



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

UIT-T

SECTOR DE NORMALIZACIÓN
DE LAS TELECOMUNICACIONES
DE LA UIT

I.741

(06/99)

SERIE I: RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS

Aspectos de los equipos de RDSI-BA – Funciones de
transporte

**Interfuncionamiento e interconexión entre redes
en modo transferencia asíncrono y redes
telefónicas conmutadas para la transmisión
de señales vocales, de datos en banda vocal
y de audio**

Recomendación UIT-T I.741

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

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

ESTRUCTURA GENERAL	
Terminología	I.110–I.119
Descripción de las RDSI	I.120–I.129
Métodos generales de modelado	I.130–I.139
Atributos de las redes de telecomunicaciones y los servicios de telecomunicación	I.140–I.149
Descripción general del modo de transferencia asíncrono	I.150–I.199
CAPACIDADES DE SERVICIO	
Alcance	I.200–I.209
Aspectos generales de los servicios en una RDSI	I.210–I.219
Aspectos comunes de los servicios en una RDSI	I.220–I.229
Servicios portadores soportados por una RDSI	I.230–I.239
Teleservicios soportados por una RDSI	I.240–I.249
Servicios suplementarios en RDSI	I.250–I.299
ASPECTOS Y FUNCIONES GLOBALES DE LA RED	
Principios funcionales de la red	I.310–I.319
Modelos de referencia	I.320–I.329
Numeración, direccionamiento y encaminamiento	I.330–I.339
Tipos de conexión	I.340–I.349
Objetivos de calidad de funcionamiento	I.350–I.359
Características de las capas de protocolo	I.360–I.369
Funciones y requisitos generales de la red	I.370–I.399
INTERFACES USUARIO-RED DE LA RDSI	
Aplicación de las Recomendaciones de la serie I a interfaces usuario-red de la RDSI	I.420–I.429
Recomendaciones relativas a la capa 1	I.430–I.439
Recomendaciones relativas a la capa 2	I.440–I.449
Recomendaciones relativas a la capa 3	I.450–I.459
Multiplexación, adaptación de velocidad y soporte de interfaces existentes	I.460–I.469
Aspectos de la RDSI que afectan a los requisitos de los terminales	I.470–I.499
INTERFACES ENTRE REDES	I.500–I.599
PRINCIPIOS DE MANTENIMIENTO	I.600–I.699
ASPECTOS DE LOS EQUIPOS DE RDSI-BA	
Equipos del modo de transferencia asíncrono	I.730–I.739
Funciones de transporte	I.740–I.749
Gestión de equipos del modo de transferencia asíncrono	I.750–I.799

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

RECOMENDACIÓN UIT-T I.741

INTERFUNCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN ENTRE REDES EN MODO TRANSFERENCIA ASÍNCRONO Y REDES TELEFÓNICAS CONMUTADAS PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES VOCALES, DE DATOS EN BANDA VOCAL Y DE AUDIO

Resumen

La presente Recomendación proporciona los requisitos para las funciones de interfuncionamiento e interconexión entre redes en modo transferencia asíncrono (ATM) públicas y otros tipos de redes telefónicas públicas conmutadas (incluidas las redes inalámbricas) para la transmisión de señales vocales, de datos en banda vocal y de audio. Las funciones comprenden: interfaces de multiplexación por división en el tiempo (TDM) a redes ATM, conversión de TDM a ATM, transporte, multiplexación, conmutación y compensación de eco.

Orígenes

La Recomendación UIT-T I.741 ha sido preparada por la Comisión de Estudio 15 (1997-2000) del UIT-T y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 1 de la CMNT el 22 de junio de 1999.

PREFACIO

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

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

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

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

NOTA

En esta Recomendación, la expresión *empresa de explotación reconocida (EER)* designa a toda persona, compañía, empresa u organización gubernamental que explote un servicio de correspondencia pública. Los términos *Administración*, *EER* y *correspondencia pública* están definidos en la *Constitución de la UIT (Ginebra, 1992)*.

PROPIEDAD INTELECTUAL

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

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

© UIT 1999

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

ÍNDICE

Página

1	Alcance	1
2	Referencias.....	1
3	Abreviaturas.....	3
4	Términos y definiciones.....	4
5	Configuración genérica del interfuncionamiento/interconexión de RTPC/RDSI-BE/ATM.....	4
6	Ejemplo de escenarios de interconexión de redes.....	5
6.1	Interfuncionamiento e interconexión	5
6.2	Escenario 1: RTPC/RDSI-BE de referencia	6
6.3	Escenario 2: ATM de referencia	6
6.4	Escenario 3: Interconexión e interfuncionamiento ATM-RTPC	7
6.4.1	Interfaces físicas	7
6.4.2	Criterios relacionados con el servicio.....	7
6.4.3	Requisitos de AAL	10
6.4.4	Células perdidas y mal insertadas.....	11
6.4.5	Control de eco.....	12
6.4.6	Parámetros y tolerancias de tráfico.....	12
6.4.7	Gestión y control de averías.....	12
6.5	Escenario 4: Interconexión e interfuncionamiento RTPC/RDSI-BE-ATM-RTPC/RDSI-BE.....	12
6.5.1	Interfaces físicas	13
6.5.2	Criterios relacionados con el servicio.....	13
6.5.3	Requisitos de AAL	14
6.5.4	Células perdidas y mal insertadas.....	14
6.5.5	Control de eco.....	14
6.5.6	Parámetros de tráfico y tolerancias.....	14
6.5.7	Gestión y control de averías.....	14
6.6	Escenario 5: Interconexión e interfuncionamiento red móvil-ATM-red móvil.....	14
6.6.1	Interfaces físicas	14
6.6.2	Criterios relacionados con el servicio.....	15
6.6.3	Requisitos de AAL	15
6.6.4	Células perdidas y mal insertadas.....	15
6.6.5	Control de eco.....	15
6.6.6	Parámetros de tráfico y tolerancias.....	16
6.6.7	Gestión y control de averías.....	16

	Página
7	Señales de banda vocal dentro de las redes ATM..... 16
7.1	Relleno de células 16
7.2	Pérdida de células y mecanismo de recuperación 16
7.3	Fluctuación de fase 16
7.4	Funciones de transcodificación y de pasarela 17
8	Detalles adicionales del interfuncionamiento RTPC/ATM 17
8.1	Compensación de eco 17
8.2	Control de congestión y control de flujo..... 18
8.3	Consideraciones relativas a la interfaz DCME/ATM 18
8.4	Interfaz a redes celulares..... 18
8.5	Interfaz de compresión TDM/ATM..... 19
Anexo A – Interconexión RTPC/RDSI-BE mediante equipos digitales de multiplicación de circuitos 19	
A.1	Antecedentes 19
A.2	Encaminamiento y puesta en cascada 21
A.3	Interfaz ATM a DCME 21
Apéndice I – Aspectos de temporización relacionados con la compensación del eco en redes ATM 22	
I.1	Introducción 22
I.2	Variación de retardo de células 23
I.3	Eliminación o reducción de los efectos de la CDV en la temporización..... 26
	I.3.1 Funcionamiento síncrono de redes 26
	I.3.2 Indicación de tiempo residual síncrono 27
	I.3.3 Recuperación de reloj adaptable 31
I.4	Requisitos de ruido de fase del compensador de eco..... 43
I.5	Conclusiones 43

Recomendación I.741

INTERFUNCIONAMIENTO E INTERCONEXIÓN ENTRE REDES EN MODO TRANSFERENCIA ASÍNCRONO Y REDES TELEFÓNICAS CONMUTADAS PARA LA TRANSMISIÓN DE SEÑALES VOCALES, DE DATOS EN BANDA VOCAL Y DE AUDIO

(Ginebra, 1999)

1 Alcance

La presente Recomendación proporciona los requisitos para las funciones de interfuncionamiento e interconexión entre redes en modo transferencia asíncrono públicas y otros tipos de redes telefónicas públicas conmutadas (incluidas las redes inalámbricas) para la transmisión de señales vocales, de datos en banda vocal y de audio. Las funciones comprenden: interfaces de multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplexing*) a redes ATM, conversión de TDM a ATM, transporte, multiplexación, conmutación y compensación de eco.

2 Referencias

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

- Recomendación UIT-T G.114 (1996), *Tiempo de transmisión en un sentido*.
- Recomendación UIT-T G.131 (1996), *Control del eco para el hablante*.
- Recomendación UIT-T G.165 (1993), *Compensadores de eco*.
- Recomendación UIT-T G.168 (1997), *Compensadores de eco de redes digitales*.
- Recomendación UIT-T G.176 (1997), *Directrices de planificación para la integración de la tecnología modo transferencia asíncrono en redes que soportan servicios en la banda vocal*.
- Recomendación UIT-T G.703 (1998), *Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas*.
- Recomendación UIT-T G.704 (1998), *Estructuras de trama síncrona utilizadas en los niveles jerárquicos 1544, 6312, 2048, 8448 y 44 736 kbit/s*.
- Recomendación CCITT G.706 (1991), *Procedimientos de alineación de trama y de verificación por redundancia cíclica relativos a las estructuras de trama básica definidas en la Recomendación G.704*.
- Recomendación UIT-T G.707 (1996), *Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona*.
- Recomendación CCITT G.711 (1988), *Modulación por impulsos codificados de frecuencias vocales*.
- Recomendación CCITT G.726 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa a 40, 32, 24, 16 kbit/s*.

- Recomendación CCITT G.727 (1990), *Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa jerarquizada con 5, 4, 3 y 2 bits/muestra.*
- Recomendación CCITT G.728 (1992), *Codificación de señales vocales a 16 kbit/s utilizando predicción lineal con excitación por código de bajo retardo.*
- Recomendación UIT-T G.729 (1996), *Codificación de la voz a 8 kbit/s mediante predicción lineal con excitación por código algebraico de estructura conjugada.*
- Recomendación CCITT G.732 (1988), *Características del equipo múltiplex MIC primario que funciona a 2048 kbit/s.*
- Recomendación CCITT G.751 (1988), *Equipos múltiplex digitales que funcionan a la velocidad binaria de tercer orden de 34 368 kbit/s y a la velocidad binaria de cuarto orden de 139 264 kbit/s y utilizan justificación positiva.*
- Recomendación UIT-T G.763 (1998), *Equipo de multiplicación de circuitos digitales que emplea modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa (Recomendación G.726) e interpolación digital de la palabra.*
- Recomendación UIT-T G.766 (1996), *Demodulación/remodulación facsímil para equipo de multiplicación de circuitos digitales.*
- Recomendación UIT-T G.804 (1998), *Correspondencia de células modo de transferencia asíncrono con la jerarquía digital plesiócrona.*
- Recomendación UIT-T G.823 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 2048 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T G.824 (1993), *Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1544 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T G.832 (1998), *Transporte de elementos de la jerarquía digital síncrona por redes de la jerarquía digital plesiócrona – Estructuras de trama y de multiplexión.*
- Recomendación UIT-T G.957 (1995), *Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la jerarquía digital síncrona.*
- Recomendación UIT-T I.356 (1996), *Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- Recomendación UIT-T I.361 (1999), *Especificación de la capa modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- Recomendación UIT-T I.363.1 (1996), *Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 1.*
- Recomendación UIT-T I.363.2 (1997), *Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo de transferencia asíncrono tipo 2.*
- Recomendación UIT-T I.363.3 (1996), *Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 3/4.*
- Recomendación UIT-T I.363.5 (1996), *Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 5.*

- Recomendación UIT-T I.371 (1996), Control de tráfico y control de congestión en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA).
- Recomendación UIT-T I.580 (1995), *Disposiciones generales para el interfuncionamiento entre la red digital de servicios integrados de banda ancha y la red digital de servicios integrados basada en la velocidad de 64 kbit/s.*
- Recomendación UIT-T I.610 (1999), *Principios y funciones de operaciones y mantenimiento de la red digital de servicios integrados de banda ancha.*
- Recomendación UIT-T I.751 (1996), *Gestión en modo de transferencia asíncrono desde el punto de vista del elemento de red.*
- Recomendación UIT-T Q.50 (1997), *Señalización entre equipos de multiplicación de circuitos y centros de conmutación internacional.*
- Recomendación UIT-T Q.115 (1997), *Lógica del control de los dispositivos de control de eco.*
- Recomendación UIT-T Q.2660 (1995), *Interfuncionamiento de la parte usuario de la red digital de servicios integrados de banda ancha del sistema de señalización N.º 7 y la parte usuario de la red digital de servicios integrados de banda estrecha.*

3 Abreviaturas

En esta Recomendación se utilizan las siguientes siglas.

AAL	Capa de adaptación ATM (<i>ATM adaptation layer</i>)
AAL CS	Subcapa de convergencia AAL (<i>AAL convergence sublayer</i>)
ACR	Recuperación de reloj adaptable (<i>adaptive clock recovery</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
CDV	Variación del retardo de célula (<i>cell delay variation</i>)
CLP	Prioridad de pérdida de células (<i>cell loss priority</i>)
CLR	Tasa de pérdida de células (<i>cell loss rate</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
CS-ACELP	Predicción lineal con excitación por código algebraico con estructura conjugada (<i>conjugate-structure algebraic-code-excited linear prediction</i>)
DBR	Velocidad binaria determinística (<i>deterministic bit rate</i>)
DCME	Equipo digital de multiplicación de circuitos (<i>digital circuit multiplication equipment</i>)
FDM	Multiplexación por división de frecuencia (<i>frequency division multiplex</i>)
GFC	Control de flujo genérico (<i>generic flow control</i>)
HEC	Control de error del encabezamiento (<i>header error control</i>)
IWF	Función de interfuncionamiento (<i>interworking function</i>)
LD-CELP	Predicción lineal con excitación por código de bajo retardo (<i>low-delay code excited linear prediction</i>)
MIC	Modulación por impulsos codificados (<i>pulse code modulation</i>)
MICDA	Modulación por impulsos codificados diferencial adaptativa

MTE	Equipo terminal móvil (<i>mobile terminal equipment</i>)
OAM	Operación y mantenimiento (<i>operation and maintenance</i>)
PRC	Reloj de referencia primario (<i>primary reference clock</i>)
PTI	Información de tipo de carga útil (<i>payload type information</i>)
PU-RDSI	Parte usuario de la RDSI
PU-RDSI-BA	Parte usuario de la RDSI de banda ancha
PU-RDSI-BE	Parte usuario de la RDSI de banda estrecha
QoS	Calidad de servicio (<i>quality of service</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados
RDSI-BA	RDSI de banda ancha
RDSI-BE	RDSI de banda estrecha
RTPC	Red de telecomunicaciones pública conmutada
SN	Número de secuencia (<i>sequence number</i>)
SRTS	Indicación de tiempo residual síncrono (<i>synchronous residual time stamp</i>)
TDM	Multiplexación por división en el tiempo (<i>time division multiplex</i>)
TE	Equipo terminal (<i>terminal equipment</i>)
VCI	Identificador de canal virtual (<i>virtual channel identifier</i>)
VCLAD	Ensamblado y desensamblado de células vocales (<i>voice cell assembly and disassembly</i>)
VPI	Identificador de trayecto virtual (<i>virtual path identifier</i>)

4 Términos y definiciones

En esta Recomendación se definen los términos siguientes.

4.1 isla modo de transferencia asíncrono (ATM, *asynchronous transfer mode*): Una isla ATM es un segmento de infraestructura de telecomunicaciones autónomo donde el acceso es proporcionado exclusivamente por interfaces ATM. El tráfico fuera de una isla ATM es transportado generalmente por la RTPC.

4.2 interconexión: Es la configuración cuando dos islas semejantes a redes (por ejemplo, ATM) están enlazadas a través de una red diferente (por ejemplo, la RTPC) mediante un circuito permanente entre ellas. La interconexión abarca también la conexión de dos redes no ATM (por ejemplo, RTPC/RDSI-BE o móvil) a través de una estructura básica ATM. En la cláusula 6 se muestran ejemplos de diversos casos de redes ATM-RTPC/RDSI-BE y ATM/móviles.

4.3 interfuncionamiento: Es la configuración cuando una red ATM y otro tipo de red (por ejemplo, RTPC o móvil) están enlazadas a través de las funciones necesarias para convertir de un formato de red al otro y viceversa. Estas funciones pueden incluir la correspondencia y la no correspondencia de señales de banda vocal y conversión de señalización.

5 Configuración genérica del interfuncionamiento/interconexión de RTPC/RDSI-BE/ATM

La figura 5-1 muestra la configuración genérica del interfuncionamiento e interconexión de redes con conmutación de circuitos (RTPC/RDSI) y redes con conmutación de células (ATM).

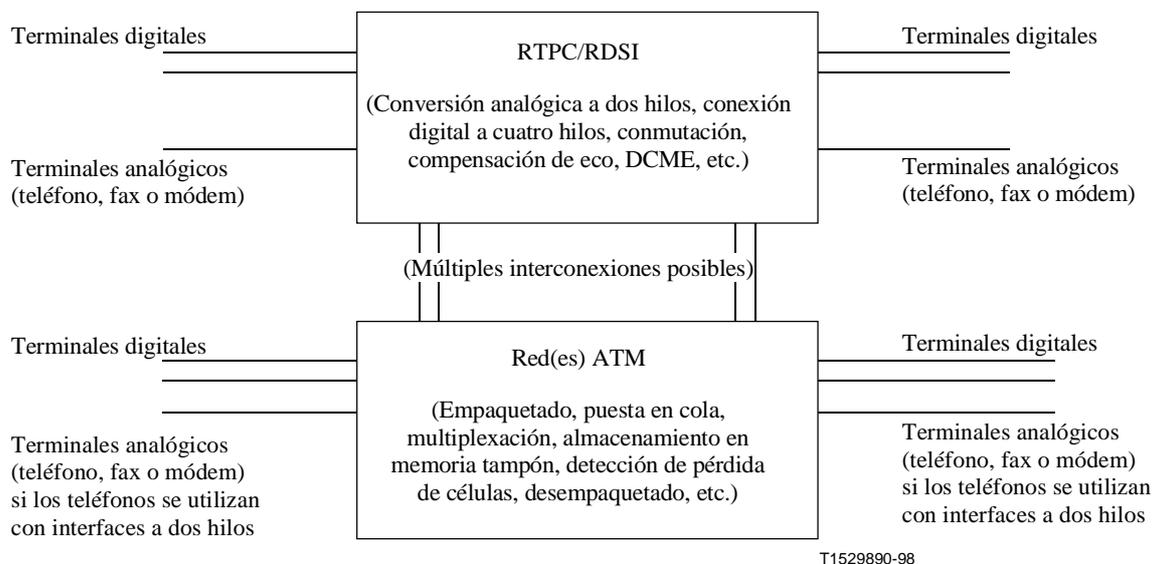


Figura 5-1/I.741 – Configuración genérica del interfuncionamiento e interconexión de RTPC/RDSI-BE-ATM

NOTA – Una sola llamada puede atravesar varias redes de circuitos y de células. Esto se definirá en las siguientes cláusulas.

6 Ejemplo de escenarios de interconexión de redes

A continuación se dan ejemplos de escenarios de funcionamiento combinado de redes que incluyen el interfuncionamiento y la interconexión. En estos ejemplos, y a menos que haya un acuerdo bilateral para hacer otra cosa, la interfaz entre la red ATM y la RTPC/RDSI-BE se efectúa a través de señales múltiple primarias conformes a la Recomendación G.711 que son transportadas a través de la frontera entre las dos redes. En el anexo A se describen los requisitos de interfaces especiales entre una red ATM y un DCME basado en la RTPC/RDSI-BE.

Se consideran los siguientes escenarios:

- 1) RTPC/RDSI-BE de referencia;
- 2) ATM de referencia;
- 3) ATM-RTPC/RDSI-BE;
- 4) RTPC/RDSI-BE-ATM-RTPC/RDSI-BE;
- 5) Móvil-ATM-móvil.

6.1 Interfuncionamiento e interconexión

Las disposiciones generales para el interfuncionamiento entre la RDSI-BA y la RDSI (de banda estrecha) basada en 64 kbit/s se especifican en la Recomendación I.580. Esta Recomendación contiene una visión general de los cinco escenarios de comunicación básicos para los servicios de la RDSI-BE en la RDSI-BA y en la RDSI-BE.

En estos escenarios, las funciones de interfuncionamiento son realizadas por una "IWF". Esta IWF puede ser un dispositivo separado con interfaces físicas a la red de banda estrecha y la red RDSI-BA (red ATM) o puede estar integrada en el equipo ATM, por ejemplo en los nodos de red ATM. La funcionalidad básica se ilustra en la figura 6-1.

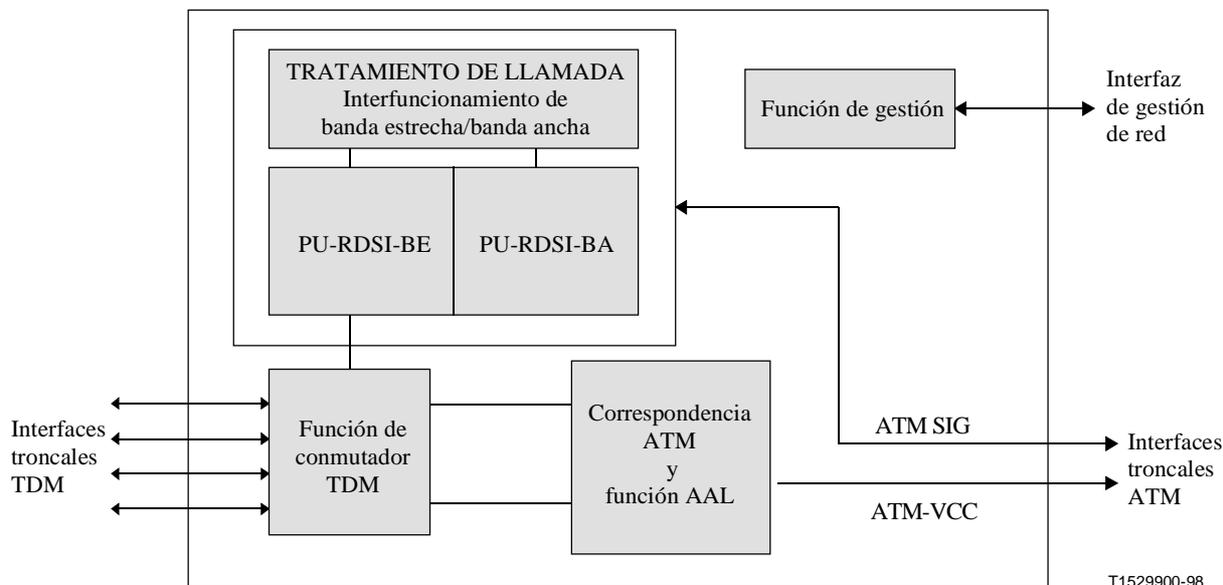


Figura 6-1/I.741 – Funcionalidad de la IWF

6.2 Escenario 1: RTPC/RDSI-BE de referencia

El escenario de referencia de una conexión totalmente RTPC/RDSI-BE entre dos puntos de equipo terminal (TE, *terminal equipment*) basados en la RTPC/RDSI-BE se muestra en la figura 6-2. Los probables algoritmos de codificación vocal en esta red basada solamente en RTPC/RDSI-BE serían:

- MIC G.711;
- MICDA G.726, G.727;
- LD-CELP G.728;
- CS-ACELP G.729.



Figura 6-2/I.741 – Escenario RTPC/RDSI-BE de referencia

6.3 Escenario 2: ATM de referencia

El escenario totalmente ATM normalizado entre dos puntos de equipo terminal (TE) basados en la ATM se muestra en la figura 6-3. La estrategia de ensamblado y desensamblado de paquetes para señales vocales a baja velocidad y en la banda vocal se describe en 6.4.3 y 7.



Figura 6-3/I.741 – Escenario ATM de referencia

6.4 Escenario 3: Interconexión e interfuncionamiento ATM-RTPC

La interfaz entre la RTPC/RDSI-BE y la isla ATM se muestra en la figura 6-4 y se efectuará a través de una función de interfuncionamiento (IWF, *interworking function*) que tiene la funcionalidad e interfaces descritos a continuación.

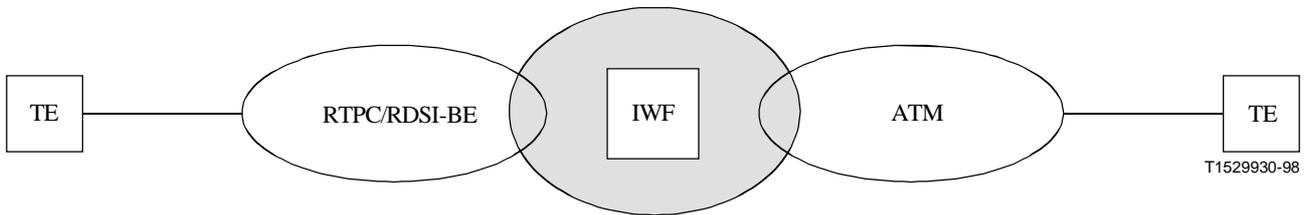


Figura 6-4 /I.741 – Escenario de interfuncionamiento ATM-RTPC/RDSI-BE

A continuación se indican los aspectos físicos y lógicos de la función de interfuncionamiento RTPC/RDSI-BE-ATM así como los límites de funcionamiento específicos.

6.4.1 Interfaces físicas

La interfaz física entre RTPC/RDSI-BE y la IWF puede ser cualquier interfaz TDM definido en las Recomendaciones G.703, G.704, G.751, G.707 y G.957.

La interfaz física entre la IWF y la red ATM puede ser cualquier interfaz ATM definido en las Recomendaciones G.703, G.704, G.707, G.957, G.804, G.832 e I.432.1-I.432.5.

6.4.2 Criterios relacionados con el servicio

6.4.2.1 Alineación de trama

Queda en estudio.

6.4.2.2 Sincronización

En común con las ideas indicadas en el apéndice I "Aspectos de temporización relacionados con la compensación del eco en redes ATM", cabe señalar que hay tres métodos principales para la sincronización en redes RDSI-BE/ATM, a saber:

- Funcionamiento síncrono de redes.
- Indicación de tiempo residual síncrono (SRTS).
- Recuperación de reloj adaptable (ACR, *adaptive clock recovery*)

6.4.2.2.1 Funcionamiento síncrono de redes

Éste es el método recomendado cuando los trenes de tráfico deben ser fusionados y cuando hay interfuncionamiento con RTPC/RDSI-BE. Es también el método recomendado cuando se dispone de un reloj de red en la IWF y cuando el usuario del servicio no requiere transparencia de temporización. Si se utiliza el funcionamiento síncrono de redes, se requiere que la temporización del servicio a velocidad binaria constante (CBR, *constant bit rate*) sea síncrona con el reloj de red.

Los efectos de CDV pueden ser eliminados completamente forzando a una estación de extremo a funcionar en sincronismo con el reloj de red. Dada la presencia de un reloj de red en ambas estaciones de extremo transmisora y receptora, el tren de bits de servicio puede ser simplemente sincronizado con la memoria tampón a la velocidad binaria de servicio, completamente independiente de las variaciones de retardo de célula causadas por la red ATM. Se requiere una memoria tampón con dimensiones correctas y un retardo inicial para asegurar que la CDV no produce pérdida de células ni se requieren bits de relleno. En caso de fallo del reloj de red, la

memoria tampón requerirá un algoritmo de deslizamiento de memoria tampón con el reloj en recepción colocado en régimen libre. El uso de un algoritmo de temporización adaptable queda en estudio.

6.4.2.2.2 Indicación de tiempo residual síncrono

Éste es el método recomendado cuando se requiere transparencia de frecuencia a través de una red ATM. Es adecuado también para limitar la fluctuación lenta de fase causada por CDV.

Con SRTS cuando se utiliza la AAL tipo 1 (véase 6.4.3), el número de ciclos de reloj de red derivados en N ciclos de reloj de servicio se cuenta en un contador de bits p y este valor SRTS de bits p se transmite a través de la red al punto de terminación de red receptora. En el terminal receptor, el reloj de servicio local puede ser ajustado contra el reloj de red de referencia para asegurar que el mismo número de ciclos de reloj de red derivados se cuenta en los mismos N ciclos del reloj de servicio local, enganchando así el reloj de servicio local al reloj de servicio del transmisor mediante el uso de la indicación de tiempo residual recibida y el reloj de red de referencia.

6.4.2.2.3 Recuperación de reloj adaptable

Este método se recomienda cuando se requiere transparencia de frecuencia a través de la red ATM y no hay requisitos importantes de fluctuación lenta de fase en las interfaces de servicio. Hay varias maneras de aplicar el método adaptable (ACR), lo que produce diferentes calidades de funcionamiento.

Cuando las células ATM pasan a través de varias redes ATM diferentes, puede no ser posible proporcionar un reloj de red común a las estaciones de extremo transmisora y receptora. Asimismo, algunos servicios pueden no requerir la pureza de reloj disponible de los esquemas síncronos de red o SRTS. En estos casos, puede que sólo sea posible o más rentable utilizar una técnica de recuperación de reloj adaptable.

En general, la recuperación de reloj adaptable depende de que, con independencia de la magnitud de la variación del retardo experimentada en la red, el tren de células DBR tiene un tiempo entre llegadas medio subyacente. El trabajo de cualquier mecanismo de recuperación de reloj adaptable es extraer este tiempo entre llegadas medio más largo del "ruido" producido por la CDV y la pérdida de células, y utilizar esto como base para la derivación del reloj de servicio recibido.

La memoria tampón de datos actúa como un comparador de fase del tren de células entrante y del tren de células saliente, siendo el nivel de ocupación de la memoria tampón el resultado de la comparación de fase. Como a la llegada de las células los bits de servicio son entregados a granel por la cabida útil ATM, la ocupación de la memoria tampón varía en forma de "diente de sierra".

Si el reloj receptor es demasiado lento comparado con el transmisor, el nivel medio de la memoria tampón aumentará en función del tiempo. Esta tendencia, una vez detectada, se puede utilizar para aumentar la frecuencia del reloj en recepción con el fin de que el nivel de la memoria tampón vuelva a un valor nominal, y enganchar el reloj receptor al del transmisor. Lo contrario es válido cuando el reloj receptor es demasiado rápido comparado con el transmisor y el nivel medio de la memoria tampón disminuye en función del tiempo. En este caso, la frecuencia del reloj en recepción será disminuida para que el nivel de la memoria tampón vuelva a un valor nominal.

Una descripción completa de estos métodos de recuperación de la temporización está fuera del ámbito de la presente Recomendación. La elección del método de recuperación de temporización utilizado afectará la magnitud de ruido de fase experimentado en una conexión, lo que puede afectar subsiguientemente la calidad de funcionamiento de cualesquiera compensadores de eco, que lo reciben en su cola de eco. Los métodos de recuperación de reloj basados en el funcionamiento síncrono de redes y en SRTS producen la mínima cantidad de ruido de fase y aíslan también la conexión con respecto a los efectos de CDV. Por consiguiente, se recomienda utilizar cualquiera de estos dos métodos.

Las técnicas de recuperación de reloj adaptable pueden producir ruido de fase, lo que puede repercutir sobre la calidad de funcionamiento de los compensadores de eco. Por consiguiente, el uso de recuperación de reloj adaptable como un mecanismo de recuperación de temporización queda en estudio.

6.4.2.2.4 Modos de funcionamiento

Hay dos modos de funcionamiento para transportar la información de temporización entre interfaces de servicio.

- Síncrono – La información de temporización dada a las interfaces de servicio puede seguirse directamente hasta un PRC.
- Asíncrono – La información de temporización es generada por una fuente de temporización de usuario que es independiente de la fuente de referencia de la red ATM y/o RTPC. La información de temporización de usuario es transportada entre dispositivos conectados a través de la red ATM mediante el uso de SRTS o ACR, o independientemente de la red ATM.

6.4.2.3 Fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase

La fluctuación de fase medida a la salida de la interfaz de servicio de la IWF y tolerada a la entrada de la interfaz de servicio de la IWF cumplirá los requisitos de las Recomendaciones G.823 y G.824.

En el funcionamiento síncrono de redes o SRTS, se aplican los requisitos relativos a la fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase indicados en las Recomendaciones G.823 y G.824.

Si se utiliza ACR, el servicio debe tolerar una determinada cantidad de fluctuación lenta de fase. Los requisitos han de ser definidos por la interfaz de servicio específica.

6.4.2.4 Alarmas

Las funciones OAM (operación y mantenimiento) y las acciones consiguientes se definen en las Recomendaciones G.706, G.707, G.732, G.804, I.432.1-5 e I.610.

Para algunos servicios ATM y RTPC/RDSI-BE, la información de alarma es terminada en la IWF. El tratamiento de fallos y defectos de la red RTPC/RDSI-BE al lado ATM/banda ancha y viceversa queda en estudio. Los flujos F4 y F5 (especificados en la Recomendación I.610) son terminados en la IWF como "Punto de terminación de conexión" de acuerdo con la Recomendación I.751.

6.4.2.5 Señalización

Para las conexiones conmutadas, el escenario 1 requiere la correspondencia de la información de usuario y la correspondencia entre los protocolos de señalización de la RDSI-BA y de la RDSI-BE. El interfuncionamiento entre la parte usuario de la RDSI-BE y la parte usuario de la RDSI-BA en la interfaz de nodo de red figura en la Recomendación Q.2660. Esta Recomendación muestra la correspondencia/interfuncionamiento entre la PU-RDSI-BA y la PU-RDSI-BE para la llamada básica y los servicios suplementarios. Si se han de utilizar las capacidades de los conjuntos de capacidades, por ejemplo, punto a multipunto, es necesario aplicar las Recomendaciones correspondientes.

6.4.2.6 Retardo

El retardo de las conexiones de banda vocal en redes ATM se puede calcular como sigue:

Retardo total de extremo a extremo = Retardo de codificación de la señal de banda vocal + retardo de ensamblado de células + retardo de propagación^{*)} + variación de retardo de células + retardo de desensamblado de células + retardo de decodificación de señales de banda vocal

*) El retardo de propagación consiste en el retardo de transmisión resultante de la longitud de una conexión y de los equipos, tales como conmutadores, transconexiones, equipos de línea, etc.

Para el encaminamiento de conexiones vocales, se deben satisfacer los requisitos de retardo máximo de la Recomendación G.114. El retardo total causado por múltiples transiciones entre RTPC/RDSI-BE y ATM/RDSI-BA debe ser compatible con este requisito.

En las redes ATM se producen los siguientes efectos de retardo.

6.4.2.6.1 Retardo de ensamblado y desensamblado de células

La conversión de conexiones a 64 kbit/s en células ATM en la IWF introduce un retardo de ensamblado de células. Por ejemplo, un campo de información de 47 octetos relleno con muestras vocales a 64 kbit/s produce un retardo de ensamblado de células de 5,875 ms. Para minimizar el retardo introducido por el ensamblado de células, se puede utilizar el método de "células ATM parcialmente rellenas" (véase 6.4.3).

6.4.2.6.2 Retardo de transferencia de células y variación de retardo de células

Para la definición y requisitos del retardo de transferencia de células y de la variación de retardo de célula, véanse 6.5/I.356 y el cuadro 2/I.356. Se utiliza la definición de variación de retardo de célula de 2 puntos.

6.4.2.6.3 Variación de retardo de célula

Cuando las señales de banda vocal basadas en la RTPC/RDSI-BE, tales como voz, datos en banda vocal o facsímil, atraviesan una red ATM, el retardo de extremo a extremo a través de la red compuesta debe permanecer idealmente constante. Sin embargo, como la red ATM/RDSI-BA está basada en células y las células experimentan una variación de retardo a través de la red, se debe prestar especial atención a minimizar el retardo acumulado de extremo a extremo. La variación de retardo de células es causado por los conmutadores ATM, las colas en los equipos de línea utilizados para el acceso al medio y las colas dentro de los receptores para la adaptación de las velocidades de célula. La eliminación de la variación del retardo de célula depende de la programación correcta del tiempo de finalización para cada célula. Para mantener el retardo constante, la IWF incluirá una memoria tampón. El tamaño de esta memoria depende de las especificaciones de la Recomendación I.356 y debe ser suficientemente grande para acomodar la CDV prevista.

6.4.3 Requisitos de AAL

El término AAL se utiliza en la ATM/RDSI-BA para designar la capa entre ATM y las capas más altas. Se han identificado y definido cuatro tipos de AAL en las Recomendaciones I.363.1. Para las comunicaciones vocales, una función importante de la AAL es convertir las señales vocales, de datos en banda local y de audio en células ATM y viceversa.

6.4.3.1 AAL tipo 1 simplificada

Para transportar una señal de banda vocal, es decir, una señal de la Recomendación G.711 codificada en ley A o ley μ a 64 kbit/s, se ha acordado que la AAL para voz sea simplificada a la AAL tipo 1 descrita en la Recomendación I.363.1, que proporciona un transporte de circuitos que preserve la temporización de servicio con las funciones básicas de la AAL tipo 1. Los métodos para lograr esto son SRTS y ACR. No se utilizan punteros de transferencia de datos estructurados ni métodos de corrección de errores hacia adelante.

6.4.3.1.1 Relleno de células

Para la AAL tipo 1 simplificado se rellena el 100% de cada célula.

6.4.3.1.2 Codificación de células

La disposición de los canales/muestras dentro de la célula queda en estudio.

6.4.3.1.3 Ordenación de bits

La disposición de los bits dentro de los octetos queda en estudio.

6.4.3.2 Otros tipos de AAL

La utilización del tipo AAL 1 (es decir, no el tipo 1 simplificado) y el tipo AAL 2 (Recomendación I.363.2) queda en estudio.

6.4.3.2.1 Relleno de células

La estrategia del relleno del 100% de la célula, desde el mismo canal MIC, puede proporcionar varias ventajas, como la utilización más simple y eficaz de ATM, la posibilidad de utilizar los mecanismos existentes de detección de pérdida de células, y la minimización del esfuerzo requerido para estudiar nuevos algoritmos de secuencia de células. Sin embargo, las organizaciones que deseen proporcionar estrategia de células parcialmente rellenas, son libres de hacerlo. Por ejemplo, el retardo de ensamblado se reducirá a la mitad relleno sólo 24 octetos del campo de información de la célula de 48 octetos. El desperdicio de anchura de banda en este caso se puede tolerar, pero las células parcialmente llenas requerirían el intercambio de información suplementaria para indicar cuánto de una célula ha sido relleno, por ejemplo, con punteros de transferencia de datos estructurados.

6.4.3.2.2 Codificación de células

La disposición de los canales/muestras dentro de la célula queda en estudio.

6.4.3.2.3 Ordenación de bits

La disposición de los bits dentro de los octetos queda en estudio.

6.4.4 Células perdidas y mal insertadas

6.4.4.1 Pérdida de células

La entidad AAL receptora debe detectar/compensar los eventos de células perdidas, para mantener la integridad del cómputo de bits y también debe minimizar el retardo, es decir, mitigar los problemas de calidad de funcionamiento debidos al eco, transportando los octetos de señales de banda local de la cabida útil de la unidad de datos de protocolo de la subcapa de segmentación y reensamblado (SAR-PDU) al usuario AAL. La entidad AAL receptora puede tomar medidas basadas en los valores de SN recibidos, pero estas acciones no deben aumentar el retardo a través de la entidad receptora AAL por encima del valor nominal de CDV con el fin de mitigar los problemas de calidad de funcionamiento debidos al eco.

La entidad receptora AAL debe ser capaz de acomodar un aumento o una disminución súbitos del retardo nominal de transferencia de células. (Este cambio del retardo de transferencia de células puede ser el resultado de un evento de conmutación de protección en la red.)

El atributo de pérdida de células en una IWF representa un cómputo del número de células perdidas. Este cómputo registra el número de células detectadas como perdidas en la red antes del procesamiento en la capa AAL de la función de interfuncionamiento en el destino.

6.4.4.2 Inserción errónea de células

De acuerdo con 2.5.1.3/I.363.1 no es necesario detectar las células mal insertadas para las señales de banda vocal. Si está en una IWF, el atributo de inserción errónea de células representa un cómputo de los eventos de violación de secuencia que la subcapa de convergencia de AAL interpreta como células mal insertadas.

6.4.4.3 Subutilización de la memoria tampón

El atributo de subutilización de la memoria tampón en una IWF representa un cómputo del número de veces que la memoria tampón de reensamblado es subutilizada.

6.4.4.4 Desbordamientos de la memoria tampón

El atributo de desbordamiento de memoria tampón en una IWF representa un cómputo del número de veces que la memoria tampón de reensamblado desborda.

6.4.5 Control de eco

Si se transportan canales vocales en células ATM y el retardo de extremo a extremo rebasa el especificado en la Recomendación G.131, se requieren medidas de control de eco, tales como compensadores de eco (véase también 8.1). Si se utilizan teléfonos con interfaces a 2 hilos, hay dos soluciones para la colocación del compensador de eco en el escenario 3.

- Se coloca un compensador de eco en la IWF y el otro cerca del equipo en las instalaciones del cliente (CPE, *customer premises equipment*)

Ambos compensadores de eco pueden ser insertados en el dominio no ATM (compensador de eco basado en TDM) o en el dominio ATM (los compensadores de eco basado en ATM quedan en estudio). Si en ambos lados no hay porciones ATM, la implementación de la función del compensador de eco es menos compleja.

- Compensadores de eco colocados en la IWF

Si ambos compensadores de eco están colocados en la IWF, cada compensador de eco puede ser insertado en el dominio no ATM (compensador de eco basado en TDM) o en el dominio ATM (los compensadores de eco basados en ATM quedan en estudio). En este caso, la función de compensación de eco es más compleja debido al ATM en el circuito de cola. Una consecuencia puede ser la degradación de la calidad de servicio si se producen pérdidas de células.

NOTA – Queda en estudio la consecuencia de la inserción errónea de células, pérdida de células y pérdida de células compensada en el trayecto de eco de un compensador de eco en relación con la calidad de servicio de dicho compensador. Las variaciones de retardo de célula incorrecta en un trayecto de cola de compensador de eco pueden ser interpretadas por el compensador como cambios que varían en función del tiempo en el trayecto de eco y motivar la reconvergencia continua del compensador de eco.

6.4.6 Parámetros y tolerancias de tráfico

Queda en estudio.

6.4.7 Gestión y control de averías

Queda en estudio.

6.5 Escenario 4: Interconexión e interfuncionamiento RTPC/RDSI-BE-ATM-RTPC/RDSI-BE

La interconexión de extremo a extremo entre la RTPC/RDSI-BE y una isla ATM (figura 6-5) se efectuará a través de un par de funciones de interfuncionamiento (IWF) que tienen la funcionalidad e interfaces descritos a continuación.

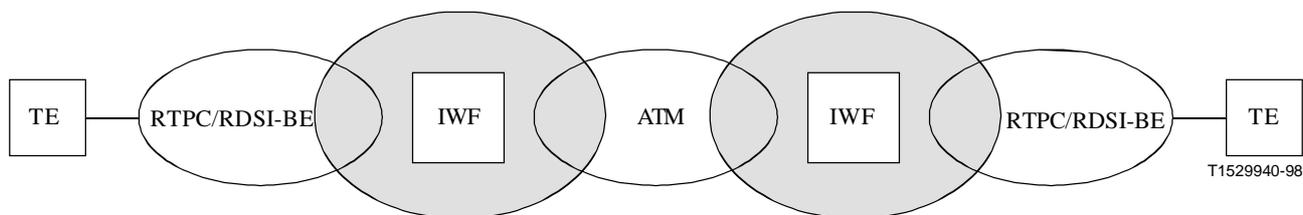


Figura 6-5/I.741 – Escenario de interconexión RTPC/RDSI-BE-ATM-RTPC/RDSI-BE

Los aspectos físicos y lógicos de la función de interfuncionamiento RTPC/ATM así como los límites específicos de calidad de funcionamiento se describen a continuación para una conexión de extremo a extremo entre dos ubicaciones de equipos terminales (TE) basados en la RTPC/RDSI-BE.

6.5.1 Interfaces físicas

Véase 6.4.1.

6.5.2 Criterios relacionados con el servicio

6.5.2.1 Alineación de trama

Queda en estudio.

6.5.2.2 Sincronización

6.5.2.2.1 Puntos generales sobre la sincronización

Véase 6.4.2.2, Sincronización.

6.5.2.2.2 Interconexión de redes

En este escenario, la red ATM se puede utilizar simplemente para servicios vocales troncales entre dispositivos de banda estrecha (por ejemplo, conmutadores RTPC/RDSI-BE). Los dispositivos en cada extremo pueden tomar la sincronización de red de la red ATM (funcionamiento síncrono de redes) como se ha recomendado, u obtener la sincronización por medios independientes. Esto se podrá lograr proporcionando conexiones adicionales a una red RTPC/RDSI-BE pública para proporcionar la temporización a ambos dispositivos conectados a redes ATM.

6.5.2.3 Fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase

Véase 6.4.2.3.

6.5.2.4 Alarmas

Véase 6.4.2.4, Alarmas.

6.5.2.5 Señalización

Para este escenario, cuando se utiliza RDSI-BA/ATM como red básica para el transporte de información RDSI-BE, fundamentalmente son posibles dos realizaciones:

- Se utiliza una conexión RDSI-BA transparente que emula los canales o accesos de la RTPC/RDSI-BE. Para este caso, sólo se requiere la correspondencia de protocolos de la información de usuario. No se necesita la correspondencia de información de señalización. Toda la información de señalización de la RTPC/RDSI-BE es transferida transparentemente a través de la RDSI-BA.
- Para la segunda realización, se produce interfuncionamiento de redes. En este caso, la función de interfuncionamiento proporciona la correspondencia de la señalización y de la información de usuario entre la RTPC/RDSI-BE y la RDSI-BA. Véase 6.4.2.5.

6.5.2.6 Retardo

Véase 6.4.2.6.

6.5.3 Requisitos de AAL

Véase 6.4.3.

6.5.4 Células perdidas y mal insertadas

Véase 6.4.4.

6.5.5 Control de eco

Si se transportan canales vocales en células ATM y el retardo de extremo a extremo rebasa el especificado en la Recomendación G.131, se requieren medidas de control de eco, tales como los compensadores de eco (véase también 8.1). Para este caso, los compensadores de eco en la IWF pueden ser insertados en el dominio no ATM (compensador de eco basado en TDM) y en el dominio ATM (el compensador de eco basado en ATM queda en estudio).

En este caso, la utilización de múltiples compensadores de eco en la conexión queda en estudio.

NOTA – Queda en estudio la consecuencia de la inserción errónea de células, pérdida de células y pérdida de células compensada en el trayecto de eco de un compensador de eco en relación con la calidad de funcionamiento de dicho compensador. Las variaciones de retardo de células incorrectas en un trayecto de cola de compensadores de eco pueden ser interpretadas por el compensador como cambios que varían en función del tiempo en el trayecto de eco y motivar la reconvergencia continua del compensador de eco.

6.5.6 Parámetros de tráfico y tolerancias

Queda en estudio.

6.5.7 Gestión y control de averías

Queda en estudio.

6.6 Escenario 5: Interconexión e interfuncionamiento red móvil-ATM-red móvil

La interconexión de extremo a extremo entre la red móvil y una isla ATM (figura 6-6) se efectuará a través de una función de interfuncionamiento (IWF) que tiene la funcionalidad e interfaces descritos a continuación.

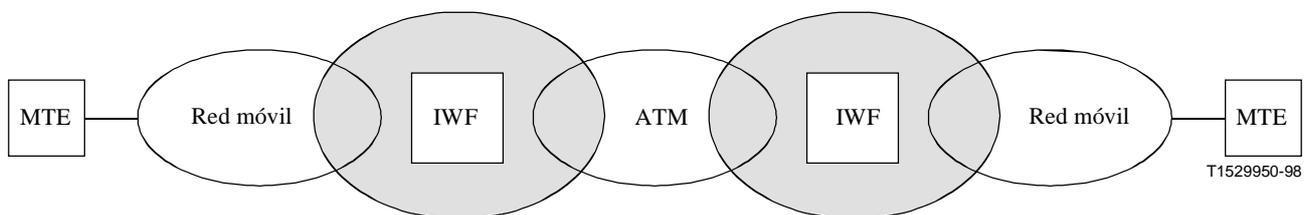


Figura 6-6/I.741 – Escenario de interconexión red móvil-ATM-red móvil

Los aspectos físicos y lógicos de la función de interfuncionamiento red móvil/ATM se describen a continuación para una conexión de extremo a extremo entre dos ubicaciones de equipo terminal móvil (MTE, *mobile terminal equipment*).

6.6.1 Interfaces físicas

Véase 6.4.1.

6.6.2 Criterios relacionados con el servicio

6.6.2.1 Alineación de trama

Queda en estudio.

6.6.2.2 Sincronización

6.6.2.2.1 Puntos generales sobre sincronización

Véase 6.4.2.2, Sincronización.

6.6.2.2.2 Interconexión de redes

Queda en estudio.

6.6.2.3 Fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase

Véase 6.4.2.3.

6.6.2.4 Alarmas

Véase 6.4.2.4.

6.6.2.5 Señalización

Para este escenario, cuando se utiliza la RDSI-BA/ATM como red básica para el transporte de información procedente de redes móviles, fundamentalmente son posibles dos realizaciones:

- Se utiliza una conexión RDSI-BA transparente que emula los canales o accesos de señalización de la red móvil. Para este caso, sólo se requiere la correspondencia de protocolos de información de usuario. No se necesita correspondencia de información de señalización. Toda la información de señalización móvil es transferida transparentemente a través de la RDSI-BA.
- Para la segunda realización, se produce interfuncionamiento de redes. En este caso, la función de interfuncionamiento proporciona la correspondencia de la información de señalización y de usuario entre redes móviles y la RDSI-BA.

6.6.2.6 Retardo

Véase 6.4.2.6.

6.6.3 Requisitos de AAL

Véase 6.4.3.

6.6.4 Células perdidas y mal insertadas

Véase 6.4.4.

6.6.5 Control de eco

Si se transportan canales vocales en células ATM y el retardo de extremo a extremo rebasa el especificado en la Recomendación G.131, se requieren medidas de control de eco, tales como compensadores de eco (véase también 8.1). En este escenario, la transmisión es puramente digital y por consiguiente no se produce eco eléctrico. El control de eco acústico es responsabilidad del proveedor de la red móvil.

NOTA – Queda en estudio la consecuencia de la inserción errónea de células, pérdida de células y pérdida de células compensada en el trayecto de eco de un compensador de eco en relación con la calidad de funcionamiento de dicho compensador. Las variaciones de retardo de células incorrectas en un trayecto de cola de compensadores de eco pueden ser interpretadas por el compensador como cambios que varían en función del tiempo en el trayecto de eco y motivar la reconvergencia continua del compensador de eco.

6.6.6 Parámetros de tráfico y tolerancias

Queda en estudio.

6.6.7 Gestión y control de averías

Queda en estudio.

7 Señales de banda vocal dentro de las redes ATM

7.1 Relleno de células

Véase 6.4.3.

7.2 Pérdida de células y mecanismo de recuperación

La pérdida de células compensada resulta en un segmento de 5,875 ms de la señal transmitida que es sustituido por lo que se ve como una ráfaga de interferencia de 6 ms en el módem receptor. La señal continúa después con la misma fase que antes. Los 5,875 ms de interferencia pueden ser silenciosos o estar rellenos con alguna clase de señal generada por el receptor ATM. Existen varias posibilidades para este relleno, incluida una repetición del contenido de la célula previa o ruido blanco de una amplitud que es fija o igual a la amplitud media de la célula previa. Se considera que el ruido blanco tendrá el efecto menos perturbador en el módem, siendo el silencio y la repetición de la última célula mucho más perturbadores. Para la mayoría de los módems no es probable que esta corta interrupción produzca el reacondicionamiento del módem. La frecuencia de estos eventos no debe ser mayor que la de los eventos similarmente perturbadores en las redes existentes. El efecto real sobre la aplicación dependerá del protocolo utilizado. Para algunas aplicaciones, la sesión será terminada, para otras el efecto sólo será una reducción de caudal.

La pérdida de células no compensada reducirá el retardo de extremo a extremo en 6 ms (para las células completas). Esto hará un cambio por pasos en la fase de la señal recibida junto con una pérdida de la optimización de la compensación del eco. El módem se reacondicionará casi ciertamente con el resultado de una pérdida de datos durante 5-20 s. Este evento es evidentemente mucho más perturbador que el de la pérdida compensada. La frecuencia de ocurrencia debe ser mucho menor que la de los deslizamientos de temporización MIC.

Para las señales vocales transportadas por señales conformes a las Recomendaciones G.711 y G.726/G.727, las células detectadas como perdidas no tienen que ser compensadas debida a la baja probabilidad de la tasa de pérdida de célula (CLR, *cell loss rate*), que está garantizada por las varias clases de calidad de servicio para voz. La idoneidad de los mecanismos de compensación de pérdida de células, tales como la repetición e interpolación de células, queda en estudio.

7.3 Fluctuación de fase

No se especifican valores para la tolerancia de fluctuación de fase en las diversas Recomendaciones relativas a módems, pero éstos están diseñados para dar una calidad de funcionamiento satisfactoria por la RTPC/RDSI-BE. Por consiguiente, los sistemas ATM estarán diseñados de modo que no funcionen peor que los sistemas de transmisión existentes. En la práctica, se considera que el trayecto de transmisión completo comprenderá segmentos MIC y ATM, por lo que cualquier temporización recuperada del segmento ATM será restringida por lo que es aceptable al segmento MIC.

Una técnica eficaz para enmascarar la fluctuación de fase es la utilización de una memoria tampón para retardar la finalización de los paquetes/células. El principio es presentar los paquetes a intervalos regulares con independencia de la variación en los tiempos de llegada. Este retardo puede

ser fijado por el operador de acuerdo con la Recomendación I.356 en un valor que oscila entre 300 μ s y 3 ms en pasos de 100 μ s. En cualquier caso, el valor de retardo depende de la mezcla de tráfico, así como de las características de los enlaces entre los puntos extremos de origen y de terminación.

7.4 Funciones de transcodificación y de pasarela

Cuando se transporta voz a través de una red ATM es probable que se utilicen ampliamente los esquemas de codificación de ley A y ley μ . La especificación para la AAL tipo 1 contenida en la Recomendación I.363.1 identifica la necesidad de la conversión de ley A a ley μ , pero no define la función de conversión.

Se recomienda que las reglas de conversión especificadas en la Recomendación G.711 se utilicen cuando es necesaria la conversión entre ley A y ley μ . Sin embargo, el lugar donde se ha de producir esta conversión queda en estudio.

8 Detalles adicionales del interfuncionamiento RTPC/ATM

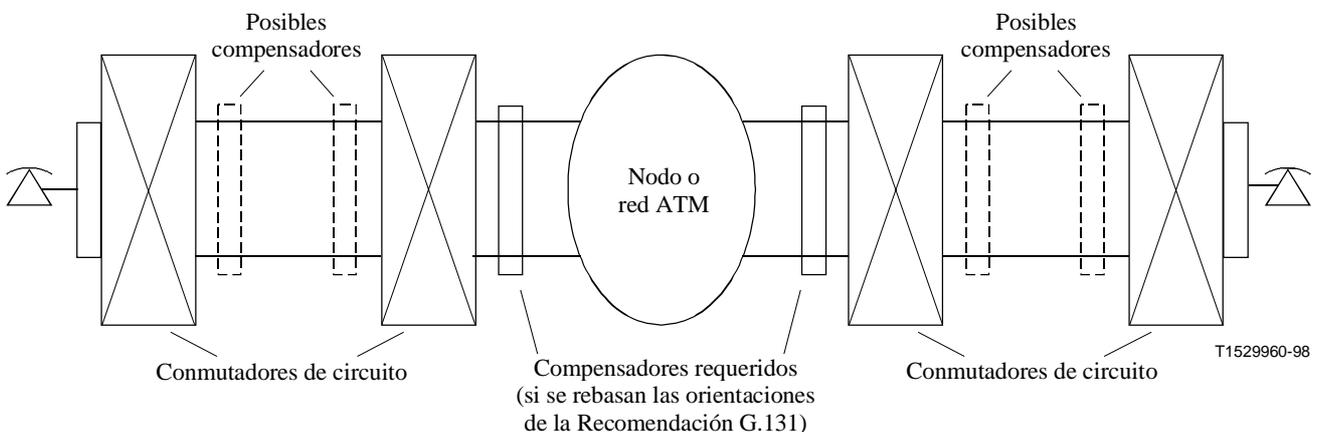


Figura 8-1/I.741 – Detalle ampliado de un ejemplo de interfuncionamiento RTPC/RDSI-BE-ATM

8.1 Compensación de eco

La Recomendación G.176 contiene orientaciones para el control de eco para dominios de redes ATM puras, así como para redes mixtas RTPC/ATM. El control de eco es responsabilidad del proveedor del dominio ATM y debe ser proporcionado en las fronteras RTPC/ATM. La compensación de eco se debe aplicar de acuerdo con las reglas de la Recomendación G.131 y se puede aplicar una función de estrategia de relleno de células. Todos los compensadores de eco utilizados con redes ATM deben satisfacer los requisitos generales de la Recomendación G.168. En el apéndice I/G.168 "Orientaciones para la aplicación de compensadores de eco" figura una descripción general de las aplicaciones de compensadores de eco. De acuerdo con la Recomendación Q.115 "Lógica para el control de los dispositivos de eco", los procedimientos de señalización y protocolo que transportan elementos de información de lógica de control de eco permiten colocar la compensación del eco en una central de una red de banda estrecha o de banda ancha.

8.2 Control de congestión y control de flujo

Puede haber una diferencia de capacidad entre la RTPC/RDSI-BE y la ATM desde el punto de vista del caudal. Se puede utilizar la gestión de regulación y de anchura de banda de acuerdo con la Recomendación Q.50.

8.3 Consideraciones relativas a la interfaz DCME/ATM

En los últimos 25 años se han realizado esfuerzos importantes para elaborar técnicas de compresión de circuitos para interpolación de la palabra a larga distancia o con anchura de banda limitada. Estas técnicas comprenden la codificación a baja velocidad (voz a 32 y 16 kbit/s) así como la interpolación digital de la palabra. En los actuales equipos digitales de multiplicación de circuitos se realizan generalmente ganancias de compresión de 4 ó 5 a uno. Los DCME han sido utilizados ampliamente para rutas internacionales por cable y por satélite, y algunas empresas de telecomunicaciones han considerado económico emplear este equipo en redes nacionales.

Ha sido relativamente fácil aislar las porciones de la red en las que es posible obtener ventajas económicas del procesamiento adicional de señales y utilizar equipos especiales en las mismas. Esto se debe a que el tráfico vocal y de banda vocal está típicamente segregado de los otros tipos de tráfico, y porque el tráfico vocal puede ser detectado y extraído fácilmente de los circuitos con multiplexación por división en el tiempo (TDM, *time division multiplexing*). Éste no es el caso para ATM, donde, por ejemplo, las conexiones vocales serán multiplexadas asincrónicamente con cientos o miles de otras conexiones en rutas internacionales. Será mucho más difícil diseñar e instalar equipos de multiplicación de circuitos autónomos en rutas con anchura de banda limitada, por los siguientes motivos:

- para lograr ganancias de interpolación, los DCME actuales se presentan con soportes que el conmutador de la pasarela ha llenado ya con tráfico vocal. El encaminamiento dependiente del servicio no es un punto importante del diseño general de las redes ATM (por ejemplo, los requisitos de encaminamiento común para grupos de conexiones pueden excluir el encaminamiento separado por tipo de soporte);
- por otra parte, si los tipos de tráfico presentados al DCME están integrados, las ganancias de compresión dependerán de la mezcla de tráfico vocal con otro tráfico. El operador de la red, que no sabe qué cantidad de compresión podrá lograrse, necesitaría planificar el escenario del caso más desfavorable: poca compresión o ninguna. Como consecuencia, la anchura de banda ahorrada por la compresión terminaría siendo rellena por células en reposo; y
- como el tráfico ATM es multiplexado asincrónicamente, el equipo de multiplicación de circuitos necesitaría acceder a la señalización ATM para identificar las conexiones vocales. Necesitaría extraer y procesar las conexiones vocales, sin alterar la calidad de servicio del otro tráfico (incluida la variación de retardo de células).

8.4 Interfaz a redes celulares

La interfaz de redes ATM a redes celulares depende de si el enlace entre la estación de base y el centro de conmutación móvil es un enlace ATM. El objetivo principal de esta interfaz es proporcionar un esquema de multiplexación que transportaría tráfico de banda vocal con economía de anchura de banda. En este caso, las señales vocales llegan como señales comprimidas a baja velocidad binaria (velocidades binarias de 16 kbit/s e inferiores).

Hay dos casos que se han de considerar dependiendo de si el transporte celular se basa en paquetes o si se basa en multiplexación por división en el tiempo:

- Si el tráfico celular es en el modo paquete, el cometido de la interfaz es proporcionar una función de relevo para dar otro formato al paquete, de manera que el tráfico pueda ser transportado por la red ATM. Esto evita los retardos debido al empaquetado del tráfico y la posible degradación debida a la transcodificación.

- Si el tráfico celular llega en un modo multiplexado por división en el tiempo, la interfaz proporcionará la función de empaquetado necesaria. Esta función introducirá retardos adicionales. En este caso, es necesario tener una función de compensación de eco.

8.5 Interfaz de compresión TDM/ATM

En este caso, la función de la interfaz en el punto de extremo de origen es proporcionar detección vocal, interpolación de la palabra, codificación de la palabra, multiplexación para las diversas funciones, empaquetado (con relleno de célula parcial o a 100%) y compensación de eco. En el punto extremo de terminación, la función de la interfaz es proporcionar detección de pérdida de células, sustitución de pérdida de células, enmascaramiento de las variaciones de retardo, decodificación de la palabra, inyección de ruido de comodidad y demultiplexación.

ANEXO A

Interconexión RTPC/RDSI-BE mediante equipos digitales de multiplicación de circuitos

A.1 Antecedentes

Es probable que, al menos en las etapas iniciales, las redes ATM de área extensa se establezcan enlazando "islas" locales privadas de actividad ATM. A medida que estas islas locales privadas se desarrollen, aumentará la demanda de conectividad de zona amplia con otras redes ATM locales. Las señales de banda vocal que fluyen entre las redes ATM locales pueden incluir, por ejemplo, conversación, tráfico de módem de banda vocal y transmisiones facsímil.

Para lograr esta conectividad de área extensa entre redes ATM locales separadas, se añadirá una función de interfuncionamiento a los DCME existentes, como se muestra en la figura A.1. El DCME proporciona la función de detección e interpolación de la palabra, compresión de la palabra, compensación de eco y empaquetado. Con esta nueva función, los DCME actúan también como pasarelas entre las redes ATM y la RTPC/RDSI-BE. La función de interfuncionamiento puede estar fuera del DCME o incorporada en éste.

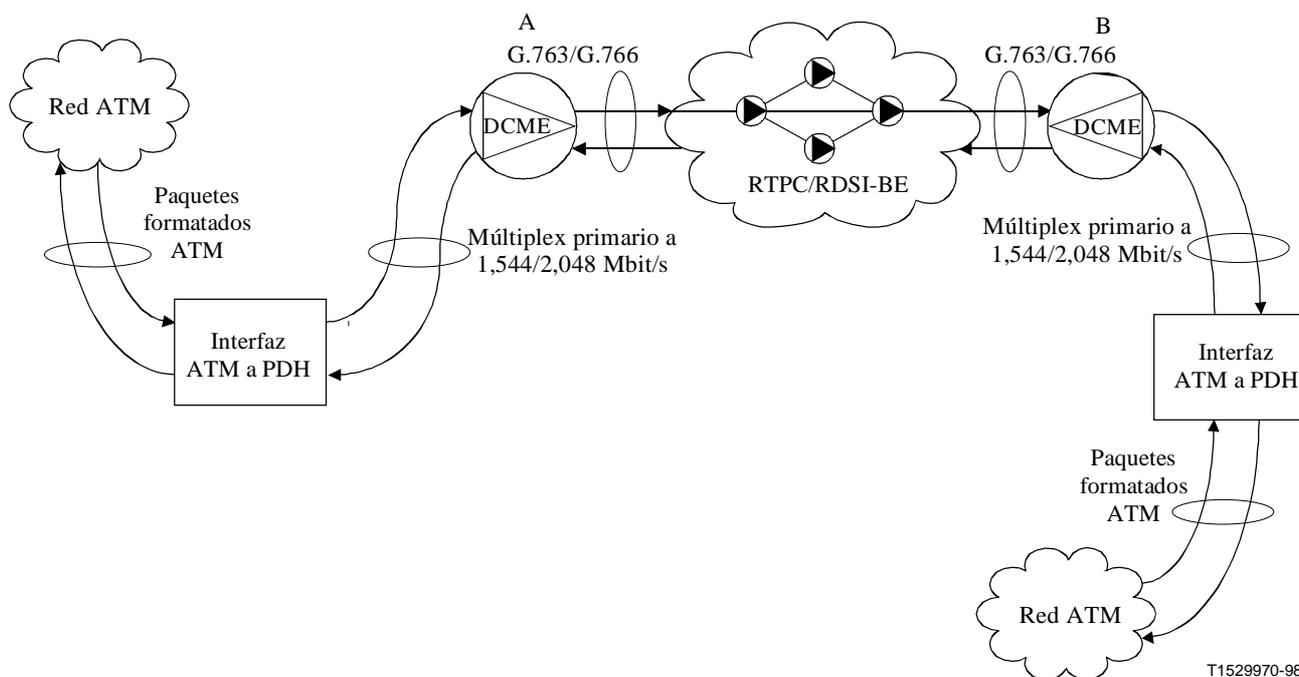


Figura A.1/I.741 – Interfaz ATM-DCME

En este caso, no es necesario introducir una nueva AAL porque todos los ajustes necesarios se pueden efectuar en la pasarela del DCME. Por ejemplo, el DCME ejecutará la función de control de congestión, que se requiere en el entorno de la RTPC debido a sus limitaciones de anchura de banda. En el futuro, la red ATM local podrá estar equipada con mecanismos de control de congestión cuando se plantee la necesidad.

El caso de interfuncionamiento de red RTPC/RDSI-BE mostrado anteriormente es una red telefónica conmutada digital típica con restricciones de anchura de banda. Los DCME A y B están conectados a cada extremo de la RTPC y transmiten a la RTPC/RDSI-BE, y reciben de ésta, señales de banda vocal. La RTPC/RDSI-BE puede incluir también DCME para encaminar el tráfico de los DCME A y B, evitando así sucesivas codificaciones y decodificaciones innecesarias del tráfico.

El DCME se utiliza como un medio para ampliar la capacidad de los sistemas de transmisión digital proporcionando multiplicación de circuitos mediante el uso de codificación vocal a baja velocidad binaria e interpolación digital de la palabra (DSI, *digital speech interpolation*). El DCME es capaz de acomodar conversación, audio a 3,1 kHz (datos en banda vocal y conversación) y tráfico de canal claro sin restricciones a 64 kbit/s. El tráfico facsímil es procesado por el DCME de acuerdo con la Recomendación G.766, cuando es probable que se utilice demodulación y remodulación.

El uso de DCME supone que las interfaces a las islas ATM son conformes a la Recomendaciones G.703/G.704 a 1544 kbit/s o 2048 kbit/s. Con el uso de DCME se logra:

- interpolación digital de la palabra;
- codificación a baja velocidad binaria utilizando las Recomendaciones G.726/G.727 para MICDA y en el futuro otros algoritmos de codificación del UIT-T;
- mecanismos de control de congestión adaptados a las características instantáneas del tráfico y a la mezcla del tráfico sea mediante control local (en el DCME) o mediante control global desde el conmutador de la pasarela de acuerdo con la Recomendación Q.50;
- demodulación/remodulación facsímil.

La demodulación/remodulación facsímil mejora la calidad de funcionamiento del sistema de transmisión con respecto a los errores en ráfaga. Hay que considerar la sincronización y la

compensación del eco en el DCME de destino para diseñar correctamente la interfaz DCME/ATM. La correspondencia del formato ATM con el formato de las Recomendaciones G.763/G.766 queda en estudio.

En el punto extremo de origen, el DCME determina el tipo de señal en el tren MIC. En consecuencia, el tren MIC es analizado para determinar si el canal está activo y, en caso afirmativo, si la señal es vocal o no vocal. Para las señales no vocales, se determina la velocidad de transmisión para seleccionar el algoritmo de codificación apropiado.

Si el tren MIC está determinado para transportar tráfico facsímil grupo 3, el DCME del punto extremo de origen tratará la señal como datos de banda vocal de alta velocidad si no reconoce el esquema de modulación, o demodulará la señal para extraer los datos de imagen facsímil para transmisión a la velocidad de banda de base. El compresor, empaquetador y memoria tampón/multiplexor realizarán las funciones requeridas de una manera convencional para comprimir y empaquetar el encabezamiento y la cabida útil ATM convertidos en paquetes de banda ancha para su transmisión por la RTPC/RDSI-BE.

En el punto extremo de terminación, el DCME recupera el tren MIC original y lo pone en el campo de cabida útil del paquete ATM. En el sentido opuesto, las señales son transmitidas de la misma manera descrita anteriormente.

A.2 Encaminamiento y puesta en cascada

En un encabezamiento de célula ATM, el VPI consiste en un campo de 8 bits que permite 256 canales virtuales posibles. De manera similar, el VCI es un campo de 16 bits que permite 65 536 canales virtuales posibles. Este gran número de canales es posible a las velocidades de banda ancha pero a la velocidad primaria, el número de canales es mucho más pequeño. La mayor parte del tráfico en una red ATM local será interno de esa red, más bien que entre redes ATM locales separadas. Por tanto, el número de canales virtuales utilizados para interconectar redes ATM locales será un pequeño porcentaje del número total de canales.

La función de correspondencia de los canales virtuales en la red ATM local y los canales virtuales en el entorno de paquetes de banda ancha se efectúa como sigue:

- Para circuitos virtuales permanentes, se puede efectuar en el momento de la provisión de canales, hasta que se agoten todos los canales en la red de paquetes de banda ancha.
- Para los circuitos virtuales conmutados, la correspondencia se efectúa en el momento de establecimiento de la llamada.

Si se agotan todos los canales en el entorno de paquete de banda ancha, la llamada será bloqueada utilizando protocolos apropiados entre el DCME y el conmutador ATM en la red ATM local. Queda en estudio la ampliación de la Recomendación Q.50 para tratar esta situación.

A.3 Interfaz ATM a DCME

La interfaz ATM a DCME ejecutará las siguientes funciones:

- 1) La variación del retardo de célula ATM (CDV) tiene que ser suprimida pues hay que proporcionar al DCME a intervalos regulares un tren de bits conforme a las Recomendaciones G.703/G.704 de velocidad constante. Una manera posible de suprimir/limitar la CDV (es decir, la fluctuación de fase) es almacenar las células ATM antes de que sean convertidas al formato G.703/G.704. El tamaño de la memoria tampón depende del tipo de tráfico y de la configuración de la red y debe ser especificado cuando se considera la cantidad de retardo que puede ser introducido y la posibilidad de que las células retardadas sean declaradas perdidas y por tanto descartadas. El método de sustitución de células queda en estudio.

- 2) Los bits CRC en cada célula ATM serán verificados. Si la comprobación es válida, la interfaz ATM a DCME extraerá la cabida útil de la célula ATM y la convertirá al formato G.703/G.704. Si la comprobación no es válida, la célula será descartada. El método de sustitución de células queda en estudio.
- 3) El tren de bits G.703/G.704 reconstituido es transmitido al DCME de origen para procesamiento de acuerdo con la Recomendación G.763. La trama de salida del soporte DCME es transmitida al DCME de terminación a través de la RTPC. La unidad DCME en recepción descomprime la trama soporte DCME y convierte las señales troncales en trenes de bits G.703/G.704 con disposición de canales.
- 4) La interfaz ATM a DCME en el lado receptor convierte las señales G.703/G.704 en células ATM que son transmitidas después a la red ATM local.
- 5) Además de la cabida útil de la célula ATM, puede ser necesario también transmitir a través de la red algunos campos de encabezamiento e información de células ATM utilizados por la capa de adaptación ATM. Esto se puede hacer asignando canales claros a 64 kbit/s para señalización.
- 6) Puede ser necesario considerar especialmente la compensación de eco, dependiendo de la estrategia de relleno de células ATM y el retardo de propagación global. De preferencia, la compensación de eco se debe realizar lo más cerca posible de la fuente.

APÉNDICE I

Aspectos de temporización relacionados con la compensación del eco en redes ATM

I.1 Introducción

Esta Recomendación es un resumen de las técnicas de temporización que pueden ser adoptadas para minimizar la repercusión de la variación del retardo de células ATM en la calidad de la temporización para servicios con velocidad binaria constante.

En esencia, muestra que cuando una red ATM cae dentro de la cola de eco de una conexión vocal, como en la figura I.1, el ruido de fase inducido por la CDV puede ser restringido al de las redes TDM contemporáneas mediante la utilización de la técnica de sincronización apropiada [es decir, funcionamiento síncrono de redes o indicación de tiempo residual síncrono (SRTS, *synchronous residual time stamp*)]. Sin embargo, reconociendo que ambas técnicas requieren la entrega de un reloj de referencia relativamente puro a ambos lados de la red ATM, y que en algunos casos esto no puede ser posible, se puede considerar el uso de temporización adaptable a condición de que la fluctuación lenta de fase residual esté dentro de los límites de la tolerancia de ruido de fase del compensador de eco. Es necesario continuar el trabajo para comprobar si las técnicas de recuperación reloj adaptables y la fluctuación lenta de fase residual resultante serán compatibles con el funcionamiento del compensador de eco.

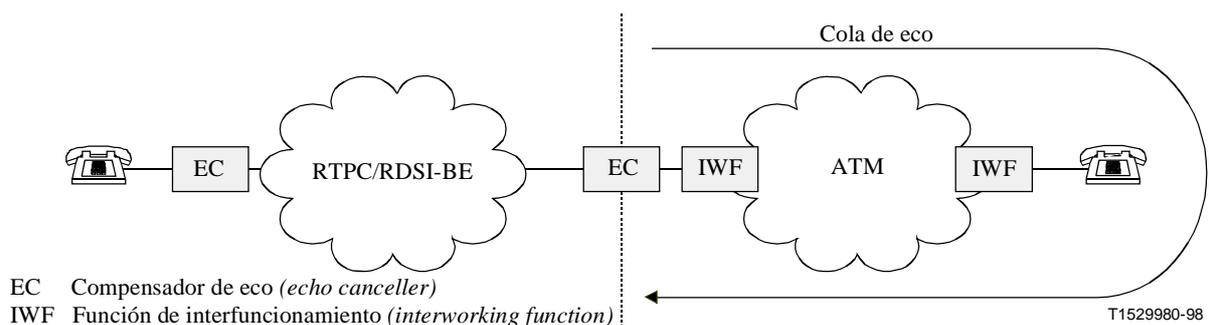


Figura I.1/I.741

I.2 Variación de retardo de células

Cuando un tren a velocidad binaria constante es alimentado en una red ATM, el tren corresponde con la cabida útil de las células ATM y las células ATM pasan a la capa física a intervalos regulares (pasando por alto la fluctuación de fase del tiempo de espera, etc.).

Al atravesar la red ATM, en ausencia de variación de retardo de células, las células llegarían con un tiempo constante entre intervalos y podrían ser ejecutadas inmediatamente a la recepción en la interfaz a velocidad binaria constante. Cuando la memoria tampón esté a punto de vaciarse, la siguiente célula llegaría para rellenar la memoria tampón.

Sin embargo, si cada célula está sujeta a un retardo diferente a través de la red y, por ejemplo, si la segunda célula llega retardada, la memoria tampón se vaciaría y no tendría más bits para enviar. Si la segunda célula llega adelantada, la memoria tampón de 47 octetos desbordaría. Por consiguiente, la memoria tampón de ejecución necesita estar dimensionada y funcionar de manera que tenga en cuenta la llegada retardada o adelantada de las células. La técnica usual es retardar la ejecución de la célula inicial mediante el margen de variación de retardo de célula máximo calculado. Esto tiene el efecto de asegurar que la memoria tampón no se vaciará, incluso cuando la primera célula llega muy adelantada y la segunda llega muy retardada [figura I.2 a)]. No obstante, la memoria tampón tiene que ser ampliada al menos al tamaño de cabida útil más el número de células que pudieran ser entregadas en un intervalo igual a dos veces la CDV cresta a cresta. Esto asegura que si la primera célula llega realmente muy tarde y además es retardada por la CDV cresta a cresta antes de la ejecución y la célula subsiguiente llega muy adelantada, habrá espacio disponible para ellas en la memoria tampón [figura I.2 b)]. En este último caso, el nivel de la memoria tampón necesita, idealmente, ser optimizado durante un periodo de tiempo para asegurar que las células son retardadas en la memoria tampón durante un periodo que no rebase la variación de retardo de célula cresta a cresta.

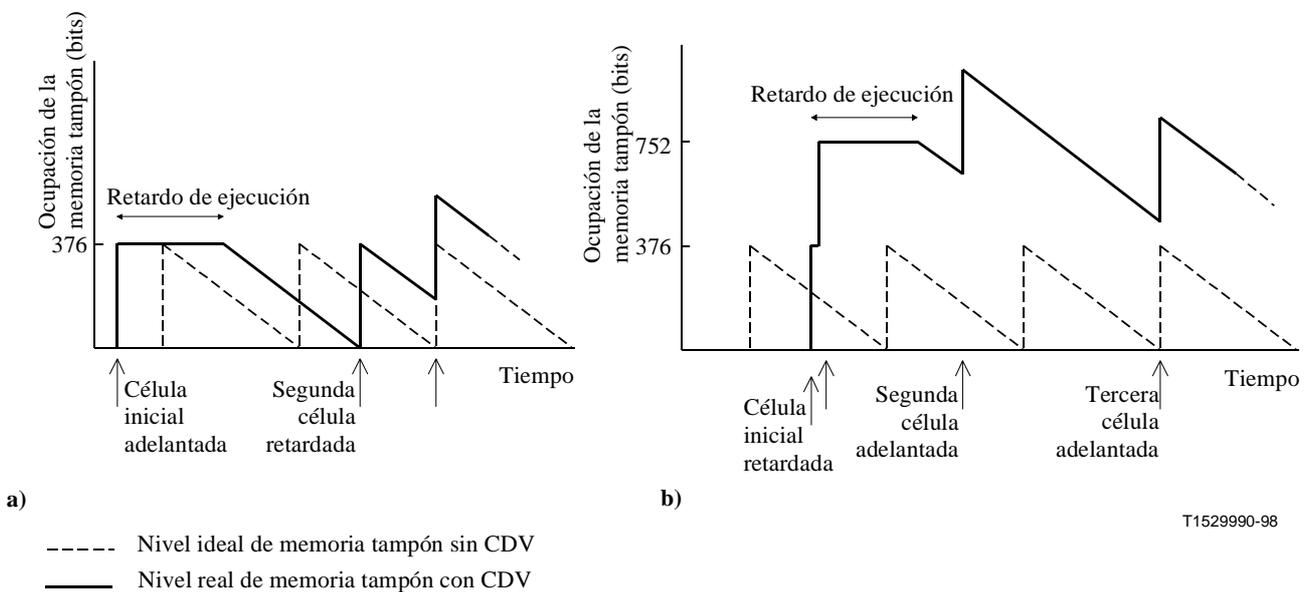


Figura I.2/I.741 – Llegadas de células ATM con CDV

Cuando un reloj de receptor toma tiempo para engancharse al transmisor, o cuando el reloj en recepción varía de una manera que depende del tiempo, el nivel de la memoria tampón variará más allá de lo determinado por la CDV y el tiempo tomado para enganchar y la diferencia de frecuencia durante el tiempo deben ser tomados en cuenta cuando se especifica el retardo necesario antes de la ejecución inicial y el tamaño total de la memoria tampón. El retardo en la memoria tampón puede ser

considerado como la eliminación del retardo variable mediante un aumento del retardo fijo total, el retardo fijo total de la red ATM, convirtiéndose así en el tiempo de propagación de transmisión fijo más la CDV cresta a cresta.

El principal mecanismo, entre muchos, que es responsable de la variación del retardo de célula dentro de una red ATM es la contienda en el puerto de salida. Dado que los trenes de tráfico son independientes en cada puerto de entrada (y dados un puerto de salida con almacenamiento en memoria tampón, la ausencia de bloqueo, el diseño de conmutador, etc.) las células que llegan al conmutador a una velocidad regular tendrán que esperar periodos de tiempo que varían en la memoria tampón de salida, de acuerdo con el número de células que contienden instantáneamente por el mismo puerto de salida. La regularidad del tren de tráfico de entrada es así perturbada y las células llegan a su destino a intervalos irregulares. Entre otros mecanismos que pueden contribuir a la CDV cabe citar la fluctuación de fase de tiempo de espera, cuando el periodo entre células dictado por el reloj de servicio transmisor no corresponde exactamente con el intervalo de célula disponible en la línea de transmisión física, y la variación del retardo experimentado a través un conmutador ATM.

El principal parámetro que afecta al dimensionamiento de la memoria tampón en el receptor y el retardo de ejecución inicial es, por consiguiente, la variación de retardo de célula cresta a cresta. Sin embargo, cuando se utiliza una técnica de sincronización de recuperación de reloj adaptable, la dependencia del tiempo de la CDV puede perjudicar la pureza del reloj recuperado, lo que resultará en el aumento de las dimensiones de la memoria tampón de ejecución (o en ausencia de una memoria tampón mayor, en pérdida de células) y en fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase del tren de bits de salida.

En gran parte de la literatura publicada se modelan las características de la variación de retardo de célula para diversos modelos de referencia de red, cargas de red y características de tráfico. Muchos utilizan modelos de puesta en cola analíticos, tales como los modelos $N^*D/D/1$ o $M/D/1$ para un conmutador, como base para la evaluación de la red; otros utilizan técnicas de simulación numérica, e incluso otros tratan de cargar conmutadores ATM prototipo con tráfico real en un intento de caracterizar la CDV que probablemente se produce en una red real. Ninguna técnica puede predecir exactamente el funcionamiento previsto de redes reales, pues las características de la red serán dinámicas y estarán determinadas por las políticas de gestión de tráfico de la entidad operadora de la red. Por ejemplo, una de estas políticas puede dictar las cargas de tráfico permitidas por control de admisión de conexión (CAC, *connection admission control*), las particiones de servicio, las funciones de conformación del tráfico y los algoritmos de gestión de memoria tampón que dependen del servicio que han de ser activados para diferentes servicios y diferentes calidades de servicio. Para las redes con puertos de salida de conmutador ligeramente cargados, se producirá poca o ninguna CDV, mientras que en redes en las que el tráfico a velocidad binaria constante tiene que contener con cargas de conmutador grandes y variables, cabe esperar una gran variación del retardo de células. Para cada caso específico, la CDV cresta a cresta producida por el servicio y sus características dependientes del tiempo serán muy diferentes. Por consiguiente es responsabilidad de cada entidad operadora de red asegurar que su política de gestión de tráfico y sus estudios de simulación evolucionan hacia un diseño de red capaz de satisfacer los requisitos de cada servicio específico ofrecido en su red ATM.

Para las simulaciones que intentan un análisis del caso más desfavorable, el modelo de puesta en cola $M/D/1$, que supone llegadas con distribución de Poisson y tiempo de servicio determinístico, es considerado por muchos como adecuado para predecir la CDV del caso más desfavorable.

Como un ejemplo, la distribución del tiempo de espera de una cola $M/D/1$ viene dada por:

$$Q(x) = \sum_{n>x}^{\infty} \frac{(\rho(n-x))^n}{n!} e^{-\rho(n-x)} (1-\rho)$$

y para $\rho = 0,9$ (es decir, un 90%) de carga del conmutador, la CDV cresta a cresta (definida aquí como el cuartil 10^{-3} para comparación con la figura I.2 a) que comprende ~ 1000 muestras) se calcula como $x = 34$ células. Para un puerto de salida STM-1 esto equivale a una CDV cresta a cresta de $96 \mu\text{s}$.

Estos resultados pesimistas se pueden utilizar para diseñar políticas robustas de gestión de memoria tampón. Sin embargo, estas técnicas analíticas dan poca información sobre la dependencia del tiempo de la CDV prevista, pues, por defecto, los modelos implican un espectro de frecuencia esencialmente "blanco" para una carga estática. Por tanto, las técnicas de simulación numérica y las mediciones "reales" proporcionan la mejor posibilidad de comprender las características de frecuencia de la CDV. En las figuras I.3 a) e I.3 b) se muestran la característica de retardo de célula y la densidad espectral de potencia de CDV resultantes de la simulación de una conexión CBR a 2 Mbit/s multiplexada con 15 otras fuentes de tráfico Bernoulli para una carga fija total de memoria tampón de salida del 90%:

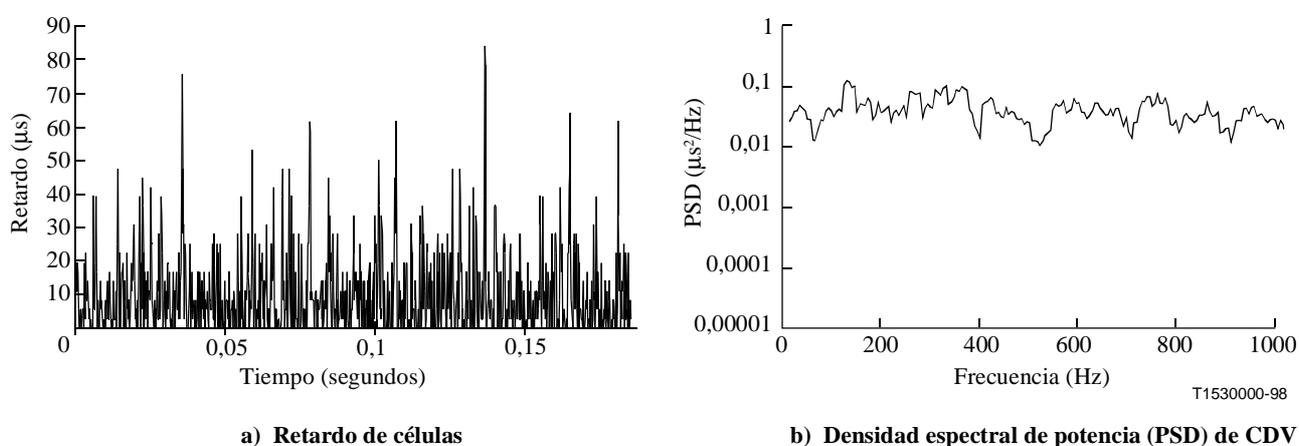


Figura I.3/I.741

Los resultados limitados del modelo numérico simple soportan los resultados del modelo analítico en cuanto a que se predice una densidad espectral de potencia esencialmente "blanca". Sin embargo, hay que tener cuidado con este modelo simplista. Los modelos como éstos generalmente tienden a evaluar los efectos de una carga estática en la memoria tampón de salida. Cualesquiera cambios lentos en la carga de red durante el día podrán resultar en fuertes líneas espectrales a baja frecuencia. Cualesquiera cambios progresivos de la carga de red, la contienda de trenes CBR con trenes de velocidad binaria variable (VBR, *variable bit rate*) por ráfagas o con trenes CBR de velocidad diferente, o los efectos de la fluctuación de fase de tiempo de espera pueden resultar también en fuertes características espectrales en las frecuencias bajas y altas. Como un ejemplo, las figuras I.4 a) e I.4 b) muestran el efecto de un cambio progresivo en la carga de red del 70% al 90% en la densidad espectral de potencia. Se observa que los componentes de baja frecuencia son dominantes.

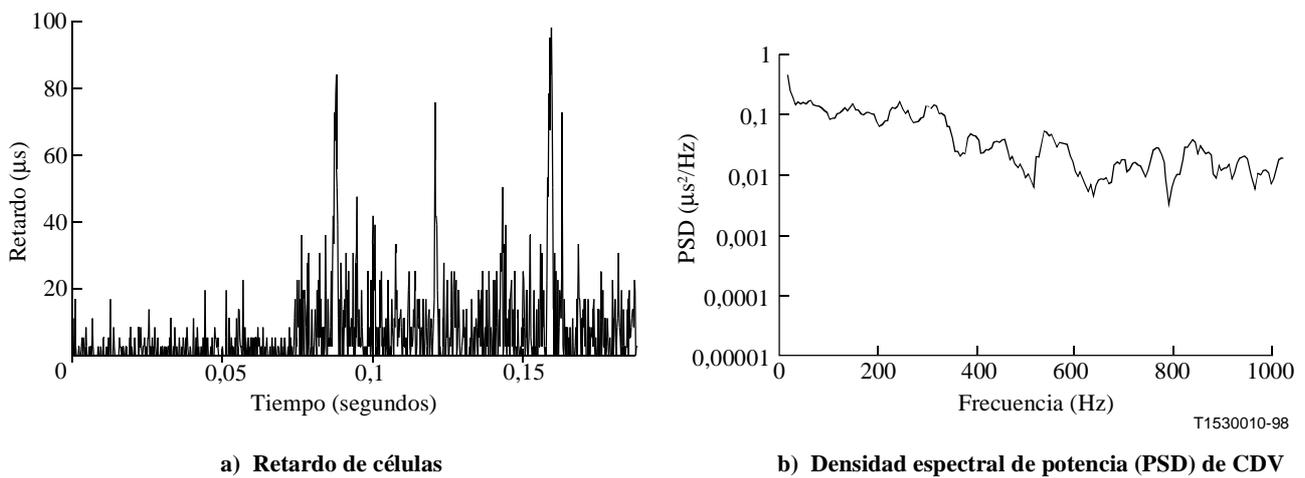


Figura I.4/I.741

Por consiguiente, es importante no sólo comprender los efectos del nivel células en la carga estática sino que es igualmente importante comprender los efectos de las estadísticas de carga de red. Estos efectos pueden restringir las técnicas de recuperación de reloj adaptable solamente a servicios CBR seleccionados, en los cuales se puede tolerar niveles de fluctuación de fase y de fluctuación lenta de fase más altos.

I.3 Eliminación o reducción de los efectos de la CDV en la temporización

Existen tres soluciones en la capa ATM para eliminar los efectos de la CDV producidos por conexiones a velocidad binaria constante, a saber: a) el funcionamiento totalmente síncrono de redes utilizando un reloj derivado de la red como el reloj de servicio; b) la utilización de la técnica SRTS para transmitir información de reloj de servicio y, por último, c) la recuperación de reloj adaptable.

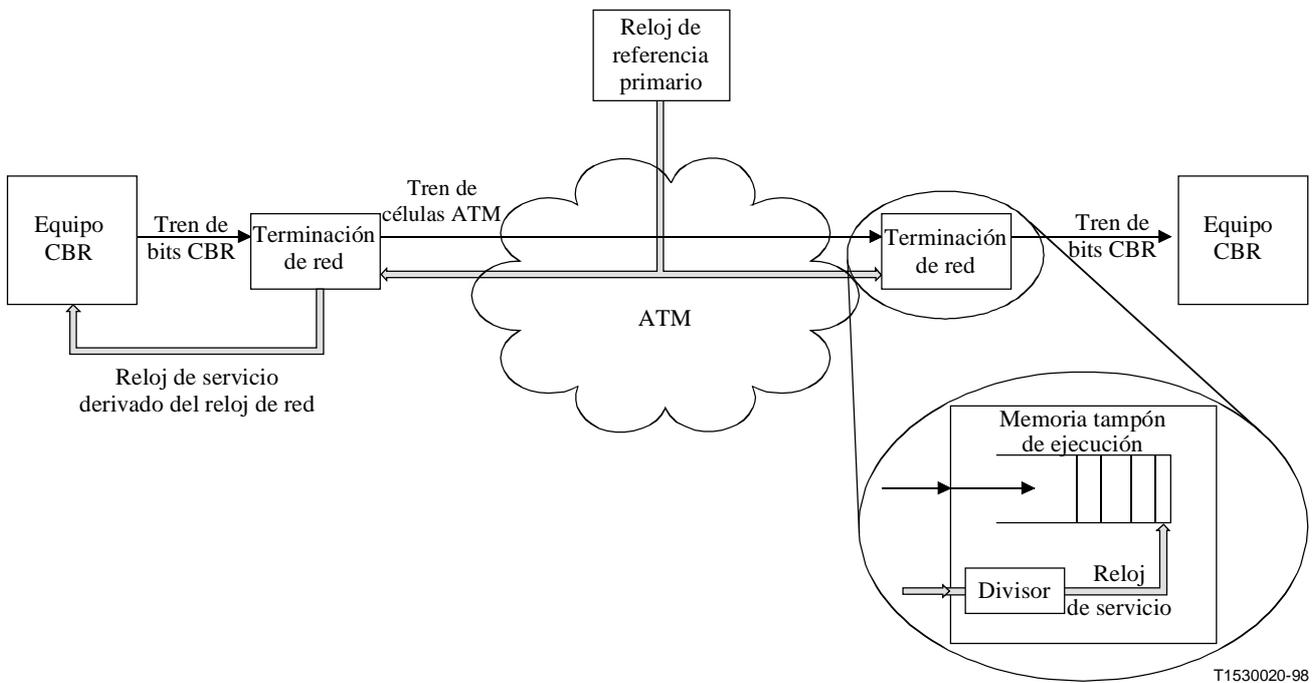
Además, cuando la red sólo es responsable de transportar células ATM, en vez de entregar un tren de bits constantes al usuario, la capa de aplicación de nivel más alto receptora puede tener la responsabilidad adicional de derivar el reloj de servicio.

Estos aspectos se examinan más detalladamente a continuación.

I.3.1 Funcionamiento síncrono de redes

Al forzar a una estación de extremo a funcionar en sincronismo con el reloj de red, los efectos de la CDV pueden ser eliminados completamente. Como se muestra en la figura I.5, el reloj de servicio es derivado directamente del reloj de red. Dada la presencia de un reloj de red en las estaciones de extremo transmisora y receptora, el tren de bits de servicio puede ser simplemente temporizado a partir de la memoria tampón de ejecución a la velocidad binaria de servicio, completamente independiente de las variaciones de retardo de célula causadas por la red ATM. No obstante, se requiere una memoria tampón de ejecución con dimensiones correctas y retardo inicial en la ejecución para asegurar que la CDV no produce pérdida de células ni se requieren bits de relleno. En el caso de fallo del reloj de red, la memoria tampón requerirá un algoritmo de deslizamiento de memoria tampón con el reloj en recepción colocado en el modo régimen libre o el receptor debe volver a un algoritmo de sincronización adaptable.

El reloj de red es distribuido a través de la sincronización de la capa física que conecta los elementos de red ATM. Estos elementos de red ATM pueden estar sincronizados por sí mismos mediante un interfaz de temporización físico externo o como un subordinado de otro elemento de red ATM mediante la conexión de capa física.



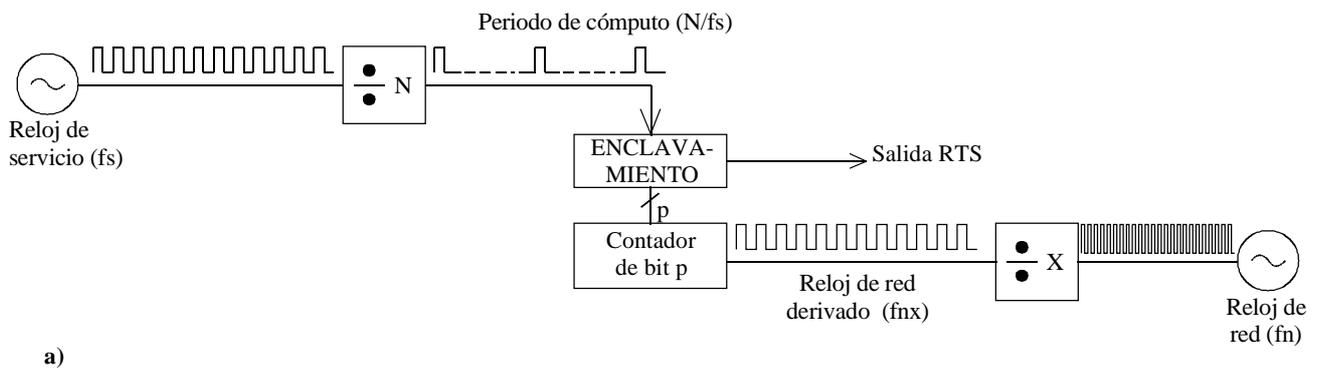
T1530020-98

Figura I.5/I.741 – Funcionamiento síncrono de redes

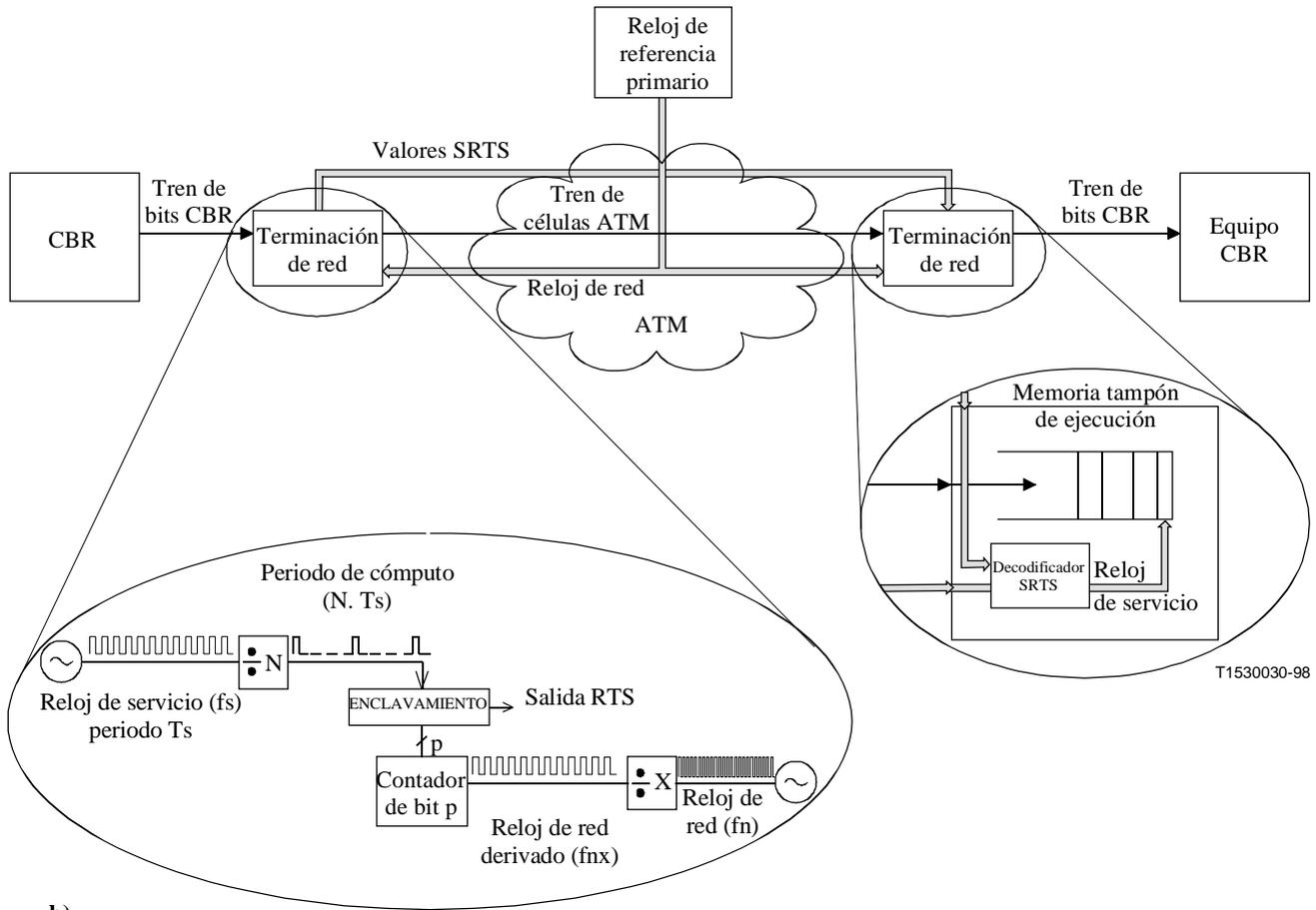
I.3.2 Indicación de tiempo residual síncrono

La anterior opción de redes síncronas tiene la desventaja de que no todas las estaciones de extremo y las fuentes de CBR desean sincronizarse con el reloj de red. En estos casos, una opción es transportar información sobre el reloj fuente a través de la red ATM para eliminar la subutilización o desbordamiento de la memoria tampón de ejecución. La técnica adoptada para esto se denomina indicación de tiempo residual síncrono (SRTS) que está estrechamente asociada con el protocolo de la AAL tipo 1. Para que la técnica SRTS pueda funcionar con precisión, la red tiene que distribuir un reloj de red de buena calidad a la interfaz de red.

Su implementación general se muestra gráficamente en las figuras I.6 a) e I.6 b).



a)



b)

Figura I.6/I.741 – Implementación de indicación de tiempo residual síncrono (SRTS)

Con la técnica SRTS, el número de ciclos de reloj de red derivado (fn/X) en N ciclos de reloj de servicio se cuenta en un contador de bit p y este valor SRTS de bit p es transmitido a través de la red al punto de terminación de red receptora. En el terminal receptor, el reloj de servicio local puede ser ajustado contra el reloj de red de referencia para asegurar que se cuenta el mismo número de ciclos de reloj de red derivado durante los mismos N ciclos de reloj de servicio local, enganchar así el reloj de servicio local al reloj de servicio del transmisor mediante el uso de las SRTS recibidas y el reloj de red de referencia.

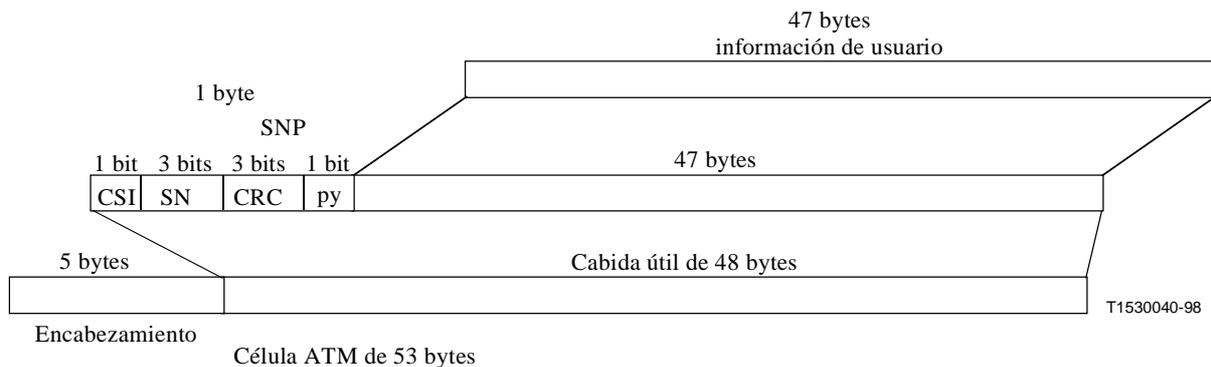
Para las jerarquías CBR basadas en 1,544 Mbit/s y 2,048 Mbit/s de la Recomendación G.702, se ha acordado y especificado en la Recomendación I.363.1 el valor de $N = 3008$ y un valor SRTS de $p = 4$ bit.

El reloj de red derivado f_{nx} es especificado únicamente suponiendo la existencia de un reloj de 8 kHz derivado de la velocidad de trama de la red y que constriñe a f_{nx} por lo siguiente:

$$f_{nx} = 8 \text{ kHz} \times 19\,440 / 2^k \text{ donde } k = 0, 1, 2, \dots, 11$$

$$1 \leq f_{nx} / (fs) < 2$$

El valor SRTS de 4 bits es transportado por la red ATM como bits de indicación de subcapa de convergencia (CSI, *convergence sublayer indication*) distribuidos alternativamente en 8 células ATM consecutivas que utilizan la AAL tipo 1 (figura I.7).



- CSI Indicación de subcapa de convergencia (*convergence sublayer indication*)
- SN Número de secuencia (*sequence number*)
- CRC Verificación por redundancia cíclica (*cyclic redundancy check*)
- Py Bit de paridad par (*even parity bit*)
- SNP Protección de número de secuencia (*sequence number protection*)

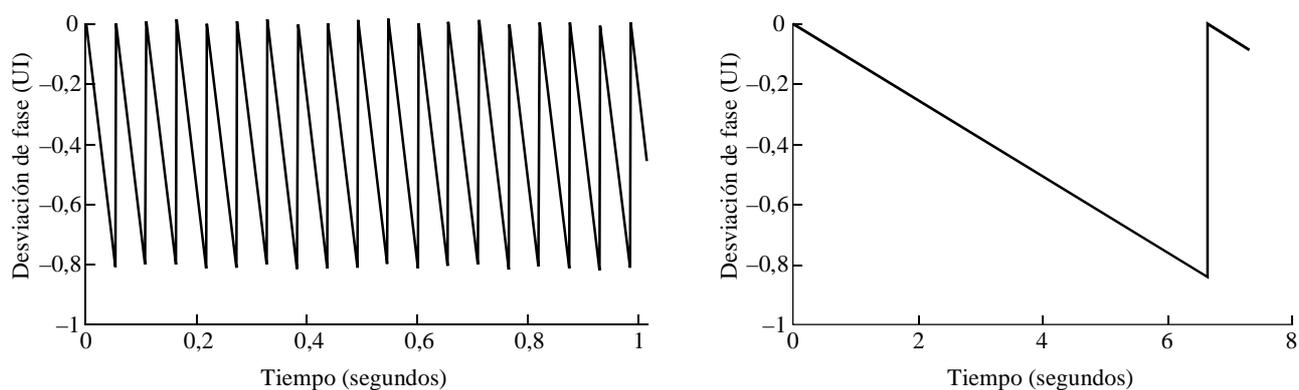
Figura I.7/I.741 – AAL tipo 1 – Formato de datos no estructurados

Se ha elegido el valor de $N = 3008$ que corresponde con el número de bits de información de usuario de la AAL tipo 1 en 8 células ATM.

Como la frecuencia de reloj de servicio nominal es conocida por el transmisor y el receptor, no hay que enviar el cómputo de reloj de red derivado completo. De ahí el uso de sólo 4 bits como un "residuo" o desplazamiento, en vez del cómputo total. Este cómputo residual da una indicación de la desviación con respecto a la frecuencia de reloj nominal. El uso de 4 bits admite un desplazamiento de hasta ± 200 ppm con respecto a la frecuencia de reloj nominal.

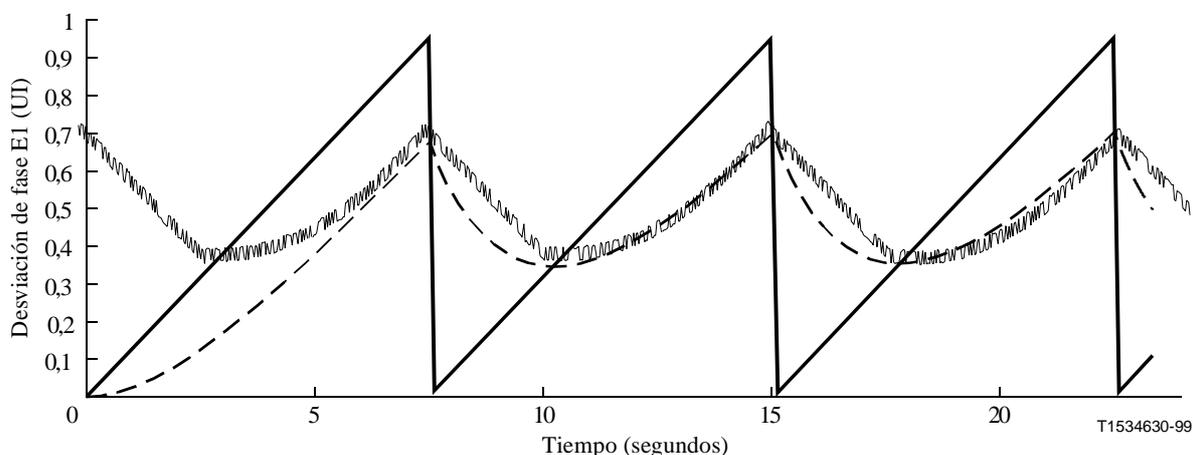
La naturaleza cuantificada de la indicación de hora residual conducirá a ligeras imperfecciones de reloj en el receptor. El efecto de cuantificación puede ser visualizado examinando los detalles de la implementación para un servicio específico, tal como un servicio CBR a 2,048 Mbit/s. En esta implementación particular, se especifica el reloj de red derivado, con respecto a las restricciones indicadas anteriormente, como 2,43 MHz. El número de ciclos de reloj de red derivado en 3008 ciclos de reloj de servicio se cuenta en un contador módulo 16 de 4 bits. Para una frecuencia de servicio de desplazamiento de 10 ppm, el cómputo total sería 3569,0268 ciclos de reloj de red derivado. La indicación de tiempo residual de 4 bits trunca esto a 3569 y envía el cómputo residual módulo 16 de 0001 binario. Con el conocimiento de la frecuencia de servicio nominal, el cómputo de reloj de red derivado truncado de 3569 puede ser generado en el extremo lejano al recibir el valor RTS 0001 binario. El reloj de servicio generado a partir de este valor truncado viene dado por $2,43 \text{ MHz} \times (3008/3569) = fs = 2,048 \text{ MHz} + 17,5 \text{ ppm}$, es decir, unos 7,5 ppm en error debido a la cuantificación RTS. Este error de frecuencia estático y, por consiguiente, error de fase creciente, continuará hasta que los cálculos de reloj parciales de 0,0268 ciclos por periodo RTS se acumulen (en $1/0,0268 = 37$ periodos RTS) a un valor mayor que la unidad, lo que da un cómputo de reloj

de 3570 y una frecuencia de reloj de servicio para este valor RTS de $f_s = 2,048 \text{ MHz} - 262,6 \text{ ppm}$, este tiempo $-272,6 \text{ ppm}$ en error del reloj de servicio en transmisión. Sin embargo, en este caso durante el largo plazo de 37 periodos RTS, la información de frecuencia media dada $= 37 \times 17,5 \text{ ppm} - 262,6 \text{ ppm} + 10,128 \text{ ppm}$, comienza a aproximarse en la frecuencia de servicio de transmisión verdadera. De este modo, tomando el promedio a más largo plazo de los valores RTS, se puede determinar y seguir la frecuencia de servicio transmitida subyacente verdadera. El efecto global se observa mejor examinando la diferencia de fase dependiente del tiempo del reloj de servicio recibido, determinada por los valores RTS del reloj de transmisión real. Esto se muestra en la figura I.8 a) siguiente para el ejemplo dado. Los componentes transitorios de fase inducidos en ese caso particular son suficientemente frecuentes, de modo que si fuese necesario, podrían ser reducidos por una constante de tiempo suficientemente larga en el bucle enganchado en fase que se utiliza para derivar el reloj de servicio en recepción.



a) Componentes transitorios de fase RTS
Excursión del reloj de transmisión de +10 ppm

b) Componentes transitorios de fase RTS
Excursión del reloj de transmisión de +17,45 ppm



- Componentes transitorios de fase SRTS simulados – no filtrados (*simulated SRTS phase transients – unfiltered*)
- - - Componentes transitorios de fase SRTS simulados – filtrados (*simulated SRTS phase transients – filtered*)
- Transitorio de fase SRTS medidos (*measured SRTS phase transients*)

c) Componentes transitorios de fase SRTS

Figura I.8/I.741 – Componentes transitorios de fase RTS y SRTS

Para determinados valores de frecuencia de servicio, en particular cuando el cómputo de red derivado está próximo a un número entero, los componentes transitorios de fase serán tan infrecuentes que se hace más difícil filtrarlos, como se muestra en las figura I.8 b) y I.8 c). Cabe

señalar que la figura I.8 c) representa una simulación y comparación de medición para una unidad de servicio de datos (DSU, *data service unit*) comercial con una interfaz de red de usuario ATM E3 y una interfaz de emulación de circuito E1. Esta unidad de servicio de datos utiliza una implementación inicial de SRTS de la Recomendación I.363.

En versiones anteriores de la Recomendación I.363, la frecuencia de reloj de referencia de red derivado no estaba completamente especificada y esta unidad utiliza un reloj de referencia de red derivado de $34,368 \text{ MHz}/16 = 2,148 \text{ MHz}$ no normalizado. Esto produce una desviación de fase de cresta potencial ligeramente mayor de 0,9 UI que es exhibida por la simulación y la medición. El uso de 2,148 MHz en vez de 2,43 MHz más recientemente definido para el reloj de referencia de red derivado haría incompatibles las anteriores implementaciones de emulación de circuitos SRTS de la Recomendación I.363 con las recientes.

Incluso en el caso de componentes transitorios de fase aislados, la desviación de fase de cresta cae dentro de los límites de la Recomendación G.823 para la fluctuación lenta de fase y fluctuación de fase en los interfaces de la jerarquía digital plesiócrona (PDH, *plesiochronous digital hierarchy*). Por consiguiente, si se entrega un reloj de red de buena calidad a las interfaces de red, la técnica SRTS es capaz de entregar temporización de terceros a través de la red ATM dentro de las restricciones de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase impuestas por la Recomendación G.823. Sin embargo, estas imperfecciones y el efecto aditivo de las imperfecciones del reloj de servicio y del reloj de red pueden hacer la técnica SRTS inadecuada para el transporte de señales de calidad de reloj de equipo; esto queda en estudio. También deberá estudiarse el nivel de calidad especificado real del reloj de red que se necesita en el nodo ATM responsable de la temporización de emulación de circuitos.

I.3.3 Recuperación de reloj adaptable

Cuando las células ATM atraviesan varias redes ATM diferentes, puede no ser posible proporcionar un reloj de red común a las estaciones de extremo transmisora y receptora. Asimismo, algunos servicios pueden no requerir la pureza de reloj disponible de los anteriores esquemas de red síncronas o SRTS. En estos casos, sólo puede ser posible o más rentable utilizar una técnica de recuperación de reloj adaptable.

Esta técnica se muestra en las figuras I.9 e I.10, que sirven como una introducción al tema básico.

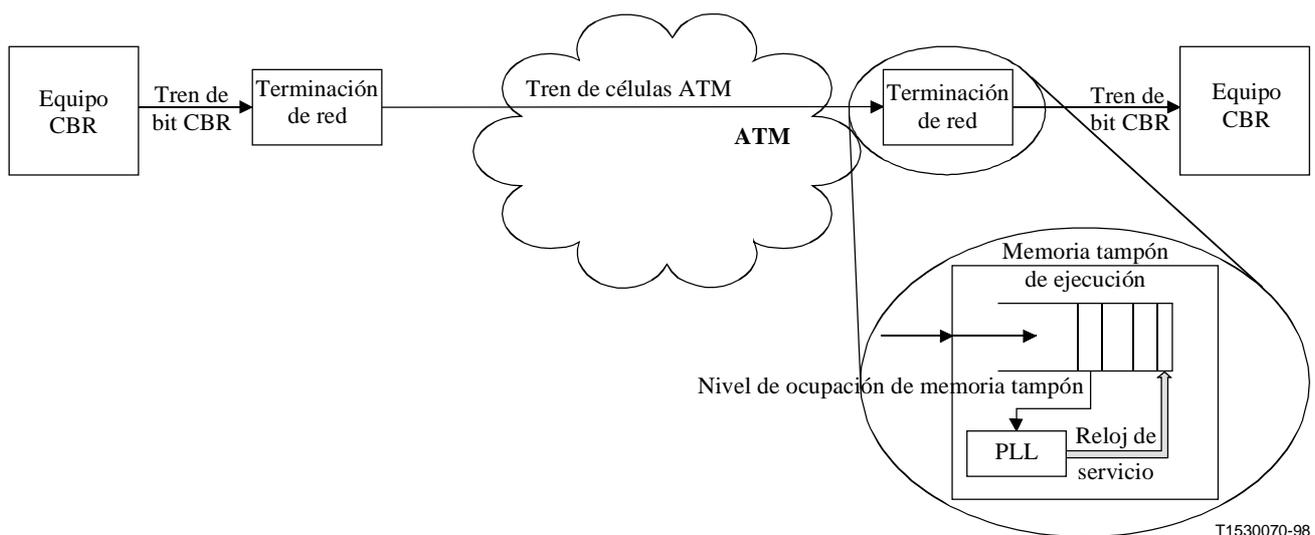


Figura I.9/I.741 – Recuperación de reloj adaptable

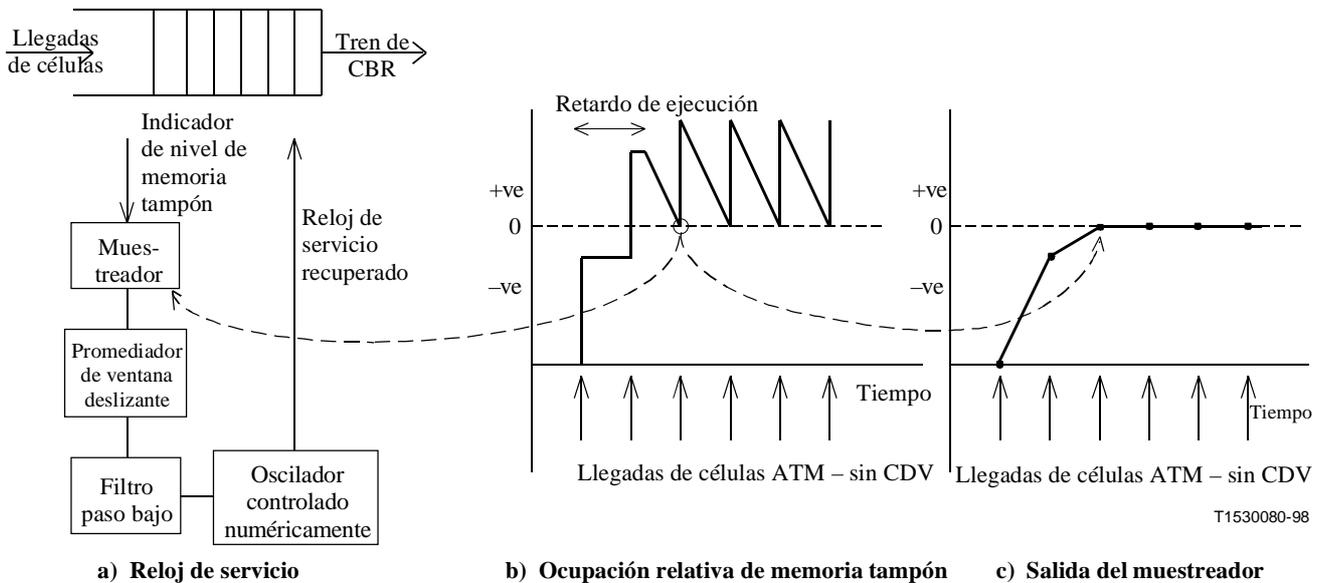


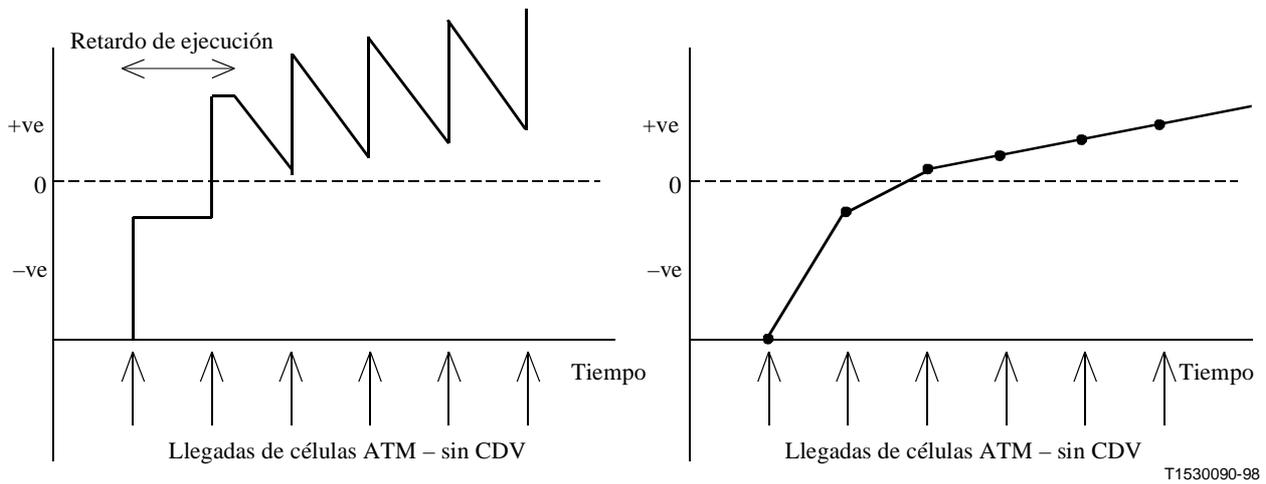
Figura I.10/I.741

En general, la recuperación de reloj adaptable se basa en el hecho de que, con independencia de la variación del retardo experimentado en la red, el tren de células CBR tiene un tiempo medio subyacente entre llegadas. La tarea de cualquier mecanismo de recuperación de reloj adaptable es extraer este tiempo medio entre llegadas a largo plazo del "ruido" producido por la CDV y la pérdida de células, y utilizar esto como base para derivar el reloj de servicio recibido.

La memoria tampón de datos actúa como comparador de fase del tren de células entrante y del tren de células salientes, siendo el nivel de ocupación de la memoria tampón la salida de la comparación de fase. Como a la llegada de las células los bits de servicio son entregados "a granel" por la cabida útil ATM, el nivel de ocupación de la memoria tampón varía de en forma de "diente de sierra", como se indica en la figura I.10 b), incluso en ausencia de CDV.

Si esta forma de onda es muestreada a la velocidad de llegada de células, en ausencia de CDV y/o de fluctuación de fase de tiempo de espera, y con los relojes transmisor y receptor enganchados, los valores muestreados serán de valor constante, como se indica en la figura I.10 c).

Si el reloj receptor es demasiado lento comparado con el transmisor, el nivel medio de la memoria tampón aumentará con el tiempo y los valores de muestras aumentarán gradualmente en valor, como se muestra en la figura I.11.

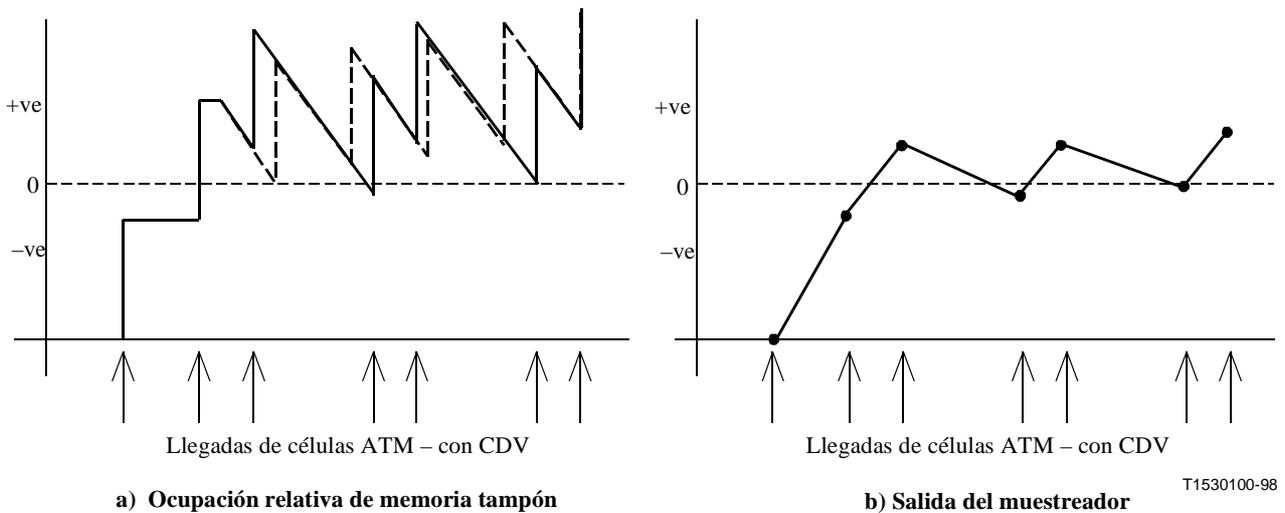


a) Ocupación relativa de memoria tampón

b) Salida del muestreador

Figura I.11/I.741

Esta tendencia, una vez detectada, puede ser utilizada para aumentar la frecuencia de reloj en recepción con el fin de que el nivel de la memoria tampón vuelva a un valor nominal y enganchar el reloj receptor al del transmisor. Lamentablemente, la presencia de CDV puede oscurecer la tendencia subyacente, como se muestra en la figura I.12.



a) Ocupación relativa de memoria tampón

b) Salida del muestreador

Figura I.12/I.741

En consecuencia, los valores de las muestras del nivel de la memoria tampón no pueden ser utilizados directamente, sino que deben ser filtrados de manera que el reloj recuperado pueda reaccionar solamente a una discordancia del reloj del transmisor y del receptor. En general, esta discordancia resultaría en un aumento o disminución continuado del nivel de ocupación medio de la memoria tampón en el periodo promediado. El algoritmo de recuperación adaptable debe pasar por alto las fluctuaciones relativamente más rápidas alrededor del promedio a largo plazo debido a la CDV.

Por consiguiente, el esquema de recuperación de reloj adaptable actúa como un filtro de paso bajo. Como resultado, la CDV de baja frecuencia, como puede ocurrir debido a un cambio lentamente cíclico o progresivo de la carga de red, será mal interpretada como una desadaptación de frecuencia,

como se muestra en la figura I.13. Con la CDV de baja frecuencia, el nivel de la memoria tampón aumentará o disminuirá durante el periodo de promediación del algoritmo adaptable, de la misma manera que debido a la discordancia del transmisor con el receptor. El circuito de recuperación adaptable responderá erróneamente a la CDV de baja frecuencia, lo que produce variación de fase de baja frecuencia del reloj recuperado en concierto con la CDV.

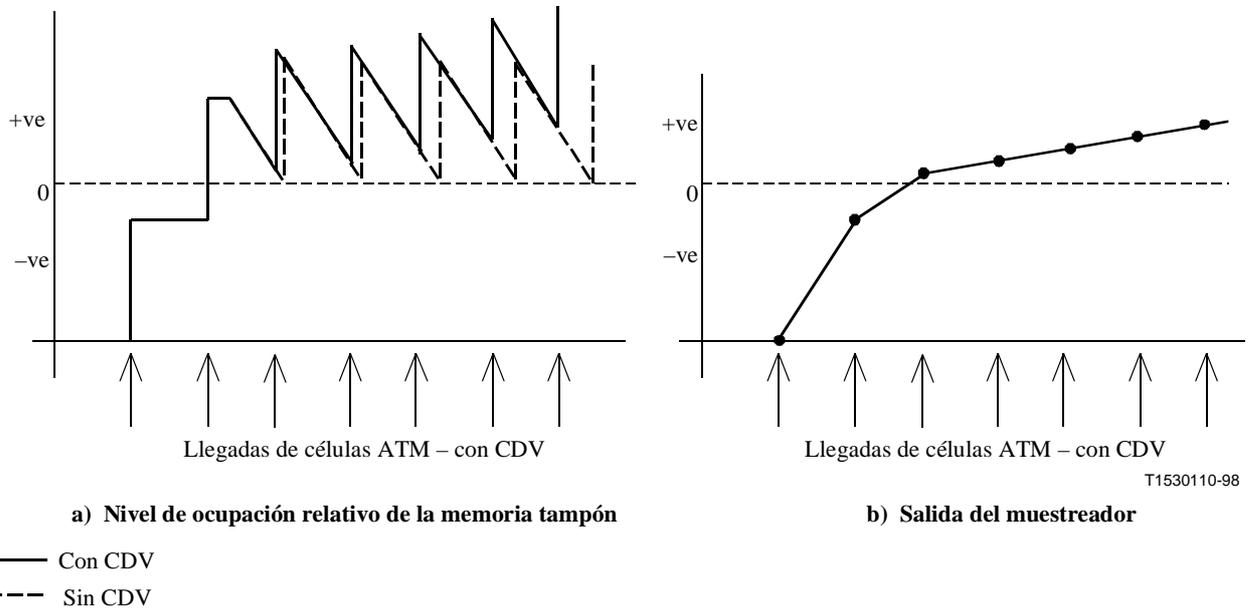


Figura I.13/I.741

Para demostrar esto, en las figuras I.14 a) a I.15 c) se muestra el efecto de las características de CDV de la figura I.4 a) (reproducido durante un periodo de tiempo más largo en la figura I.14 a) en un esquema de recuperación de reloj adaptable de 2,048 MHz simulado.

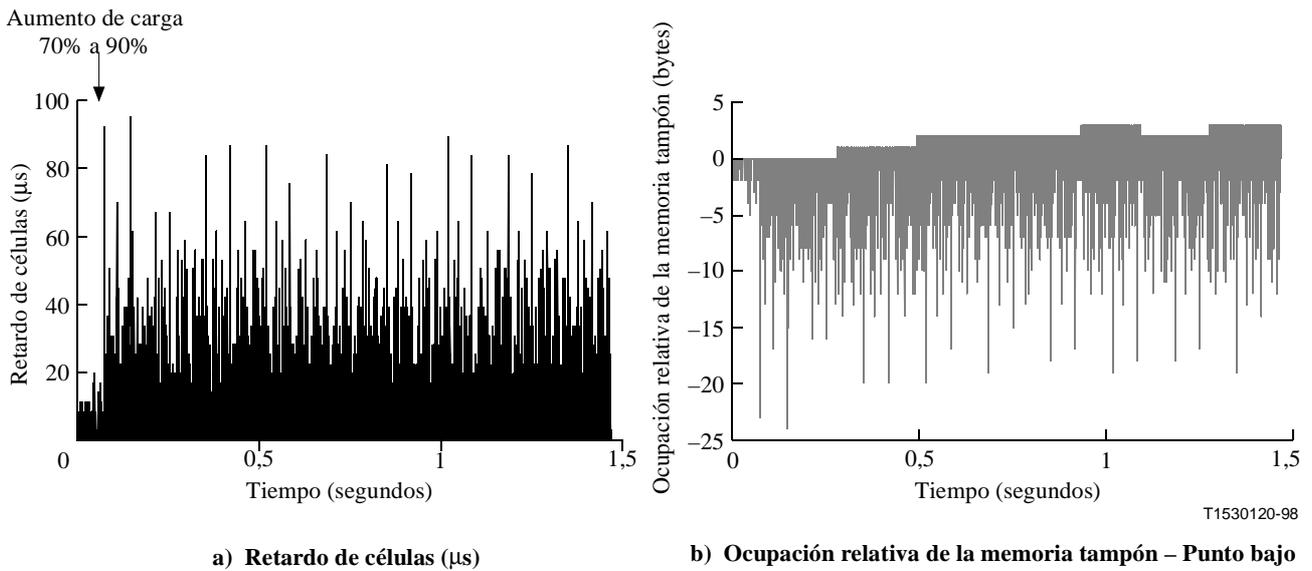
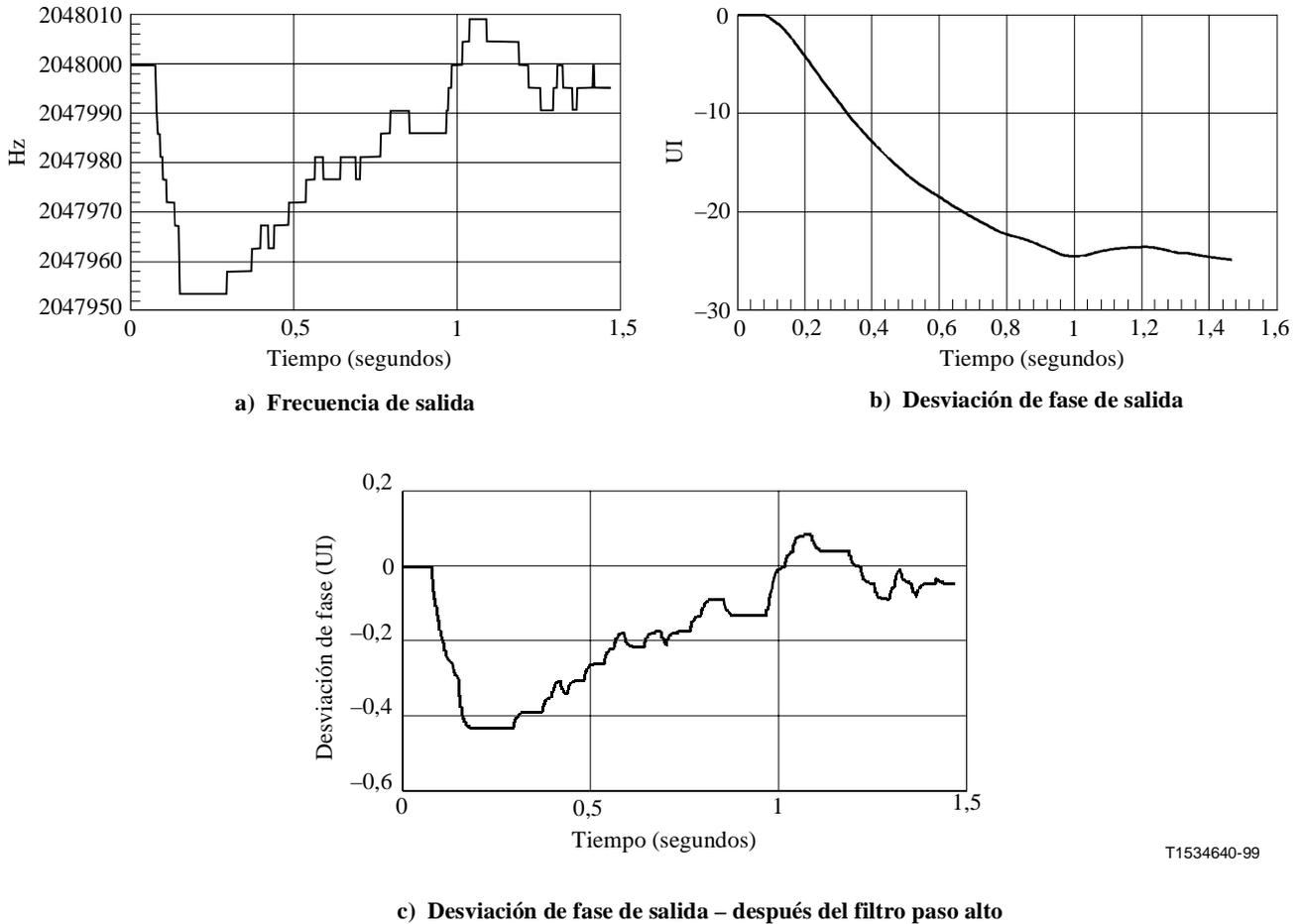


Figura I.14/I.741

Las llegadas de células retardadas en la figura I.14 a) se reflejan como bajos niveles de memoria tampón en la figura I.14 b).

La desviación de frecuencia de salida, la desviación de fase de salida total (fluctuación lenta de fase) y la fluctuación de fase por encima de 20 Hz se muestran en las figuras I.15 a) a I.15 c), respectivamente.



T1534640-99

Figura I.15/I.741

Puede observarse que el mecanismo de recuperación de reloj adaptable responde al aumento cuadrático medio del retardo de células cuando la carga del conmutador aumenta instantáneamente del 70% al 90%. El aumento cuadrático medio del retardo produce una reducción general del nivel de la memoria tampón y la frecuencia de salida es disminuida momentáneamente para devolver el nivel medio de la memoria tampón a la normalidad. El componente transitorio de frecuencia provoca en este caso una fluctuación de fase cresta a cresta por encima de 20 Hz de 0,5 intervalos unitarios (UI, *unit interval*) [figura I.15 c)] y una desviación de fase de salida total equivalente al aumento cuadrático medio del retardo de transporte de 24,4 UI = 11,9 μ s [figura I.15 b)]. Estos resultados son para un solo conmutador, en general las características de carga para todos los conmutadores a través de los cuales debe pasar el tren célula CBR deben ser tomadas en cuenta por la simulación, y las desviaciones de fase cresta a cresta debidas a variaciones de la carga de la red rebasarán fácilmente los valores mostrados en esta Recomendación.

El modelo de simulación numérico anterior ha mostrado que el reloj de salida de 2 Mbit/s sigue los cambios lentos del retardo del conmutador debido a la carga cambiante de la red. El modelo ha mostrado que para un aumento de la carga del puerto de salida del 70% al 90%, el retardo cuadrático

medio del conmutador, para un puerto de salida STM-1, aumentaría en 11,9 μs y que la fase del reloj de salida de 2 Mbit/s seguiría este retardo cuadrático medio aumentado, como se muestra en las figuras I.16 e I.17, respectivamente. [NOTA – 11,9 μs = 24,4 intervalos unitarios (UI = periodos de bits) a 2,048 Mbit/s.]

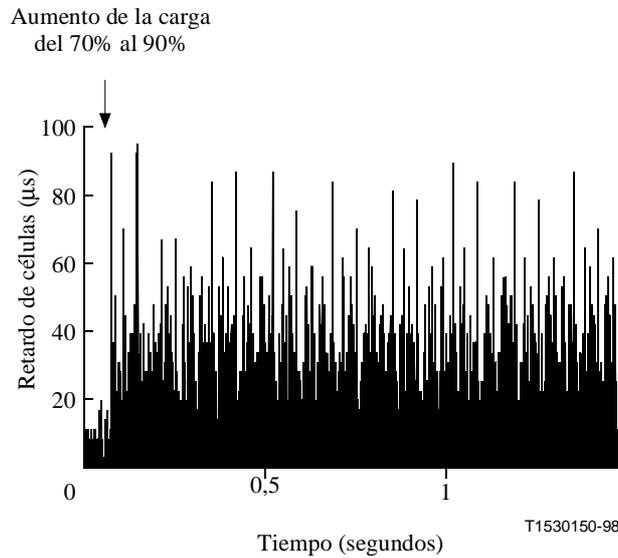


Figura I.16/I.741 – Retardo de células

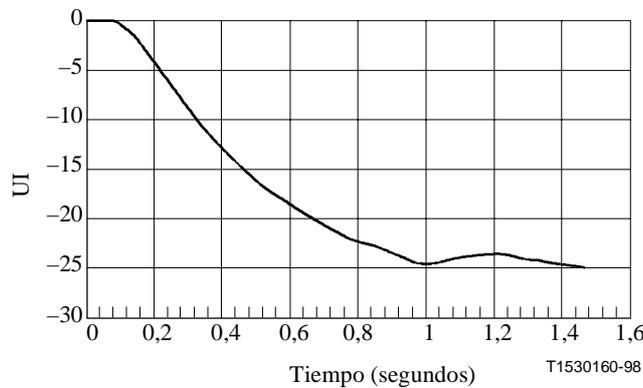


Figura I.17/I.741 – Desviación de fase de salida

El valor medio (más bien que el valor cuadrático medio) del retardo del conmutador con una carga del 90% presentada por el modelo numérico en la figura I.16 fue 10,1 μs . Este resultado es soportado por el análisis analítico para una cola M/D/1 que da el retardo medio del caso más desfavorable, $\lambda(\rho)$ en tiempos de célula de conmutador, para una carga dada (λ) como:

$$\lambda(\rho) = \frac{\rho}{2(1-\rho)} \quad (1)$$

De este modo, según la ecuación (1), el aumento medio del retardo previsto de una carga de 90% = $\lambda(0,9) = 4,5$ células = $4,5 \times 2,83 \mu\text{s}$ para un puerto de salida STM-1 = 12,75 μs = 26 UI a 2,048 MHz.

Por consiguiente cabría esperar que si un puerto de salida del conmutador ATM pudiera ser cargado artificialmente, digamos al 90%, un seguimiento de fase, similar al mostrado en la figura I.2, debería producirse en la salida CBR a 2 Mbit/s del módulo de recuperación de reloj adaptable, provocando una fluctuación lenta de fase de salida a 2 Mbit/s de concierto con las variaciones de la carga a largo plazo (por debajo de 1 Hz).

I.3.3.1 Configuración experimental

Para cargar artificialmente un puerto de salida en el conmutador ATM, se utilizó la técnica de "trombón", en la cual la fuente de carga de entrada es recirculada a través del conmutador con los correspondientes cambios de identidad de trayecto virtual (VP, *virtual path*) y enlaces de cordón físicos para originar una contienda similar a la carga "real" en un puerto de salida designado. Aunque se considera que la técnica de trombón proporciona una distribución imprecisa del retardo de las células, se pensó que, para una carga dada introducida con esta técnica, aproximadamente se experimentaría el mismo retardo medio que para el tráfico con ráfagas "real". La técnica de trombón se aplica como se muestra en la figura I.18.

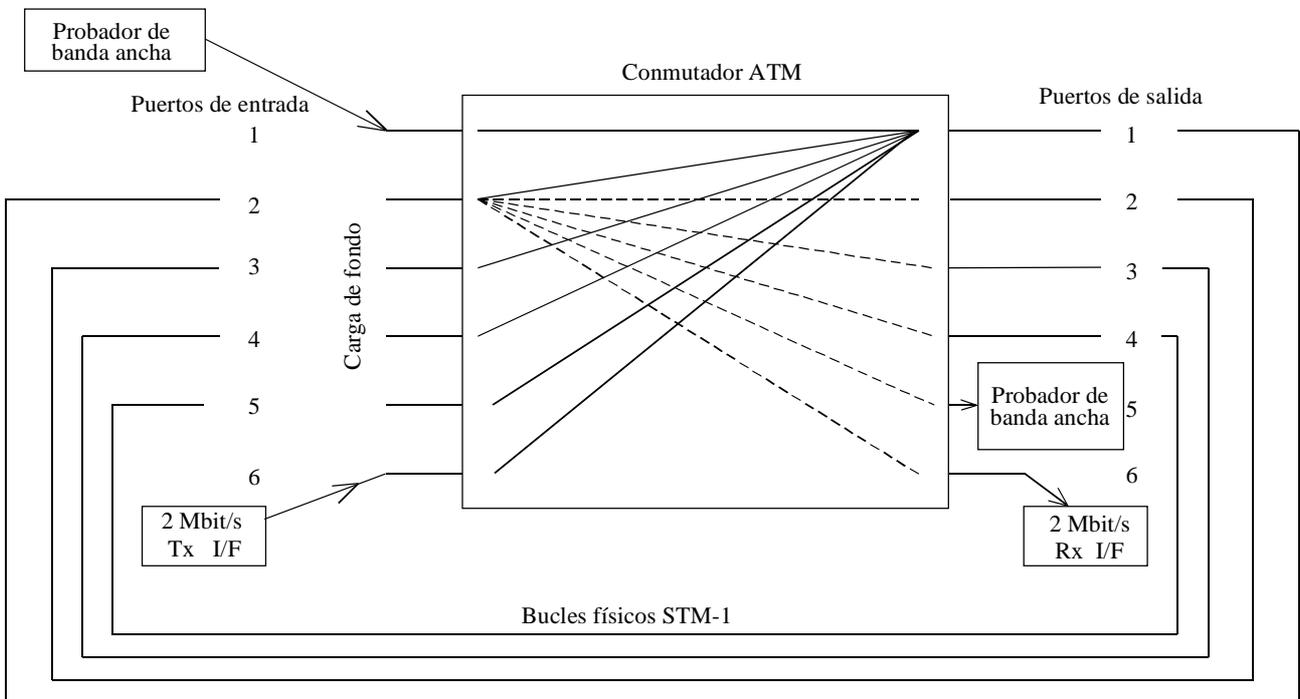
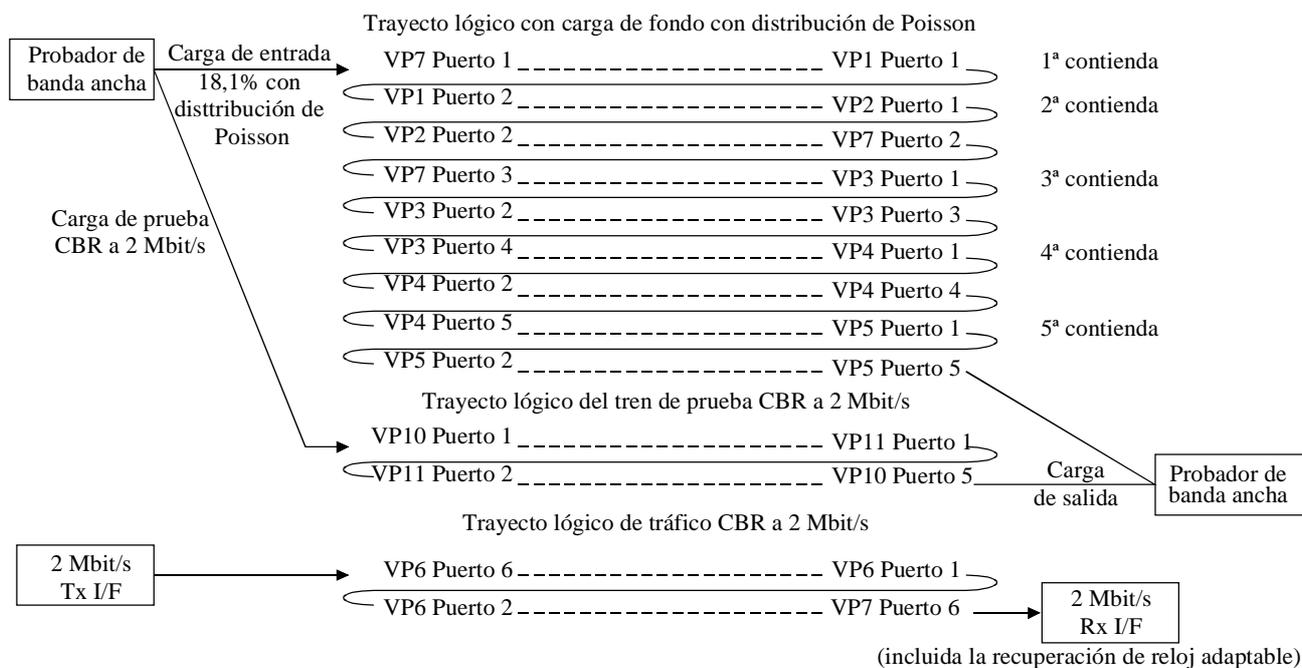


Figura I.18/I.741

La conectividad del VP lógico para proporcionar la contienda de carga se muestra en la figura I.19.



T1530180-98

Figura I.19/I.741

Como se muestra en la figura I.19 la carga comprendió dos componentes. El primero fue una carga de ráfagas con distribución de Poisson generada por un probador de banda ancha para dar una carga media de 18,1% en su interfaz de salida STM-1.

A esta carga se le aplicó la técnica de trombón a través de cinco puertos de entrada distintos, puertos 1 a 5, para obtener una contienda de carga total en el puerto de salida N.º 1 de $5 \times 18,1 = 90,5\%$. El segundo componente de la carga de fondo fue un tren de prueba CBR a 2 Mbit/s generado también por un probador de banda ancha junto con la carga con distribución de Poisson. Este tren de prueba se utilizó para medir el cambio del retardo medio a través del conmutador a medida que el componente de carga con distribución de Poisson fue activado y desactivado, para compararlo con el previsto por la ecuación (1) y el cambio de fase medido del reloj en recepción a 2 Mbit/s.

Los dos trenes de células a 2 Mbit/s del probador de banda ancha y la interfaz de transmisión a 2 Mbit/s constituyen una carga adicional de $\sim (2 \times 2 \times 10^6 / 155,52 \times 10^6) \times (2430/2340) = 2,7\%$, lo que tiene en cuenta la sección STM-1 y la tara del trayecto. Por consiguiente, a medida que la carga de fondo con distribución de Poisson es activada, la carga del conmutador total se convierte en $90,5 + 2,7 = 93,2\%$.

El aumento de retardo previsto del caso más desfavorable $\lambda(\rho)$ para $\rho = 0,932$ dado por la ecuación (1)

$$\begin{aligned}
 &= 6,85 \times \text{célula STM-1} \\
 &= 6,85 \times 2,8 \mu\text{s} = 19,2 \mu\text{s} \\
 &= 19,2 \times 10^{-6} \times 2,048 \times 10^6 = 39,3 \text{ UI.}
 \end{aligned}$$

Por consiguiente, cabría esperar que el tren de bits a 2 Mbit/s recibido de la interfaz de transmisión presentase una desviación de fase de 39 UI con la carga activada. La figura I.20 muestra el montaje de prueba utilizado para medir esto.

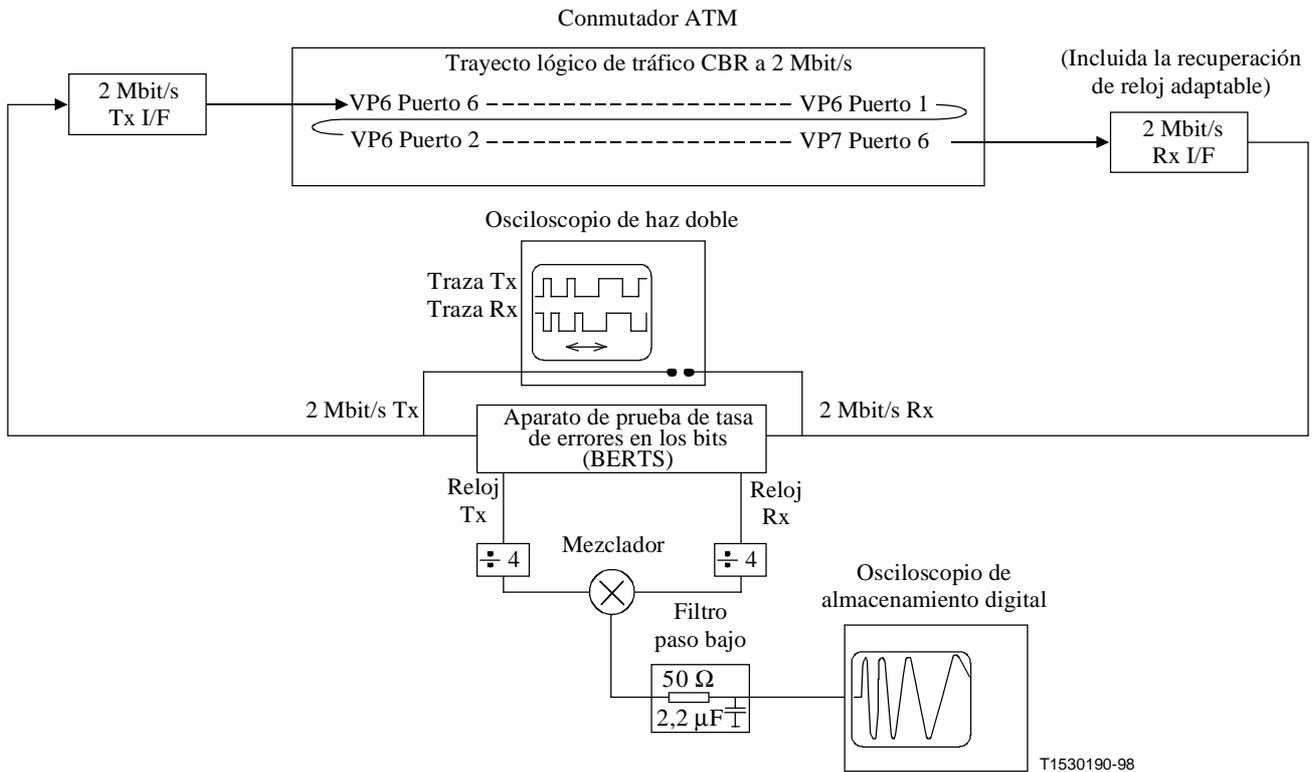


Figura I.20/I.741

Las trazas de los osciloscopios en el bloque esquemático de la figura I.20 y otras presentadas en las figuras I.6 e I.7, examinadas más adelante, muestran las características observadas en la conmutación de la carga.

La traza de "datos recibidos" en el osciloscopio de haz doble (figura I.20) fue observada para seguir el lado derecho y el izquierdo con respecto a la traza de los "datos de transmisión" a medida que la carga con distribución de Poisson fue activada y desactivada, destacando el cambio de fase inducido en el reloj de recepción. La cuestión es ¿cuántos ciclos avanza el reloj en recepción con respecto al reloj de transmisión? (Es decir, ¿cuál es la fluctuación lenta de fase cresta a cresta inducida debido al cambio de carga de la red?)

Para calcular la magnitud y velocidad del cambio de fase inducido por la carga cambiante de la red, se midió la característica mostrada en el osciloscopio de almacenamiento digital inferior (mostrada en la figura I.20). En este caso, el reloj de transmisión de referencia del equipo BERTS de medición se mezcló con el reloj recibido. El mezclador produce un solo ciclo de salida para cada ciclo de reloj atravesado por el reloj en recepción con respecto al reloj de transmisión de referencia. De este modo, la fluctuación lenta de fase inducida en el reloj en recepción a 2 Mbit/s puede ser medida simplemente contando el número de ciclos de salida del mezclador y medida en el osciloscopio con la carga activada. Mejor aún, trazando la creciente periodicidad de la forma de onda de salida del mezclador, se puede estimar la velocidad de cambio y la constante de tiempo del mecanismo de recuperación de reloj y compararlo con la respuesta prevista en la figura I.15 b).

I.3.3.2 Resultados de las mediciones

- **Tren CBR a 2 Mbit/s insertado del probador de banda ancha**

La característica de retardo del tren CBR a 2 Mbit/s generado por el probador de banda ancha se midió utilizando el probador de banda ancha con la carga de fondo con distribución de Poisson activada y desactivada. Los resultados fueron los siguientes:

	Retardo a 2 Mbit/s (μs)		
	Mínimo	Medio	Máximo
Carga de fondo desactivada 18,1% con distribución de Poisson	141,1	143,85	150,1
Carga de fondo activada 18,1% con distribución de Poisson	140,1	160,99	287,1
Diferencia de retardo medio (μs)		17,14	

La diferencia del retardo medio en ciclos de reloj (intervalos unitarios) a $2,048 \text{ MHz} = 17,14 \times 10^{-6} \times 2,048 \times 10^6 = 35 \text{ UI}$ se compara razonablemente con lo indicado por el modelo de cola M/D/1 del caso más desfavorable de 39 UI.

• **Resultados de mediciones directas del reloj en recepción a 2 Mbit/s**

Se halló que las trazas del osciloscopio de haz doble de la figura I.20 indican la fluctuación lenta de fase del reloj del orden de 1 UI cresta a cresta del reloj en recepción a 2 Mbit/s, incluso en ausencia de carga de red contendiente. Esto significa que el ruido de fase de fondo produciría una salida cresta a cresta del mezclador que oscurecería las trazas de las mediciones de salida del mezclador previstas durante la conmutación de la carga. Por consiguiente, se decidió incluir divisores de reloj (dividir por cuatro) antes del mezclador para reducir este ruido de fase de fondo por debajo de $1 \text{ UI}/4 = 0,25 \text{ UI}$ cresta a cresta, asegurando así una salida de "ruido" mucho más baja del mezclador. Dada la presencia de los divisores, para cada 4 ciclos (UI) de fluctuación de fase del reloj de red recibido, sólo se debe esperar ahora un ciclo "sinusoidal" de la salida del mezclador. La traza de la medición resultante de la activación de la carga de fondo se muestra en la figura I.21.

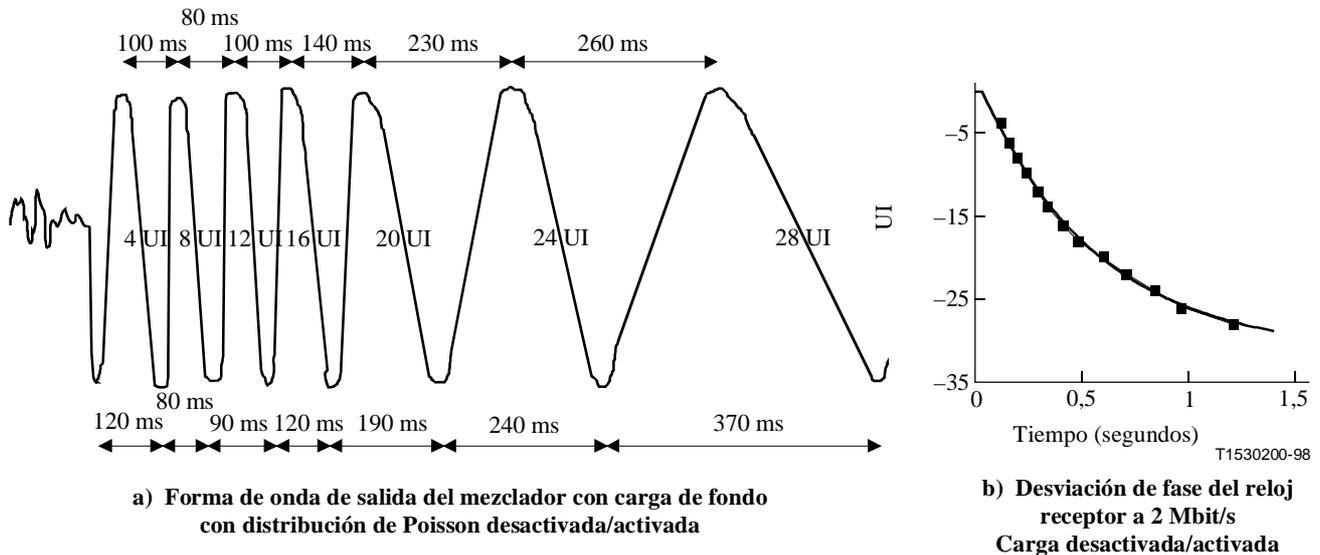


Figura I.21/I.741

y la traza resultante de la carga desactivada se muestra en la figura I.22.

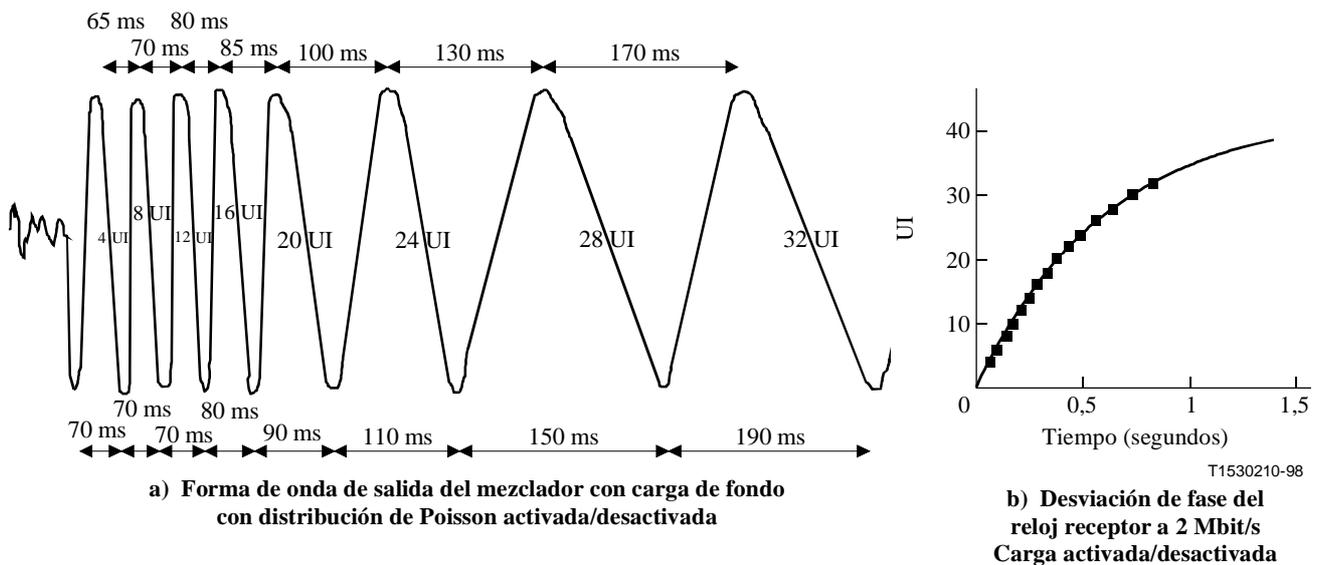


Figura I.22/I.741

El número total de ciclos en la forma de onda de salida del mezclador en el conmutador de carga activado fue 7 y en el conmutador de carga desactivado fue 8. Se puede estimar, por tanto, que el aumento de la carga de la red origina una fluctuación lenta de fase de aproximadamente $8 \times 4 = 32$ UI. Esto se concuerda bien con la medición de retardo de la carga de fondo a 2 Mbit/s, dada la incertidumbre de hasta 8 UI causada por el uso de los divisores de reloj y las respuestas del reloj adaptable a un valor cuadrático medio más bien que medio del retardo.

La constante de tiempo del reloj adaptable se puede estimar a partir de las figuras I.21 b) e I.22 b) como 0,8 aproximadamente, que concuerda bien con el resultado de la simulación de la figura I.15 b).

Este resultado muestra que, según lo previsto, la fase de salida del reloj en recepción a 2 Mbit/s sigue directamente los cambios de retardo lentos debido a la carga de la red. En el caso medido, la fase mostró un cambio de ~ 32 UI (ciclos de reloj) para un aumento de carga de ~ 0 a 93,2%.

I.3.3.3 Límites de la fluctuación lenta de fase

El límite para la fluctuación lenta de fase a largo plazo para un tren CBR PDH a 2 Mbit/s, definido por la Recomendación G.823, es 36,9 UI a $1,2 \times 10^{-5}$ Hz (límite diario de la fluctuación lenta de fase) hasta sólo 18 UI entre 0,01 Hz y 1,667 Hz. Dado cualquier cambio de la carga de red con una periodicidad mayor que la constante de tiempo del bucle enganchado en fase del reloj adaptable, la fase del reloj en recepción seguirá directamente el retardo cuadrático medio del conmutador. De este modo, por ejemplo, suponiendo el caso más desfavorable de cambios de carga de red del 93,2% durante un periodo de, digamos, un minuto, la fase del reloj en recepción cambiaría en ~ 32 UI con respecto a un límite de tolerancia del equipo hacia el destino de sólo 18 UI. Peor aún, no todo este límite de tolerancia podrá ser dividido proporcionalmente en la red ATM. Por consiguiente, parece probable que para una red con varios conmutadores ATM que tienen de horas cargadas y periodos de reposo, el tren de células CBR de salida experimentará esa fluctuación lenta de fase excesiva, que rebasa los límites indicados en la Recomendación G.823.

I.3.3.4 Límites de la fluctuación de base

El límite de fluctuación de fase para un tren CBR PDH a 2 Mbit/s, definido en la Recomendación G.823, es 1,5 UI cresta a cresta entre 20 Hz y 100 kHz. La cantidad de fluctuación de fase por encima de 20 Hz está limitada por la velocidad de cambio permitida por el bucle enganchado en fase del reloj adaptable. La cantidad de fluctuación de fase que podrá ser inducida

por un cambio progresivo de la carga de la red de ~0 a 93,2% puede ser estimada pasando las respuestas medidas de las figuras I.21 b) e I.7 b) a través de un filtro paso alto de 20 Hz. Los resultados para las figuras I.21 b) "Carga activada" e I.22 b) "Carga desactivada" se muestran en la figura I.23.

En este caso, la característica medida ha sido exponenciada y la curva adaptada al filtrado paso alto de 20 Hz. El resultado es una fluctuación de fase cresta a cresta de 1,3 UI aproximadamente que, aunque menor que el límite de 1,5 UI, es probablemente una cantidad excesiva de fluctuación lenta de fase de una sola fuente, puesto que se combina con la fluctuación de fase de otras fuentes.

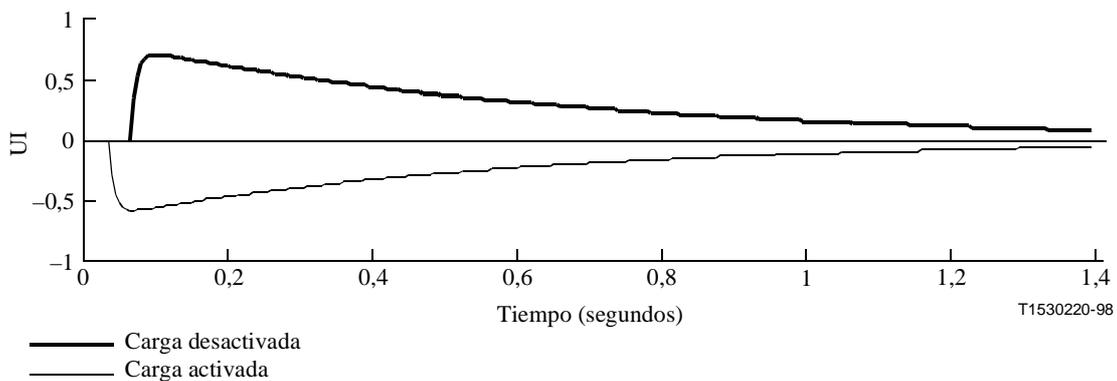


Figura I.23/I.741 – Fluctuación de fase por encima de 20 Hz

Las mediciones realizadas en el conmutador ATM y en la interfaz de transmisión CBR a 2 Mbit/s muestran que, para un conmutador con puerto de salida con cola de prioridad, la fase a largo plazo del tren de salida CBR a 2 Mbit/s seguirá los cambios de retardo lentos de la cola del conmutador causados por la carga cambiante de la red. Dado que los límites de la Recomendación G.823 para la fluctuación lenta de fase a 2 Mbit/s están entre 36,9 UI y 18 UI, parece imposible garantizar estos límites cuando se utiliza una sola cola de prioridad en asociación con recuperación de reloj adaptable. Esto es particularmente así cuando los trenes CBR están preparados para contender con cargas de datos con ráfagas muy grandes, dado que no todo el límite de tolerancia de fluctuación de fase del equipo hacia el destino puede ser dividido proporcionalmente en la red ATM. De este modo, cualquier equipo hacia el destino que depende de los límites de la Recomendación G.823 en lo que respecta a la fluctuación lenta de fase no podrá ser conectado a través de este conmutador ATM y la configuración de recuperación del reloj, ni garantizar que cumplirá la característica de fluctuación lenta de fase.

Puede ser posible reducir la fluctuación lenta de fase excesiva mediante el uso de una cola de prioridad separada para los trenes de células CBR. Por ejemplo, en el caso considerado cuando sólo existe un tren CBR, si éste fuese servido por una memoria tampón de salida de prioridad separada, experimentaría poca CDV y no causaría virtualmente fluctuación lenta de fase a la salida del circuito de reloj adaptable. Sin embargo, aun en este caso es necesario continuar los estudios, pues habría que examinar los efectos de la fluctuación de fase de tiempo de espera, los efectos de la contienda de trenes CBR a velocidades diferentes con cargas CBR más altas y la contienda con el tráfico vídeo VBR en tiempo real, si están colocados en la misma memoria tampón.

En ausencia de tales estudios, el método SRTS o el funcionamiento síncrono de redes siguen siendo las opciones preferidas para la entrega de temporización de los servicios CBR que tienen que cumplir los requisitos de fluctuación de fase y fluctuación lenta de fase de la Recomendación G.823.

En este caso, es decir, cuando se empleen memorias tampón de conmutador de una sola prioridad junto con recuperación de reloj adaptable para entregar trenes CBR, se recomienda utilizar trenes CBR sólo para los servicios que son insensibles a la fluctuación lenta de fase.

Cuando se considera el uso de la recuperación de reloj adaptable para cualquier servicio específico, hay que tener en cuenta las siguientes características en el diseño:

- a) Los parámetros del reloj de servicio transmisor, incluidas la frecuencia, la tolerancia y la velocidad de reorientación.
- b) Las características temporales y espectrales de la CDV que serán impuestas al tren de células de servicio por la red o redes ATM que atraviesa, incluidos los efectos de la contienda en los puertos y la fluctuación de fase del tiempo de espera.
- c) La función de transferencia de fase asociada con el mecanismo de recuperación de reloj adaptable.
- d) La tolerancia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del servicio específico que se transporta.

El mecanismo de sincronización adaptable tiene que ser capaz de seguir cualesquiera cambios del reloj de servicio transmisor dentro de sus límites dados de tolerancia y velocidad de reorientación y, al mismo tiempo, no seguir los cambios inducidos erróneamente por la CDV dentro de la red. Por defecto, la CDV inducirá algunas fluctuaciones al reloj recuperado que dependen de la magnitud de la CDV dentro de la red y la CDV de la función de transferencia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase del reloj de servicio recibido del mecanismo de sincronización adaptable. Sin embargo, el diseño debe asegurar que las variaciones de fase estén dentro de los límites de las especificaciones de tolerancia de fluctuación de fase/fluctuación lenta de fase específicas del servicio.

I.4 Requisitos de ruido de fase del compensador de eco

Se requiere más información sobre la tolerancia del compensador de eco al ruido de fase. Sin embargo, parece probable que con el funcionamiento síncrono de redes o la técnica SRTS dentro de la cola de eco ATM, no se degradará la calidad de funcionamiento del compensador de eco.

Es necesario continuar los estudios sobre los efectos de las técnicas de recuperación de reloj adaptable y los efectos resultantes de fluctuación lenta de fase en los compensadores de eco. Hasta ahora se ha trabajado mucho en este campo, pero es difícil decir si la calidad de funcionamiento de los compensadores se degrada en presencia de la recuperación de reloj adaptable en la cola de eco ATM.

I.5 Conclusiones

En este apéndice se han presentado brevemente las características de la variación de retardo de célula dentro de una red ATM y el efecto de esto en el funcionamiento y dimensionamiento de la memoria tampón de ejecución. Se ha mostrado también el efecto de la variación del retardo de célula en la calidad relativa del reloj cuando se utilizan métodos de funcionamiento síncrono de redes o SRTS para sincronizar los relojes del receptor y del transmisor.

Se recomienda que, cuando sea posible, se adopte una de estas dos técnicas para minimizar los efectos de ruido de fase cuando se interfunciona con compensadores de eco.

Sin embargo, reconociendo que ambas técnicas requieren la entrega de un reloj de referencia relativamente puro a ambos extremos de la red ATM, y que en algunos casos esto puede no ser posible, se puede considerar el uso de temporización adaptable a condición de que la fluctuación lenta de fase residual esté dentro de los límites de la tolerancia de ruido de fase del compensador de eco. Es necesario continuar los estudios para comprobar si las técnicas de recuperación de reloj adaptable y la fluctuación lenta de fase residual resultante serán compatibles con el funcionamiento de compensadores de eco.

SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

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