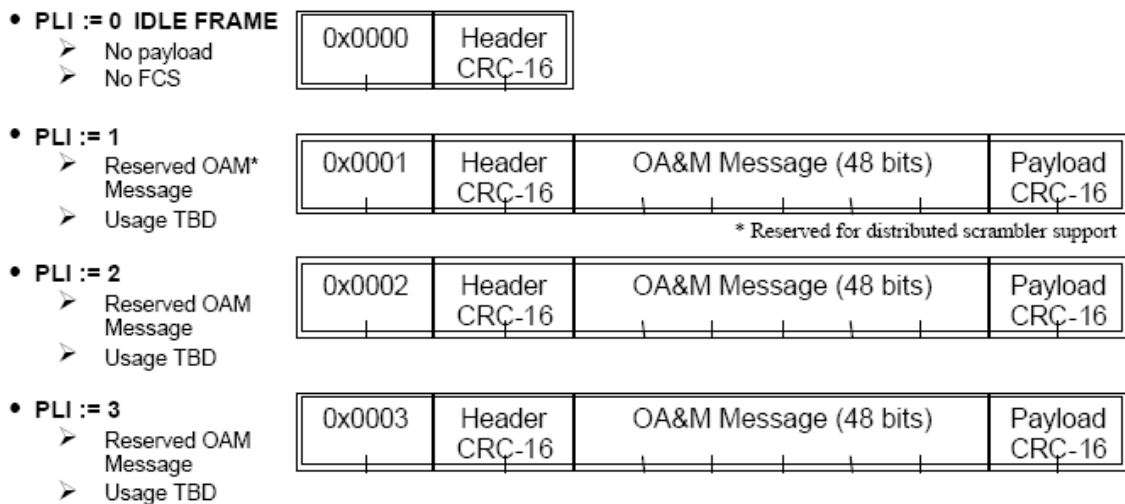


Figura 8: Formato de las Tramas de Control GFP.⁹

- Con un valor hexadecimal de 0 en el **PLI** se obtiene una trama de relleno necesario para las operaciones de ajuste de velocidad cuando no hay tramas de GFP disponibles.

- Con un valor hexadecimal de 1 en el **PLI** se obtiene una trama para control de operaciones de mezcla que consiste en combinar la carga útil con un numero especial hexadecimal (B6AB31E0) para garantizar un numero suficientes de 1's y 0's y poder mantener un nivel DC adecuado.

- Los otros valores de **PLI** soportan otros tipos de control como generación de FCS, delimitadores de tramas e indicadores de fallas remotas.

⁹ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 13

1.1.3.1 Trama De Relleno (GFP Idle Frames) Como se menciono anteriormente cuando el campo **PLI** esta con **PLI=0** se interpreta como una trama de relleno la cual consiste en cuatro octetos que permiten el relleno de bits para la adaptación al medio de transmisión dado. A continuación en la figura 9 se muestra la forma de esta trama.

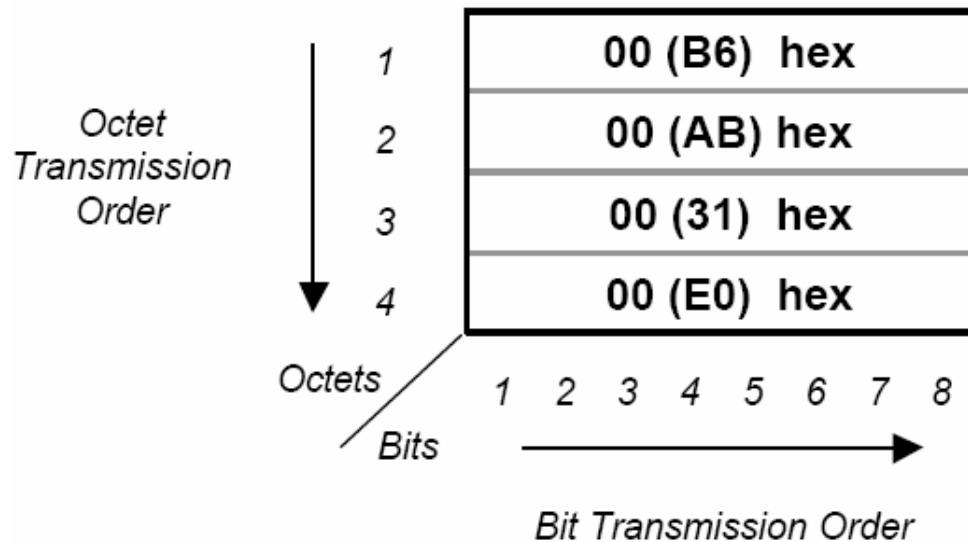


Figura 9: Formato de Trama de Relleno.¹⁰

1.1.3.2 Señal De Indicación De Falla Remota Del Cliente (Far-End Client Signal Fail Indication). GFP posee un mecanismo genérico para la detección y corrección de errores remotos producidos en el ingreso de las señales de clientes, estos se manejan a través de una señal conocida como CSF (client signal fail) que se propaga en una trama con el valor del campo PTI igual a 1. Esta reconoce principalmente dos tipos de fallas: pérdida de la señal de cliente o pérdida de sincronismo.

En la figura 10 se muestra la forma de la trama conformada para la indicación de de falla cuando el campo de un bit referido en la figura como **control =0** la falla es del tipo de pérdida de señal de usuario y **control=1** para pérdidas de sincronismo.

¹⁰ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 14

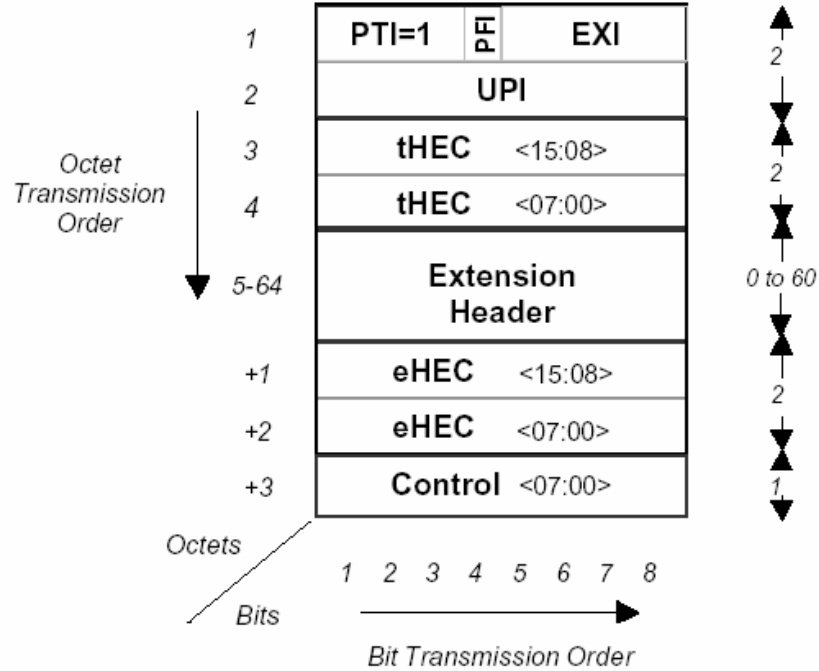


Figura 10: Trama de Señal de Indicación de Falla Remota.¹¹

1.1.4 Tipos De Cabecera De Extensión De GFP. Como se menciona en la sección 1.1.2.1.3 este campo esta definido para los tipos de cabeceras de extensión por lo tanto mostraremos a continuación la forma de la trama según el tipo.

Básicamente hay tres tipos de variantes de cabeceras de extensión para soportar los datos del cliente sobre configuraciones lógicas de anillos y punto a punto. A continuación veremos los cambios en las cabeceras de extensión dependiendo el tipo de configuración, a menos que se especifique lo contrario el valor por default de este campo es cero.

¹¹ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 19

1.1.4.1 Cabecera De Extensión Nula. La forma de trama para este tipo de configuración es mostrada en la figura 11. Este tipo de arreglo es aplicado a configuraciones lógicas de punto a punto y su uso esta orientado a escenarios donde la ruta de transporte esta dedicada a una señal cliente en particular.

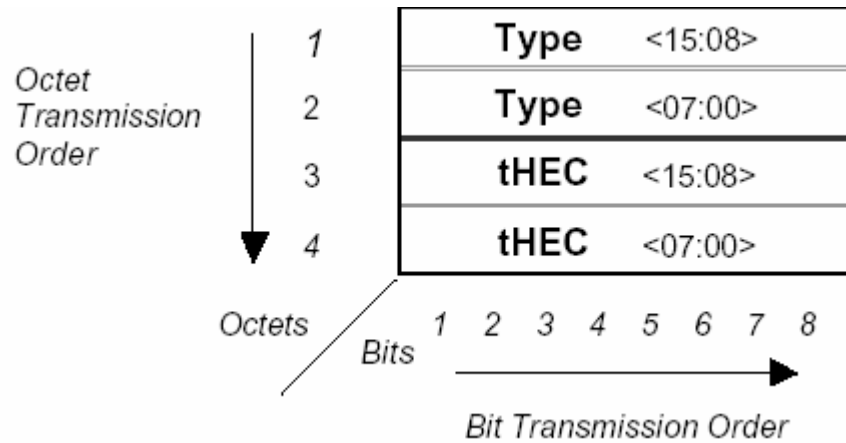


Figura 11. Formato de Cabecera de Extensión Nula.¹²

1.1.4.2 Cabecera De Extensión Para Trama Lineal. La forma de trama para esta configuración es mostrada en la figura 12. Este tipo de arreglo se utiliza también en enlaces punto a punto pero se diferencia del anterior debido a que este se encuentra en escenarios donde la ruta de transporte es compartido entre varias señales de cliente. Todos los campos y su función se muestran a continuación.

1.1.4.2.1 Campo De Puerto De Destino (DP). Es un número binario de 4 bits usado para indicar uno de los 16 puertos de un punto de destino GFP.

1.1.4.2.2 Campo De Puerto Fuente (SP). Es un número binario de 4 bits usado para indicar uno de los 16 puertos de un punto de inicio de GFP.

¹²American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 20

1.1.4.2.3 Campo Suplente. Un campo suplente de 8 bit reservados para usos futuros.

1.1.4.2.4 Campo HEC De Extensión (eHEC). Este campo denominado campo de control de errores de cabecera de extensión esta conformado por dos octetos y contiene una secuencia de comprobación de errores del tipo CRC-16 con el fin de mantener la integridad de los datos.

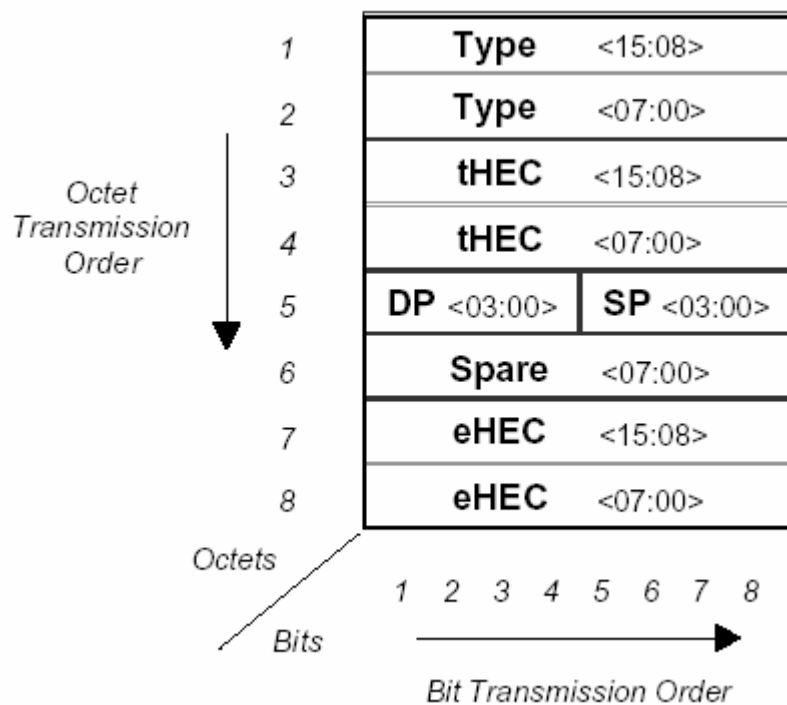


Figura 12: Formato de de Trama con Extensión Nula.¹³

1.1.4.3 Cabecera De Extensión Para Tramado En Configuración Lógica En Anillo. La forma de trama para este tipo de configuración es mostrada en la figura. Como su nombre lo indica es usado en las topología anillo y la definición de sus campos se muestra a continuación. Su forma se encuentra en la figura 13.

¹³ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 21

1.1.4.3.1 Campo Suplente 1. Un campo suplente de 8 bit reservados para usos futuros.

1.1.4.3.2 Campo De Prioridad. Es un campo de 4 bit utilizado para propósitos de priorización de tráfico, se subdivide en dos componentes:

- Bit de elegibilidad de descarte (DE).
- Bit de clase de servicio (CoS).

1.1.4.3.3 Campo De Tiempo De Vida (TTL). Es un número binario de 8 bit que representa el número de saltos GFP que una PDU GFP puede persistir; un valor de cero indica que una PDU GFP asociada terminará en el siguiente destino GFP.

1.1.4.3.4 Campo De Puerto De Destino (DP). Es un número binario de 4 bits usado para indicar uno de los 16 puertos de un punto de destino GFP.

1.1.4.3.5 Campo De Puerto Fuente (SP). Es un número binario de 4 bits usado para indicar uno de los 16 puertos de un punto de inicio de GFP.

1.1.4.3.6 Campo De Dirección De Destino MAC. Un número binario de 48 bits que contiene la dirección MAC de destino de un elemento de destino GFP.

1.1.4.3.7 Campo De Dirección Fuente MAC. Un número binario de 48 bits que contiene la dirección MAC fuente de un elemento de inicio destino GFP.

1.1.4.3.8 Campo Suplente 2. Un campo suplente de 8 bit reservados para usos futuros.

1.1.4.3.9 Campo HEC De Extensión (eHEC). Al igual que la configuración punto a punto lineal el campo denominado campo de control de errores de cabecera de extensión esta conformado por dos octetos y contiene una secuencia de comprobación de errores del tipo CRC-16 con el fin de mantener la integridad de los datos.

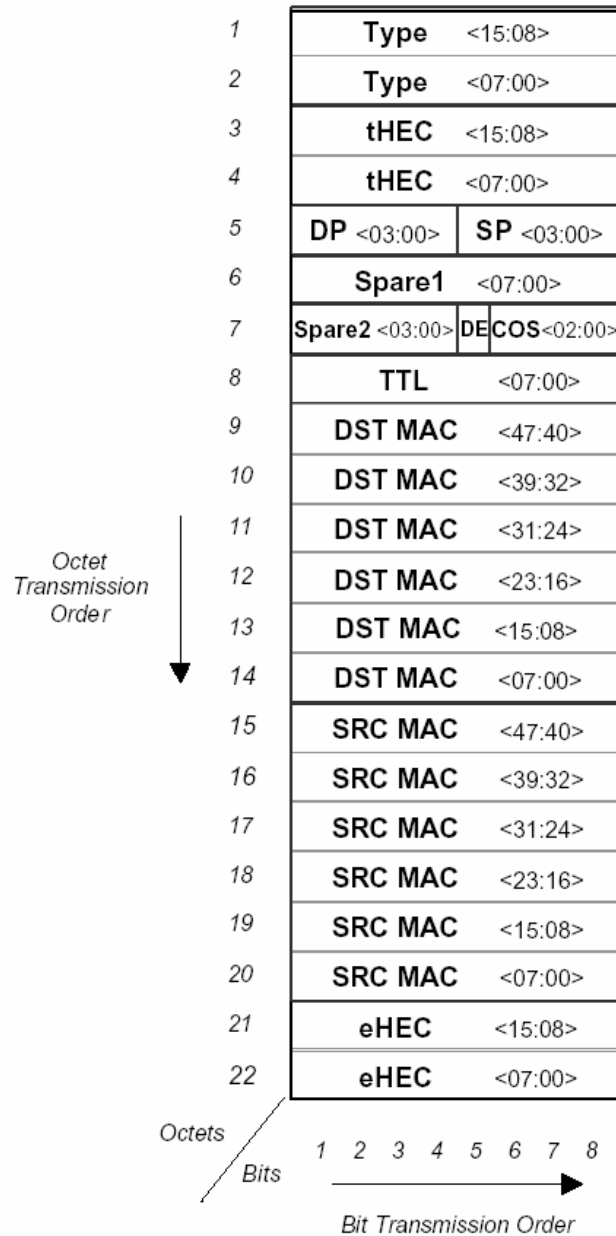


Figura 13: Formato de Trama de Cabecera de Extensión en Anillo.¹⁴

¹⁴ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 23

1.2 ASPECTOS ESPECÍFICOS DE CARGA ÚTIL PARA EL MAPEO GFP EN MODO TRAMA (GFP-F).

Esta parte describe aspectos específicos como el encapsulamiento genérico para la adaptación de señales cliente usando el mapeo de trama a trama de la carga útil del cliente a través de GFP.

1.2.1 Carga Útil MAC Ethernet. El formato de tramas MAC Ethernet esta definida en la normativa correspondiente IEEE 802.3. En este procedimiento con cargas útiles MAC Ethernet se realiza un mapeo uno a uno entre las PDU's de capas superiores y las PDU's de GFP. Específicamente, los limites de las PDU's del GFP están alineados a los limites de el tramado de las PDU's de capas superiores. La relación entre las trama MAC Ethernet y la trama GFP se ilustran en la figura 14.

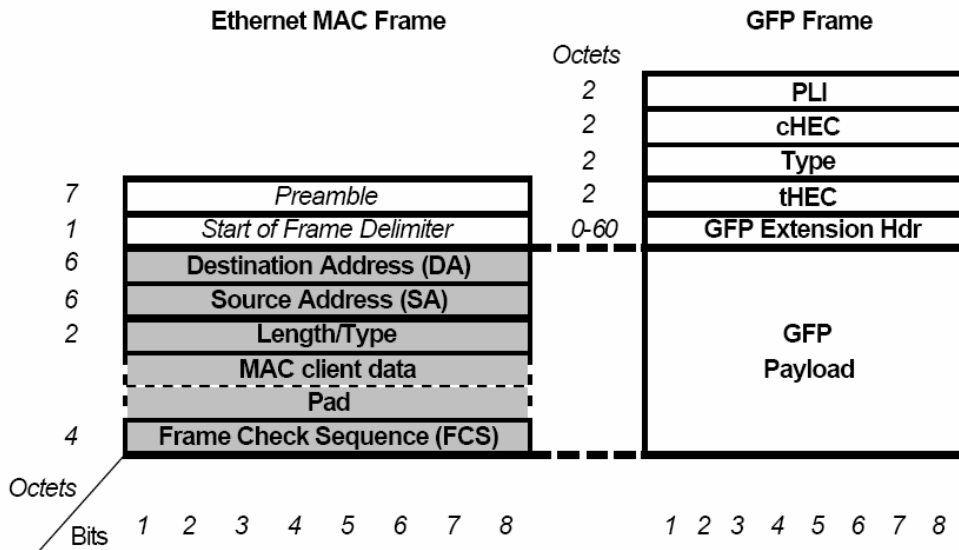


Figura 14. Relación Entre la Trama Ethernet y GFP.¹⁵

¹⁵ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 24

1.2.1.1 Encapsulamiento De La MAC Ethernet. Los octetos completos de la trama MAC Ethernet de la dirección de destino hasta la secuencia de comprobación de trama, son colocados en el campo de carga útil del GFP. El alineamiento del octeto se mantiene. El bit de identificación se mantiene dentro de la trama. Específicamente en un sistema octeto por octeto, el bit 0 en la IEEE 803. 1998 parágrafo 3 corresponde al bit 8 en esta descripción y el bit 7 en la IEEE 802.3 1998 en la misma parte, acá corresponde al bit 1.

1.2.1.2 Ethernet Inter- Packet Gap (IPG) Eliminación y Recuperación.

Las siguientes normas aplican solo para la eliminación y recuperación de IPGs cuando el cliente no es originalmente un cliente GFP:

- ⊕ Las IPGs son borradas antes de que la trama de MAC Ethernet sea procesada por el transmisor GFP y es recuperada después que la trama GFP es procesada por el receptor GFP.
- ⊕ básicamente las IPGs son extraídas directamente del chorro de bit de igual forma como es extraída la trama MAC Ethernet pero esta es eliminada y solo se remite la parte correspondiente Mac-Ethernet al transmisor para su subsiguiente encapsulación en una trama GFP.
- ⊕ Las IPGs son recuperadas después de que la trama MAC Ethernet es extraída de la trama GFP por el elemento final GFP. La trama MAC Ethernet que fue sacada (decodificada) es luego enviada a la capa de cliente para su posterior procesamiento.
- ⊕ Las IPGs son recuperadas garantizando suficientes octetos que incluyan una línea de relleno de 00 hex. presente entre las tramas consecutivas MAC Ethernet recibidas para satisfacer los requisitos mínimos del receptor IFG. Los requisitos mínimos del receptor IFG se encuentran en la IEEE 802.3.

1.2.2 Carga Útil IP/PPP. Las cargas útiles IP/PPP primero son incluidas en un entorno de trama con HDCL.

La estructura de una trama PPP se encuentra en la IETF RFC 1661. La estructura de la trama HDLC está definida en la RFC 1662. Una vez manejado el procedimiento PPP/HDLC se presenta un mapeo uno a uno entre una PDU del PPP/HDLC y una las PDU de GFP.

Específicamente, las fronteras de las tramas de las PDU's de GFP están alineadas a las fronteras de las tramas PDU's del PPP/HDLC. La relación entre la trama PPP/HDLC y la trama GFP se ilustran en la figura 15.

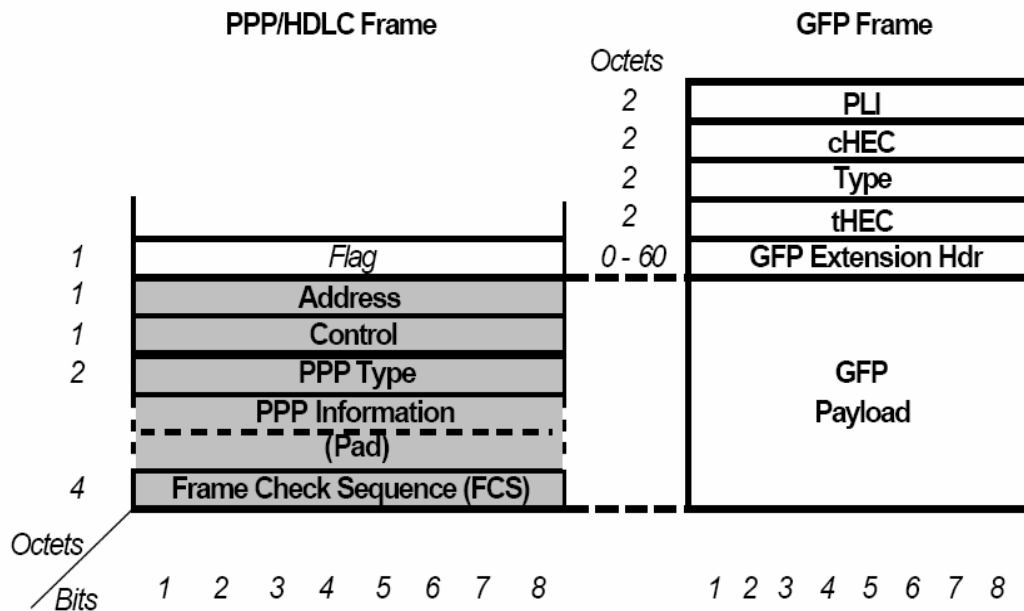


Figura 15. Relación Entre la Trama Ethernet y GFP.¹⁶

1.2.2.1 Encapsulamiento De La Trama PPP. Todos los octetos de la trama PPP/HDLC, incluyendo cualquier campo opcional de información de relleno, son introducidas en el campo de carga útil de una trama GFP.

El alineamiento del octeto se mantiene. El bit de identificación también se mantiene.

¹⁶ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 25

1.2.2.2 Descripción del Interworking¹⁷ GFP/HDLC. GFP no cuenta con elementos de bandera, ni con un octeto de control de liberación asociado para los propósitos de descripción de la trama. Las reglas a continuación son validas para el procesamiento de octetos síncronos de tramas HDLC para una función interworking GFP/HDLC:

- ⊕ Las banderas y los octetos de control de liberación se remueven de igual forma como se extrae la trama PPP/HDLC del octeto del chorro del cliente entrante.

La trama PPP/HDLC que fue sacada (decodificada), es luego enviada al transmisor GFP para su posterior encapsulamiento dentro de una trama GFP.

- ⊕ La trama PPP/HDLC es extraída de la trama GFP por el receptor GFP. Esta trama (sin ser codificada) es luego enviada a la capa de cliente para ser procesada. Las banderas y los caracteres de control de liberación son recuperados insertando caracteres de bandera (por ejemplo el hexadecimal 0x7e) y caracteres de control de liberación (como el hexadecimal 0x7d) como está establecido en la IETF RFG 1662.

1.2.2.3 Opciones De Configuración De La Carga Útil PPP. Las modificaciones del formato de trama PPP/HDLC-like se gestionan a través del Protocolo de control de enlace (LCP), procedimientos de opciones de configuración definidas en la IETF RFC 1661, en la sección 6 por ejemplo, el formato de una trama GFP después de una negociación exitosa de la opción de configuración de reducción del campo de dirección y control (ACFC) se muestra en la figura 16. Dichos procedimientos de configuración son de cliente específico y son transparentes al proceso GFP.

¹⁷ Término que se refiere a la interoperabilidad entre los protocolos HDLC y PPP para garantizar un correcto enlace de datos.

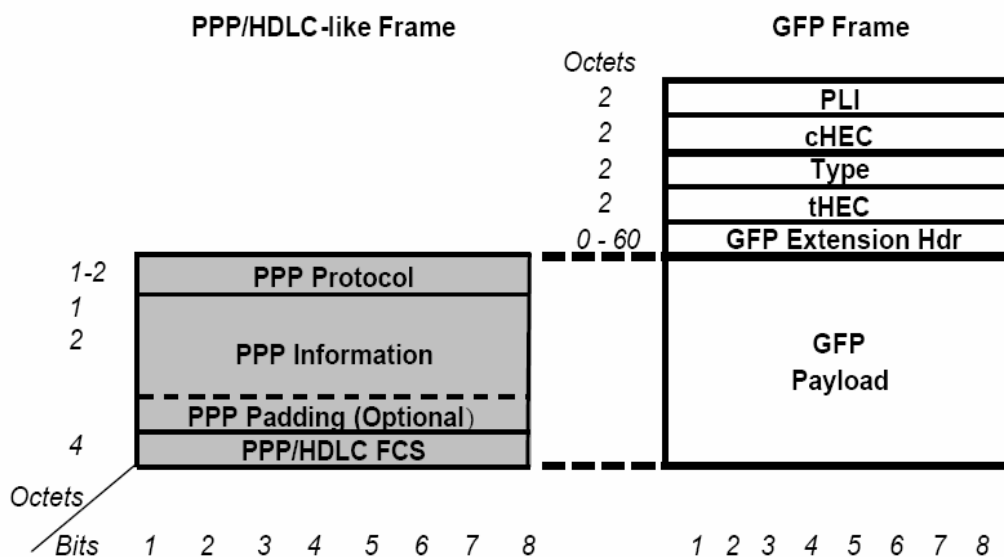


Figura 16. Relación Entre la Trama PPP/HDLC y la Trama GFP
(incluyendo la opción de Configuración ACFC del PPP).¹⁸

1.2.3 Control De Error En Una Trama GFP Mapeada. Durante el ingreso, las PDUs detectadas con errores antes de la transmisión por proceso de adaptación del cliente deberían ser descartadas. A las PDUs que se le detecten errores de transmisión durante el proceso adaptación del cliente, deben rellenarse con una secuencia de bits de todos unos, y transmitir las de vuelta en una carga útil FCS, cuando se presenten. Estas acciones aseguran que una PDU errónea será excluida por el proceso GFP de finalización o por el sistema final del cliente.

¹⁸ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 26

1.3. ASPECTOS ESPECÍFICOS PARA EL MAPEO EN MODO TRANSPARENTE DE CARGAS ÚTILES EN CLIENTES DEL TIPO 8B/10B EN GFP.

El modo de mapeo transparente para cargas útiles del tipo 8B/10B a través de GFP fue pensado con la intención de facilitar el transporte de las señales de cliente con bloques de código de este tipo, en escenarios donde se requiere muy baja latencia en la transmisión.

Como por ejemplo las señales clientes de las tecnologías Fibre Channel, ESCON, FICON y Gigabit Ethernet.

En lugar de almacenar completamente las tramas que poseen los datos clientes en tramas GFP estas son tomadas en caracteres individuales y desmapeadas de su forma de bloques de códigos a un arreglo con la longitud correspondientes en las tramas GFP. El mapeo ocurre sin tener en cuenta si el carácter del cliente es un dato o un carácter de control. A pesar de lo anterior en el mapeo transparente GFP no se evita la multiplexación de las tramas.

En el tramado GFP de forma transparente se usa la misma estructura que en GFP-F, incluso las cabeceras requeridas en la carga útil. La forma de trama es mostrada en la figura 17.

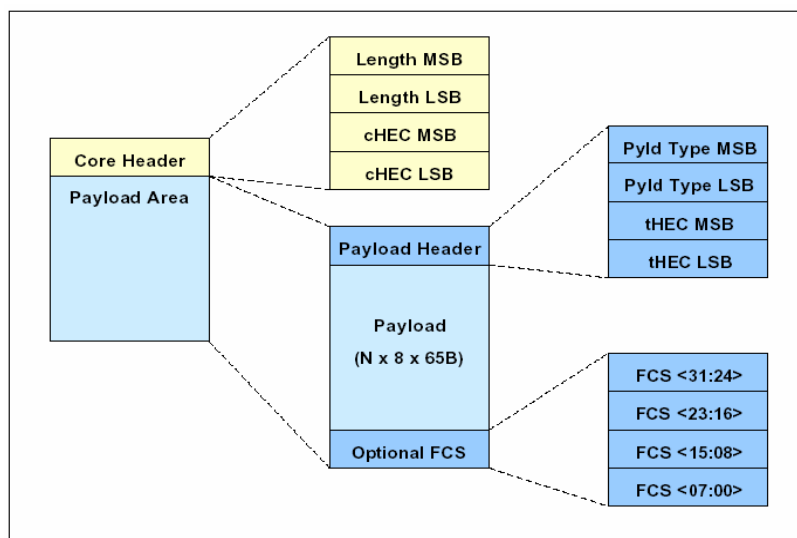


Figura 17: Formato de Trama Para GFP-T.¹⁹

¹⁹ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 27

El primer pasó para la adaptación de la señal del cliente, consiste en descifrar su capa física. Para un código de línea del tipo 8B/10B los caracteres recibidos en la forma 10/B son convertidos o decodificados a su forma original de 8 bits como bloques de datos o convertidos en su forma de 8 bits de control si estos son palabras de control.

Los caracteres decodificados de 8B/10B son mapeados en bloque de códigos de 64B/65B - 64-bit/65-bit, la estructura de estos se muestra en la figura 18.

El primer bit del bloque de 65 bits, llamado el **Sync** bit, indica si ese bloque de 64B/65B contiene sólo caracteres de datos de 8-bits o hay presentes también caracteres de control, si este es el caso estos se localizan al principio del bloque de 64 bit.

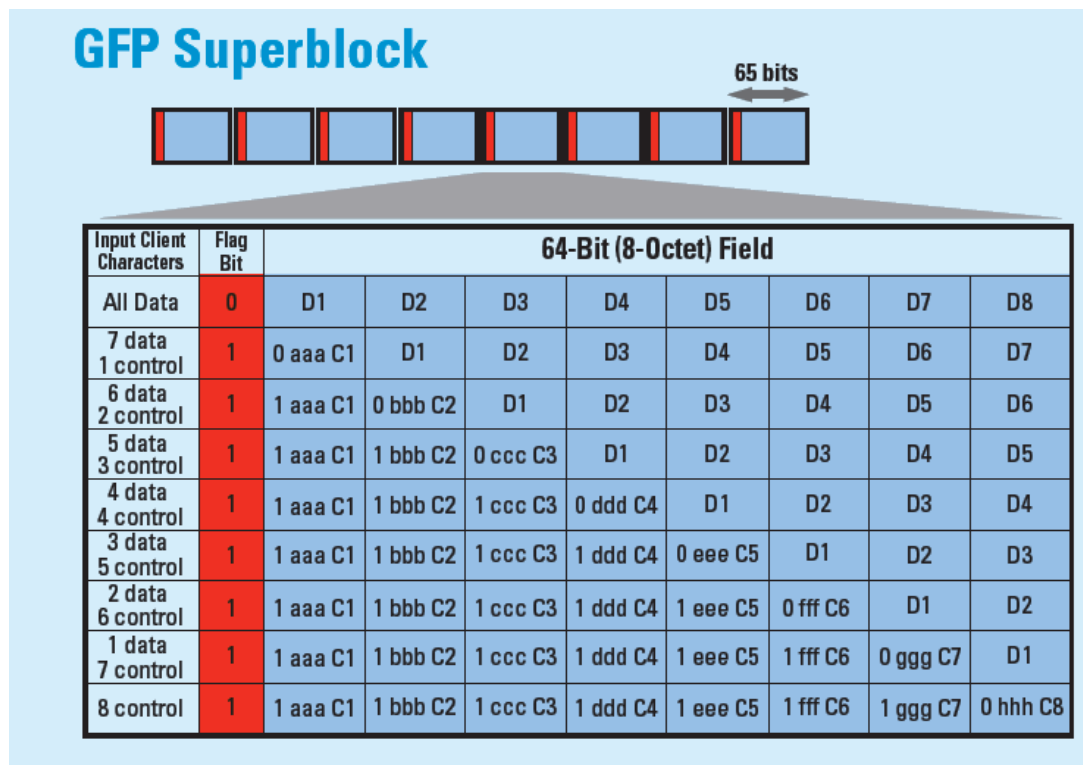


Figura 18: Bloque de Datos de GFP-T.²⁰

²⁰ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

El bit **Sync** indica la presencia de la siguiente manera **FLAG=1** si hay bloques de control y **FLAG=0** si no los hay lo que quiere decir que todos son de datos (caso de primera columna de la figura 18).

Si la bandera indica que hay un bloque de control se analiza el bit siguiente de la siguiente forma:

- ⊕ Su valor = 0 es el ultimo bloque de control del grupo.

- ⊕ Su valor =1 indica otro carácter de control en octeto inmediatamente siguiente.

Para el caso de la columna 2 de la figura 18 es el siguiente: como es el único octeto de control del grupo entonces se señala como el último.

Los tres bit que siguen contienen el localizador de código de control el cual indican la localización exacta de los bloques de control de 8B/10B dentro de los 8 posibles del bloque de 64B/65B; los últimos 4 bits son del indicador de código de control son una representación en 4 bit de los caracteres de control de 8B/10B, el mapeo y su código de control correspondiente se encuentran en la tabla 2.

- ⊕ Mientras que todos los 256 caracteres de datos son soportados, solo son reconocidos y usados 12 caracteres especiales de control en bloques de 64B/65B para Gigabit Ethernet, Fiber Channel, FICON y ESCON estos son los doce primeros que se muestran en la tabla 2 y son y están definidos por los protocolos clientes (no son propios de GFP). De aquí que la compresión de las palabras de control se haga en valores de 4 bits lo cual hace posible no restringir estos bloques de los clientes, y por supuesto no es necesario proporcionar un protocolo para manejo específico de estos tipos de bloques.

- ⊕ el proceso de re-codificación es totalmente independiente y le es desconocido si su contenido son palabras de control o datos, el simplemente codifica en bloques de 65 bits sin tener en cuenta si están en desorden, son relleno o finales de trama, para el son totalmente transparentes.

Nombre	Valor Octeto	Código de Bloque 10B (RD-) abcdei fghj	Código de Bloque 10B (RD+) abcdei fghj	Mapeo de 4 bits 64B/65B
/K28.0/	1C	001111 0100	110000 1011	0000
/K28.1/	3C	001111 1001	110000 0110	0001
/K28.2/	5C	001111 0101	110000 1010	0010
/K28.3/	7C	001111 0011	110000 1100	0011
/K28.4/	9C	001111 0010	110000 1101	0100
/K28.5/	BC	001111 1010	110000 0101	0101
/K28.6/	DC	001111 0110	110000 1001	0110
/K28.7/	FC	001111 1000	110000 0111	0111
/K23.7/	F7	111010 1000	000101 0111	1000
/K27.7/	FB	110110 1000	001001 0111	1001
/K29.7/	FD	101110 1000	010001 0111	1010
/K30.7/	FE	011110 1000	100001 0111	1011
10B_ERR	N/A	No Reconocido RD-	No Reconocido RD+	1100
65B_PAD	N/A	N/A	N/A	1101
65B_ESC	N/A	N/A	N/A	1110

Tabla 2: Valores de Caracteres Especiales de Control Mapeados en 4 bits.²¹

1.3.1 Código 10B_ERR. Ciertos defectos en las señales clientes podrían producir que el ingreso de bloques de código del tipo 8B/10B al transmisor GFP no puedan reconocerse en el proceso de adaptación a bloques de código del tipo 64B/65B (ya sea un bloque ilegal 8B/10B o un error de runnig disparity) entonces un carácter de control especial es creado en el bloque 64B/65B, llamado el código 10B_ERR el cual es provisto para llevar tal cual la señal defectuosa del cliente (en este caso el código de bloque 8B/10B no reconocido).

²¹ American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 41

Al reconstruir la señal del cliente en la salida de la red de transporte se recibe el código 10B_ERR el cual muestra la ocurrencia de error y el defecto de cliente ya que el bloque ilegal no es conservado.

1.3.2 Código 65B_PAD. Desde que la aplicación requiere que la capacidad de la ruta disponible sea por lo menos la de la tasa de datos de la señal cliente, la entrada recibe en el buffer las señales y mapea con el flujo de datos correspondiente y si no hay caracteres listos para transmisión se inserta el código 65B_pad como relleno para mantener la tasa de bits, este código de relleno es mapeado en la trama GFP de la misma manera como un carácter de control y en el decodificador GFP es reconocido y removido.

1.3.3 Código 65B_ESC. La secuencia de escape de un bloque de código de 64B/65B (65B_ESC) consiste en caracteres consecutivos los cuales cuando se arreglan de una forma particular representan una función predefinida que esta dada en la codificación 64B/65B, el primer caracter de todas las secuencias de escape es siempre es un caracter de control especial conocido como el código 65B_ESC.

Para facilitar la transmisión de ciertos comandos e indicadores dentro de la misma banda (IN-BAND) dos caracteres de ESCAPE son definidos, la cual es una secuencia de caracteres de control seguidos por octetos de datos. Esto es equivalente a dos octetos ajustados de la siguiente forma "K-caracter seguido D-caracter" en los datos clientes.

El significado de la 64B/65B secuencia de ESCAPE está definido por el valor del D-octeto asociado con el código 65B_ESC. El valor y significado de estos D-octetos se deja ya que son para un estudio extenso.

Una manera particular de explicar de manera sencilla la gestión IN-Band (dentro de la banda) es con el grafico de la figura 19.

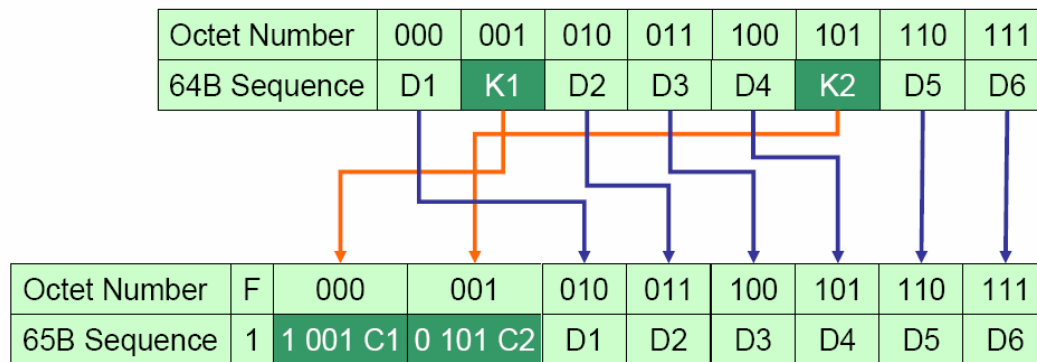


Figura 19: Ejemplo de Códigos de Bloques con Control.²²

En el bloque de 65 bit el bit bandera indica la presencia de octetos de control (**0** si no hay bloques de control y **1** si hay) por la numeración del bit bandera se ve que hay octetos de control en el bloque, el bit siguiente (con valor **1**) a la bandera del primer octeto indica la presencia de otros octetos de control en el bloque, el primer bit del siguiente octeto (con valor **0**) indica que este es el ultimo octeto de control del bloque.

Los tres bit de indicación (los tres siguientes después del bit que indica la presencia de control) muestran la ubicación de los bits de control en el bloque de 64 bits en el primer caso indica la posición 001 del octeto K1 y el siguiente K2 en la posición 5 (101). Los C1 y C2 proporcionan control de errores.

1.3.4 Inserción De Una Secuencia De Escape 64B/65B. La inserción de 65B_PAD caracteres se prohíbe entre el 65B_ESC carácter y su Carácter de Datos asociado. Ya que en la salida podría mal interpretarse el relleno como un caracter de datos asociado a un caracter de control ESCAPE.

1.3.5 Adaptación De Códigos De Bloques 64B/65B En GFP. La estructura de la carga útil de GFP transparente se ilustra en Figura 20. El uso de FCS no se requiere con GFP transparente.

²²Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 34

Para conservar la alineación de los octetos de la señal GFP para el transporte a través de la trama de una Red sincrona el primer paso en el proceso de adaptación es agruparse ocho códigos de bloque 64B/65B como es mostrado en la figura 20.

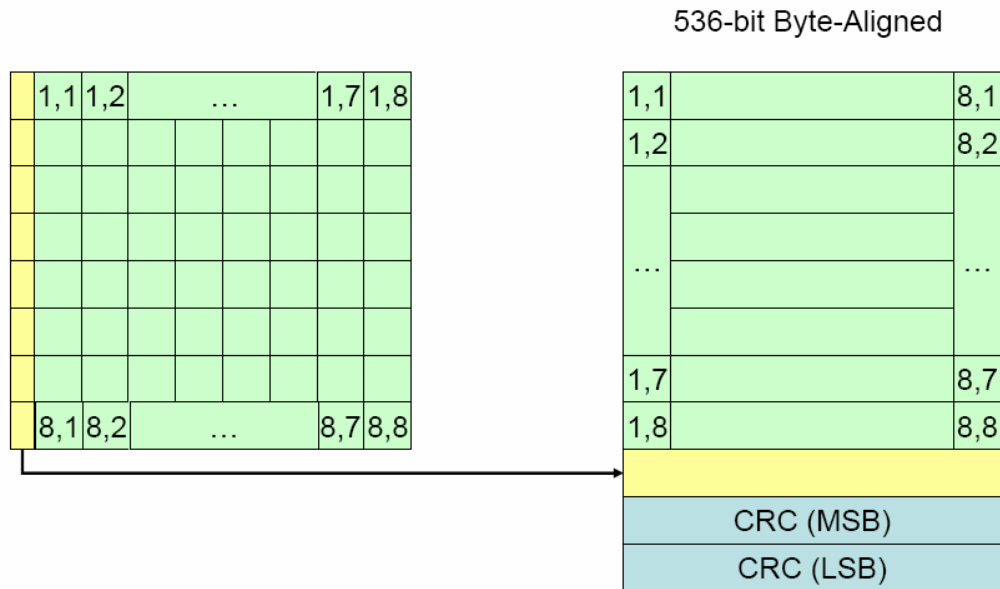


Figura 20: Estructuras de Grupo de Mapeo de Códigos de 64B/65B en una trama GFP.²³

Luego se toman los bits principales y se acomodan un arreglo de octetos donde el octavo bit de este arreglo se utiliza para conformar un chequeo de errores del tipo CRC-9 a continuación se toman los octetos principales de cada bloque en el superbloque y se colocan uno a continuación de otro lo que no es mas que una multiplexación de octetos definidas para redes de transporte ópticas. Para minimizar la latencia, el mapeador de GFP puede empezar transmitiendo los datos en cuanto el primer bloque de código 64B/65B en el grupo se haya formado en lugar de esperar por el grupo entero del superbloque.

²³ Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 36

Formando una trama de $N \times (8\text{bits} \times 8\text{octetos} \times 8\text{bloques} + \text{flan} + \text{CRC-9})$ El valor mínimo de N depende de la proporción del datos de la señal del cliente, el número de tramas de GFP, y el tamaño del de la carga útil, son mostrado en tabla 3. La cabecera Carga útil contiene un Identificador de Tipo de Carga útil que indica el transporte transparente del tipo de protocolo de datos del cliente.

Tasa de Datos del Cliente Sin Codificar	Tamaño Trayecto del Contenedor Virtual (VT)	Número Mínimo de Bloques de 65B de la Trama GFP
160 Mbit/s	STS-1-4v / VC-3-4v	8
425 Mbit/s	STS-3c-3v / VC-4-3v	40
850 Mbit/s	STS-3c-6v / VC-4-6v	40
1000 Mbit/s	STS-3c-7v / VC-4-7v	48

Tabla 3: Relación de Bloques GFP y Tasa de Datos de Cliente con Concatenación Virtual.²⁴

1.3.6 Running Disparity²⁵ en Códigos 64B/65B. Los códigos de bloques 8B/10B se diseñan para facilitar la transmisión libre de error manteniendo el equilibrio DC de la señal transmitida, manteniendo las transiciones significantes para la recuperación del reloj, y limitando la acumulación consecutivas de 1s o 0s. El equilibrio de DC es regulado en un bloque de código gracias a la "running disparity." La cual es positiva (indicando que más 1s que 0s se han enviado), o negativo (más 0s que 1s se enviaron).

Para mantener el equilibrio de DC, cada caracteres de datos de 8-bit y cada uno de los 12 bits "caracteres del control especiales reconocidos" tiene dos codificaciones del 10-bit.

²⁴American National Standards Institute Inc, (ANSI), Generic Framing Procedure (GFP), American Standard for Telecommunications, Pág. 41

²⁵Término referido al método utilizado para mantener el balance DC de la señal.

Dependiendo de la "running disparity" actual, los próximos datos o carácter de control seleccionarán algunas de sus codificaciones para transmitir y arroja una running disparity de negativo a positivo, o viceversa, si el carácter a ser transmitido tiene un desequilibrio de 1s y 0s) o para mantener el estado de disparidad actual (si el carácter sea transmitido tiene un número igual de 1s y 0s).

La transmisión de bits errados podría causar que los bloques de código tengan una disparidad actual diferente a la que le corresponde en estos casos un error en la disparidad es detectado.

Independiente de la valides del caracter recibido este caracter se usará para calcular un nuevo valor de disparidad y se usara como disparidad actual para el siguiente carácter de transmisión recibido.

1.3.6.1 Manejo De Running Disparity en Ingreso. En el ingreso, la running disparity inicial, en encendido, reinicio, o transición de una pérdida de señal o pérdida de sincronización de fase, puede asumirse positiva o negativa. Pero si no es ninguno de estos casos y hay operación normal cuando se recibe un caracter se compara si su disparidad corresponde con una valida, si no es así entonces se genera un código de tipo 10B_ERR y los bit son descartados como inválidos.

1.3.6.2 Manejo De Running Disparity En Salida. En la salida, la running disparity, en encendido, reinicio, o transición de una pérdida de señal o pérdida de sincronización de fase, debe asumirse negativa.

El transporte transparente debe generar la disparidad con las reglas establecidas para cada protocolo soportado.

Los códigos 10B_ERR son re-codificados en las señales del cliente como un bloque no reconocido con la disparidad válida, o como un error protocolo específico, dependiendo del protocolo soportado.

1.3.6.3 Aspectos Específicos Para La Disparidad En Clientes. A continuación se definen las reglas de Running disparity para los diferentes protocolos soportados en GFP en modo transparente.

1.3.6.3.1 Carga Útil Fibre Channel. Las reglas de Running disparity para Fibre Channel Se encuentran definidas en el estándar ANSI X3.230-1994, básicamente dicta su uso para asegurar una disparidad negativa al final del carácter EOF (END OF FRAME).

Este conjunto de instrucciones conocidas como “**Ordered set**”²⁶ entre las cuales se encuentran las secuencias y señales primitivas como relleno, fin de trama inicio de trama se definen para que conserven una disparidad negativa permitiendo que palabras de relleno sean agregadas y removidas del chorro de bits codificados sin alterar la disparidad.

Para prevenir las tramas de Fibre Channel válidos subsecuentes puedan declararse no válidos, el carácter de K28.5 asociado con todos conjuntos de instrucciones excepto EOF debe generarse al principio asumiendo la running disparity negativa.

En el caso de un eventual error en la transmisión en un EOF con la disparidad actual, el siguiente conjunto de **Ordered Set** será forzado con una disparidad negativa RD- K28.5 como resultados los errores en la transmisión no producirán una propagación de disparidades incorrectas.

²⁶Nombre dado por el protocolo Fibre Channel a un conjunto de funciones básicas de Trama

1.3.6.3.2 Carga Útil ESCON. Las reglas para la disparidad en ESCON se encuentran definidas en el estándar ANSI X3.296-1997, partiendo que en ESCON no se define un código de error para sustituir las violaciones de código, en el ingreso el código 10B_ERR es re-codificado en unos de los caracteres no reconocidos por GFP con paridad neutra.

1.3.6.3.3 Carga Útil FICON. Debido a que este protocolo define protocolos de capas superiores utilizando la misma capa física de definida para Fibre Channel los requerimientos son los mismos mocionados anteriormente para esta tecnología.

1.3.6.3.4 Carga Útil Gigabit Ethernet. Las reglas para la disparidad en Gigabit Ethernet se encuentran definidas en el estándar IEEE 802.3-1998. Básicamente se definen dos códigos llamados /I1/ y /I2/, el primer /I/ ajusta un paquete o un conjunto de **Ordered set** con una disparidad negativa esto permite que solo /I2/ puedan ser insertados y removidos para el proceso de adaptación de velocidad sin modificar la disparidad actual.

Para asegurar en principio la disparidad negativa por cada inicio de trama, todos /I2/ de relleno debe generarse con RD - K28.5, asegurando el principio la disparidad negativa por el próximo relleno de inicio de trama.

Los errores de disparidad descubiertos en el ingreso (y reemplazados por un código 10B_ERR en el proceso de codificación) deberían ser reemplazados con un código /V/ (K30.7) teniendo una correcta disparidad en la salida o también es una opción permitida generar un código no reconocido por GFP con disparidad neutral.

1.3.6.4 Tasa De Adaptación En Bloques De Código 64B/65B. La adaptación de la tasa de bit ocurre en el ingreso de la codificación de bloques del tipo 64B/65B para controlar el flujo de bit de las cargas útiles de salida, ya que si no hay un bloque del tipo 8B/10B para la re-codificación en 64B/65B se inserta un bloque de código de relleno del tipo 10B_PAD y se indica su posición de la misma manera que un código de control.

En la salida el desmapeador quita estas señales de relleno, ya que desde arreglos de longitud fijos son definidos para las tramas GFP, pueden utilizarse rellenos para la adaptación y no es necesario la espera de la trama completa para su transmisión reduciendo los retardos y esperas en memorias para el mapeo de las señales clientes.

1.3.6.5 Tasa De Adaptación Al Reloj De Referencia Local. Las señales actualmente soportadas especifican frecuencias de operación con una tolerancia de ± 100 a 200ppm, cada uno de estas señales de clientes se diseñan para permitir la adaptación a un reloj de referencia local. Para facilitar esto, cada uno de éstos señales del cliente imponen espacios entre paquete mínimo (IPG) reglas que especifican el número mínimo de relleno que debe insertarse entre los paquetes de datos.

Cada uno de estas señales de cliente también especifican el tamaño de paquete de datos máximo. Se han establecido las reglas de IPG,s mínimas para asegurar las tasas donde de adaptación a un reloj local incluso bajo las peores condiciones del caso (el reloj de entrada rápido y el reloj de salida lento, requiriendo borrados de relleno) habrá IPG suficiente para que los paquetes sean delineados con éxito.

Este esquema puede emplearse igualmente bien al reconstruir los datos del cliente en modo transparente en la salida, con este acercamiento un reloj de referencia local es proporcionando al dispositivo remoto y cuando estos datos son desmapeados a su forma original 8B/10B la tasa del reloj es adaptada a través de la inserción de relleno entonces se exige que el proceso del cliente reconozca las oportunidades validas para relleno de chorro de bit para mantener el reloj.

Incluso en los links con múltiples repetidores y reuniendo los requisitos de exactitud de reloj para el protocolo, agregaran rellenos pero sin exceder el peor de los casos. Básicamente los (jitter y el wander) depende de la calidad del reloj de referencia local.

1.3.6.6 Aspectos De Adaptación De Tasa Para Clientes Específicos. En la salida, deben reconstruirse las señales del cliente transportadas en modo transparentemente de una manera que cumplan los requisitos de las interfases físicas específicas de cada protocolo. Con la fuente de tiempo de la señal cliente reconstruida la salida del cliente podría recuperar los datos transportados, o estos podrían adaptarse con referencia a un reloj local y sin tener en cuenta la fuente de reloj seleccionada, deben reunirse los requisitos mínimos adecuados para los protocolos soportados.

Las siguientes subdivisiones identifican los requisitos aplicables para el ajuste, pero otros requisitos específicos de cada protocolo podrían aplicar también.

1.3.6.6.1 Carga Útil Fibre Channel. La tasa de datos de salida de Fibre Channel esta alrededor de 1062.5 Mb/s ± 100 ppm como se encuentra especificado en el estándar ANSI X3.230-1994, básicamente el proceso de adaptación debe cumplir con las tasa fijadas para este protocolo y con los rellenos correspondientes sin violar las reglas para el mantenimiento de la tasa de bit.

En el caso de que se reciban un número de secuencias primitivas, por lo menos tres son necesarias para su reconocimiento, se convertirán en su forma análoga de 4 bit definida en la tabla 4.

1.3.6.6.2 Carga Útil ESCON. Las tasas de datos de salidas para este protocolo después de la codificación 8B/10B son de alrededor 200Mb/s ± 0.04 ppm como se encuentra especificado en el estándar ANSI X3.296-1996. Las señales de salida normalmente serán generadas con un mínimo de 4 caracteres de relleno (K28.5) entre tramas de datos.

En el caso de que se reciban un número de secuencias primitivas, por lo menos ocho son necesarios para su reconocimiento, se convertirán en su forma análoga de 2 caracteres.

1.3.6.6.3 Carga Útil FICON. Como se mencionó anteriormente debido a que este protocolo posee las mismas características en su interfaz física que Fibre Channel por lo tanto obedece las mismas reglas.

1.3.6.6.4 Carga Útil Gigabit Ethernet Full Duplex. Las tasas de datos de salidas para este protocolo después de la codificación 8B/10B son de alrededor 1250Mb/s ± 100 ppm, las señales de salidas generan un mínimo de 12 octetos de IPG.

En el caso de que se reciban un número de **Ordered Set**, por lo menos tres son necesarios para su reconocimiento, se convertirán en su forma análoga de /C1/C2/) caracteres también de dos caracteres.

2. CONCATENATION VIRTUAL (VIRTUAL CONCATENATION-VCAT).

La concatenación virtual esta definida en la recomendación ITU-T G.707/Y.1332. El escenario de participación en un modelo de capas de VCAT en conjunto con otros protocolos es mostrado en la figura 21 y puede ser definida de manera simple como una técnica que permite que los canales de las redes de transporte como SDH/SONET sean agrupados de una manera arbitraria, por así decirlo, pero permitiendo la creación de arreglos de cargas útiles para un uso mas eficiente del ancho de banda, este concepto puede ser desplegado sobre SDH/SONET o sobre otras redes OTN ya que es independiente de la tecnología. La concatenación virtual segmenta el ancho de banda dentro pequeños contenedores virtuales los cuales se encuentran agrupados lógicamente. Los miembros del canal pueden ser dirigidos independientemente a través de la red por los equipos sin conocer que el tráfico se encuentra virtualmente concatenado lo que asegura que no sean necesarias costosas actualizaciones de equipos en todos los nodos intermedios. De hecho esta es unas de las ventajas claves de VC ya que tiene la capacidad de desplegarse en una infraestructura SDH/SONET existente con una simple actualización de los puntos finales de red; ya que toda la inteligencia manejada por VC es localizada en los puntos de conexión permitiendo la recuperación del ancho de banda perdido por la concatenación contigua.

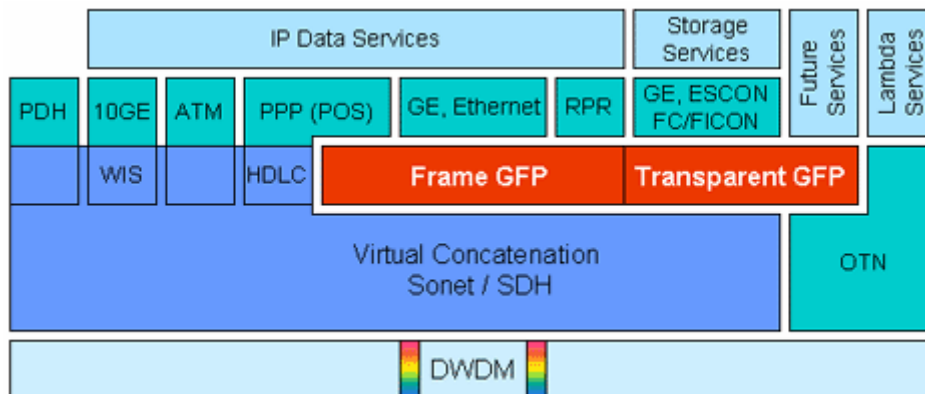


Figura 21: Esquema de Ubicación de VC en Capa de Transporte.

²⁷ Wikipedia, Generic Framing Procedure, Wikipedia The Free Encyclopedia, Pág. 4

2.1 Tipos De Concatenación.

Cuando se presenta el caso que la señal de cliente necesita más capacidad que la brindada por un contenedor virtual de alto nivel VC-4 se hace necesario utilizar N elementos contenedores para recibir el contenido total del cliente. Dos tipos de concatenación se definen en el estándar G.707 concatenación contigua y concatenación virtual, el procedimiento de concatenación contigua es el usado actualmente por las redes SDH tradicionales y consiste en agrupar de una manera jerárquica los contenedores virtuales tal jerarquía se encuentra definida en el estándar y se describirán de una manera detallada en la sección siguiente. La concatenación virtual aunque este definida también en el estándar solo es implementado en redes SDH de nueva generación, con esta aplicación se tiene un nuevo procedimiento de codificación y se define una jerarquía diferente para proveer una mejora de la eficiencia del aprovechamiento del ancho de banda.

2.1.1 Procedimiento De Concatenación Contigua. Este tipo de concatenación resuelve el problema de definir contenedores más grandes para clientes que sobrepasen la capacidad de un contenedor virtual de orden superior en cambio se crea un conjunto de N contenedores seguidos uno de otro para almacenar la trama de usuario. Esto es posible debido a que el puntero contiene una indicación de concatenación la cuales son dadas por los octetos H1 y H2 ajustados sus bits de la siguiente forma: 1001XX11 (H1) y 11111111(H2) respectivamente; a fin de mostrar que la cabida útil de múltiples contenedores es transportada en un solo VC-n-Xc, y por lo tanto debe mantenerse agrupada.

La capacidad disponible para el establecimiento de la correspondencia de múltiples contenedores, es X veces la capacidad del contenedor. Haciendo la salvedad que la sección de las cabeceras (**MOH** y **SOH**) también aumentara en un factor N, pero manteniendo un solo Path Overhead (Tara de trayecto) para todo el grupo. En la figura 22 se muestra un ejemplo de una trama SDH compuesta por 4 contadores virtuales independientes y por 4 contenedores virtuales contiguos. Donde los cuadros azules indican las cabeceras y los rojos la tara de trayecto.

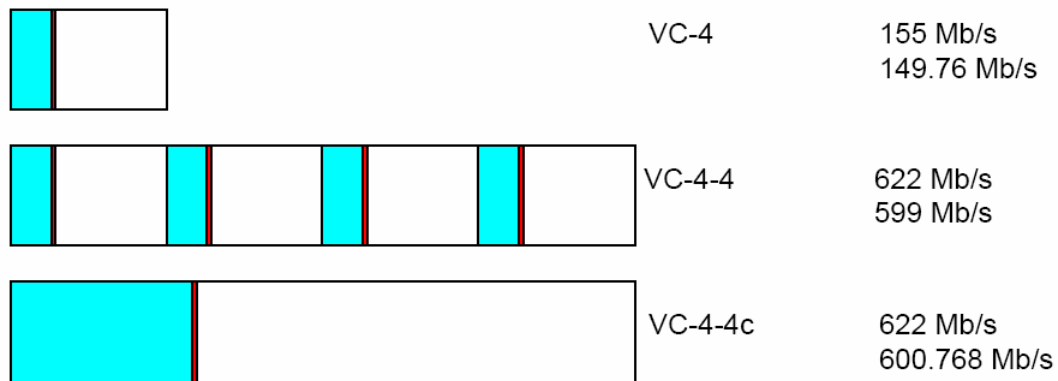


Figura 22: Concatenación Contigua en SDH.²⁸

Donde se observa una capacidad ligeramente mayor en la trama concatenada debido a la supresión de las taras de trayecto restantes.

2.1.1.1 Velocidades Definidas Para SDH. Debido a como se menciona anteriormente que se pueden agregar diferentes tipos de N contenedores virtuales para transportar cargas de tamaño superior a los contenedores virtuales a continuación se muestran en la Tabla 4 las velocidades definidas para SDH a partir de la multiplexación o agrupamientos contiguos de contenedores nótese que cada velocidad es correspondiente a la multiplexación de 4 señales de su nivel anterior, es pertinente aclarar que aunque todas estas velocidades están definidas, algunos equipos no podrán soportar todas las velocidades.

²⁸ Graham S., John. Developments in Transcontinental Ethernet. ULCC. Pág. 6

Nivel de jerarquía digital síncrona	Velocidad binaria jerárquica (kbit/s)
1	155 520
4	622 080
16	2 488 320
64	9 953 280
NOTA - La especificación de niveles superiores a 64 queda en estudio.	

Tabla 4: Velocidades Binarias Jerárquicas SDH.

2.1.1.2 Mapeo De Señales Clientes Con Concatenación Contigua. A

partir de lo definido en la sección anterior donde se especifican las velocidades para SDH vemos que la concatenación contigua provee un mecanismo de mapeo rígido ya que solo se permiten agrupaciones de contenedores virtuales que cumplan con las capacidades definidas anteriormente, los contenedores virtuales concatenados y sus equivalentes SONET junto con la capacidad lograda son mostradas en la tabla 5.

Por lo tanto cuando se asignen contenedores virtuales para el transporte de las señales clientes en el caso que no sean suficientes se tomara la configuración inmediatamente superior definida para el transporte de esta, lo cual no es el modelo mas adecuado para un uso adecuado del ancho de banda.

Contenedores Contiguos(SDH/SONET)	Capacidad
VC-4, STS-3C	155Mbps
VC-4-4c, STS-12c	620Mbps
VC-4-16c, STS-48c	2840Mbps

Tabla 5: Capacidades Definidas para Concatenación Contigua.

A continuación se muestran en la tabla 6 la eficiencia obtenida por este método de concatenación cuando se utiliza para el transporte de algunas señales clientes en redes de transporte SDH y su equivalente en SONET.

Servicio	Tasa de datos	Utilización
Fast Ethernet	100 Mbit/s	STS-3c/VC-4 (67%)
Gigabit Ethernet	1000 Mbit/s	STS-48c/VC-4-16c (42%)
Fibre Channel	200 Mbit/s	STS-12c/VC-4-4c (33%)
Fibre Channel	1000 Mbit/s	STS-48c/VC-4-16c (42%)
ESCON	200 Mbit/s	STS-12cVC-4-4c (33%)
ATM	25 Mbit/s	VC- 3 (50%)

Tabla 6: Eficiencia de Concatenación Contigua con Protocolos Clientes.

2.1.1.3 Codificación De Los Byte H4 Y K4 En SDH Tradicional. Debido a que las estructuras de los punteros V1, V2, V3 y V4 de unidades tributarias de orden inferior TU-n, se encuentran definidos para una multitrama de 500µs (4 tramas de 125µs) es necesario un mecanismo para identificar el envío del octeto que se encuentra en la primera fila del VC-4, por lo tanto se dispuso los bits 7 y 8 del octeto H4 para indicar que en la primera línea del siguiente VC-4 se transporta un puntero. Esto se puede explicar de la siguiente forma: cuando los dos últimos bits de H4 tienen el siguiente formato XX11XX00 indica que se transportan en ese contenedor virtual los octetos de V1, si H4 es XX11XX01 indica que es V2 y así sucesivamente como indica la figura 23.

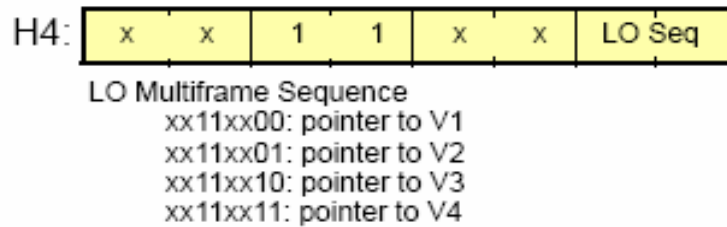


Figura 23: Codificación del Octeto H4.²⁹

Para el caso de octeto K4 sus funciones se encuentran definidas de la siguiente manera, **K4** (Bits 1 a 4): conforman un canal para manejar la función de conmutación automática de protección **APS**, para el trayecto de orden inferior. **K4** (Bits 5 a 7): están reservados para utilización relacionada con indicación de defecto distante. Si no se utilizan con ese sentido deben estar en 000 o en 111. **K4** (Bit 8): esta reservado para utilización futura, como no hay un valor definido el receptor debe ignorarlo.

2.1.2 Procedimiento De Concatenación Virtual. Este tipo de concatenación provee la habilidad de transmitir y recibir varios fragmentos de información no contiguos como si fuera un solo flujo, esta agrupación de contenedores virtuales es llamada grupo de contenedores virtuales (VCG). Básicamente la idea de la concatenación es utilizar arreglo de contenedores virtuales de cualquier orden de una manera más conveniente para acomodar las tramas de los clientes de tal manera que se correspondan con las velocidades. Por ejemplo para acomodar una trama de un cliente Fast Ethernet es necesario exactamente un contenedor de orden superior VC-4 que posee una velocidad de aproximadamente 140 Mbps debido a que la trama ethernet maneja una velocidad de 100Mbps no se utiliza toda la capacidad y por lo tanto hay un desperdicio de aproximadamente 33% del VC-4, pero con VCAT es posible realizar una agrupación de dos VC-3 virtuales de aproximadamente 55Mbps para obtener una eficiencia del alrededor del 100%.

²⁹ Trend Communications, SONET Next Generation (Quick Reference Guide), Trend Communications Inc., Pág. 3

2.1.2.1 Mecanismo Para Concatenación Virtual. Esto solo es posible garantizando una serie de campos en la trama que permitan la identificación de un grupo virtual y la secuencias del orden de los elementos contenidos en ellas “Esto es debido a que cada elemento viaja por una ruta diferente”, para su comprensión y reensamble en los equipos de final de trayecto de red. Como vemos es necesaria una modificación de la tara de trayecto en la fuente de manera que se puedan tener concatenaciones virtuales dentro de contenedores contiguos, esto se logra con la modificación del octeto H4 de la tara de trayecto para contenedores de alto orden y del octeto K4 (SDH) o Z4 (SONET) para contenedores de bajo orden. La configuración necesaria de los octetos de bajo y alto orden para lograr la concatenación virtual se explican en detalle en la sección 2.3.

2.1.2.2 Nueva Codificación De los Bytes H4 y K4 Para Soporte De Concatenación Virtual. Como era necesario se creo una nueva codificación de los campos de octetos H4 y K4. Para el caso del H4 se definieron los campos **MF11** indicador de multitrama uno (Multi-Frame Indicator 1) el **MF12** (Multi-Frame Indicator 2) y el número de secuencia **SQ** como se muestra en la figura 24.

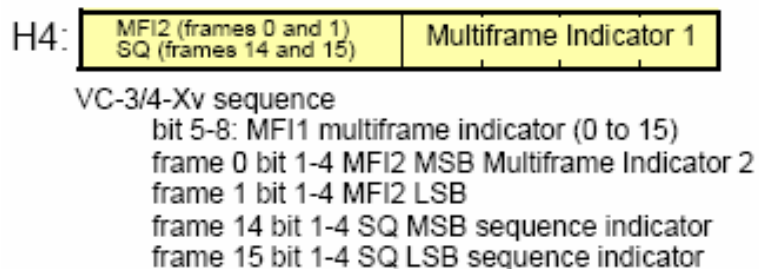


Figura 24: Nueva Codificación H4.³⁰

³⁰ Trend Communications, SONET Next Generation (Quick Reference Guide), Trend Communications Inc., Pág. 3

Para el caso del octeto K4 la nueva codificación se muestra en la figura 25. Vemos que los dos primeros bits del campo APS son ocupados por el nuevo campo ESL (Etiqueta de señal extendida) y el VC (concatenación virtual de bajo orden), de 5 a 7 se mantienen y el bit 8 se le asigna el DL (link de datos de bajo orden).

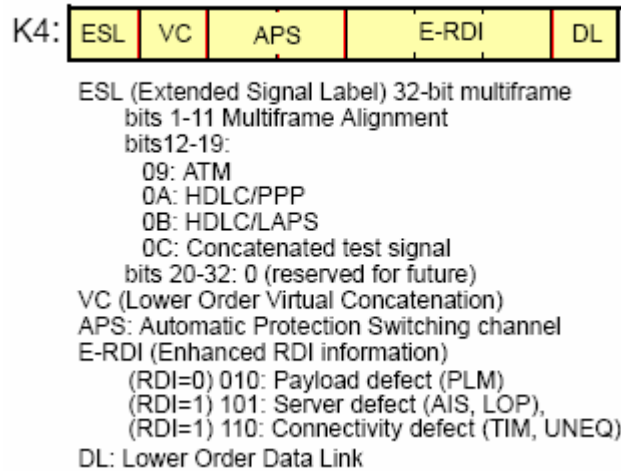


Figura 25: Nueva Codificación K4.³¹

2.1.2.3 Concatenación Virtual De Alto Orden. La concatenación virtual de alto orden (HO-VCAT) usa un número de X contenedores VC-3 o VC-4, para proveer una capacidad de cargas útiles de X veces 48384Kbps para el VC-3 o 149760Kbps veces para el VC-4.

Esto se logra de la siguiente manera, como vimos el MFI 1 esta conformado por los bits del 5 al 8 del octeto H4 por lo tanto es posible la codificación para 16 tramas diferentes ($2^4=16$) numeradas de 0 a 15 denominada esta configuración como multitrama, el campo correspondiente de MFI 1 de la trama actual siempre indica el valor de trama siguiente en la multitrama, es decir que el campo MFI siempre apunta hacia adelante.

³¹Trend Communications, SONET Next Generation (Quick Reference Guide), Trend Communications Inc., Pág. 4

El indicador de multitrama 2 (MFI2) se define con 8 bits de los cuales se transmiten los primeros 4 bits (MSB), en los primeros 4 bits del octeto H4 (bits 1 a 4) de la primera trama (la número 0) de la multitrama de 16 elementos, los 4 bits restantes (LSB) se transmiten en los primeros 4 bits del octeto H4 pero de la segunda trama (la número 1) de la multitrama de 16 elementos.

Lo que en realidad se tiene son 12 bits de indicación de multitrama (8 MFI 2 y 4 MFI 1) donde los MFI 1 indica siempre viajan e indican que número de trama sigue de la multitrama para la correcta interpretación de los primeros 4 bits del octeto H4.

En lo que respecta al MFI 2 se usa para indicar hasta 256 ($2^8=256$) grupos de contenedores virtuales **VCG**; debido a que se maneja un indicador de multitrama 2 cada 16 tramas de 125 μ s (2 ms) y se tiene un control de trama de 4096 (16 X 256 tramas) y cada trama dura 125 μ s entonces se tendrá un tiempo de 4096 X 125 μ s = 512ms para conocer todos los campos del indicador de multitrama, por lo tanto es posible compensar hasta este tiempo los retrasos producidos por el viaje a través de diferentes rutas. Es necesario aclarar que el número de grupos virtuales de 256 en total, depende del número de rutas disponible en cada red SDH.

Como se vio que se pueden tener un conjunto de elementos conformando un grupo virtual **VCG** es necesario reconocer cada miembro dentro del grupo, esto se realiza a través del número de secuencia **SQ** que es un campo de 8 bits que también se transmite en la multitrama de multitrama pero de la siguiente forma: los 4 MSB de este campo se transportan en los 4 primeros bits del octeto H4 de la penúltima trama (la número 14) de la multitrama y los 4 bits restantes LSB del **SQ** se transmiten en los 4 primeros bits del octeto H4 pero de la última trama (la número 15) de la multitrama. Las demás combinaciones se encuentran reservadas; de su uso hablaremos en el capítulo siguiente.

En la figura 26 y 27 se muestran la ubicación de los MFI y el SQ en una multitrama. Para los procesos de concatenación virtual.

- Supongamos que un VC-3-2v se ajustan para transmitir un tráfico Ethernet entre Cartagena y Australia en donde un VC-3 viaja a través de fibra óptica intercontinental y el otro a través de un enlace satelital.

Funcionaria correctamente? Respuesta: asumiendo que el satélite geosíncrono tiene una altitud de 35775 Km.; dada una velocidad de la luz de 2.99792×10^8 m/s. se tendrán retrasos de 239 ms para el satélite y 20 ms para la fibra logrando una diferencia de 209 ms la cual se encuentra dentro del rango soportado para concatenación virtual.

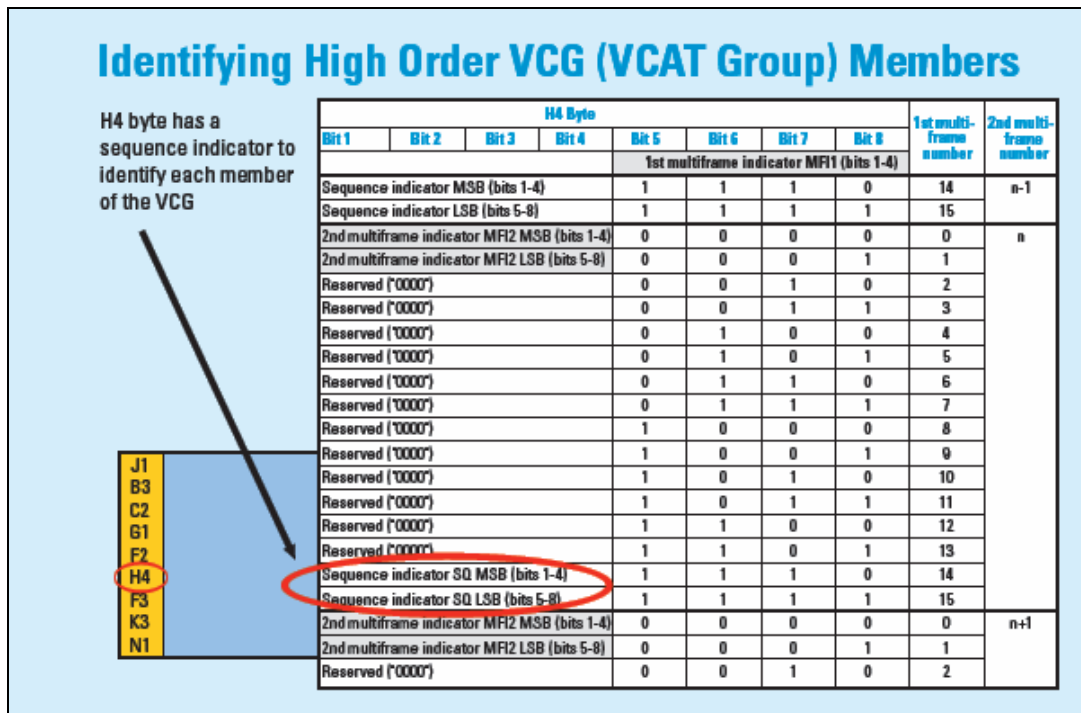


Figura 26: Identificación de una Secuencia de un VCG en una Multitrama.³²

³² Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

Re-align High Order VCAT Containers to Remove Delay

H4 byte also has a 2-stage multi-frame indicator which allows for compensation of differential delays up to 256ms

	H4 Byte								1st multi-frame number	2nd multi-frame number	
	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8			
Sequence indicator MSB (bits 1-4)	1	1	1	1	1st multiframe indicator MF1 (bits 1-4)				14	n-1	
Sequence indicator LSB (bits 5-8)	1	1	1	1					15		
2nd multiframe indicator MF2 MSB (bits 1-4)	0	0	0	0					0	n	
2nd multiframe indicator MF2 LSB (bits 5-8)	0	0	0	1					1		
Reserved (*0000*)	0	0	1	0					2		
Reserved (*0000*)	0	0	1	1					3		
Reserved (*0000*)	0	1	0	0					4		
Reserved (*0000*)	0	1	0	1					5		
Reserved (*0000*)	0	1	1	0					6		
Reserved (*0000*)	0	1	1	1					7		
Reserved (*0000*)	1	0	0	0					8		
Reserved (*0000*)	1	0	0	1					9		
Reserved (*0000*)	1	0	1	0					10		
Reserved (*0000*)	1	0	1	1					11		
Reserved (*0000*)	1	1	0	0					12		
Reserved (*0000*)	1	1	0	1					13		
Sequence indicator SQ MSB (bits 1-4)	1	1	1	0					14		n+1
Sequence indicator SQ LSB (bits 5-8)	1	1	1	1					15		
2nd multiframe indicator MF2 MSB (bits 1-4)	0	0	0	0					0		
2nd multiframe indicator MF2 LSB (bits 5-8)	0	0	0	1					1		
Reserved (*0000*)	0	0	1	0					2		

J1
B3
C2
G1
F2
H4
F3
K3
N1

Figura 27: Identificación del Indicador de Multitrama en VCAT. ³³

2.1.2.4 Concatenación Virtual De Bajo Orden.

La concatenación para contenedores de bajo orden se maneja con el mismo esquema del anterior pero teniendo en cuenta que este se define la codificación del octeto K4 en SDH tradicional para una multitrama de 500µs. Como se presenta esta situación es lógico que se haga necesario definir dos estados mas además del de multitrama de 500µs (primer estado) para definir la el indicador de multitrama y el numero de secuencia. Como la interpretación de estos bit se produce cada 4 tramas de 125µ y por la codificación del bite K4 y su duración en el tiempo se presenta una diferencia con la concatenación virtual de alto orden. Lo abordaremos de la siguiente forma: primero el campo definido **ESL** de 1Bit del octeto K4 se define con 32 bits por lo cual es necesario 32 tramas para su interpretación, como el esta una sola vez cada multitrama, un bit de este campo se repite cada 500µs por lo tanto emplea un tiempo de (32x500µs) 16ms para su repetición.

³³ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

De estos 32 bits se toman del 1 al 5 para el contador de trama (Frame Counter), del 6 al 11 para el indicador de secuencia; produciendo esto un máximo de $64(2^6=64)$ elementos con un número de secuencia para cada grupo de contenedores virtuales VCG y para el Framer Counter se tienen 32 grupos de VCG.

El 2 bit del octeto K4 (**VC**) se define una vez cada multitrama y posee una indicación de que trama de la multitrama de 32 elementos se trata, este bit es análogo al MF1 siendo que aquí se define una multitrama de 32 bits y podría afirmarse que el contador de trama hablado anteriormente es análogo al MF12 pero con una capacidad de 32 grupos. La figura 28 muestra la forma del campo correspondiente de Frame Counter y SQ para bajo orden.

La capacidad de absorber retrasos de los diferentes paquetes en el receptor esta dada como 16 ms de repetición de cada Frame Counter completo en 32 tramas del **VC** se da $16\text{ms} \times 32 = 512 \text{ ms}$ el mismo tiempo que la concatenación de alto orden pero con un paso de 16 ms mientras que en alto orden es 2ms. Al igual que su antecesor se define para un número de 4096 tramas.

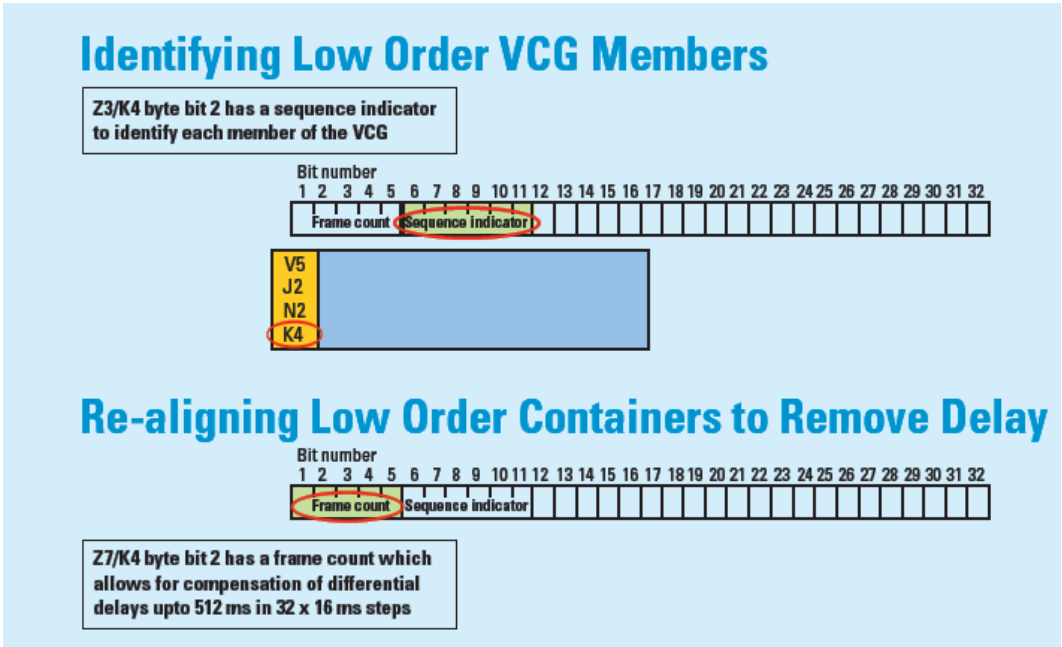


Figura 28: Arreglo del Octeto K4 para LOVCAT.³⁴

Después de observar la concatenación virtual de alto y bajo orden se muestran en la tabla 7 la eficiencia obtenida con este tipo de arreglo.

Servicio	Tasa de datos	Utilización
Fast Ethernet	100 Mbit/s	STS-1-2v/VC-3-2v (100%)
Gigabit Ethernet	1000 Mbit/s	STS-3c-7v/VC-4-7v (95%)
Fibre Channel	200 Mbit/s	STS-1-4v/VC-3-4v (100%)
Fibre Channel	1000 Mbit/s	STS-3c-7v/VC-4-7v (95%)
ESCON	200 Mbit/s	STS-1-4v/VC-3-4v (100%)
ATM	25 Mbit/s	VC-11-16v (98%)

Tabla 7: Eficiencia de Concatenación Virtual en Clientes.

³⁴ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

Para mostrar un esquema general del procedimiento de concatenación virtual describiremos lo planteado en la figura 29.

Se tiene una carga útil de cliente de 430Mbps de ancho de banda para ser transportada a través de una red sincrónica, para el caso de concatenación contigua lado izquierdo de la figura vemos que como supera la capacidad de un STM-1(155Mbps) es necesario utilizar la capacidad siguiente definida en la jerarquía un STM-4(622Mbps) para poder cargar la información del cliente, note que esto se hace a través de una sola ruta de la red hasta realizar la entrega.

Para el caso de concatenación virtual lado derecho de la figura se utilizan tres STM-1 que suman una capacidad de alrededor de 465Mbps que es más precisa y suficiente para cargar la carga cliente, note que estos contenedores viajan por diferentes rutas pero al final de trayecto son reensamblados.

Si miramos desde el punto de vista de aprovechamiento del ancho de banda en la contigua se desperdicia alrededor del 30% pero en la virtual alrededor de un 1% ¡diferente verdad! Y como aquí lo que se trata es de darle mejor uso al ancho de banda diríamos que con este tipo de concatenación se logra.

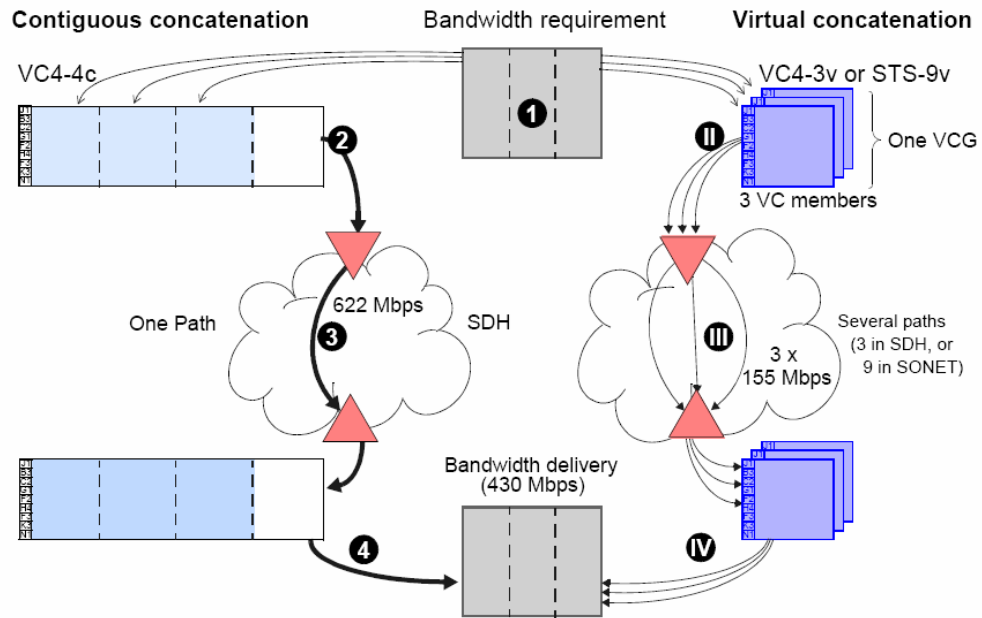


Figura 29: Diferencia de Transporte entre Concatenación Virtual y Contigua.³⁵

2.1.2.5 Ajuste De Retardos Diferenciales.

Cuando los datos son mapeados dentro de un grupo de contenedores virtuales VCG, estos son desmultiplexados byte a byte en el receptor, esto teniendo en cuenta su número de secuencia. En el destino estos contenedores son remultiplexados en la forma de la señal original, y todos los contenedores del grupo deben estar presentes para un proceso de remultiplexación correcto.

Como un concepto el ajuste de retraso diferencial no es complejo de entender, el termino diferencial hace referencia a la diferencia de tiempo de llegada a su destino entre cada contenedor de un grupo virtual.

Cada miembro tiene sus datos escritos en una memoria hasta que la recepción tenga algún tipo indicación de donde están las fronteras del MFI.

³⁵ Caballero Jose M., Migration to Next Generation SDH, Trend Communications, Pág.29

Los datos para un MFI dados son entonces leídos fuera de cada memoria, esto para crear una alineación de fase de todos los miembros.

La profundidad de cada memoria (la diferencia entre la lectura y escritura de cada puntero) es medida por la diferencia de retraso en la llegada del primer miembro con respecto al último miembro.

Esto hace necesario para el almacenamiento de los contenedores una capacidad de memoria dependiendo de la cantidad y el tipo de contenedor virtual, para los diseñadores estos buffer o memorias varían de acuerdo a la implementación en el cuadro se muestra los tipos de combinaciones y los espacios requeridos para estos buffer.

<i>Tipo de contenedor virtual</i>	<i>Señal de transporte</i>	<i>Numero de rutas</i>	<i>buffer</i>
<i>VC-3</i>	<i>VC-4</i>	<i>12</i>	<i>18MB</i>
<i>VC-3</i>	<i>STM-16</i>	<i>48</i>	<i>71 MB</i>
<i>VC-4</i>	<i>STM-4</i>	<i>4</i>	<i>18MB</i>
<i>VC-4</i>	<i>STM-16</i>	<i>12</i>	<i>55MB</i>
<i>VC 11</i>	<i>STM-1</i>	<i>84</i>	<i>33 Mbit</i>
<i>VC -11</i>	<i>STM-4</i>	<i>336</i>	<i>131 Mbit</i>
<i>VC-12</i>	<i>STM-1</i>	<i>63</i>	<i>33.5 Mbit</i>
<i>VC-12</i>	<i>STM-4</i>	<i>252</i>	<i>134 Mbit</i>

Tabla 8: Tamaños de Buffer requeridos Para ajustes de Retardos Diferenciales.

3. ESQUEMA DE AJUSTE DE LA CAPACIDAD DEL ENLACE (LINK CAPACITY ADJUSTMENT SCHEME- LCAS)

En las redes SDH/SONET tradicionales, cambiar la capacidad de un canal es un procedimiento que resulta bastante complicado y costoso; para hacer esto, el enlace necesita ser puesto fuera de servicio por lo que el tráfico tiene que ser interrumpido, cambiar la capacidad y luego reiniciar el tráfico. Este proceso implica un tiempo considerable de inactividad del canal que se traduce en pérdidas en los ingresos para el Carrier y además implica gastos por el aprovisionamiento manual del enlace.

De igual forma, el procedimiento descrito previamente se repite en casos de pérdidas (fallas) del canal trayendo consigo las mismas consecuencias económicas. Con el fin de corregir y mejorar la situación descrita al principio, es necesario un mecanismo que altere dinámicamente el ancho de banda de SDH/SONET preferiblemente fundamentado en un número de parámetros.

Para poder enfrentarse a algunos de estos problemas y desafíos los organismos de estandarización, además del contenedor virtual (VC) que proporciona la capacidad de “dar el tamaño correcto” a los canales de SDH/SONET, han estandarizado el esquema de ajuste de la Capacidad de Enlace (LCAS), especificado en la ITU-T G.7042. LCAS Se puede ver como un mejoramiento del contenedor virtual, y se define como un plan de adaptación que de forma adecuada aumenta o disminuye la capacidad de un contenedor que se transporta en una red SDH/SONET/OTN usando contenedores virtuales (VC). Mientras que el VC es una forma simple de etiquetar los integrantes dentro de un canal, LCAS es un protocolo de señalización que se maneja entre dos entidades (Receptor y trasmisor).

La sincronización de los cambios en la capacidad del transmisor (S_o) y el receptor (S_k) se logra mediante un paquete de control de secuencia en los bytes de trama de trayecto H4.

El control de paquetes consiste en campos dedicados a una función específica y la información es bidireccional (desde el S_o hasta el S_k y viceversa).

Cada paquete de control describe el estado del enlace hasta que llega el próximo paquete de control; los cambios son enviados por adelantado para que el receptor cambie a la nueva configuración lo más pronto posible.

LCAS ofrece a los diseñadores de redes la facultad de sintonizar automáticamente el ancho de banda teniendo en cuenta algunos factores como:

a) Demanda de ancho de banda - El ancho de banda se puede ajustar de acuerdo a los siguientes factores:

- 1. Demandas A Cierta Hora Del Día:** Esto proporciona a los carriers la flexibilidad de ajustar el tráfico dependiendo de lo que demanden los clientes. Los carriers pueden asignar, usando la misma red, diferentes anchos de bandas a sus clientes, dando de esta forma a sus clientes un modelo más eficiente para sus necesidades de ancho de banda, y los carriers pueden facturar basándose en ese periodo de tiempo.
- 2. Eventos Especiales:** Los clientes pueden comprar ancho de banda extra por un periodo de tiempo corto, para suplir sus necesidades de ancho de banda extra durante eventos especiales como la presentación de un nuevo producto, eventos deportivos, etc.

- 3. Pague A Medida Que Aumente:** Los clientes pueden comprar ancho de banda para atender sus necesidades de tráfico actuales, entendiendo que ellos pueden adquirir ancho de banda adicional para atender necesidades futuras.

Desde la perspectiva del carrier, el beneficio es que el tráfico adicional puede ser suministrado fácilmente a través del programa de gestión de red sin necesidad de recurrir al suministro manual que además de costoso consume tiempo.

- b) Calidad De Servicio (QoS) –** La reconfiguración dinámica permite “Agregar” y “Quitar” de una forma adecuada sin necesidad de la interrupción del servicio y sin pérdidas de datos. Esto le da la posibilidad a los carriers de realizar sobresuscripciones en la red (por ejemplo entregar mas ancho de banda en horas de poco trafico) y mantener la rentabilidad de los servicios de datos creando tablas de costos basadas en lo que se conoce como Acuerdos de Nivel de Servicios (SLAs) para una aplicación en particular.
- c) Actualización Mínima La Infraestructura De La Red –** El soporte para LCAS se encuentra en los puntos terminales la red. Para que los carriers puedan desplegar este protocolo, solo necesitan instalar nuevas tarjetas en los equipos existentes, que es una ventaja grandísima en el entorno económico de hoy en día donde los carriers están buscando la forma de reducir el CAPEX y el OPEX. LCAS permite a los carriers con una inversión mínima adecuar la infraestructura que tengan para así poder ofrecer nuevos servicios mientras extienden su tiempo de vida, por lo tanto reducen el CAPEX.

- d) Balanceo Dinámico De La Carga y Optimización Dinámica De La Ruta** –Se trata de un enrutamiento variado de los miembros del VCG para distribuir la carga del tráfico entre diferentes puntos de la red. Esto optimiza las rutas así como los cambios en las topologías de red.
- e) Mecanismo De Recuperación De Error** – El tráfico de VCs agrupado en varios contenedores de SONET/SDH que se enrutan por diferentes trayectorias. LCAS tiene la facultad de disminuir la capacidad automáticamente si uno de de sus integrantes experimenta alguna falla en la red; esto lo hace quitando el miembro defectuoso.

Los canales restantes no serán afectados y continuarán transportando tráfico, por lo tanto el tráfico continuará transmitiéndose a una tasa reducida pero no ocurrirá ninguna interrupción. Después que los miembros defectuosos han sido reparados automáticamente, se pueden volver de vuelta a servicio.

Anteriormente, en las redes SONET/SDH tradicionales, una deficiencia parcial en el ancho de banda hubiese terminado en una interrupción total del tráfico.

El soporte para LCAS solo se encuentra en el proceso de adaptación del contenedor virtual de la fuente y el receptor, y se supone que en los casos de capacidad inicial, Incremento o disminución, la creación o la destrucción del trayecto de cada miembro de manera independientemente, es responsabilidad del sistema de gestión de red (**NMS**) y del sistema de gestión del elemento (**EMS**).

El principal reto que tienen los carriers, mientras despliegan todos esos nuevos servicios basados en los estándares (GFP, VC, LCAS), es el programa requerido para actualizar el NMS y el EMS de una forma estandarizada y compatible.

3.1 Protocolo LCAS

Por lo mencionado anteriormente vemos que es necesario de alguna herramienta que permita la comunicación entre la fuente (Source) y el destino o bajada (Sink) para el control de ajuste de la capacidad de enlace. Este protocolo al igual que la concatenación virtual realiza el envío de sus señales a través del campo de tara de trayecto (PATH OVERHEAD) de SDH, específicamente en los octetos H4 para contenedores de alto orden y K4 para contenedores de bajo orden.

Esto se ejecuta con algunos de los bits que estaban reservados en la codificación de los octetos H4 y K4 en la concatenación virtual.

3.1.1 LCAS Para Contenedores De Alto Orden. Sabemos que este proceso se lleva a cabo debido a la codificación del octeto H4. La figura 30 muestra la forma y los campos de codificación del byte H4 para LCAS. Como se indica en la figura 30, los campos marcados con el color amarillo son las nuevas funciones agregadas para el control de LCAS, como se explico en la sección 2 para la concatenación virtual de alto orden el indicador de multitrama 1(MFI1) apunta hacia delante mostrando el valor de la trama siguiente con respecto a la multitrama de 16 elementos definidos por esta configuración. Esta información viaja de la siguiente manera: el campo CTRL viaja en los 4 bits más significativos del octeto H4 de la tercera trama (numerada como 2) de la multitrama. El campo GID lo hace también en los 4 bits más significativos de H4 pero en la cuarta trama (numerada como 3) de la multitrama.

Los demás campos también se transmiten a través de los primeros 4 bits de H4 pero en tramas diferentes por ejemplo los CRC-8 en la séptima y octava, los campos Member Status en la novena y décima y RS-ASK en la onceava (numerada como 10).

Estos campos mencionados abarcan las funciones necesarias para el ajuste de la capacidad de enlace por lo tanto definiremos la función de cada uno dentro de LCAS.

High Order LCAS Control Packet in H4

H4 Byte								1st multi-frame number	2nd multi-frame number
Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8		
				1st multi-frame indicator (bits 1-4)					
Sequence indicator MSB (bits 1-4)				1	1	1	0	14	n-1
Sequence indicator LSB (bits 5-8)				1	1	1	1	15	
2nd multi-frame indicator MSB (bits 1-4)				0	0	0	0	0	N
2nd multi-frame indicator LSB (bits 5-8)				0	0	0	1	1	
CTRL				0	0	1	0	2	
GID ("000x")				0	0	1	1	3	
Reserved ("0000")				0	1	0	0	4	
Reserved ("0000")				0	1	0	1	5	
CRC-8				0	1	1	0	6	
CRC-8				0	1	1	1	7	
Member status				1	0	0	0	8	
Member status				1	0	0	1	9	
RS-ACK				1	0	1	0	10	
Reserved ("0000")				1	0	1	1	11	
Reserved ("0000")				1	1	0	0	12	
Reserved ("0000"), to extend Seq. Ind.				1	1	0	1	13	
Sequence indicator MSB (bits 1-4)				1	1	1	0	14	
Sequence indicator LSB (bits 5-8)				1	1	1	1	15	
2nd multi-frame indicator MSB (bits 1-4)				0	0	0	0	0	n+1
2nd multi-frame indicator LSB (bits 5-8)				0	0	0	1	1	
CTRL				0	0	1	0	2	
GID ("000x")				0	0	1	1	3	
Reserved ("0000")				0	1	0	0	4	
Reserved ("0000")				0	1	0	1	5	
CRC-8				0	1	1	0	6	
CRC-8				0	1	1	1	7	
Member status				1	0	0	0	8	

New LCAS functions

Figura 30: Paquetes de Control Para LCAS de Alto Orden.³

³⁶ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

3.1.1.1 Campos De Paquetes De Control Para LCAS De Alto Orden

3.1.1.1.1 Campo De Control (CTRL): Este campo es usado para transferir información de la fuente (So) al destino (Sk), también usado para sincronizar el destino (Sk) con la fuente (So) y proveer el estado individual de un miembro particular del Grupo (VCG). Los diferentes tipos de comandos de este campo y sus funciones se muestran en la tabla 9.

<i>Valor</i>	<i>Comando</i>	<i>Comentario</i>
0000	FIXED	Esta es una indicación que este ultimo usa asignación de ancho de banda fijo(no LCAS modo)
0001	ADD	Un miembro que esta por ser agregado al grupo
0010	NORM	Transmisión normal
0011	EoS	Indicación de fin de secuencia y operación normal
0101	IDLE	Este miembro no es parte del grupo y esta por ser removido
1111	DNU	No use(Do not use) esta carga útil el Sk reporto estado de falla

Tabla 9: Comandos de Control de LCAS.

3.1.1.1.2 Identificación De Grupo (GID): identificación de todos los grupos virtuales (Group Identified). Todos los miembros de un mismo grupo VCG tienen el mismo valor en las tramas tanto como el mismo MFI.

3.1.1.1.3 Código De Redundancia Cíclica 8 (CRC-8): un chequeo del tipo CRC-8 es realizado a cada paquete de control después de que ha sido recibido, el contenido es rechazado si la prueba falla.

3.1.1.1.4 Estado De Miembro (MST): el estado de miembro o Member status indica el estado de la propagación de un lado a otro de los múltiples paquetes de control de todos los miembros de un VCG.

3.1.1.1.5 Acuse de Recibo (Rs-Ack): cuando ocurre una reenumeración de los números de secuencia de los miembros de un VCG o cambios en los números de miembros y son detectados en el destino (Sk), una notificación es enviada a la fuente (So) por la alternación del bit Rs-Ack.

3.1.2 LCAS Para Contenedores De Bajo Orden. El proceso de ajuste de la capacidad de enlaces es ligeramente diferente del de alto orden, pero su funcionamiento en esencia es el mismo. Recordemos que para los contenedores de bajo orden se define su tara de trayecto (PATH OVERHEAD) en una multitrama de 500µs por lo tanto su octeto K4 se define una vez cada 500µs. como sabemos la indicación para la concatenación virtual se encuentra definido en el campo ESL (Extended Signal Label) etiqueta de señal extendida con 32 bits de longitud pero utilizando un bit de 32 tramas cada 500µs. de estos 32 bit de longitud se utilizan algunos que anteriormente se mostraron como reservados en concatenación virtual, para el campo de control (CTRL) se toman los bits del 12 al 15, para el GID se toma el 16, para el Rs-Ack el 21 y para el chequeo de errores se toman tres bits del 30 al 32 por lo tanto el chequeo es de tipo 3 (CRC-3). La figura 31 muestra la codificación de bit ESL del octeto K4 para el ajuste de la capacidad de enlace del canal.

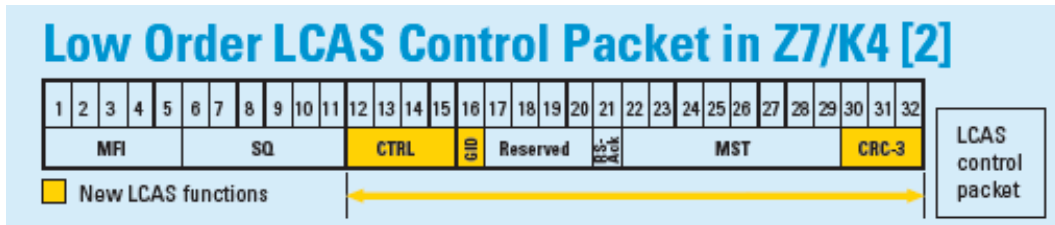


Figura 31: Paquete de Control de LCAS de Bajo Orden.³⁷

La función de los campos de LCAS son las mismas definidas para el campo de LCAS de alto orden con la única diferencia que el chequeo de errores aquí es del tipo 3 pero con la misma función.

3.2 Mensajes Del Protocolo LCAS

Como se menciona en el aparte anterior hay varios tipos de mensajes definidos para los diferentes controles de este protocolo a continuación mostraremos como se da la comunicación entre fuente (So) y destino (Sk) dependiendo del tipo de señalización enviada.

3.2.1 Flujo De Llamada Para Adición De Miembros. A manera de ejemplo la figura 32 muestra la adición de dos nuevos miembros al final de un grupo de contenedores virtuales VCG de N números de miembros. Un proveedor podría utilizar este tipo de mensajes para incrementar el ancho de banda de un cliente. Por ejemplo en el caso que se tenga VC-4-4v el flujo será incrementado a VC-4-6v y aunque solo hay una fuente y un destino varios miembros pueden ser agregados, sin embargo la fuente debe indicar cual es el nuevo miembro y darle un numero de secuencia correcto.

³⁷ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

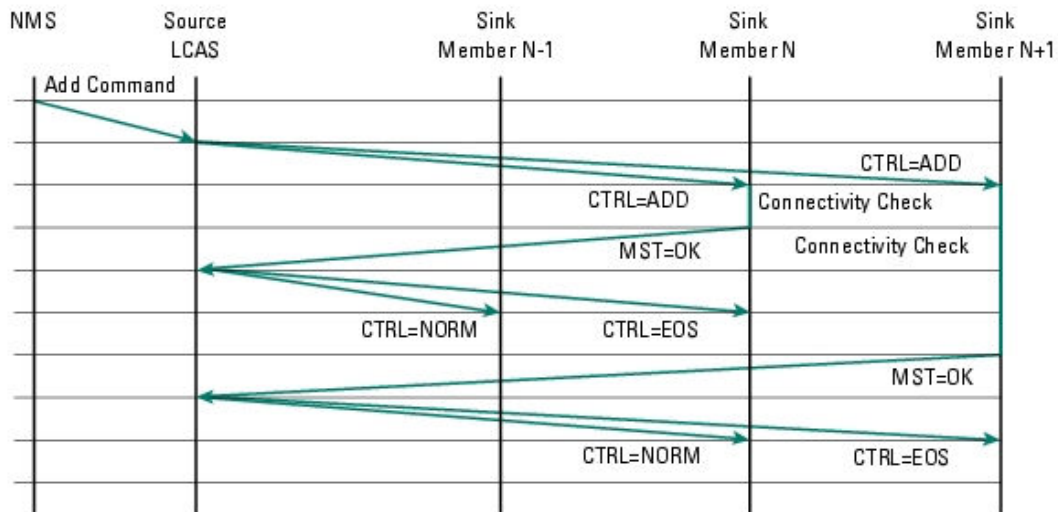


Figura 32: Flujo de Llamada Para Adición de Miembros.³⁸

El proceso es el siguiente:

- A. el NMS indica el comando de Add.
- B. La fuente entonces envía dos mensajes de control al destino con el comando Add, los comandos son enviados en cada uno de los miembros por ser agregados.
- C. El destino chequea por el ancho de banda disponible para cada uno de los nuevos miembros, las respuestas son independientes para cada miembro.
- D. El mensaje MST indica el estatus y lo envía de vuelta a la fuente puede ser OK o indicar falla (FAIL), si una de las dos respuestas es falla esta no afecta a la otra por que son independientes.

³⁸ CISCO White Papers, Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS), CISCO Systems, Pág. 8

E. Una vez recibido cada MST con una indicación OK, la fuente le dice al destino retornándole el estado NORM que el nuevo miembro ahora es ultimo de la secuencia de VCAT con el comando de control EoS.

3.2.2 Flujo De Llamadas Para Borrado De Miembros. La figura 33 muestra el borrado de los miembros 3 y 4 de un grupo de seis miembros de un VCG. Un proveedor podría utilizar este mensaje para disminuir el ancho de banda de un cliente, al igual que el anterior se pueden borrar varios elementos pero el receptor debe conocer su secuencia.

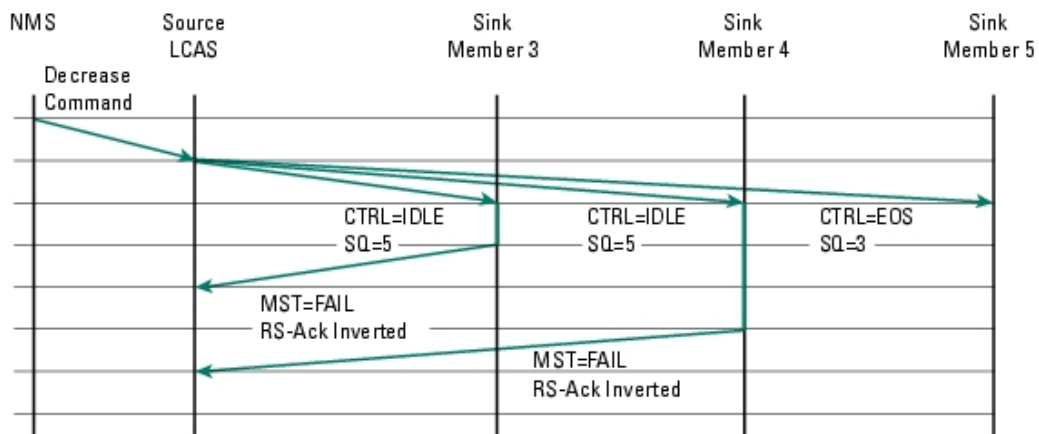


Figura 33: Flujo de Llamada Para Borrado de un Miembro de un VCG.³⁹

El proceso es el siguiente:

- A. el NMS indica el comando de supresión o borrado.
- B. La fuente entonces envía un mensaje de control CTRL al destino diciéndole que el último miembro es ahora el último de los tres miembros VCG.
- C. La fuente entonces envía dos mensajes de control CTRL, con la indicación IDLE y la secuencia del miembro al destino.

³⁹ CISCO White Papers, Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS), CISCO Systems, Pág. 9

D. El destino indica de manera independiente para cada miembro, que el miembro ahora ya está caído vía mensaje MST con la indicación de falla.

E. Finalmente, un Rs-Ack indica un resecuenciamiento del VCG.

3.2.3 Flujo De Llamada Para Borrado De Último Miembro. El borrado del último miembro de un VCG es ligeramente diferente del anterior y se realiza para decrementar el ancho de banda de un cliente. Su forma se muestra en la figura 34.

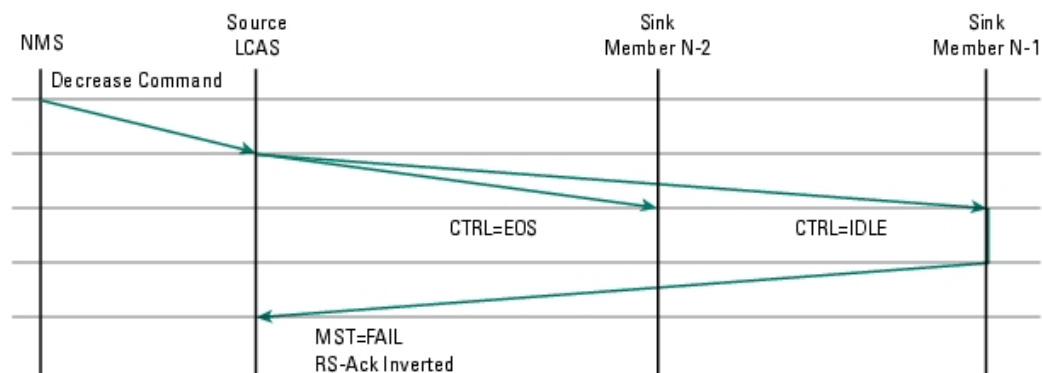


Figura 34: Flujo de Llamada de Supresión de Último Miembro.⁴⁰

El proceso es el siguiente:

- A. el NMS indica el comando de supresión o borrado.
- B. La fuente entonces envía un mensaje de control (CTRL) EoS al destino que el miembro N-2 es ahora el último miembro.
- C. La fuente envía un mensaje de control (CTRL) al destino con la indicación IDLE y la secuencia del último miembro.

⁴⁰ CISCO White Papers, Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS), CISCO Systems, Pág. 9

D. El mensaje MST con el estado de falla (Fail) y Rs-Ack indicando el resecuenciamiento del VCG es enviado a la fuente.

3.2.4 Flujo De Llamada Para Indicación De Falla Del Último Miembro.

Para los casos anteriores no se tuvo en cuenta el caso de un error en las cargas útiles o ancho de banda no disponible, aquí se trata como es la comunicación entre las entidades en caso de una falla. Este se muestra en la figura 35 note que este comienza en sentido contrario.

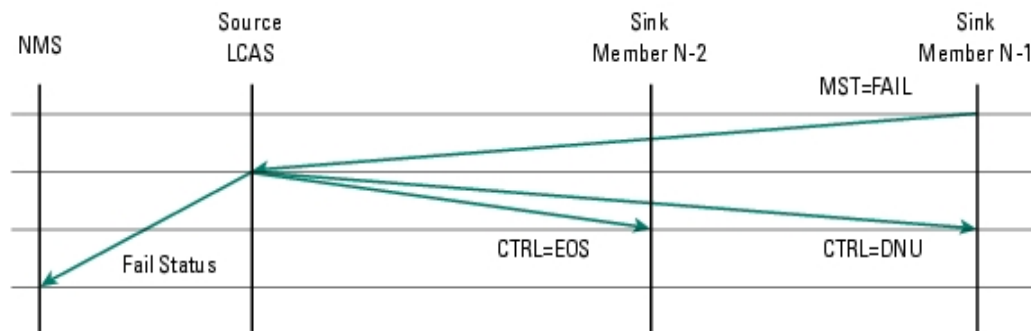


Figura 35: Flujo de Llamada de Falla de Último Miembro.⁴¹

El proceso es el siguiente:

- el mensaje MST con la indicación de falla (Fail) es enviado a la fuente.
- La fuente entonces pasa al esta información al NMS vía un mensaje de falla.
- A través de un mensaje de control la fuente indica que el miembro rechazado no debe ser usado con una indicación DNU.
- La fuente entonces le dice al último miembro que es el último con un mensaje de fin de secuencia (EoS).

⁴¹CISCO White Papers, Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS), CISCO Systems, Pág. 10

3.2.5 Flujo De Llamada Para Indicación De Falla De Un Miembro Cualquiera. Esta es del mismo tipo de la anterior pero siendo que puede ocurrir para un miembro cualquiera diferente del último, esta llamada puede ser generada cuando el proveedor presenta una falla en su red. La figura 36 muestra el proceso del flujo de llamada de indicación de falla.

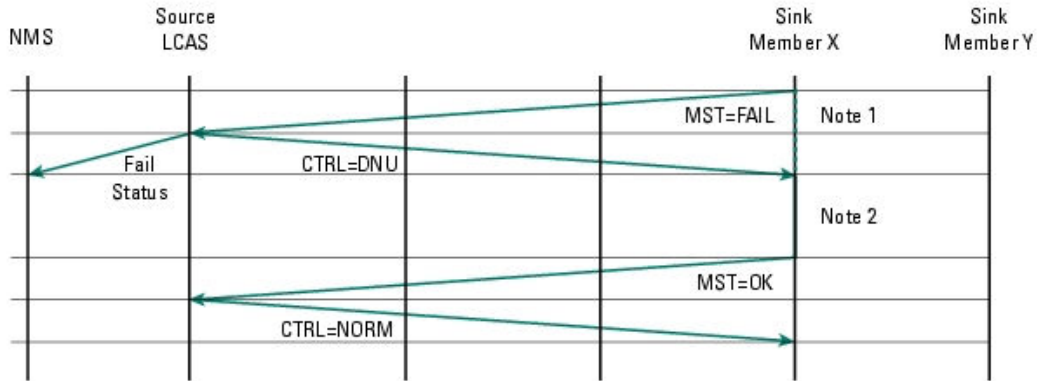


Figura 36: Flujo de Llamada de Falla de un Miembro Cualquiera.⁴²

El proceso es el siguiente:

A. el mensaje MST con la indicación de falla es enviada a la fuente.

Nota 1: tan pronto como la falla (Fail) es detectada en el destino inmediatamente será reensamblada la concatenación del grupo usando solo los miembros que están trabajando, por un tiempo (el tiempo de propagación de destino a fuente + el tiempo de reacción de la fuente + la propagación de la fuente al destino) el reensamblado de los datos será erróneo porque el ha enviado los miembros antes de la falla.

B. La fuente entonces pasa al esta información al NMS vía un mensaje de falla.

C. A través de un mensaje de control la fuente indica que el miembro rechazado no debe ser usado con una indicación DNU.

⁴²CISCO White Papers, Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS), CISCO Systems, Pág. 10

Nota 2: la fuente parara el envió de los datos del miembro erróneo, desde que ha sido reportado MS=Fail y por consiguiente los miembros fallidos ya habrán sido ajustados a DNU, la fuente LCAS en la recepción final no sabrá que la integridad de los datos ha sido restablecida, esta será tratada por las capas superiores.

D. La fuente entonces le dice al último miembro que es el último con un mensaje de fin de secuencia (EoS).

E. El destino envía un mensaje MST indicando que el VCG esta OK.

F. Finalmente la fuente le dice al destino que corre en modo normal NORM.

3.2.6 Maquinas De Estado De Fuente Y Destino. Las figuras 37 y 38 muestran respectivamente los autómatas de la fuente S_o y el destino S_k que resumen los procedimientos explicados anteriormente dependiendo del proceso en el cual se encuentre.

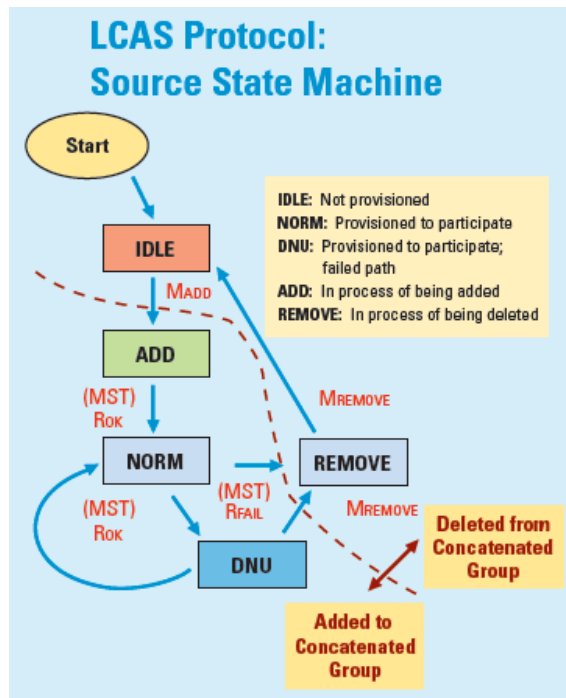


Figura 37: Máquina de Estado de la Fuente.⁴³

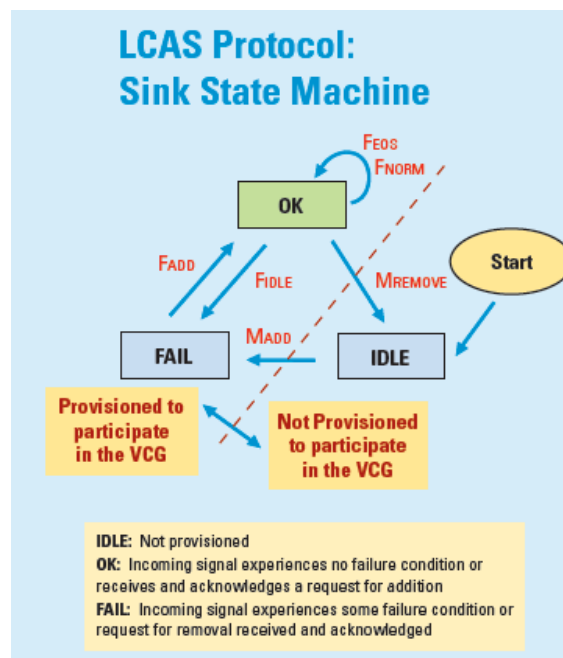


Figura 38: Máquina de Estado del Destino.⁴⁴

⁴³⁻⁴⁴ Agilent Technologies, Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER, Agilent Consumers, Pág. 1

4. ALGUNAS LIMITACIONES DE NG-SDH/SONET FRENTE A METROETHERNET

Muchos operadores, han empezado a proveer servicios Ethernet en áreas metropolitanas para extender su dominio nacional o internacional, el corto tiempo en el mercado y la influencia de la infraestructura existente han llevado a muchos operadores a desplegar estos servicios Ethernet sobre SDH/SONET ya sea con VCAT y GFP o sin ellos, pero ofreciendo una fuerte competencia a los operadores que solo desplegaron solo soluciones Metro Ethernet.

4.1 Análisis Económico.

Para entender mejor como los carrier Ethernet compiten con los SDH/SONET de nueva generación estudiaremos un caso simple pero real en los negocios.

4.1.1Capex: La figura 39 muestra el costo de construir una red de servicios Ethernet utilizando una red NG-SDH/SONET y una Metro Ethernet con el valor en dólares disponibles en el mercado, de hecho la relación entre el costo en NG SDH/SONET y Metro Ethernet por subscriptores de 6 a 1.

Figure 6(a): NG SONET

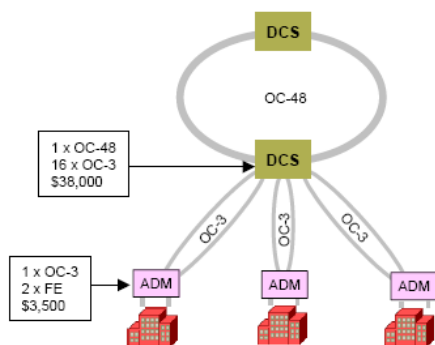


Figure 6(b): Carrier Ethernet

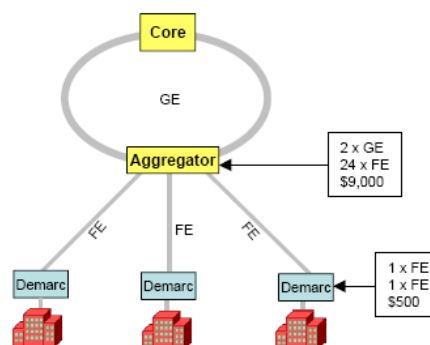


Figura 39: Diferencia de Costo en Dólares Para Redes Ethernet y SDH.⁴⁵

4.1.2 Precio De Servicio: por ejemplo si una empresa esta usando un E1 de una línea alquilada para interconectar dos sucursales en la misma ciudad con un operador A podría estar pagando alrededor de 1600 USD por mes mientras que con un operador B que utilice servicios metro ethernet podría acordar de la siguiente manera, por cada Mbps con tasa constante pagaría alrededor de 300 USD por mes y por cada Mbps no garantizado alrededor de 10 USD. Con un arreglo de la siguiente forma $(2 \times 100) + (100 \times 10) = 1600$ USD entonces pagaría lo mismo tendría 2 Mbps constante y podría aumentar hasta los 100Mbps en poco trafico y pagando lo mismo que lo que vale un E1.

Básicamente el operador B toma ventaja de dos cosas: el bajo costo de ethernet de cargar por ethernet en relación a la instalación de un E1 y la multiplexación estadística manejada por ethernet por otro lado el operador tendría que utilizar un VC-4 completo para cargar 100 Mbps.

⁴⁵ ATRICA White Paper, Migration From SDH/SONET to Carrier Ethernet in Metropolitan Area, ATRICA Inc., Pág. 16

4.1.3 El Costo De Actualizar La Red: muchos anillos metropolitanos de SDH/SONET manejan una capacidad a nivel de STM-1 y STM-4 los cuales solo soportan un numero limitado de puertos Fast Ethernet, como estos anillos necesitan ser actualizados para tráficos mas grandes (Gigabit Ethernet) a través de un STM-16 que es una tasa de la mas adecuada en metro los operadores deberían prestar especial atención en el costo de esta actualización por que en muchos casos el reajuste de estos anillos implica una reajuste en el Backbone que son mas costosos que construir una red Metro Ethernet.

4.2 Limitaciones técnicas de NG-SDH/SONET en el soporte de servicios de datos.

Muchos operadores con una gran base instalada de SONET/SDH creen que pueden ofrecer servicios cuando quieran y donde quieran se originen las demanda. Estos servicios no son mas que canales SONET/SDH con interfaces de acceso a los subscriptores. Con VCAT los operadores pueden asignar el ancho de banda acorde con los requerimientos del cliente, además GFP-F permite multiplexación de tráfico de varias interfases en un canal VCAT, una mejora similar a la multiplexación estadística y GFP-T soportando otros servicios como FICON y ESCON. Todo esto suena muy prometedor pero los operadores deberían entender que hay ciertas limitaciones en todo esto

4.2.1 La Eficiencia En La Transmisión De Datos No Esta Mejorada. El tráfico de datos es en ráfagas y los picos de los diferentes flujos no suceden al mismo tiempo, así que es posible que este tráfico solo utilice un ancho de banda necesario y viajar a través de la red en un mínimo tiempo.

En otras palabras NG SDH/SONET solo puede garantizar la utilización adecuada del ancho de banda con cierta granularidad y más flexibilidad pero no puede mejorar la eficiencia en la transmisión de los datos en caso de picos de información y ráfagas.

El caso mas claro es el siguiente para soportar dos enlaces Gigabit Ethernet en NG SDH se necesita un STM-16 aunque se puede ayudar con VCAT de todas maneras se necesitan dos canales para el transporte de este trafico pero con una red metro ethernet solo es necesario un anillo para los dos clientes ya que la multiplexacion estadística garantiza que los dos no trasmitan al mismo tiempo y garantizando 1 Giga para cada uno, lo cual es mas barato.

4.2.2 La Multiplexacion GFP Tiene Una Limitación Critica. Tomando ventaja de GFP en nueva generacion de SDH podría soportarse la multiplexacion estadística por canales, como se muestra en la figura 40

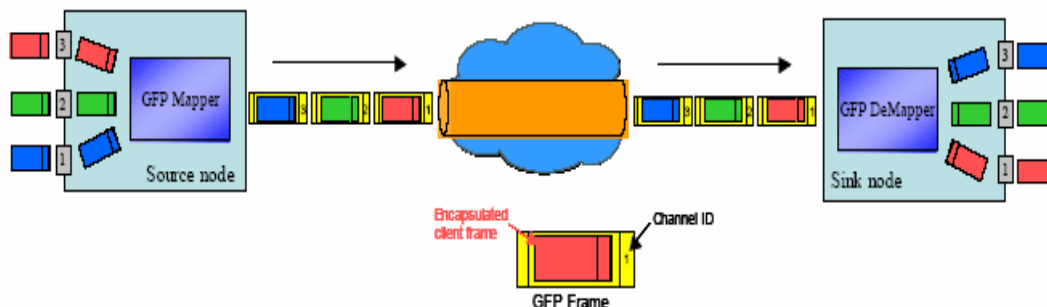


Figura 40: Mapeo de Señales en Modo GFP-F.⁴⁶

Con las cabeceras de extensión, las cuales son opcionales en GFP-F, hay un campo de 1 byte llamado identificador del canal o CID que el receptor utiliza para identificar el destino de las interfaces Ethernet, y esto es posible para múltiples interfaces ethernet de un nodo fuente compartiendo el mismo canal virtualmente concatenado, logrando un efecto similar a una multiplexación

⁴⁶ ATRICA White Paper, Migration From SDH/SONET to Carrier Ethernet in Metropolitan Area, ATRICA Inc., Pág. 19

Estadística sobre el canal. En GFP-T el flujo de datos de la fuente es mantenido siempre incluso cuando no hay caracteres de control listos se envía relleno o información de control sin efecto estadístico pero con un flujo constante.

Sin embargo este método de multiplexación tiene una desventaja debido a que el tráfico de las interfases del nodo transmisor que comparten un canal VC deben ir al mismo nodo receptor, esto significa que solo cuando varios clientes estén en la misma edificación y tengan el mismo destino para que la multiplexación GFP sea utilizada en caso de diferentes localizaciones y distintos destinos se vuelve al mismo problema de tal manera que a pesar de todas las modificaciones SDH no cambia su estructura rígida orientada para el tráfico de voz.

4.2.3 Limitaciones En Enlaces Multipunto. Los servicios multipunto requieren conmutación de capa 2 en las redes de los operadores basadas en SDH, debido a que como es puro transporte se caracteriza por ser una tecnología punto a punto y no es muy adecuado para el soporte multipunto a menos que se tenga un malla completa cubriendo todos los puntos la cual es una solución económica y efectiva. Otra restricción es que los circuitos ya sean virtualmente concatenados o no, deben tener todos la misma estructura por ejemplo si un cliente utiliza 30 Mbps se necesita un VC-15-20v pero si se incrementa a 100 Mbps necesitara un VC-3-2v que obviamente se pasa de un esquema de contenedores de bajo orden a alto orden, debido a que no se pueden mezclar contenedores a de alto y bajo orden lo que no es necesario en Ethernet.

CONCLUSIONES

Con la transición de la industria en el campo de las telecomunicaciones en lo referente a nuevos servicios, el énfasis de los operadores es poder cumplir con las exigencias actuales de ancho de banda sin producir un impacto negativo en la calidad de servicio y con un costo de inversión mínimo.

Por lo tanto es clara la enorme ventaja que brinda SDH/SONET de nueva generación en la explotación de nuevos servicios y soporte a nuevos protocolos, ya que como se sabe hay actualmente una gran infraestructura de este tipo de redes de transporte desplegada y por lo tanto posible de una manera mas flexible la introducción de esta tecnología con solo actualizar los elementos de red perimetrales.

Además, hay mejoras significativas, en el modo en que las redes SONET/SDH manejan el ancho de banda para información en paquetes así como granularidad mas grande mientras se mantiene las funciones críticas de redes TDM tradicionales, permitiendo a los operadores de red construir una red usando plataformas para multiservicios híbridos TDM/paquetes o proveer solo la transmisión fundamental de tramas de bits lineales.

La SONET/SDH de nueva generación no solo es rentable sino que aumenta las capacidades de las redes ya que al integrar redes de nueva generación a redes tradicionales se tienen menor latencia, calidad y disponibilidad de servicio aunque es importante la verificación constante de que los elementos de red se desempeñan correctamente ya que la calidad de servicio se pone en riesgo y los costos a largo plazo asociados con constantes interrupciones al servicio, tiempo de inactividad y mantenimiento innecesario podrían traer una mala fidelización con los clientes.

De todas maneras es valido aclarar que las redes de transporte de nueva generaci3n no se ofrecen como 3nica soluci3n al problema de integraci3n de redes e incremento de ancho de banda sino como un paso intermedio para los operadores con SDH tradicional con una relaci3n beneficio/costo 3ptima para la aplicaci3n de nuevos servicios sin impacto negativo en sus OPEX Y CAPEX.

Est3 claro que IP seguir3 siendo el servicio de datos m3s popular, pero la pregunta es que le esperan como futuro a la integraci3n de servicios y que participaci3n tendr3n las redes 3pticas, aunque los avances que se est3n produciendo 3ltimamente en el campo de las redes 3pticas de paquetes y desarrollos tales como GMPLS auguran un futuro muy distinto al presentado con estas tecnolog3as de nueva generaci3n.

BIBLIOGRAFÍA

Revista Conectronica “Redes ópticas transparentes basadas en tecnología DWDM” www.conectronica.com.

ROGGIERO MARCELO “Valor agregado en las redes SDH de nueva generación”. www.cintel.org

Extracto de la conferencia “Los Nuevos Retos para la Red del Siglo XXI”, celebrada el pasado 20 de septiembre y organizada por L&M Data Communications. www.google.com

Trend Communication “La nueva generación de SDH”.
www.trendcommunication.com

“Conceptos de telecomunicaciones de nueva generación”.
www.wikipedia.com

“Trend in optical network”.
www.ias.ac.in/meetings/annmeet/69am_talks/knsivarajan/img9.html

“American National Standard for Telecommunications”. Generic Framing Procedure (GFP). www.ansi.com

“Graham S., John”. Developments in Transcontinental Ethernet.

“Agilent Technologies”. Take the Lead in Next Generation SONET/SDH & RPR with OmniBER.

“Trend Communications”. SONET Next Generation (Quick Reference Guide).

“Caballero Jose M”. Migration to Next Generation SDH.

“CISCO White Papers”. Leveraging Transport for Data Services with Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS).

“ATRICA White Paper”. Migration From SDH/SONET to Carrier Ethernet in Metropolitan Area.

“PARRA GUARIN MARCO ABEL”. SDH Evolución de la red y estructura de multiplexacion.

“UIT-T G.707” Sistemas de transmisión digital – Equipos terminales – Generalidades.