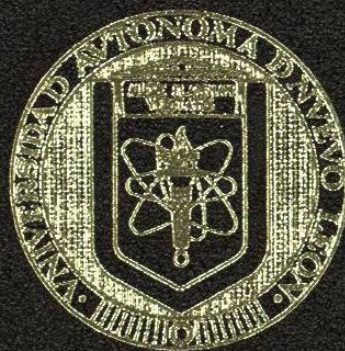


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS DE LOS FACTORES DE RETARDO DE RED  
QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE LA VOZ SOBRE  
REDES PUBLICAS DE FRAME RELAY

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS COMPUTACIONALES CON  
ESPECIALIDAD EN TELEINFORMATICA

PRESENTA

MARIA VIRGINIA FLORES GONZALEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. SEPTIEMBRE DE 1999



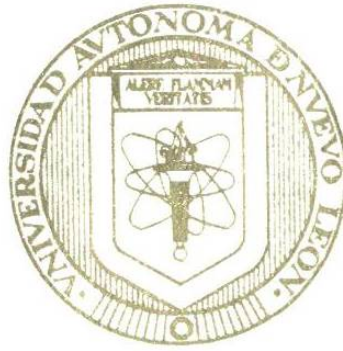
ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE RETARDO DE RED QUE AFECTAN EL  
TRANSMISORTE DE LA VOZ SOBRE REDES PÚBLICAS DE FRAMERWAY  
EN 1999

TM  
Z6651  
FCFM  
1999  
F5



1020128424

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS DE LOS FACTORES DE RETARDO DE RED  
QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE LA VOZ SOBRE  
REDES PUBLICAS DE FRAME RELAY

TESIS

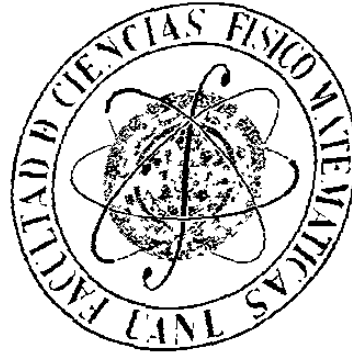
QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO DE MAESTRIA EN  
CIENCIAS COMPUTACIONALES CON  
ESPECIALIDAD EN TELEINFORMATICA

PRESENTA

MARIA VIRGINIA FLORES GONZALEZ

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L. SEPTIEMBRE DE 1999

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS**  
**DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**ANALISIS DE LOS FACTORES DE RETARDO DE RED  
QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE LA VOZ SOBRE  
REDES PUBLICAS DE FRAME RELAY**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRIA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES  
CON ESPECIALIDAD EN TELEINFORMATICA**

**PRESENTA**

**MARIA VIRGINIA FLORES GONZALEZ**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.**

**SEPTIEMBRE DE 1999**

TM  
Z E  
F FM  
999  
c

22 660



FONDO  
TESIS

**ANALISIS DE LOS FACTORES DE RETARDO DE RED  
QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE LA VOZ SOBRE  
REDES PUBLICAS DE FRAME RELAY**

**MARIA VIRGINIA FLORES GONZALEZ**

**TESIS DE MAESTRIA EN CIENCIAS COMPUTACIONALES CON ESPECIALIDAD EN  
TELEINFORMATICA APROBADA POR LA DIRECCION DE ESTUDIOS DE  
POSTGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MATEMATICAS DE LA  
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON, POR EL SIGUIENTE JURADO:**

---

**M. C. CARLOS MERLA VILLAFUERTE**

---

**DR. ROLANDO PEÑA SANCHEZ**

---

**M. A. RUBEN NIÑO DE RIVERA GARCIA**

## DEDICATORIA

A mis padres:

**Dr. Marcos Flores Cazares y Profra. Elisa González Villarreal**

*Por ser los formadores de mi persona tanto físicamente como espiritualmente, por haberme enseñado con su ejemplo a hacer del estudio una carrera de vida y que aun después de haber fallecido siguen viviendo en mi a través de sus enseñanzas  
...LOS QUIERO MUCHISIMO*

A mi tía:

**Sra. María Luisa González de Miquel**

*Por ser como una madre para mi, por los años que dedicaste a cuidarme y educarme en mi infancia... TE QUIERO MUCHO*

A mis hijas:

**Claudia y Larissa**

*Por la comprensión que recibí de ustedes ya que en la dedicación aplicada por lograr este objetivo sin duda alguna se vieron privadas de mi atención y algunos momentos difíciles con un abrazo y un beso suyo se torno más llevadero. Recuerden que los talentos que uno obtiene no son para uno sino para compartirlos con los que nos rodean... LAS QUIERO MUCHO*

A mi esposo:

**M. C. Francisco Abarca Leyva**

*Por el apoyo y la comprensión recibidos... TE AMO*



## AGRADECIMIENTOS

*A mi amigo y director de la facultad Ing. José Oscar Recio Cantú por el apoyo recibido desde que inicie mis estudios de posgrado.*

*A mi amigo y asesor de tesis M. C. Carlos Merla Villafuerte por su dedicación y guía para realizar este trabajo. mis respetos Señor.*

*A mi asesor de Seminario de Tesis Dr. Rolando Peña Sánchez por sus valiosas observaciones para la realización de este trabajo.*

*A mis maestros M. A. Ruben Niño de Rivera García, M. C. Carlos Merla Villafuerte, Dr. Rolando Peña Sánchez, M. C. Rafael Cruz Reyes, M. C. Miguel Angel Cruz Reyes, Ing. José Angel Peña Ibarra por el profesionalismo desplegado en la cátedra diaria.*

*A mis compañeros y amigos de la maestría especialmente a Margarita García Ruiz por el apoyo y amistad otorgados.*

*A la facultad de Ciencias Físico Matemáticas por haberme otorgado la beca para realizar mis estudios de posgrado.*

# CONTENIDO

	<b>Página</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
I.1 Antecedentes	1
I.2 Metodología	3
<b>II. DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA</b>	<b>6</b>
II.1 Frame Relay	6
II.2 Problemas que enfrenta el Transporte de Voz en Redes de Datos	11
II.3 Estado Actual: Norma G.PVNP/T1.PVP para la Paquetización de Voz	15
II.4 Acuerdos de Implementación	18
II.4.1 Acuerdo de Implementación para Voz sobre Frame Relay	18
II.4.2 Acuerdo de Implementación para Fragmentación en Frame Relay	20
II.4.3 Acuerdo de Implementación para Definición de Nivel de Servicio	24
<b>III. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA</b>	<b>31</b>
III.1 Introducción	31
III.2 Análisis Cualitativo del Retardo del Tráfico de Voz	31
III.2.1 Procesos o Parámetros que contribuyen al Retardo Total	32

## **CONTENIDO (Continuación)**

	Página
<b>III.2.1.1</b> Retardo en el Transmisor	<b>34</b>
<b>III.2.1.2</b> Retardo en la Interfase UNI entre el Transmisor/Receptor y la Red	<b>35</b>
<b>III.2.1.3</b> Retardo en la Red Pública	<b>36</b>
<b>III.2.1.4</b> Retardo en el Receptor	<b>37</b>
<b>III.3</b> Análisis Cuantitativo del Retardo de Tráfico de Voz	<b>37</b>
<b>IV. CONCLUSIONES</b>	<b>49</b>
<b>IV.1</b> Aportación	<b>50</b>
<b>A. APENDICE</b>	<b>51</b>
<b>A1.</b> Acuerdo de Implementación de Voz sobre Frame Relay	<b>51</b>
<b>A1.</b> Acuerdo de Implementación para Fragmentación en Frame Relay	<b>71</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>96</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>98</b>

## LISTA DE TABLAS

	Página
1. Criterio aplicable tanto a voz como a datos	4
2. Principales estándares de Frame Relay	7
3. Retardo de transmisión	36
4. Retardo de transmisión	39
5. Retardo extremo a extremo usando una trama de 80 octetos	43
6. Retardo extremo a extremo usando una trama de 70 octetos	43
7. Retardo extremo a extremo usando una trama de 60 octetos	44
8. Retardo extremo a extremo usando una trama de 50 octetos	44
9. Retardo extremo a extremo usando una trama de 40 octetos	45
11. Retardo extremo a extremo usando un transmisor con compresión G.726 ADPCM	45
12. Retardo extremo a extremo usando un transmisor con compresión G.729 CS-CELP	46



## LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Mercado mundial de Frame Relay	5
2. Formato de trama	8
3. Campo de dirección	9
4. Efectos de la congestión	10
5. Componentes en una conversación normal	12
6. Mapeo de un paquete G.764 en tramas Frame Relay	17
7. Relación entre tramas y subtramas	19
8. Tipos aplicaciones de fragmentación	21
9. Conexión y tipos de sección de conexión	25
10. Alcances de cobertura de los dominios	25
11. Retardo total	32
12. Retardo total o retardo extremo a extremo	33
13. Relación de parámetros núcleo de la capa de enlace	33
14. CIR y las políticas de administración de tráfico	34
15. Retardo extremo a extremo y su relación con el retardo fijo y variable	38
16. Modelo de red para ejemplificar transmisiones VoFR	40
17. Prioritización de tráfico de voz y de datos	47

# I. INTRODUCCION

---

## I.1 Antecedentes

Durante la última década la demanda de transmisión de datos a distancia ha empujado el desarrollo de alternativas tecnológicas cuyo objetivo es el transporte de la información con mayor eficiencia y menores costos. Lo anterior ha sido posible debido a la naturaleza misma de la señal de datos, la cuál presenta un tráfico orientado a ráfagas (burst) con transmisiones no-periódicas en el rango de varios microsegundos.

Por el lado contrario, las señales de voz (aún mediante su representación digital) presentan un comportamiento periódico y constante, lo cuál ha generado el uso de alternativas tecnológicas que son costosas y requieren de una mayor demanda de ancho de banda por parte del usuario y del proveedor de telecomunicaciones.

Una de las tecnologías de datos con mayor éxito en los últimos años es Frame Relay (relevo de tramas); la cual consiste en la transmisión de datos con el menor procesamiento posible entre dos puntos cualesquiera.

Estudios realizados en los últimos años han determinado que el transporte de la voz puede ser considerado en redes de datos si se toman en cuenta diversos factores, principalmente aquellos que tienen que ver con el retardo y los errores en la transmisión que afectan directamente a la calidad de la voz.

A diferencia de la mayor parte de los análisis de desempeño para redes de datos, en donde se considera al Caudal Eficaz (Throughput) como el parámetro a evaluar, el transporte de la voz requiere de la medición del retardo total a través de la red y sus variaciones a través de la misma.

El retardo de cualquier sistema de comunicaciones de datos esta compuesto por 3 factores principales:

- **Retardo de propagación:** Tiempo que tarda la información cuando se transmite de un lugar a otro, depende de la distancia entre el transmisor y el receptor, así como de la velocidad en el medio de transmisión.
- **Retardo de transmisión:** Tiempo que la red tarda desde el transmisor hasta el receptor; en transportar un bloque de información; depende del tamaño del paquete y de la velocidad de transmisión.
- **Retardo de procesamiento:** Tiempo que un dispositivo tarda en efectuar una operación sobre la información: digitalización, compresión, conmutación, etc.

Debido a la lentitud de los organismos internacionales de estándares en Telecomunicaciones para responder a los requerimientos del mercado, en la actualidad solo existen dos acuerdos de implementación por parte de la asociación de fabricantes de equipo Frame Relay llamada FRAME RELAY FORUM para el transporte de voz sobre Frame Relay. En el acuerdo FRF.11 (Acuerdo de Implementación para Voz sobre Frame Relay), se tratan extensiones de especificaciones Frame Relay para soportar el transporte de voz, se mencionan varios algoritmos de compresión y multiplexión de subcanales. El acuerdo FRF.12 (Acuerdo de Implementación para Fragmentación en Frame Relay) solo especifica los formatos de trama recomendados para el transporte de la voz sobre Frame Relay. El objetivo de estos acuerdos es lograr "cierto grado" de compatibilidad en los equipos para la implementación de redes privadas de Frame Relay con capacidad de voz.

Sin embargo, los FRF.11 y FRF.12 no especifican parámetros de retardo mínimos para garantizar el servicio adecuado de la voz a través de equipos intermedios de una red pública de Frame Relay.

En base a lo anterior, el objetivo de la tesis es analizar cuáles son los factores de retardo que intervienen en el deterioro de la calidad de voz a través de una Red Pública de Frame Relay, así como los niveles mínimos tolerables para garantizar la calidad de inteligibilidad y reconocimiento de la misma. El análisis anterior servirá como determinación preliminar de las expectativas de Frame Relay a corto plazo para

transporte de voz de alta calidad (toll quality) a través de proveedores de Telecomunicaciones.

## **I.2 Metodología**

Para alcanzar la meta deseada emplearemos un enfoque de sistemas, filosofía que mejora el desempeño en la investigación y en la solución de problemas porque se aplica tanto al análisis como al diseño.

Las partes por cubrir en un enfoque de sistemas son:

- **Definición de objetivos**
- **Entorno de la filosofía de la tecnología a estudiar**
  - Ventajas
  - Restricciones
- **Recursos y oportunidades**

En el punto anterior ya habíamos mencionado nuestro objetivo es el analizar cuáles factores de retardo intervienen en el deterioro de la calidad de voz a través de una Red Pública de Frame Relay, así como los niveles mínimos tolerables para garantizar la calidad de inteligibilidad y reconocimiento de la misma.

La tecnología Frame Relay fue diseñada para transportar datos, si deseamos transmitir tráfico de voz por la misma, según Gruber [Gruber, 1983] debemos tomar algunos criterios aplicables a servicios de voz y datos teniendo un enfoque de servicio/transmisión común (vea la tabla 1).



Tabla 1. Criterio aplicable tanto a voz como a datos

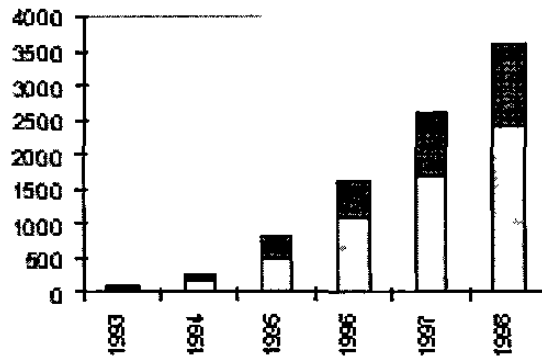
<b>Servicio</b>	<b>Transmisión</b>
Calidad del servicio	Calidad de transmisión
Retardo del servicio	Retardo de transmisión
Disponibilidad del servicio	Disponibilidad de transmisión

Si nuestra meta es analizar los parámetros de retardo del servicio y encontrar intervalos de tolerancia dentro de los cuales la calidad de la voz no se vea afectada, entonces debemos estudiar los parámetros de retardo fijo y retardo variable que afectan el servicio/transmisión para poder establecer nuestras conclusiones.

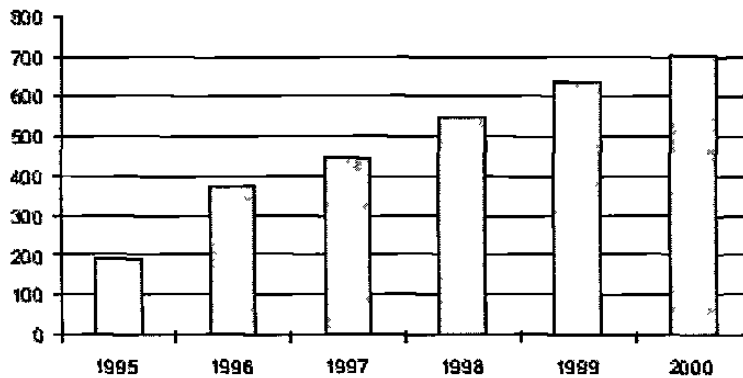
Entre las ventajas de utilización de la tecnología Frame Relay tenemos que provee una red privada virtual permitiendo el acceso a velocidades de E1/T1 a un menor costo que el de las líneas dedicadas y el ancho de banda a utilizar es sobre demanda existiendo la posibilidad de utilizar la misma red para transportar tanto el tráfico de datos como el de voz; en cuanto a las restricciones está que su diseño fue orientado hacia la transmisión de datos y en la actualidad las tecnologías FR están limitadas en su habilidad para soportar eficientemente a un costo efectivo las aplicaciones sensitivas al tiempo.

Tradicionalmente se han utilizado líneas alquiladas para realizar transmisiones de voz, estas sobre anchos de banda fijos mediante conexiones dedicadas las 24 horas del día sin importar si se usan o no pero proporcionando retardos fijos. En la actualidad se han incrementado la demanda de redes virtuales de datos, en el caso de FR, el mercado de servicios ha crecido considerablemente desde 1994, crecimiento debido a los bajos precios de ancho de banda (véase la figura 1) [ACT Networks, 1998]. Con la introducción de dispositivos con capacidad de transportar voz la utilización de servicios ha aumentado, para hacer esto posible se han realizado acuerdos de implementación

entre fabricantes para soportar el tráfico de voz sobre Frame Relay, aunque los equipos que están en el mercado operan con protocolos propietarios.



a) Mercado mundial de servicio de Frame Relay en millones de dólares



b) Pronóstico de mercado mundial de FRAD en millones de dólares

Figura 1. Mercado mundial de Frame Relay

## **II. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA**

---

### **II.1 Frame Relay**

Durante la última década, la mayoría de las comunicaciones de datos fueron realizadas mediante la conmutación de paquetes X.25, la cual consideraba como escenarios enlaces de baja velocidad y altas tasas de errores en la transmisión. Debido a los nuevos escenarios de altas velocidades y bajas tasas de error una, nueva tecnología de transporte fue necesaria con un alto caudal eficaz, un mayor ancho de banda, un costo más efectivo para el transporte de datos paquetizados y con la habilidad de tomar ventaja de las facilidades de transmisión a través de fibra óptica. En 1988, la recomendación I.122 titulada "Framework for Providing Additional Packet Mode Bearer Services", introduce una nueva forma de transmisión de paquetes; siendo ésta la más significativa contribución sobre el trabajo ISDN reflejado en los estándares de dicho año. A esta técnica se le conoce como Frame Relay.

Frame Relay esta soportado por el Comité Consultativo Internacional para Telegrafía y Telefonía (CCITT, Consultative Committee for International Telegraph and Telephone, ahora conocido como ITU), y por el Instituto Americano de Normalización (ANSI, American National Standards Institute). En la Tabla 2 se enlistan los principales estándares de Frame Relay.

Para la transferencia de información entre usuarios finales las funciones de núcleo de la recomendación Q.922 son utilizadas por Frame Relay, siendo estas:

- **Delimitación de tramas**
- **Multicanalización y demulticanalización**
- **Alineación de octetos del tráfico**
- **Revisión de tamaños máximos y mínimos de tramas**
- **Detección de errores de transmisión, de formato y operacionales**
- **Funciones de control de congestión**

Tabla 2. Principales estándares de Frame Relay

Tema	Estándar ITU	Estándar ANSI
Procedimiento de Acceso de Enlace sobre el canal D	Q.920	T1.602
Estructura de trama, procedimientos, formato de campos (LAP D)	Q.921	T1.602
"Frame Relay Framework"	I.122	T1.606
Arquitectura y descripción de servicio	I.233	T1.606
Funciones de núcleo de enlace de datos	Q.922 Anexo A	T1.618
Administración de circuito virtual permanente (PVC)	Q.923 Anexo A	T1.617(A)
Administración de la congestión	I.370	T1S1 2/91-454
Señalización de circuitos virtuales conmutados (SVC)	Q.933	T1.617(D)
Descripción del servicio red a red	I.372 & X.76	T1S1.2

Entre el usuario y la red son intercambiados parámetros relacionados con el servicio de la capa de enlace, estos son conocidos como parámetros de núcleo de la capa de enlace y son:

- **Tamaño máximo de trama:** es especificado en octetos, determinado independientemente en cada dirección, siendo 4096 octetos y los usuarios extremos pueden negociar un tamaño menor.
- **Caudal eficaz requerido/convenido:** número promedio de bits del campo de información de Frame Relay transmitido por segundo. Este valor es expresado como  $A \times 10^B$  bps, donde A es un multiplicador y B es la magnitud.
- **Mínimo caudal eficaz aceptable:** el más bajo caudal eficaz que el usuario debe aceptar.
- **Tamaño de la ráfaga:** cantidad máxima de tramas que pueden exceder el valor permitido por un caudal eficaz medio a cualquier tiempo.
- **Máximo valor de la razón de tramas:** número máximo de tramas por segundo que pueden ser enviadas en una dirección a través de la interface usuario-red.

Los parámetros asociados con el servicio de la capa de enlace de extremo a extremo son conocidos como parámetros del protocolo de la capa de enlace, esta información es intercambiada entre dos usuarios extremos y son transparentemente portados a través de la red:



- **Valor de la ventana:** máximo tamaño de la ventana deslizante de la ventana del control de flujo. Puede tomar un valor de 1 a 127.
- **Valor del contador del reconocimiento:** cantidad de tiempo que el transmisor tiene que esperar antes del reconocimiento antes de retransmitir, expresada en décimas de segundo.
- **Modo de operación:** indica los números de secuencia 3 bits o 7 bits que deberían ser usados.

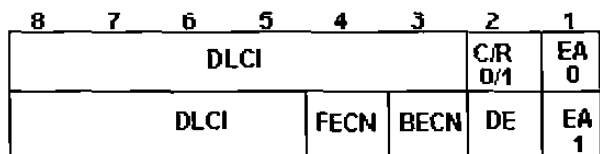
Durante la operación, la transferencia de datos del usuario se hace utilizando la unidad de datos del protocolo, conocida también como trama. Su formato es el siguiente:



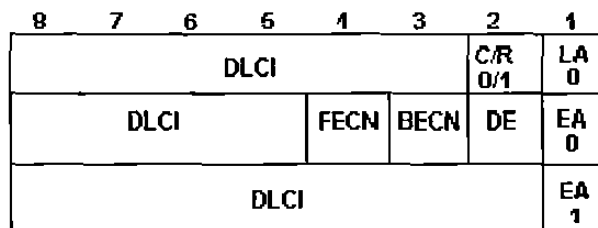
Figura 2. Formato de trama

Los campos “bandera”, situados a cada extremo delimitan la trama mediante una secuencia especial de bits. El siguiente campo es el de dirección que mantiene información sobre direcciones y control de congestión. El campo FCS (Frame Check Sequence) es verificado para cada trama que arriba; si es detectado un error, es descartada la trama.

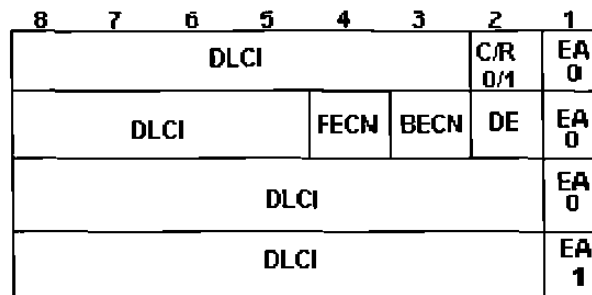
La longitud del campo de dirección es de facto igual a 2 octetos y puede ser extendida a 3 ó 4 octetos. Por lo tanto, el identificador de conexión de enlace de datos (DLCI) puede ser de 10, 17 o 24 bits. La longitud del campo de dirección está determinada por los bits del campo de extensión de dirección.



a) Campo de dirección - 2 octetos



b) Campo de dirección - 3 octetos



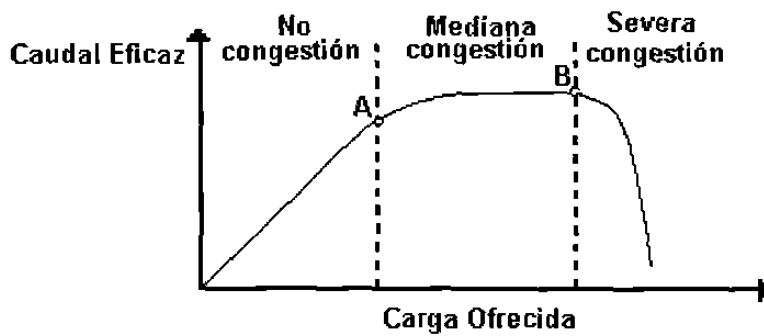
c) Campo de dirección - 4 octetos

- DLCI - Identificador de conexión lógica
- C/R - Comando/respuesta
- EA - Campo de extensión de dirección
- FECN- Notificación de congestión  
explicta hacia adelante
- BECN- Notificación de congestión  
explicta hacia atras
- DE - Capacidad de elección de descarte

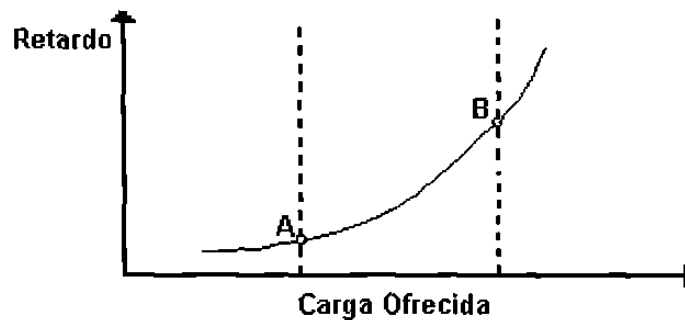
Figura 3. Campo de dirección

Uno de los principales problemas en Frame Relay es la congestión, la cual es causada por la "inundación" de tramas hacia la red sin ningún tipo de control de flujo o por fallas en la red. El control de congestión es una de esas áreas claves en el diseño de redes Frame Relay.

De acuerdo con la teoría de colas, el caudal eficaz aumenta linealmente con el aumento de la carga ofrecida, hasta un punto en el cual el primero empieza a degradarse, como consecuencia de lo anterior se tendrán severos retardos en el tiempo de respuesta de las aplicaciones y una degradación en la calidad del servicio.



a) Caudal Eficaz



b) Retardo

Figura 4. Efectos de la congestión

La norma I.3xx, de CCITT, define los objetivos para el control de congestión en Frame Relay como sigue:

- Minimizar el descarte de tramas
- Mantener, una alta probabilidad y una variación mínima, de acuerdo a la calidad de servicio
- Minimizar la probabilidad de que un usuario final monopolice los recursos de la red a expensas de otros usuarios finales

- Ser simple de implementar y tener poco sobreprocesamiento, ya sea sobre un usuario final u otra red
- Crear un mínimo de tráfico de red adicional
- Limitar la difusión de la congestión a otras redes y elementos dentro de la red
- Minimizar la variación en la calidad de servicio entregado a conexiones Frame Relay durante la congestión.

Hay dos estrategias generales para control de congestión:

- **Prevención de congestión:** procedimientos utilizados cuando se presenta congestión para minimizar el efecto en la red. Estos procedimientos utilizan las siguientes notificaciones explícitas:
  - BECN (Backward Explicit Congestion Notification).- por medio de este bit del campo de dirección, el usuario es notificado de que los procedimientos para la prevención de congestión deben ser iniciados para el tráfico que es enviado en dirección opuesta a la de la trama recibida.
  - FECN (Forward Explicit Congestion Notification).- éste notifica al usuario que los procedimientos de prevención de congestión deben ser iniciados para el tráfico que es iniciado en la misma dirección a la de la trama recibida.
- **Recuperación de congestión:** procedimientos utilizados para prevenir que la red se colapse cuando se encuentre en un grado de congestión severo. Los procedimientos son iniciados cuando la red ha empezado a tirar tramas. Las tramas tiradas deben ser reportadas por software de capa superior (Q.922 u otro) y servir como un mecanismo de notificación implícito.

## II.2 Problemas que enfrenta el Transporte de Voz en Redes de Datos

Las redes de datos están diseñadas para soportar tráfico orientado a “ráfagas” con transmisiones no periódicas en rangos de varios microsegundos. En la actualidad, la

mayoría de estas efectúan sus transmisiones haciendo una mejor utilización del ancho de banda, mejorando el desempeño debido a las bondades de la fibra óptica y eliminando o reduciendo funciones que eran necesarias cuando se contaba con otro tipo de medio. Por otro lado, las señales de voz (aún en su representación digital) presentan un comportamiento periódico y constante sin presentar un comportamiento tan marcado en términos de información a ráfagas. Si la voz ha de ser transmitida en tiempo real a través de una red de datos requiere del tener un retardo mínimo que no afecte la calidad de la voz y de un procesamiento que reduzca el ancho de banda requerido.

La conversación humana consiste de solo un 22% [Frame Relay Forum, 1996] de información esencial, como se observa en la figura 5. La transmisión de voz paquetizada entonces es posible mediante un análisis, proceso y codificación que extraiga solo la información esencial para ser transmitida y reconstruida en el destino, permitiendo de esta manera una forma de reducir el ancho de banda que se requiere durante la transmisión.

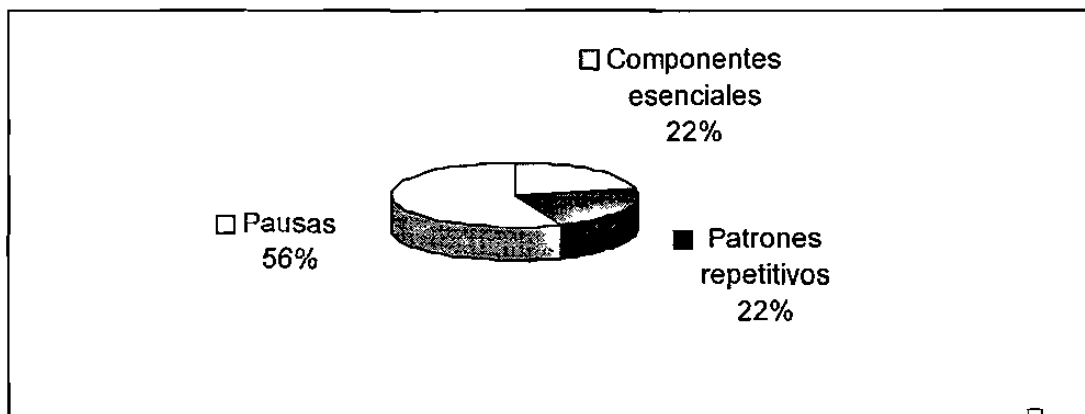


Figura 5. Componentes en una conversación normal

En cuanto al factor retardo, son varios los parámetros que deben ajustarse para mantener a éste en niveles adecuados para que la calidad de la voz recibida sea aceptable por el receptor final. A continuación discutimos (sin un orden específico) algunos de los factores que afectan la transmisión de la voz a través de Frame Relay:

- **Compresión de voz**

La compresión de voz es usada para reducir la cantidad de información necesaria para la transmisión y reconstrucción de la voz en el destino final. La compresión resulta de eliminar los patrones repetitivos y los periodos de silencio encontrados en la conversación. La voz sin comprimir ocuparía una gran cantidad de ancho de banda humana (64Kbps mediante PCM). El algoritmo ADPCM puede reducir la razón de datos a la mitad que PCM. Otros algoritmos de compresión de voz tratan de modelar el PCM más eficientemente, es decir con menos bits, por ejemplo un DSP (Digital Signal Procesor) convierte PCM a 32, 16, 8 y 4 Kbps.

- **Cancelación de eco**

Fenómeno en el cual la voz transmitida se refleja de nuevo en el punto desde el cual fue transmitida. El retardo extremo a extremo, en especial la porción de propagación cuando se trata de distancias grandes, extremo a extremo incrementa el eco, el cual puede ser detectado por el usuario final si no se elimina.

- **Retardo y variación de retardo (jitter)**

Se tienen retardos variables entre paquetes consecutivos en Frame Relay, debido a la naturaleza en ráfagas y al tamaño variable de las tramas. La variación en las diferencias de tiempos de arribo entre paquetes es llamado "jitter". Como la voz es una onda continua, durante intervalos grandes entre paquetes de voz, la regeneración de la voz da como resultado un sonido distorsionado.

- **Perdida de tramas**

La transmisión de voz sobre Frame Relay puede tener pérdida de paquetes, tal y como sucede con los datos. Una excesiva pérdida de paquetes es inaceptable tanto para el tráfico de voz como para el de datos. Sin embargo para el caso de la voz estos paquetes perdidos pueden ser críticos en la reconstrucción de la misma.

El retardo en comunicaciones de paquetes consiste de dos componentes: un **retardo fijo** y un **retardo variable**. El retardo fijo surge de la propagación de la señal sobre los enlaces de transmisión, de los retardos en almacenadores fijos para enviar y recibir los paquetes de voz y dentro de la red. El retardo variable es el resultado de las colas, la intensidad del tráfico, del número de enlaces usados y de la velocidad de los enlaces.

- **Prioritización**

La voz es un tipo de tráfico sensible al tiempo por ende al retardo, por lo que si el retardo extremo a extremo o la variación de retardo excede un límite especificado, el nivel de servicio se degrada. Para minimizar lo anterior, un mecanismo de prioritización puede ser empleado.

- **Fragmentación**

La fragmentación es usada para dividir bloques de datos en otros más pequeños, teniendo así retardos menores. La fragmentación es usada para intentar asegurar el flujo continuo de tramas de voz en la red, minimizando el retardo.

- **Técnicas de multiplexión**

Algunos vendedores de equipo ofrecen equipos FRAD (Frame Relay Access Device ó Frame Relay Assembler Disassembler) que usan diferentes técnicas de multiplexión para optimizar el ancho de banda, tales como: "Logical Link Multiplexing" y "Subchannel Multiplexing". La primera técnica permite a tramas de voz y datos compartir el mismo circuito virtual permanente. La técnica de multiplexión por subcanales es usada para combinar múltiples conversaciones dentro de la misma trama. El permitir múltiples cargas útiles de voz a través de una

sola trama debe reducir el sobreprocesamiento, lo que a su vez incrementa el desempeño sobre enlaces de baja velocidad.

- **Congestión**

En Frame Relay se tiene congestión cuando la red está sujeta a cargas máximas que sobrepasan la razón de información comprometida (CIR). Los transmisores deben detectar los estados de congestión por medio de técnicas de control de flujo las cuales pueden ser: explícitas (BECN, FECN) o implícitas (CLLM utiliza el DLCI 1023); y como respuesta debe reducir la velocidad de transmisión de acuerdo a los estándares T1.606 Anexo A ó al Q.922 Anexo A. La congestión es un problema cuyo resultado es la degradación de la red en cuanto a caudal eficaz y a tiempo de respuesta.

Algunos de estos factores están siendo manejados en equipos terminales de usuario, siendo un resultado de los acuerdos de implementación concluidos por el Foro Frame Relay, a continuación mencionamos los objetivos la norma para paquetización de la voz y posteriormente se resumen las características más importantes de estos acuerdos.

### **II.3 Estado Actual: Norma G.PVNP/T1.PVP para la Paquetización de Voz [Sherif, 1990]**

El objetivo de la norma G.PVNP/T1.PVP es asegurar la interoperatividad entre equipos Frame Relay que manejen voz y minimizar lo más posible, los problemas de incompatibilidad entre equipos de diferentes vendedores. El protocolo de paquetización comprende 3 partes:

- Procedimientos de la capa de enlace
- Procedimientos de la capa 3 para la transmisión de voz
- Procedimientos de la capa 3 para la transmisión de señalización



El protocolo de nivel de enlace es derivado de la recomendación I.441/Q.921(o sea LAPD) con algunas extensiones para voz; las cuáles incluyen una nueva trama conocida como UIH para portar voz.

La norma G.PVNP/T1.PVP usa un enfoque de Frame Relay con servicios de capa de enlace orientados a la conexión. Para cada conexión de voz con canal de señalización asociado, el estándar especifica una dirección de capa 2 para el tráfico de voz y otra para el tráfico de señalización.

El protocolo para paquetización de voz CCITT/ANSI G.PVNP/T1.PVP emplea un segmento de voz equivalente a 16ms, lo cual, corresponde a 128 muestras con un intervalo de muestreo de 8KHz; dicho segmento está determinado en función del manejo de velocidades de codificación altas.

La recomendación para el protocolo de paquetización por parte de la ITU, la G.764, está relacionada con G.727, la cual introduce el principio de bits de núcleo y bits de aumento. Los bits de núcleo son la información base, la cual es necesaria para preservar una cierta calidad de dialogo. Múltiples niveles de aumento son agregados al nivel de núcleo, cada uno equivalente a 8kbps. Cada nivel de aumento mejora la calidad de la voz, hasta un máximo de 6 niveles, ó sea una total calidad de voz.

Una sugerencia hecha al Foro de Frame Relay para una implementación de Voz sobre Frame Relay en la cual se intenta contener la recomendación G.764 para voz paquetizada mapeándola en los estándares de Frame Relay, en la siguiente figura se observa el mapeo sugerido del paquete G.764 en tramas de Frame Relay.

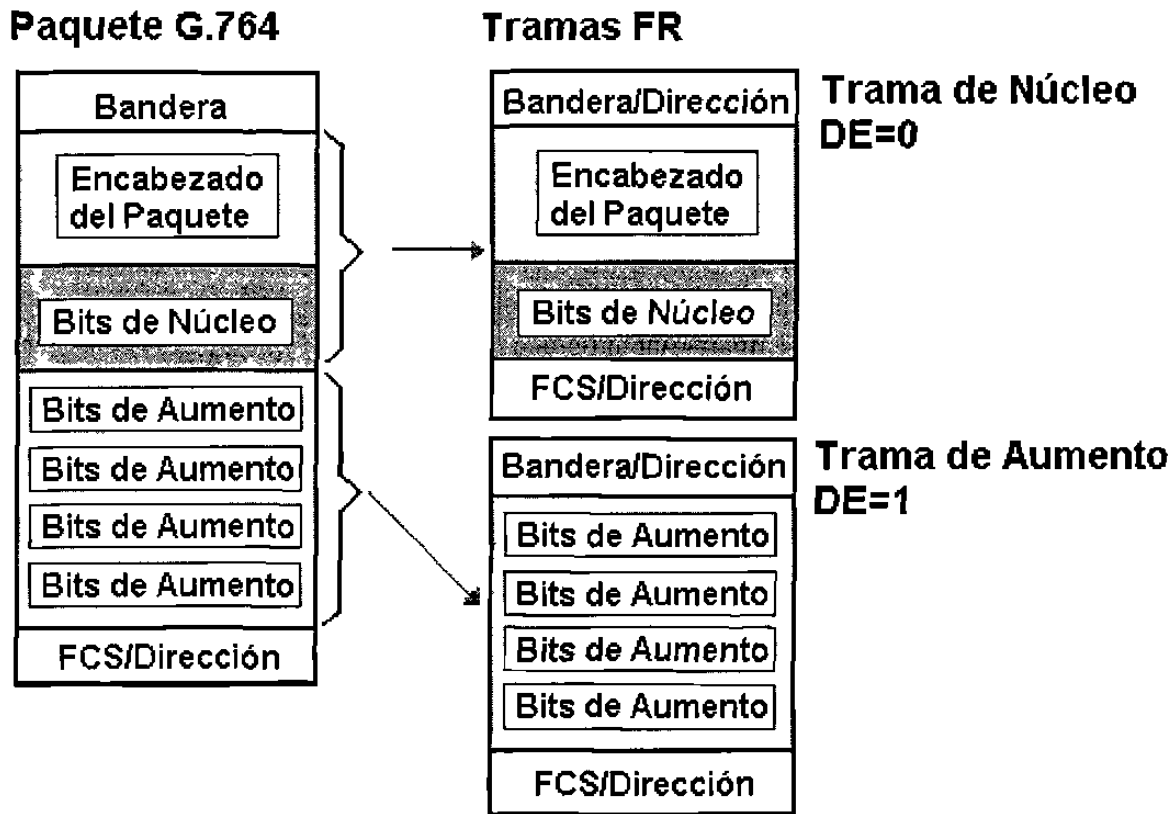


Figura 6. Mapeo de un paquete G.764 en tramas Frame Relay

A continuación se presentan los acuerdos entre fabricantes para soportar el tráfico de voz en Frame Relay.

## **II.4 Acuerdos de Implementación**

El Foro de Frame Relay ha publicado Acuerdos de Implementación, los cuales son extensiones (acordadas entre fabricantes) de especificaciones de Frame Relay para soportar el transporte de voz.

### **II.4.1 Acuerdo de Implementación para Voz sobre Frame Relay**

El acuerdo FRF.11 es una extensión de las especificaciones Frame Relay para incluir el transporte de cargas de voz digitalizadas. Los formatos de trama y los procedimientos sugeridos para el transporte de voz también son descritos. La especificación está enfocada para cumplir con los siguientes requisitos:

- Transporte de voz comprimida dentro de la carga útil de una trama Frame Relay
- Soportar diversos algoritmos de compresión de voz
- Efectiva utilización de conexiones de baja razón de bits Frame Relay
- Multiplexión hasta 255 subcanales en un solo DLCI de Frame Relay
- Soporte de cargas múltiples de voz sobre el mismo o diferente subcanal dentro de una sola trama
- Soporte de subcanales de datos sobre un DLCI multiplexado

Para transmitir el tráfico de voz a una red Frame Relay, el usuario debe tener un equipo terminal de datos (DTE) conocido como VFRAD (Voice FRAD). En otras palabras, el VFRAD usa el servicio de Frame Relay en la interfase usuario-red como una facilidad para la transmisión para voz, señalización de voz y datos.

La compresión de la voz es necesaria en aplicaciones Frame Relay para asegurar una alta calidad de audio mientras que se maximiza la utilización del ancho de banda. La mayoría de las líneas de acceso son de 64kbps, por lo que voz con razón baja de bits es requerida para transmisiones simultaneas con datos. VoFR soporta una gran variedad de algoritmos de compresión y para incrementar la interoperabilidad se

definieron dos clases: *Clase 1* es para enlaces de alta velocidad que requieren una compresión de voz tal como ADPCM, empleando el estándar G727 EADPCM típicamente a 32 Kbps (razón de compresión 2:1). La *Clase 2* es para dispositivos que utilizan enlaces de baja velocidad, empleando algoritmos de compresión de voz de razón baja de bits, específicamente el estándar G.729/G.729A CS-ACELP a 8 Kbps(razón de compresión 8:1). Lo anterior sirve para maximizar la utilización del ancho de banda, siendo esto posible debido a la múltiple carga de muestras de voz en una sola trama (figura 7), y a la minimización del sobreprocesamiento.

Antes de continuar hay que establecer que la supresión de pausas (silencios) es posible si se cuenta con detección de actividad de voz (VAD, Voice Activity Detection), hasta entonces se podrán utilizar subtramas SID (Silence Information Descriptor) para indicar el comienzo del silencio. Las cargas SID están definidas para PCM y ADPCM.

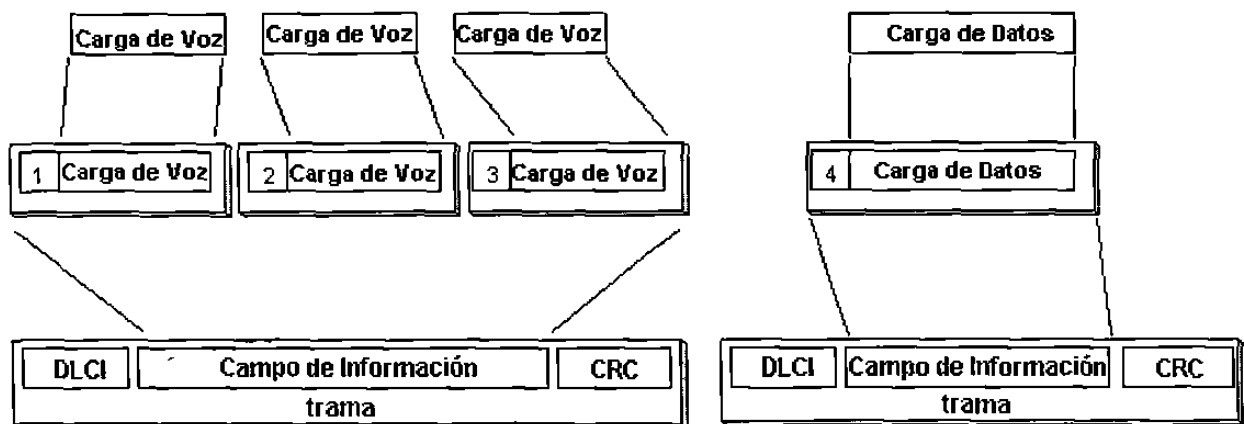


Figura 7. Relación entre tramas y subtramas

Este acuerdo no soporta circuitos virtuales conmutados (SVC, Switched Virtual Circuit). Todas las conexiones entre los dispositivos Frame Relay (DTE) con capacidad para

transmitir voz son establecidas como circuitos virtuales permanentes (PVC, Permanent Virtual Circuit). Véase copia fiel del acuerdo de implementación FRF.11 (sin anexos, el documento completo está en la referencia [Frame Relay Forum, 1997] en el anexo A1.

## **I.5.2 Acuerdo de Implementación para Fragmentación en Frame Relay**

El acuerdo FRF.12 establece el método mediante el cual los dispositivos Frame Relay DTE (Data Terminal Equipment) ó DCE (Data Communication Equipment) con capacidad de fragmentar dividen las tramas largas en tramas más pequeñas, las cuales son reensambladas por un dispositivo receptor. Algunas veces, las tramas largas pueden exceder la capacidad del caudal eficaz efectivo de las velocidades de la interfase causando retardos. En aplicaciones como la voz, el retardo reduce la calidad de la transmisión de tal manera que es perceptible por el receptor. La fragmentación de tramas largas en otras más pequeñas es importante para el tráfico en tiempo real, (tal como la voz) el cual requiere tener retardos predecibles para mantener la calidad. El principal beneficio de la fragmentación es el tener múltiples tipos de tráfico, tal como voz y datos, siendo combinados transparentemente en una interfase usuario a red (UNI, User to Network Interface) o en una interfase red a red (NNI, Network to Network Interface) en un circuito virtual permanente (PVC) para así controlar el retardo y la variación de retardo.

Este acuerdo de implementación soporta tres aplicaciones de fragmentación:

- Localmente en una interfase usuario a red (UNI).
- Localmente en una interfase de red a red (NNI).
- De extremo a extremo.

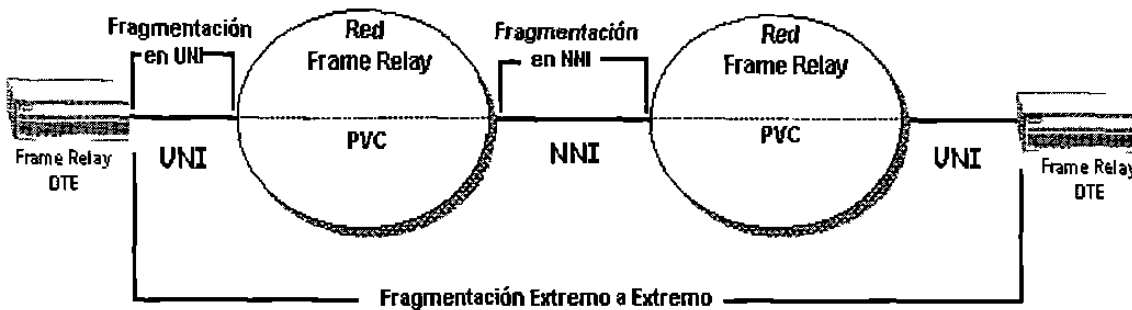


Figura 8. Tipos aplicaciones de fragmentación

De estas tres aplicaciones, la más importante es la fragmentación en la interfase UNI debido a que el tamaño de los fragmentos puede ser óptimamente configurado para proveer un retardo y variación de retardo, y estar basados en la velocidad lógica de la interfase, permitiendo a tramas de voz y de datos el compartir la misma interfase.

Con respecto a la fragmentación NNI es útil en el caso de enlaces red a red de baja velocidad en los que se transmita tráfico sensitivo al retardo y tramas de datos largas.

La fragmentación en las interfases UNI y en la NNI debe ser configurada en base a si misma. El tamaño optimo de fragmento debe ser un compromiso entre la eficiencia de tramas largas, el tamaño de MTU de la red, el retardo y la variación del retardo característicos de las aplicaciones.

En cuanto a la fragmentación extremo a extremo, ésta es utilizada entre dos equipos terminales de usuario (DTE) y el uso esta restringido al circuito virtual permanente. Este tipo de fragmentación es útil en casos en que no se cuenta con fragmentación en las interfases UNI o NNI, además de tener una o varias interfases de baja velocidad por medio de las cuales los extremos pueden intercambiar tráfico de datos y de voz. El

tamaño de la trama estará basado en la velocidad de la línea de acceso de ambas conexiones finales.

El tamaño del fragmento es configurado en el transmisor, donde dos vecinos que se comunican no necesariamente usan el mismo tamaño de fragmento. Los receptores deben ser capaces de reensamblar tramas arriba de 1600 octetos de longitud. Si un fragmento de la trama se perdió, entonces la trama completa es descartada.

Los formatos de fragmentos para las interfases UNI y NNI son iguales, donde un encabezado de fragmentación de dos octetos (algunos campos indican el primer fragmento y el último, así como el número de secuencia) precede al encabezado de Frame Relay, y esto es para todas las tramas sobre todos los DLCI (DLCI 0, PVC y SVC). Si las interfases están configuradas para soportar fragmentación, al llegar al receptor una trama que no contiene el formato de fragmentación, ésta es descartada.

En cuanto al formato utilizado en fragmentación extremo a extremo, también tiene un encabezado de fragmentación con 2 octetos, el orden en que van es diferente: primero va el encabezado de encapsulación multiprotocolo, un octeto para identificar éste tipo de fragmentación y otro para identificar al protocolo de capa de red (NLPID, Network Layer Protocol Identifier). Este tipo de fragmentación solamente es utilizado en circuitos virtuales permanentes(PVC's, no para SVC's). Los fragmentos extremo a extremo pueden ser subfragmentados en interfases NNI y estos fragmentos extremo a extremo son encapsulados en fragmentos red a red siendo estos reensamblados por la interfase red a red receptora y después transmitidos (los fragmentos extremo a extremo) a equipo terminal de usuario receptor para su reensamblaje final.

El procedimiento de fragmentación está basado en el RFC 1990. Una serie de fragmentos de datos son creados a partir la carga útil de la trama. Si una trama encapsulada debe ser fragmentada, entonces el control Q.922, el relleno opcional y el NLPID deben estar contenidos en el primer fragmento de la trama. Los octetos son transmitidos en su orden original: fragmentos. Los formatos son como se describieron

antes: los fragmentos sobre múltiples circuitos virtuales pueden ser intercalados con otro en la misma interfase. El número de secuencia es un campo de 12 bits, por lo tanto el número máximo de secuencia de fragmento es 4096 (combinaciones), además el primer fragmento enviado por un circuito virtual debe ser cero, cada vez que se envía un fragmento es incrementado éste valor, si el número de secuencia del último fragmento de una trama es N, entonces el número del primer fragmento de la siguiente trama a enviarse deberá ser "N + 1" y cuando se llega al valor  $2^{12}$  el siguiente valor deberá ser cero.

Los fragmentos de datos de VoFR son creados según se mencionó anteriormente, excepto por las siguientes consideraciones:

- Cada fragmento es precedido por un encabezado para VoFR (según FRF.11) que lo identifica como carga primaria, usando subcanal(es) para transmitir datos.
- Los fragmentos de datos son intercalados con las subtramas de voz sobre diferentes subcanales del mismo circuito virtual permanente.
- El orden de los datos debe ser mantenido en cada subcanal.
- Debido a que los números de secuencia en las tramas (según FRF.11) usan 13 bits para el número de secuencia, los procedimientos de número de secuencia deben ser incrementados en  $2^{13}$ .
- Las interfases UNI y NNI son permitidas para fragmentar tramas ya fragmentadas usando el Formato de Sintaxis de Carga Util para la Transferencia de Datos descrito en el acuerdo de implementación para el transporte de Voz sobre Frame Relay.

En cuanto a las tramas comprimidas, se sigue el multiprotocolo de encapsulación FRF.3.1, primero se comprime y luego se fragmenta.

En caso de que se tenga fragmentación extremo a extremo entonces se puede tener el caso en que una o más redes pueden interconectar los dos DTE. Si tenemos una interconexión FR/ATM y se usa transporte basado en celdas ATM, se escogería el tamaño del fragmento de acuerdo a cómo eficientemente los fragmentos pueden ser paquetizados en celdas ATM. Véase copia fiel del FRF.12 en el anexo A2.



### II.4.3 Acuerdo de Implementación para Definición de Nivel de Servicio

El acuerdo de implementación FRF.13 provee definiciones de parámetros para la transferencia, los cuales describen el desempeño (performance) del servicio de Frame Relay. Estos parámetros pueden ser usados en acuerdos de Nivel de Servicio de red establecidos entre un proveedor de servicio y un cliente. Estos también pueden ser aplicados en la fase de transferencia de información en circuitos virtuales permanentes (PVC) o en circuitos virtuales conmutados (SVC). Generalmente este acuerdo de implementación sigue los principios detallados en ITU-T X.144.

El enfoque de este acuerdo es la definición de los siguientes parámetros:

- Retardo de transferencia de tramas
- Razón de entrega de tramas
- Razón de entrega de información
- Disponibilidad de servicio

Los usuarios finales de los servicios de Frame Relay utilizan estos parámetros para:

- Comparar a los diferentes proveedores de servicio de redes Frame Relay
- Medir la calidad para un específico servicio Frame Relay
- Respetar los compromisos contractuales

Tipos de secciones de conexión a utilizar son:

- Circuito de acceso
- Circuito de interconexión
- Red de acceso
- Red de tránsito

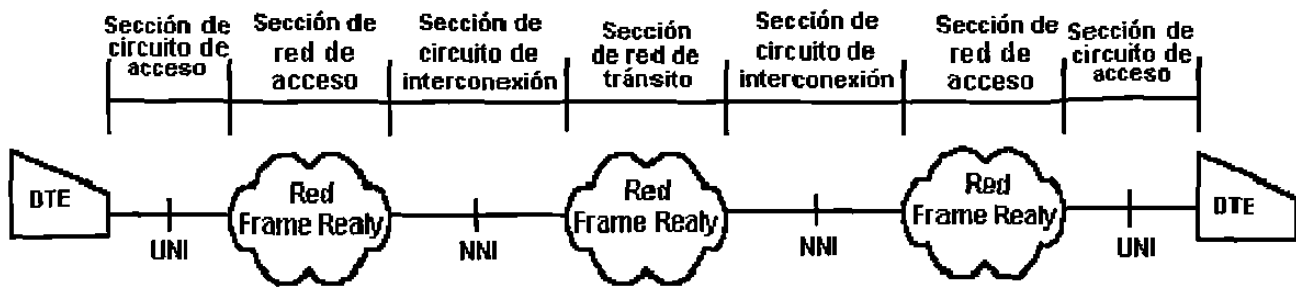


Figura 9. Conexión y tipos de sección de conexión

Las definiciones de nivel de servicio se aplican a secciones de conexión antes descritas, el alcance de cobertura puede incluir los siguientes dominios:

- **Límite a la frontera de la interfase (Edge-to-Edge Interface).**- sección de conexión donde el proveedor de servicio tiene control directo.
- **Límite a la cola de la frontera (Edge-to-Edge Queue).**- sección como la anterior pero excluye la cola de egreso al destino, lugar donde puede haber retardos y pérdidas.
- **Extremo a extremo.**- sección de conexión desde la fuente hasta el destino.

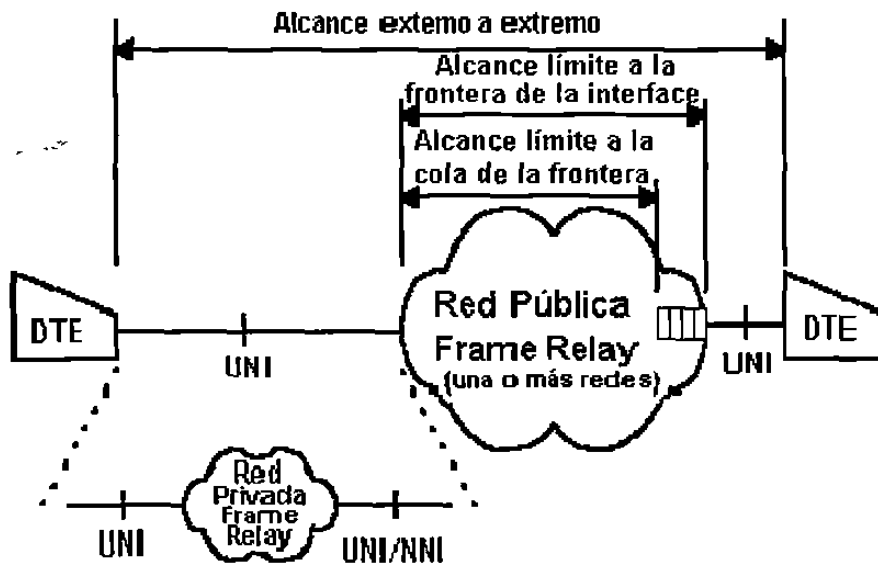


Figura 10. Alcances de cobertura de los dominios

Los parámetros de **Retardo** en la transferencia de trama, reportan el tiempo requerido para transportar datos a través de la red. El parámetro de nivel de servicio para retardo en la transferencia de trama es la diferencia en milisegundos entre el tiempo que la trama sale de la fuente y el tiempo en que entra al destino. La formal definición para retardo en la transferencia de trama es:

$$FTD = t_2 - t_1$$

Donde:

- $t_1$  es el tiempo en milisegundos cuando la trama sale de la fuente
- $t_2$  es el tiempo en milisegundos cuando la trama arriba al destino

Las mediciones de retardo pueden ser estructuradas para producir parámetros en cada uno de los tres dominios mencionados. Los acuerdos de nivel de servicio que utilicen mediciones de retardo deben describir lo siguiente:

- Dominio de medición
- Puntos de referencia
- Mecanismo de medición de retardo
- Identificación de conexiones sujetas a medición
- Frecuencia de medición
- Tamaño de trama

Otro de los parámetros definidos en este nivel de servicio es la **Razón de Entrega de Tramas** (FDR, Frame Delivery Ratio) que nos reporta la efectividad de la red en transportar una carga en una sola dirección de una conexión virtual. EL FDR es la razón de la recepción de tramas exitosas con respecto a las tramas transmitidas. Las tramas entregadas con éxito son referidas como tramas entregadas y pueden ser diferenciadas como razón de información comprometida o exceso de ráfaga. Las tres razones definidas son:

- Razón de tramas entregadas:

$$FDR = \frac{\text{Tramas-Entregadas}_c + \text{Tramas-Entregadas}_e}{\text{Tramas-Transmitidas}_c + \text{Tramas-Transmitidas}_e} = \frac{\text{Tramas-Entregadas}_{c+e}}{\text{Tramas-Transmitidas}_{c+e}}$$

- Razón de tramas entregadas correspondientes a tramas entregadas dentro de la razón de información comprometida:

$$FDR_c = \frac{\text{Tramas-Entregadas}_c}{\text{Tramas-Transmitidas}_c}$$

- Razón de tramas entregadas correspondientes a tramas entregadas en exceso a la razón de información comprometida:

$$FDR_e = \frac{\text{Tramas-Entregadas}_e}{\text{Tramas-Transmitidas}_e}$$

El acuerdo de nivel de servicio que utiliza parámetros de Razón de Entrega de Tramas debe describir lo siguiente:

- Mecanismo de medición
- Identificación de conexiones sujetas a medición
- Puntos de referencia aplicables
- Ajustes específicos aplicados por una implementación de red

En cuanto a los ajustes que pueden ser aplicados a las tramas transmitidas y las entregadas, puede considerarse lo siguiente: **tramas descartadas** por congestión al ingreso a la red, por saturación en colas ó por motivo desconocido durante el tránsito, y/o pérdidas por falla a la salida de la red; **tramas perdidas** por *longitud* de la trama ó error en FCS, por pérdida en el CPE debido a fallas, por congestión en la salida de la cola de egreso debido a sobresubscripción y por tramas que sobrepasan el límite de tramas por transmitir(razón comprometida más razón en exceso).

El parámetro **Razón de Entrega de Datos (DDR)** de nivel de servicio reporta la efectividad de la red para transportar los datos (carga eficaz) en una sola dirección de una conexión virtual. La razón de entrega de datos es una razón de los octetos de la carga útil recibidos exitosamente con respecto a los octetos de la carga útil transmitidos. Las tres razones de entrega de datos que pueden ser reportados son:

- Razón de entrega de datos

$$DDR = \frac{\text{Datos-Entregados}_c + \text{Datos-Entregados}_e}{\text{Datos-Transmitidos}_c + \text{Datos-Transmitidos}_e} = \frac{\text{Datos-Entregados}_{c+e}}{\text{Datos-Transmitidos}_{c+e}}$$

- Razón de entrega de datos dentro de la razón de información comprometida

$$DDR_c = \frac{\text{Datos-Entregados}_c}{\text{Datos-Transmitidos}_c}$$

- Razón de entrega de datos en exceso a la razón de información comprometida

$$DDR_e = \frac{\text{Datos-Entregados}_e}{\text{Datos-Transmitidos}_e}$$

Los acuerdos de nivel de servicio que utilicen parámetros de Razón de Entrega de Datos deben describir lo siguiente:

- Mecanismo de medición DDR
- Identificación de conexiones sujetas a medición
- Puntos de referencia
- Ajustes específicos aplicados por implementación de red

La **Disponibilidad de Servicio** puede ser definida basándose en circuito virtual y/o en el puerto, pero en este acuerdo solo se especifican parámetros basados en conexiones virtuales. La disponibilidad del servicio es afectada por las fallas (caídas) que interrumpen el transporte de tráfico. Las caídas en la red, pueden deberse a dos causas: fallas en la red (fallas-red) y a fallas que no dependen del control de la red, por ejemplo: programación de mantenimiento, las cuales vamos a identificar como otras fallas. La disponibilidad del servicio puede ser descrita usando tres parámetros:

- Disponibilidad de conexión virtual Frame Relay

$$FRVCA = \frac{\text{Intervalo-tiempo} - \text{Tiempo-fallas-red} - \text{Tiempo-otras-fallas}}{\text{Intervalo-tiempo} - \text{Tiempo-otras-fallas}} * 100$$

- Tiempo promedio para reparar una conexión virtual

$$FRMTTR = \frac{\text{Tiempo-fallas-red}}{\text{Contador-fallas}} \quad \text{Si Contador-fallas} > 0$$

$$FRMTTR = 0 \quad \text{Si Contador-fallas} = 0$$

- Tiempo promedio entre fallas de servicio para conexiones virtuales

$$FRMTBSO = \frac{\text{Intervalo-tiempo} - \text{Tiempo-fallas-red} - \text{Tiempo-otras-fallas}}{\text{Tiempo-otras-fallas}}$$

para Contador-fallas > 0. Si Contador-fallas = 0 entonces FRMTBSO = 0

Los acuerdos de nivel de servicio en cuanto a disponibilidad de servicio describen lo siguiente:

- Mecanismos usados para determinar la disponibilidad de conexión

- Políticas para clasificación de fallas
- Mínimos de umbrales de fallas
- Identificación de conexiones sujetas a medición

En este acuerdo de implementación no se definen parámetros para variación de retardo, son considerados como tema para estudios posteriores. No se especifican mecanismos para realizar las mediciones, ni mecanismos OA&M.

### **III. ANALISIS DE LA PROBLEMÁTICA**

---

#### **III.1 Introducción**

Tradicionalmente han sido utilizadas líneas dedicadas para realizar transmisiones de voz, siendo estas sobre anchos de banda fijos proporcionando retardos fijos y garantizando así un cierto ancho de banda. En la actualidad, se ha incrementado la demanda de redes virtuales de datos; estas redes al principio eran utilizadas para el transporte de tráfico de datos y de un tiempo para acá se ha integrado el tráfico de voz, siendo las razones para la integración, el tener ambos tráficos a través de una misma red, la disponibilidad de ancho de banda y el tener un costo más efectivo. Si la voz ha de ser transmitida en tiempo real a través de una red de datos, ésta requiere tener un retardo que no afecte la calidad de la voz y un procesamiento que reduzca el ancho de banda requerido. Los esfuerzos realizados por los fabricantes de equipos terminales de usuario para tener un cierto grado de interoperabilidad entre equipos terminales de usuario, (además de las características para el manejo de tráfico de voz ya mencionadas) no son suficientes para garantizar los servicios de voz, problema que hoy en día lleva a que los proveedores de servicios de telecomunicaciones no se hagan responsables de garantizar el servicio de voz sobre redes como Frame Relay.

#### **III.2 Análisis Cualitativo del Retardo del Tráfico de Voz**

El retardo que experimenta la voz paquetizada a través de una red de conmutación de paquetes puede ser de dos tipos: **retardo fijo** y **retardo variable**. El retardo fijo se presenta como un parámetro perceptible (el cual dificulta una conversación interactiva, como en los enlaces satelitales) pero sin afectar la calidad de voz; sin embargo aquellas variaciones de retardo (retardo variable) que son aceptables para transmisiones digitales de datos usualmente afectan el tráfico de voz ocasionando problemas de distorsión.



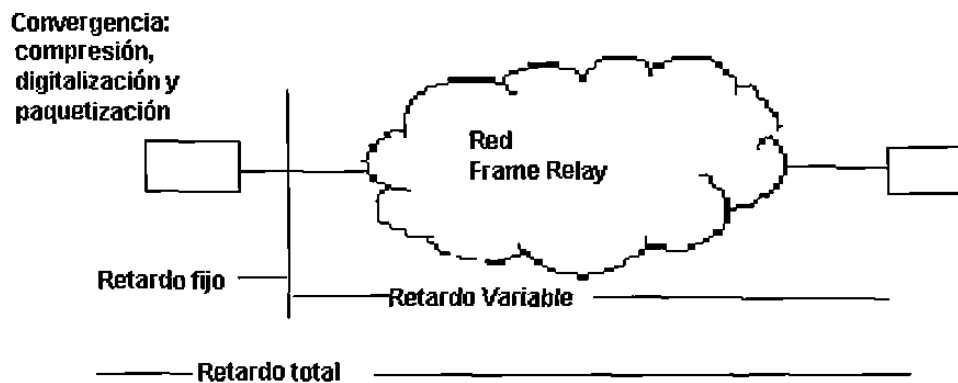


Figura 11. Retardo total

### III.2.1 Procesos o Parámetros que Contribuyen al Retardo Total

El tráfico de voz experimenta desde la fuente hasta el destino, una serie de procesamientos los cuales contribuyen al retardo extremo a extremo. A continuación mencionamos donde se producen estos procesamientos:

1. Transmisor
2. Interfase UNI entre el transmisor y el primer DCE de la red pública
3. Red Pública
  - Nodos
  - Interfase NNI
4. Interface entre el último DCE de la red pública y el receptor
5. Receptor

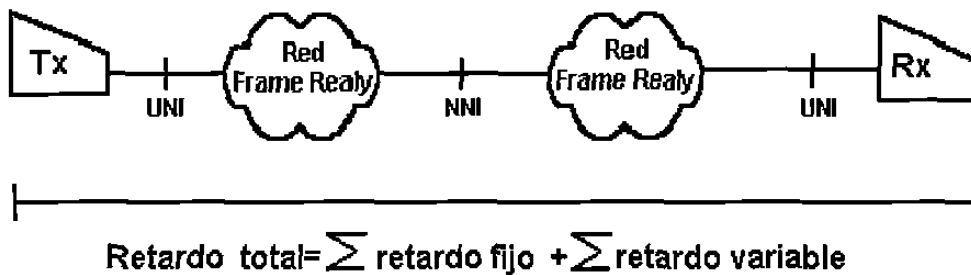


Figura 12. Retardo total o retardo extremo a extremo

Antes de detallar los procesos que experimenta la voz desde el transmisor hasta el receptor, cabe mencionar que los parámetros relacionados con el servicio de la capa de enlace (los parámetros de núcleo que son intercambiados entre el usuario y la red, aunque estos son opcionales una vez que son establecidos) limitan la cantidad información transmitida en un momento dado contribuyendo al retardo de transmisión.

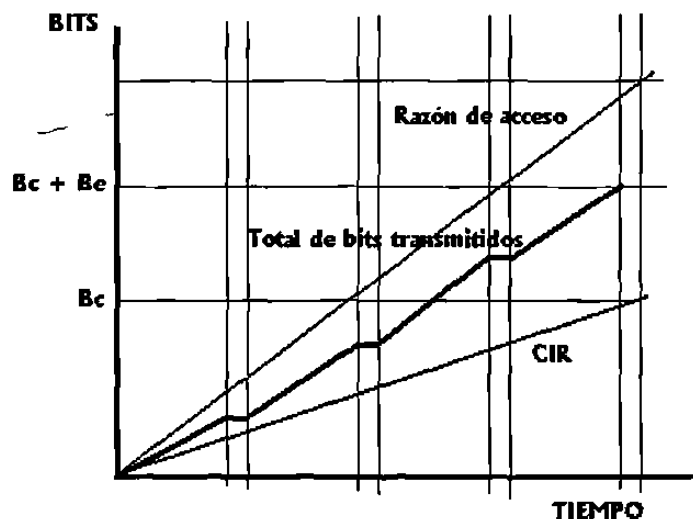


Figura 13. Relación de parámetros núcleo de la capa de enlace

Visto de otra forma, por encima de la razón de información comprometida se define el máximo que la red va a aceptar transmitir durante un tiempo permitido, sin embargo este tráfico no está garantizado y puede ser que no llegue al extremo si la red esta congestionada en algún punto y si se transmite por encima de ese  $B_c + B_e$ , la red se autoprotege descartando ese tráfico en exceso.

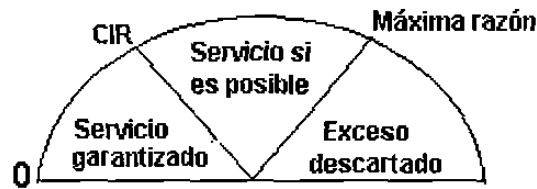


Figura 14. CIR y las políticas de administración de tráfico

### II.2.1.1 Retardo en el Transmisor

Para ser transmitida la voz por el transmisor, ésta es digitalizada mediante la técnica PCM. Si se tiene detección de actividad de voz, los periodos de silencio pueden ser codificados (suprimidos) de tal forma que en el receptor puedan ser reconstruidos (haciendo así un uso más eficiente del ancho de banda), ya que estos periodos de silencio pueden ser aproximadamente de un 60 % del tiempo total de la conversación.

Además, los algoritmos de compresión reducen la razón de información a transmitir, uno de estos es ADPCM que puede reducir a la mitad la razón de datos a transmitir PCM (64Kbps), manteniendo la misma calidad de voz. Otro algoritmo de compresión es G.729 (compresión 8:1) y los tiempos de retardo de compresión se muestran a continuación:

- G.726 ADPCM (16,24,32,40 Kbps): 0.125 microsegundos
- G.728 LD-CELP (16Kbps): 2.5 milisegundos
- G.729 CS-ACELP (8 Kbps): 10 milisegundos

- G.723 MultiRate Coder (5.3,6.3 Kbps): 30 milisegundos

Cuando la distancia entre el transmisor y el receptor es grande, el retardo de propagación se incrementa hasta llegar a un punto en que se presenta eco (donde la voz transmitida es reflejada hacia el punto en el que fue transmitida). En el retardo extremo a extremo se aumenta el eco, por lo que si éste no es suprimido, es detectado por el receptor. Los estándares G.165 y G.168 son utilizados para la cancelación del eco.

La formación de los paquetes de voz incluye la formación de tramas y la forma en que estas son multiplexadas (Multiplexión del Enlace Lógico y Multiplexión por Subcanales), otro tiempo que debe incluirse es el de fragmentación, pudiendo ser extremo a extremo o relativa a la interface usuario-red. Otros dos parámetros importantes son el tamaño de las subtramas y el tamaño de los fragmentos, valores que deben reflejarse en el retardo en especial en el de paquetización y en el de transmisión (vea la tabla 3).

En el transmisor, el tiempo de compresión de voz es el de mayor peso en el retardo provocado en este.

### **II.2.1.2 Retardo en la Interfase UNI entre el Transmisor/Receptor y la Red**

El retardo de transmisión es uno de los más importantes y que afecta más al retardo total, este depende de la velocidad del enlace y del tamaño de la trama, se pudiera pensar que es variable ya que varía con respecto varía el tamaño de la trama y la velocidad del enlace, pero una vez que se ha fijado la velocidad del enlace, y como sabemos que el tamaño de la trama es una restricción propia de los equipos entonces para fines prácticos lo podemos considerar fijo (ver tabla 3).

Tabla 3. Retardo de transmisión

Velocidad	Trama	
	4096 octetos	1600 octetos
64 kbps	512 mseg	200 mseg
128 kbps	256 mseg	100 mseg
256 kbps	128 mseg	50 mseg
384 kbps	85.33 mseg	33.33 mseg
512 kbps	64 mseg	25 mseg
1024 kbps	32 mseg	12.5 mseg
2048 kbps	16 mseg	6.25 mseg

Por medio de esta interface UNI la razón mínima que podemos tener es la razón de información comprometida y la mayor será la razón de acceso.

### III.2.1.3 Retardo en la Red Pública

En cada nodo por el que es transmitida la información, la trama es conmutada y encolada para su transmisión, teniendo los siguientes retardos:

- Retardo de conmutación: tiempo desde que una trama es recibida en un "enlace" de entrada y es colocada en un "enlace" de salida.
- Retardo en colas: tiempo que la trama espera desde que entra al almacenamiento del nodo de conmutación hasta que sale, este depende de la longitud de la cola y de la utilización de este, por lo que es considerado un retardo variable.
- Retardo por el proceso de fragmentación: Las tramas pueden ser sujetas a una fragmentación relativa a la interface red a red.

Retardo de transmisión NNI: La velocidad de transmisión en la interface red a red dependerá de la velocidad en que la información es transmitida (igual a la de la UNI, u otra) y del tamaño de la trama.

Otro factor que puede incidir en el retardo que puede sufrir la transmisión de voz en la red pública es por el uso de otros protocolos.

#### III.2.1.4 Retardo en el Receptor

El proceso será al inverso del transmisor, además de incluir un proceso para la eliminación de la diferencia entre tiempos de arribo de los paquetes. La eliminación de la diferencia entre tiempos de arribo (jitter) es un problema compuesto ya los paquetes de voz arriban en intervalos variables y estos se colectan y almacenan lo suficiente para permitir que los paquetes lentos arriben en tiempo para ser colocados en la secuencia. Esto último causa un retardo adicional.

### III.3 Análisis Cuantitativo del Retardo de Tráfico de Voz

Conforme realizamos nuestro análisis mencionaremos definiciones, recomendaciones y deducciones realizadas por investigadores que han realizado trabajos sobre tráfico de voz. En el análisis tomamos un ejemplo de red sobre el cual se hace una valuación del retardo total así como de los parámetros que influyen en él, teniendo en cuenta las recomendaciones dadas. Finalmente presentamos el resultado de éstos parámetros, el cual nos dará una guía para la conclusión del presente trabajo de tesis.

Recapitulando, el **retardo** que experimenta el tráfico de voz [Sherif, 1990] puede ser:

- **Fijo.**- Este surge de la propagación de la señal en los enlaces de transmisión y de los retardos al utilizar almacenadores fijos durante la transmisión en la red
- **Variable.**- Son el resultado de encolamiento, de procesamiento de paquetes y de variaciones de retardos en transmisiones; el retardo variable depende de la ruta de transmisión de cada paquete, de la intensidad del tráfico, del número de enlaces y de la velocidad de los enlaces.

El resultado de evaluaciones indica que el retardo extremo a extremo debe ser alrededor de 300ms (libre de eco) y con una pérdida de paquetes del 2% [Gopal, 1989]. Algunos proveedores de servicio garantizan retardos de red de alrededor de 100 ms, mencionando que el máximo retardo debería de ser de 250 ms ya que estos retardos son perceptibles [Jenkins, 1998]. Por otro lado, a retardos mayores de 150 ms se sabe que se empieza a degradar la naturalidad de la voz y conforme se aproxima a 300 ms la degradación es bastante notable [Yashiro, 1988], [Sherif, 1990], por lo que se tiene que los requerimientos de retardo extremo a extremo deben estar entre 100-200 ms [Minoli, 1979]. Para proveer un consistente nivel de calidad, el retardo variable a través de la red debe estar entre 50-100 ms entre consecutivos paquetes, un retardo de 100ms puede ser percibido como un cambio de silencio, o de volumen o de diálogo en medio de una frase por pérdida de diálogo; entonces para eliminar ésta distorsión se requiere un máximo retardo variable de 50 ms a través de la red [SCITEC].

Entonces para nuestro análisis cuantitativo tomemos un máximo retardo extremo a extremo de 150ms y un máximo retardo variable de 50ms.

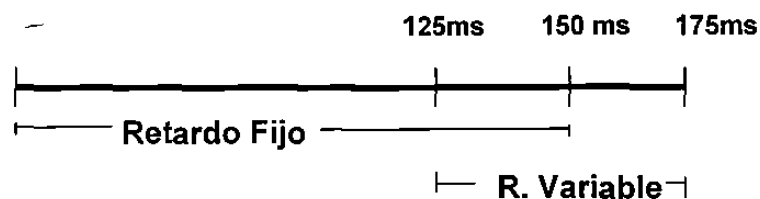


Figura 15. Retardo extremo a extremo y su relación con el retardo fijo y variable.

Uno de los retardos que más afecta al retardo total y en especial al retardo variable es el retardo de transmisión (véase la tabla 3), por ejemplo: si nuestros enlaces son de 64kbps y consideramos cualesquiera de los dos tamaños de trama presentados, el retardo de transmisión total sobrepasa el máximo límite recomendado y establecido para nuestro análisis. Aquí hay dos parámetros que pueden variar para disminuirlo: la velocidad de los enlaces y el tamaño de la trama. Si optamos por el de la velocidad de los enlaces esto trae como consecuencia un mayor costo por el servicio pero también hay que considerar que la mayoría de las razones de acceso utilizados en FR son de 56/64 kbps, por lo que se debe elegir el variar el tamaño de la trama. Observemos como cambia el retardo de transmisión de acuerdo a diferentes valores de velocidades y de trama (véase la tabla 4).

Tabla 4. Retardo de transmisión

Trama \ Velocidad	4096	1600	800	400	200	100	80	70	60	50	40	6
64	512	200	100	50	25	12.5	10	8.75	7.5	6.5	5	0.75
128	256	100	50	25	12.5	6.25	5	4.37	3.75	3.12	2.5	0.37
256	128	50	25	12.5	6.25	3.12	2.5	2.18	1.8	1.56	1.25	0.18
384	85.33	33.33	16.66	8.33	4.16	2.08	1.66	1.45	1.25	1.04	0.83	0.12
512	64	25	12.5	6.25	3.12	1.56	1.25	1.09	0.93	0.78	0.62	0.09
1024	32	12.5	6.25	3.12	1.56	0.7	0.62	0.54	0.46	0.39	0.31	0.04
2048	16	6.25	3.125	1.562	0.78	0.39	0.31	0.27	0.234	0.195	0.15	0.02

NOTAS: 1. Las velocidades de los enlaces están dadas en Kbps.

2. El tamaño de la trama está en octetos.

3. El retardo está en milisegundos.

Si consideramos que el envío de voz se realiza con las variaciones de trama estándares de la tecnología FR tendríamos una variación de retardo igual a 511.98ms. Este resultado se obtiene de observar el peor de los casos con respecto al mejor de los



casos. Deducimos que el retardo de transmisión afecta al tráfico de voz y el no restringir el tamaño de la trama puede degradar la calidad del servicio de voz.

Además, el tamaño de la trama afecta tanto el retardo de transmisión como el de paquetización[Gopal, 1989]. Para minimizar el retardo de paquetización y el efecto perceptual de pérdida de paquetes en el extremo receptor el paquete debe ser tan pequeño como sea posible no debe contener más de 50 ms de diálogo y la longitud óptima debe estar entre 16 y 32 ms. Otro punto importante el número de bits de diálogo debe ser tan grande como sea posible para reducir los bits para sobreprocesamiento – del encabezado ó de overhead). Para reunir los requerimientos de retardo extremo a extremo –entre 100 y 200 ms- debe ser del orden de 40 a 80 octetos[Sherif, 1990].

A continuación está nuestro ejemplo de red sobre el cual realizamos nuestras valuaciones.

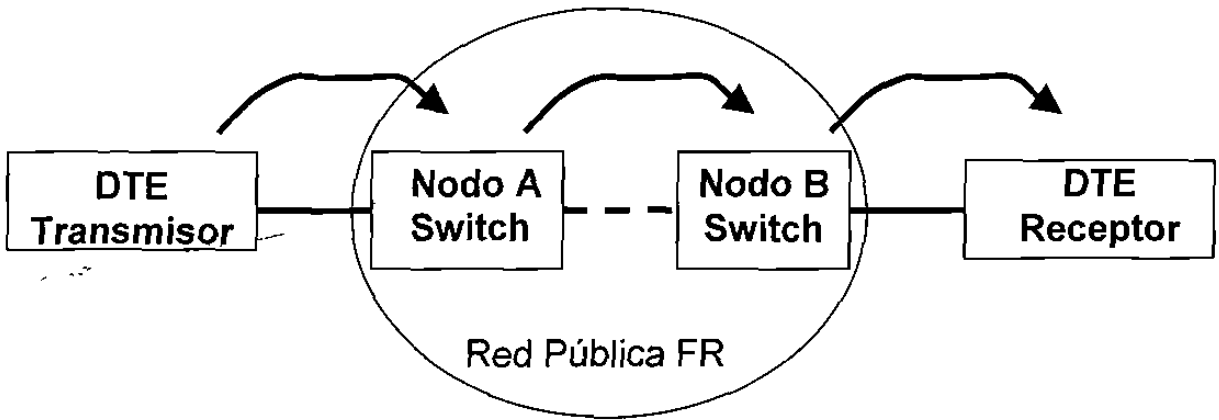


Figura 16. Modelo de red para ejemplificar transmisiones VoFR

Ahora bien supongamos que el caso más simple de nuestro ejemplo de red consta de 2 nodos de red o sean dos DCE y el más complejo tiene 5 nodos de red.

Como habíamos mencionado antes, los siguientes factores afectan al retardo extremo a extremo:

- **Retardo en el transmisor:** utilizamos el retardo de compresión de  $0.125\mu\text{s}$  relativo al algoritmo G.726 ADPCM ( $0.125\ \mu\text{s} = 0.000125\text{ms}$ ) y un promedio de retardo de procesamiento de 30ms (obtenido de acuerdo al intervalo proporcionado por Jenkins) [Jenkins, 1998] adicional al retardo de compresión realizado por el transmisor.
- **Retardo de conmutación:** este es el tiempo que le toma al conmutador recibir la trama de un enlace de entrada, interpretar la información apropiadamente y pasar el mismo paquete al relevante enlace de salida. Este tiempo es medido desde que el último bit de la trama es recibido hasta que el primer bit de la trama esta disponible para la transmisión, por lo que este retardo no depende de la velocidad de los enlaces ni del tamaño de la trama. Asumimos retardos de conmutación típicos de 2ms [Smith,1995]. El desempeño de un conmutador bien diseñado no debe verse afectado por el tamaño de la trama[Smith ,1995].
- **Retardo de decodificación:** tiempo que tarda el receptor en convertir una trama de voz en una señal de voz, siendo de 4ms según ACT Networks [ACT Networks, 1999].
- **Tiempo de acuerdo al tamaño del almacenador para la eliminación de variaciones entre arribo de paquetes (jitter buffer):** tiempo que el receptor tarda en compensar estas variaciones agregando un retardo adicional al tamaño del almacenador, siendo de 72ms para compensar variaciones de 50ms según ACT Networks [ACT Networks, 1999].
- **Retardos en colas:** De acuerdo a [Smith, 1995] puede usarse un multiplicador de 1.5 para repesentar el retardo en colas, debido a que para una eficiente operación de red , debe haber un cierto nivel de encolados, puesto que si no hay cola

entonces la línea está disponible, por otro lado los principios generales de red indican que la operación de los enlaces de red a una baja razón requiere que al menos un paquete este esperando en un enlace, esto conduce a un retardo de cola entre 1 y 2 veces el retardo de transmisión de un paquete en un enlace.

- **Retardo de transmisión:** depende de la velocidad del enlace y del tamaño de la trama.
- **Retardo de propagación:** tiende a ser despreciable en comparación a los demás retardos mencionados por consideraciones de distancias terrestres y el empleo de la fibra óptica como medio de transmisión.

A continuación valuamos cada retardo, utilizando una trama de 80 octetos y una velocidad de 64 kbps en cada enlace, entonces:

### Retardo Extremo a Extremo

	<u>Red simple(2DCE)</u>	<u>Red compleja (5 DCE)</u>
• Compresión	0.000125ms	0.000125ms
• Otros procesamientos en el Tx	30ms	30ms
• Conmutación	2ms	10ms ( 5 nodos de red)
• Propagación $\approx 0$		
• Decodificación	4ms	4ms
• Supresión de "jitter"	72ms	72ms
• Tiempo de transmisión	30ms(10c/u)	60ms(10c/enlace)
• Tiempo en colas (1.5 X R <sub>TX</sub> )	<u>30ms</u>	<u>75ms(1.5X 5X10)</u>
<b>Total de Retardo</b>	<b>168.000125ms</b>	<b>251.000125ms</b>

El total de retardo extremo a extremo en la red simple fue de 168.000125 milisegundos y en el peor de los casos tendríamos en una red compleja 251.000125 milisegundos, pero en una red pública Frame Relay debe tener una estructura enmallada para que en

un momento dado del transmisor al receptor sean 3 enlaces conectados por 2 nodos de red(DCE).

A continuación realizamos cálculos, en los que usamos el rango recomendado para el tamaño de la trama (80-40 octetos). Para representar todos los retardos, excepto el de transmisión y el de colas, lo representamos como  $\Sigma$ varios retardos cuyo valor es el calculado y suma 108milisegundos. Retardo extremo a extremo, del transmisor al receptor, utilizando 3 enlaces conectados por 2 nodos de red(DCE).

Tabla 5. Retardo extremo a extremo usando una trama de 80 octetos

VELOCIDAD \ RETARDO	64	128	256	384	512	1024	2048
Transmisión	30	15	7.5	5	3.75	1.875	0.936
Colas	30	15	7.5	5	3.75	1.875	0.936
$\Sigma$ varios retardos	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001
<b>Retardo Extremo a Extremo</b>	<b>168.0001</b>	<b>138.0001</b>	<b>123.0001</b>	<b>118.0001</b>	<b>115.5001</b>	<b>111.7501</b>	<b>109.8701</b>

Tabla 6. Retardo extremo a extremo usando una trama de 70 octetos

VELOCIDAD \ RETARDO	64	128	256	384	512	1024	2048
Transmisión	26.25	13.125	6.562	4.375	3.281	1.640	0.820
Colas	26.25	13.125	6.562	4.375	3.281	1.640	0.820
$\Sigma$ varios retardos	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001
<b>Retardo Extremo a Extremo</b>	<b>160.5001</b>	<b>134.2501</b>	<b>121.1251</b>	<b>116.7501</b>	<b>114.5621</b>	<b>111.2801</b>	<b>109.6401</b>

Tabla 7. Retardo extremo a extremo usando una trama de 60 octetos

<b>VELOCIDAD</b>	<b>64</b>	<b>128</b>	<b>256</b>	<b>384</b>	<b>512</b>	<b>1024</b>	<b>2048</b>
<b>RETARDO</b>							
Transmisión	22.5	11.25	5.625	3.75	2.811	1.404	0.702
Colas	22.5	11.25	5.625	3.75	2.811	1.404	0.702
Σvarios retardos	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001
<b>Retardo Extremo a Extremo</b>	<b>153.0001</b>	<b>130.5001</b>	<b>119.2501</b>	<b>115.5001</b>	<b>113.6221</b>	<b>110.8081</b>	<b>109.4041</b>

Tabla 8. Retardo extremo a extremo usando una trama de 50 octetos

<b>VELOCIDAD</b>	<b>64</b>	<b>128</b>	<b>256</b>	<b>384</b>	<b>512</b>	<b>1024</b>	<b>2048</b>
<b>RETARDO</b>							
Transmisión	19.5	9.75	4.875	3.125	2.437	1.218	0.609
Colas	19.5	9.75	4.875	3.125	2.437	1.218	0.609
Σvarios retardos	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001
<b>Retardo Extremo a Extremo</b>	<b>147.0001</b>	<b>127.5001</b>	<b>117.7501</b>	<b>114.2501</b>	<b>112.8741</b>	<b>110.4361</b>	<b>109.2181</b>

Tabla 9. Retardo extremo a extremo usando una trama de 40 octetos

VELOCIDAD RETARDO	64	128	256	384	512	1024	2048
Transmisión	15	7.5	3.75	2.5	1.875	0.937	0.468
Colas	15	7.5	3.75	2.5	1.875	0.937	0.468
Σ varios retardos	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001	108.0001
<b>Retardo Extremo a Extremo</b>	<b>138.0001</b>	<b>123.0001</b>	<b>115.5001</b>	<b>113.0001</b>	<b>111.7501</b>	<b>109.8751</b>	<b>108.9371</b>

A continuación se muestra un resumen de los cálculos anteriores acerca del el retardo extremo a extremo en donde se varía el tamaño de la trama y las velocidades de enlace.

Tabla 10. Retardo extremo a extremo utilizando un transmisor con compresión G.726 ADPCM (0.125µs y otros proc=30ms), variando tamaños de trama y velocidades de enlace (Resumen de tablas 5 al 9)

VELOCIDAD TRAMA	64	128	256	384	512	1024	2048
80	168.0001	138.0001	123.0001	118.0001	115.0001	111.7501	109.8701
70	160.5001	134.2501	121.1251	116.7501	114.5621	111.2801	109.6401
60	153.0001	120.5001	119.2501	115.5001	113.6221	110.8081	109.4041
50	147.0001	127.5001	117.7501	114.2501	112.8741	110.4361	109.2101
40	138.0001	123.0001	115.5001	113.0001	111.7501	109.8751	108.9371

Utilizando los resultados de la última tabla y la recomendación de Minoli [Minoli,1979], podríamos recomendar tanto el tamaño de trama de 50 como el de 40 octetos, pero recordando que el tamaño de la trama debe ser tan pequeño para robustecer la baja pérdida de paquetes y tan grande para tener menos octetos de sobreprocesamiento (overhead) en la transmisión , deducimos que para transportar voz sobre redes FR conservando una calidad de servicio y utilizando un algoritmo de compresión G.726 ADPCM debemos de utilizar tramas de 50 octetos.

Tabla 11. Retardo extremo a extremo utilizando un transmisor con compresión G.729 CS-CELP (10ms y otros proc=30ms), variando tamaños de trama y velocidades de enlace

VELOCIDAD TRAMA	64	128	256	384	512	1024	2048
80	178	148	133	127.96	125.5	121.72	119.86
70	170.5	144.22	1341.08	126.7	124.54	121.24	119.62
60	163	140.5	128.8	125.5	123.58	120.76	119.404
50	157	136.72	127.36	124.24	122.68	120.34	119.17
40	148	133	125.5	122.98	121.72	119.86	118.9

De la tabla anterior deducimos que para garantizar la calidad de voz cumpliendo con los requerimientos de retardo extremo a extremo debemos fijar el tamaño de la trama en 40 octetos al utilizar el algoritmo de compresión G.729 CS-CELP.

Al utilizar otro algoritmo de compresión se debe seguir un análisis como el anterior para encontrar el tamaño de la trama a utilizar.

Otro aspecto importante cuando transmitimos tráfico de voz y de datos es el hecho de que la red FR no hace diferencia entre ambos tráficos por los que se debe diferenciar en el transmisor. En redes complejas se tiene un retardo máximo de 120ms para voz y 200 ms para datos (digital) [Sherif,1990], entonces para cumplir este requerimiento de

variación de retardo en tráfico de voz y de datos podemos seguir el siguiente procedimiento

$$\frac{320 - 100}{200 - X} = \frac{100 \times 200}{320} = 62.5 \%$$

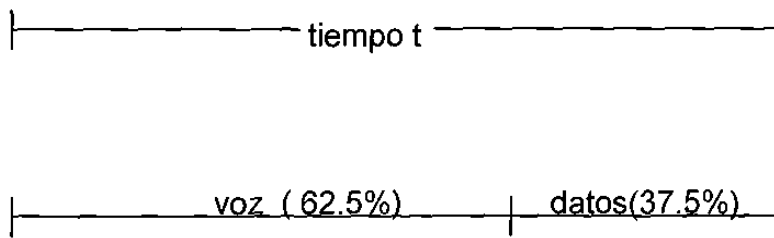


Figura 17. Prioritización de tráfico de voz y datos

Esta diferencia de retardo entre estos dos tipos de tráfico la podemos manejar en el transmisor de manera que en un intervalo de tiempo de transmisión  $t$  pase un 62% de tráfico de voz y un 37.5% de tráfico de datos esto en la inteligencia en que en ambas colas haya paquetes por transmitir. De esta forma solo se controlará una cantidad de retardo variable para ambos tipos de tráfico utilizándola como una medida de prioritización, permitiendo así que la red FR trate por igual datos y voz.

Hay dos requerimientos importantes para la transmisión de la voz: que debe ser una entrega en tiempo real y debe ser continua. Para asegurar esto se fragmentan datos y así el tráfico de voz no tiene que esperar mientras que un paquete de datos grande es transmitido.

Otro punto que afecta al retardo es la **congestión** la cual puede ser disminuida mediante lo siguiente:



- **Segmentación y priorización de tráfico en el transmisor:** debido a que el tráfico de voz debe ser en tiempo real y continuo entonces las tramas de datos deben segmentarse en el transmisor para que el tráfico de voz no tenga que esperar mientras que se transmite una trama grande de datos; en cuanto a la diferenciación de ambos tráficos, ésta se debe hacer en el transmisor ya que los nodos de red (DCE) no diferencian entre tráfico de voz y de datos.
- **Diferentes tipos de servicio por parte del proveedor de servicio, en caso de usarse diferentes PVC:** en el caso en que el nodo de red diferencie a los tráficos y pueda garantizar un servicio diferente tanto para el tráfico de voz y como para el de datos hay que enviar el tráfico de voz por un PVC y el de datos por otro PVC.
- **Diferentes razones de compresión [Sherif, 1990]:** Recomienda variar la razón de compresión, a mayor congestión una razón de compresión menor y a una menor congestión una razón mayor de compresión.
- **Supresión de silencios.-** debido a que se estima que los periodos de silencio son del orden de 60% del total del tiempo del diálogo, si estos son suprimidos una cantidad de tráfico es suprimida por ende.

## IV. CONCLUSIONES

---

Como resultado de nuestro análisis podemos establecer las presentes conclusiones:

1. Los acuerdos de implementación no especifican los parámetros mínimos a cumplir en el retardo para garantizar la calidad de la voz.
2. En base a los ejemplos mostrados en los que el retardo extremo a extremos se incrementa con respecto al número de nodos de la red y a los enlaces utilizados, es imprescindible considerar que una red que transporta voz sobre Frame Relay sea una topología enmallada físicamente de tal forma que la trayectoria más larga sea de 3 enlaces y dos DCE.
3. El retardo de transmisión que se ha considerado como retardo fijo en el análisis de comunicaciones y en este caso debido a las variaciones en el tamaño de la trama y a las variaciones en las velocidades de los enlaces presenta niveles de variabilidad para la transmisión de la voz; por lo tanto es importante considerar al retardo de transmisión como un retardo fijo o disminuir la variabilidad del retardo ajustando el tamaño de la trama.
4. La diferenciación (priorización) del tráfico de voz con respecto a la voz se debe realizar en el transmisor ya que los nodos de red (DCE) no los diferencian.
5. En el escenario actual que visualizamos para la transmisión de voz sobre Frame Relay prestada por un proveedor de servicio Frame Relay público puede llevarse a cabo inmediatamente ajustando el retardo de transmisión, por ende, fijando el tamaño de trama en los DTE y verificar los niveles de congestión en los nodos de red DCE.

## IV.1 Aportaciones

1. Describimos un procedimiento para fijar o establecer un rango de retardo de transmisión y así poder elegir un tamaño de trama, la cual debe estar de acuerdo al algoritmo de compresión a utilizar.
2. Anexamos consideraciones acerca de la forma de “diferenciar” ó priorizar el tráfico de voz y el de datos.

## **A. ACUERDOS DE IMPLEMENTACION**

---

### **A1. Acuerdo de Implementación de Voz sobre Frame Relay**

# **Voice over Frame Relay Implementation Agreement**

## **FRF.11**

1020128424

# Frame Relay Forum Technical Committee

**Note: The user's attention is called to the possibility that implementation of the frame relay implementation agreement contained herein may require the use of inventions covered by patent rights held by third parties. By publication of this frame relay implementation agreement the Frame Relay Forum makes no representation that the implementation of the specification will not infringe on any third party rights. The Frame Relay Forum take no position with respect to any claim that has been or may be asserted by any third party, the validity of any patent rights related to any such claims, or the extent to which a license to use any such rights may not be available.**

**Editors:**

Ted Hatala  
Ross Kocen  
Kenneth Rehbehn

**For more information contact:**

The Frame Relay Forum  
Suite 307  
39355 California Street  
Fremont, CA 94538  
USA

Phone: +1 (510)  
608-5920  
FAX: +1 (510) 608-5917  
E-Mail:  
[frf@frforum.com](mailto:frf@frforum.com)

# Contents

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>56</b>
1.1 PURPOSE.....	56
1.2 OVERVIEW OF AGREEMENT.....	56
1.3 VOICE FRAME RELAY ACCESS DEVICE (VFRAD).....	57
1.4 DEFINITIONS.....	57
1.5 ACRONYMS.....	57
1.6 RELEVANT STANDARDS.....	59
<b>2. REFERENCE MODEL AND SERVICE DESCRIPTION.....</b>	<b>60</b>
2.1 FRAME RELAY ACCESS .....	60
2.1.1 <i>End-System Devices</i> .....	60
2.1.2 <i>Transparent-Multiplexing Devices</i> .....	60
2.1.3 <i>Switching-System Devices</i> .....	60
2.2 VOICE INTERFACES.....	61
2.3 VOICE OVER FRAME RELAY SERVICE DESCRIPTION .....	61
2.3.1 <i>Primary Payloads</i> .....	62
2.3.2 <i>Signalled Payload</i> .....	62
2.4 VFRAD CONFIGURATION REQUIREMENTS .....	63
2.5 VoFR SERVICE BLOCK DIAGRAM.....	63
2.6 SERVICE MULTIPLEXING .....	64
<b>3. FRAME FORMATS.....</b>	<b>66</b>
3.1 PAYLOADS.....	66
3.1.1 <i>Primary payload</i> .....	66
3.1.2 <i>Signalled Payload</i> .....	66
3.2 SUB-FRAME FORMAT.....	67
3.3 SUB-FRAME EXAMPLES .....	69
<b>4. MINIMUM REQUIREMENTS FOR CONFORMANCE.....</b>	<b>70</b>
4.1 CLASS 1 COMPLIANCE REQUIREMENTS .....	70
4.1.1 <i>Frame Formats</i> .....	70
4.1.2 <i>Primary Payload Types</i> .....	70
4.1.3 <i>Signalled Payload Types</i> .....	70
4.2 CLASS 2 COMPLIANCE REQUIREMENTS .....	70
4.2.1 <i>Frame Formats</i> .....	70
4.2.2 <i>Primary Payload Types</i> .....	70
4.2.3 <i>Signalled Payload Types</i> .....	70

### Revision History

Version	Change	Date
1.0	Approved	May, 1997

## 1. Introduction

### 1.1 Purpose

Frame relay is now a major component of many network designs. The protocol provides a minimal set of switching functions to forward variable sized data payloads through a network. The basic frame relay protocol, described in the Frame Relay Forum User to Network (UNI) and Network to Network (NNI) Implementation Agreements, has been augmented by additional agreements which detail techniques for structuring application data over the basic frame relay information field. These techniques enabled successful support for data applications such as LAN bridging, IP routing, and SNA.

This specification extends frame relay application support to include the transport of digital voice payloads. Frame formats and procedures required for voice transport are described in this Implementation Agreement. This specification addresses the following requirements:

- Transport of compressed voice within the payload of a frame relay frame
- Support a diverse set of voice compression algorithms
- Effective utilization of low-bit rate frame relay connections
- Multiplexing of up to 255 sub-channels on a single frame relay DLCI
- Support of multiple voice payloads on the same or different sub-channel within a single frame
- Support of data sub-channels on a multiplexed frame relay DLCI

Transport of compressed voice is provided with a generalized frame format that supports multiplexing of sub-channels on a single frame relay DLCI. Support for the unique needs of the different voice compression algorithms is accommodated with algorithm-specific "transfer syntax" definitions. These definitions establish algorithm specific frame formats and procedures. Annexes describing different transfer syntax definitions are found at the end of this document.

Transport of supporting information for voice communication, such as signalling indications (e.g., ABCD bits), dialed digits, and facsimile data, is also provided through the use of transfer syntax definitions specific to the information being sent.

### 1.2 Overview of Agreement

A description of the reference model and service description for the voice over frame relay (VoFR) service is provided in Section 2, along with the concept of a Voice Frame Relay Access Device (VFRAD).

Specification of the frame formats and procedures is provided in Section 3.

Transfer syntax definitions for individual voice compression algorithms as well as generic supporting information (e.g., dialed digits) are provided in Annex sections at the conclusion of the document. Figure 1-1 illustrates some of the transfer syntax definitions used for Voice Over Frame Relay.



Vocoders					Other			
G.729	G.728	G.723.1	G.726/G.727	G.711	Dialed	CAS	Data	Fax
CS-ACELP	LD CELP	MP-MLQ	ADPCM	PCM	Digits		Transfer	Relay

**Figure 1-1 Transfer Syntax Examples**

### 1.3 Voice Frame Relay Access Device (VFRAD)

A voice over frame relay access device supports voice services. A VFRAD may be positioned between a PBX or key set and the frame relay network. Alternatively, the VFRAD may be integrated into an end-system that directly supports telephony applications and frame relay. The VFRAD multiplexes voice and fax traffic along with data traffic from a variety of services/sources into a common frame relay connection.

### 1.4 Definitions

**Must, Shall or Mandatory**- the item is an absolute requirement of this implementation agreement.

**Should** - the item is desirable.

**May or Optional** - the item is not compulsory, and may be followed or ignored according to the needs of the implementor.

### 1.5 Acronyms

ADPCM	Adaptive Differential Pulse Code Modulation
AIS	Alarm Indication Signal
B <sub>c</sub>	Committed Burst
B <sub>e</sub>	Excess Burst
BECN	Backward Explicit Congestion Notification
BER	Bit Error Rate
CAS	Channel Associated Signalling
CS- ACELP	Conjugate Structure – Algebraic Code Excited Linear Code Excited Linear Prediction
CID	Channel Identification
CIR	Committed Information Rate
CCS	Common Channel Signalling
DE	Discard Eligibility
DLCI	Data Link Connection Identifier
DTMF	Dual Tone Multi-Frequency

E-ADPCM	Embedded Adaptive Differential Pulse Code Modulation
FAX	Facsimile Group 3
FECN	Forward Explicit Congestion Notification
FRAD	Frame Relay Access Device
HDLC	High Level Data Link Control
IA	Implementation Agreement
I/F	Interface
IWF	Inter-working Function
LD-CELP	Low Delay - Code Excited Linear Prediction
lsb	Least Significant Bit
MP-MLQ	Multi Pulse Maximum Likelihood Quantizer
msb	Most Significant Bit
PCM	Pulse Code Modulation
PVC	Permanent Virtual Connection
SID	Silence Information Descriptor
UNI	User Network Interface
VAD	Voice Activity Detection
VFRAD	Voice Frame Relay Access Device
VoFR	Voice Over Frame Relay
Vocoder	Voice coder/decoder

## 1.6 Relevant Standards

- [1] FRF.1.1 Frame Relay User-to-Network Implementation Agreement, January 1996
- [2] FRF.3.1 Multiprotocol Encapsulation Implementation Agreement, June 22, 1995
- [3] FRF.12 Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement, 1997
- [4] ITU G.711 Pulse Code Modulation of Voice Frequencies, 1988
- [5] ITU G.723.1 Dual Rate Speech Coder for Multimedia Communications Transmitting at & 6.3 kbit/s, March 1996
- [6] ITU G.726 40, 32, 24, 16 kbit/s Adaptive Differential Pulse Code Modulation (ADPCM) March 1991
- [7] ITU G.727 5-,4-,3- and 2 bits Sample Embedded Adaptive Differential Pulse Code Modulation, November 1994
- [8] ITU G.728 Coding of Speech at 16 kbit/s Using Low-Delay Code Excited Linear Prediction, November 1994
- [9] ITU G.729 Coding of Speech at 8kbit/s using Conjugate Structure - Algebraic Code Excited Linear Predictive (CS-ACELP) Coding, March 1996
- [10] ITU G.764 Voice Packetization – Packetized voice protocols, December 1990
- [11] ITU T.30 Terminal Equipment and protocol for Telematic Service/Procedure for Facsimile General Switch Networks, March 1993

## **2. Reference Model and Service Description**

### **2.1 Frame Relay Access**

A VFRAD uses the frame relay service at the UNI as a transmission facility for voice, voice signalling, and data. The reference model for voice over frame relay is shown in Figure 2-1. Using the Voice over Frame Relay (VoFR) service, it is possible for any type of VFRAD on the left-hand side of Figure 2-1 to exchange voice and signalling with any type of VFRAD on the right-hand side of Figure 2-1.

Three types of devices are shown in Figure 2-1. The top layer shows end-system devices similar to telephones or FAX machines. The middle layer shows transparent multiplexing devices similar to channel banks. The bottom layer shows switching system devices similar to PBX's.

A VFRAD connects to a frame relay UNI via physical interfaces as defined in [1].

#### **2.1.1 End-System Devices**

The top left device in Figure 2-1 could be a PC with FAX or telephony application software using a frame relay network port for connectivity to other VFRAD devices. Such an end-system could use the VoFR protocol stack on a frame relay connection to another end-system (top right). It could also use the VoFR protocol stack on a connection to a transparent channel bank into a private network (middle right) or to a PBX (bottom right).

#### **2.1.2 Transparent-Multiplexing Devices**

The middle left device in Figure 2-1 could be a Channel Bank connected via analog trunks to an external PBX (not shown). Such a multiplexing device could use the VoFR protocol stack on a frame relay connection to an end-system (top right), another channel bank (middle right) or a PBX (bottom right).

#### **2.1.3 Switching-System Devices**

The bottom left device in Figure 2-1 could be a PBX using a frame relay network for connection to off premise extensions (end-systems) or as trunks to other PBX devices. Such a switching system device could use the VoFR protocol stack on a frame relay connection to an end-system (top right), a channel bank (middle right), or another PBX (bottom right).

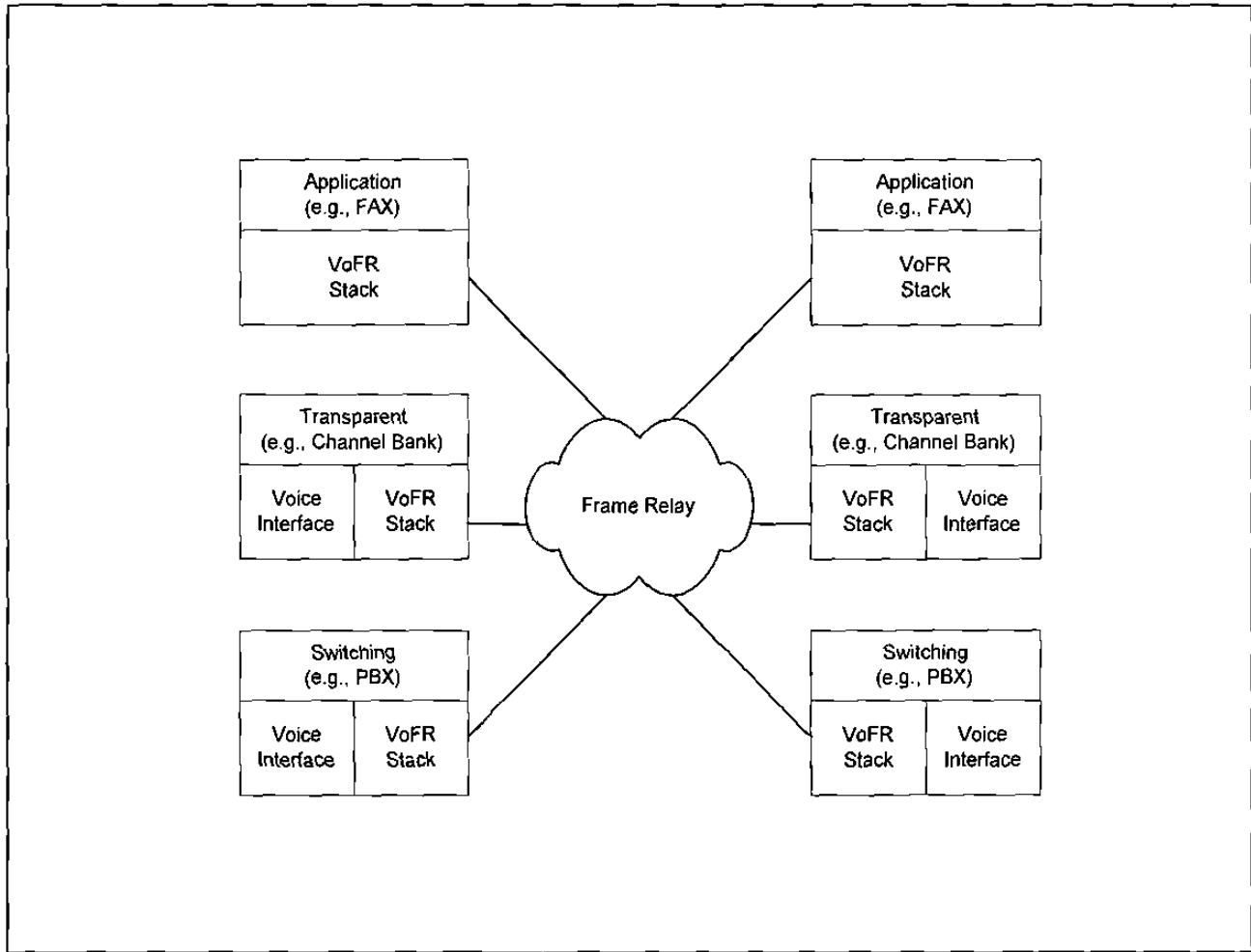


Figure 2-1 Voice over Frame Relay Network Reference Model

## 2.2 Voice Interfaces

The requirements for implementation of voice interfaces are beyond the scope of this implementation agreement.

## 2.3 Voice Over Frame Relay Service Description

This implementation agreement defines formats and procedures that support a VoFR service. Elements of the VoFR service support various types of service users that may be performing any of the following voice applications:

1. Call origination and termination — for an end-system
2. Transparent interworking between individual sub-channels on a VoFR interface and sub-channels on another type of voice interface.
3. Call-by-call Switching — for a switching system to terminate an incoming call and originate a call on another voice interface.

To support the VoFR service, the underlying protocol stack must provide a full duplex transport service. The service users can use the following service elements to operate a voice connection. The service elements support the transport of two types of payloads: primary payloads and signalled payloads. Refer to Section 3.1 for a discussion of payload types.

### **2.3.1 Primary Payloads**

#### **2.3.1.1 Encoded Voice**

This service element conveys voice information supplied by the service user. The voice information is packaged according to the rules specified by a voice transfer syntax. Voice transfer syntax definitions for various voice compression schemes are described in the annexes of this IA.

#### **2.3.1.2 Encoded FAX or Voice-Band Modem Data**

The service users can exchange digital data in a “baseband” format suitable for re-modulation into a FAX or analog modem signal. The VoFR service transports this information between the two service users.

The transmitting service user may locally detect the presence of a FAX or voice-band modem signal for the voice connection and demodulate it before sending it. The receiving service user can detect arriving packets that contain demodulated data and can reconstruct the original modulated signal instead of reconstructing a speech signal.

The encoded FAX or voice-band data payload format is within the scope of this IA. The algorithms used for demodulation and re-modulation of FAX and/or voice-band data are outside the scope of this IA.

The transfer syntax for FAX is described in Annex D.

The transfer syntax for voice band modem data is for further study.

#### **2.3.1.3 Data Frames**

This service element conveys data frames supplied by the service user. The frames are packaged according to the rules specified by Annex C.

The content of the data frames is transparent to the VoFR service.

One application of the data frame service element enables transparent tunneling of common channel signalling messages between two compatible end-points (e.g., PBX interfaces). Common channel signalling message formats and procedures are beyond the scope of this agreement.

### **2.3.2 Signalled Payload**

#### **2.3.2.1 Dialed Digits**

This service element transparently conveys DTMF, pulse, or other dialed digits supplied by the service user. These digits may be sent during the voice call setup or following call establishment to transfer in-band tones.

#### **2.3.2.2 Signalling Bits (Channel Associated Signalling)**

This service element transparently conveys signalling bits supplied by the service user. These bits may indicate seizure and release of a connection, dial pulses, ringing, or other information in accordance with the signalling system in use over the transmission facility.

### **2.3.2.3 Fault Indication**

The service users can use this service to convey an alarm indication signal.

### **2.3.2.4 Message-Oriented Signalling (Common Channel Signalling)**

Refer to section 2.3.1.3

### **2.3.2.5 Encoded FAX**

Refer to Section 2.3.1.2

Encoded FAX may be transmitted on a sub-channel that utilizes a primary payload for encoded voice. In this case, the sub-frames containing the encoded FAX must be sent as a signalled payload.

### **2.3.2.6 Silence Information Descriptor**

Silence Information Descriptor (SID) sub-frames indicate the end of a talk-spurt and convey comfort noise generation parameters. These SID indications support voice activity detection (VAD) and silence suppression schemes.

When VAD is utilized, a SID sub-frame may optionally be transmitted following the last encoded voice sub-frame of a talk-spurt. Reception of a SID sub-frame after a voice sub-frame may be interpreted as an explicit indication of end of talk-spurt. In addition, SID sub-frames may be transmitted at any time during the silence interval to update comfort noise generation parameters.

The SID payload is defined for PCM and ADPCM encoding in the appropriate annexes (Annex F and Annex G). The SID payload definition for other voice encoding algorithms is for further study and can be null.

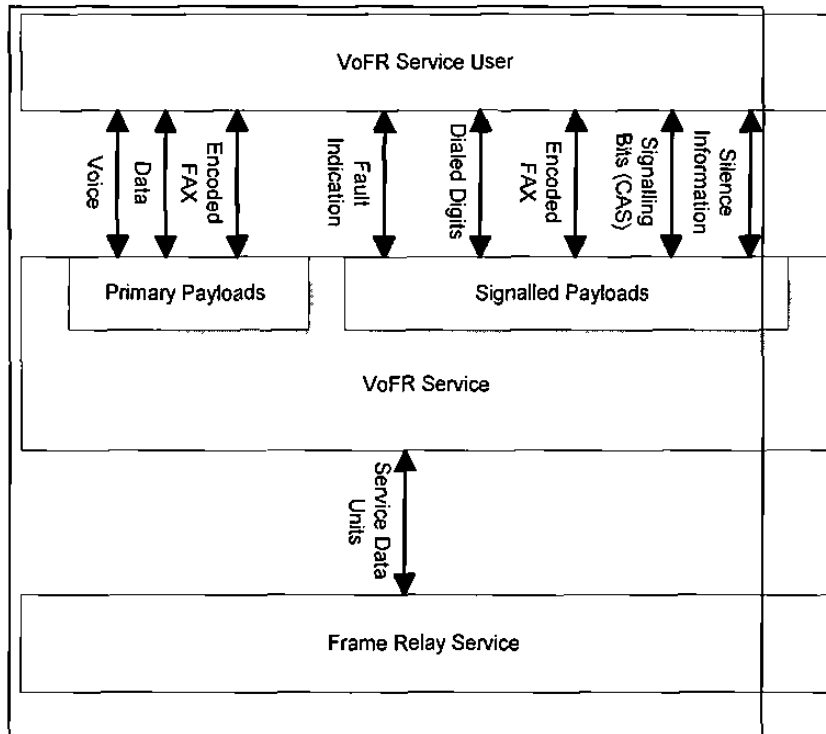
SID sub-frames should not be sent if VAD is not utilized.

## **2.4 VFRAD Configuration Requirements**

VoFR devices compliant with this implementation agreement are not required to negotiate operational parameters. Negotiation procedures are for further study. Therefore, at the time of provisioning, the network manager must configure end-to-end configuration parameters (e.g., Vocoder.). End-point devices providing the VoFR service are configured with compatible sub-channel assignments, signalling, compression algorithms, and other options.

## **2.5 VoFR Service Block Diagram**

The relationship of the Voice Over Frame Relay service, VoFR Service user and the frame relay service is shown in Figure 2-2.



**Figure 2-2 VoFR Service Block Diagram.**

## 2.6 Service Multiplexing

The Frame Relay UNI can support multiple PVCs, each of which can provide VoFR service. The VoFR service supports multiple voice and data channels on a single frame relay data link connection. The VoFR service delivers frames on each sub-channel in the order they were sent.

As shown in Figure 2-3 each instance of the voice/data multiplexing layer can support one or more voice connections and data protocol stacks over a single frame relay PVC. The mechanism for separation of the voice and data connections being supported over a single frame relay PVC is within the scope of this IA. The mechanisms and protocol stacks used for data connections are covered in other Frame Relay Forum IA's and relevant standards.



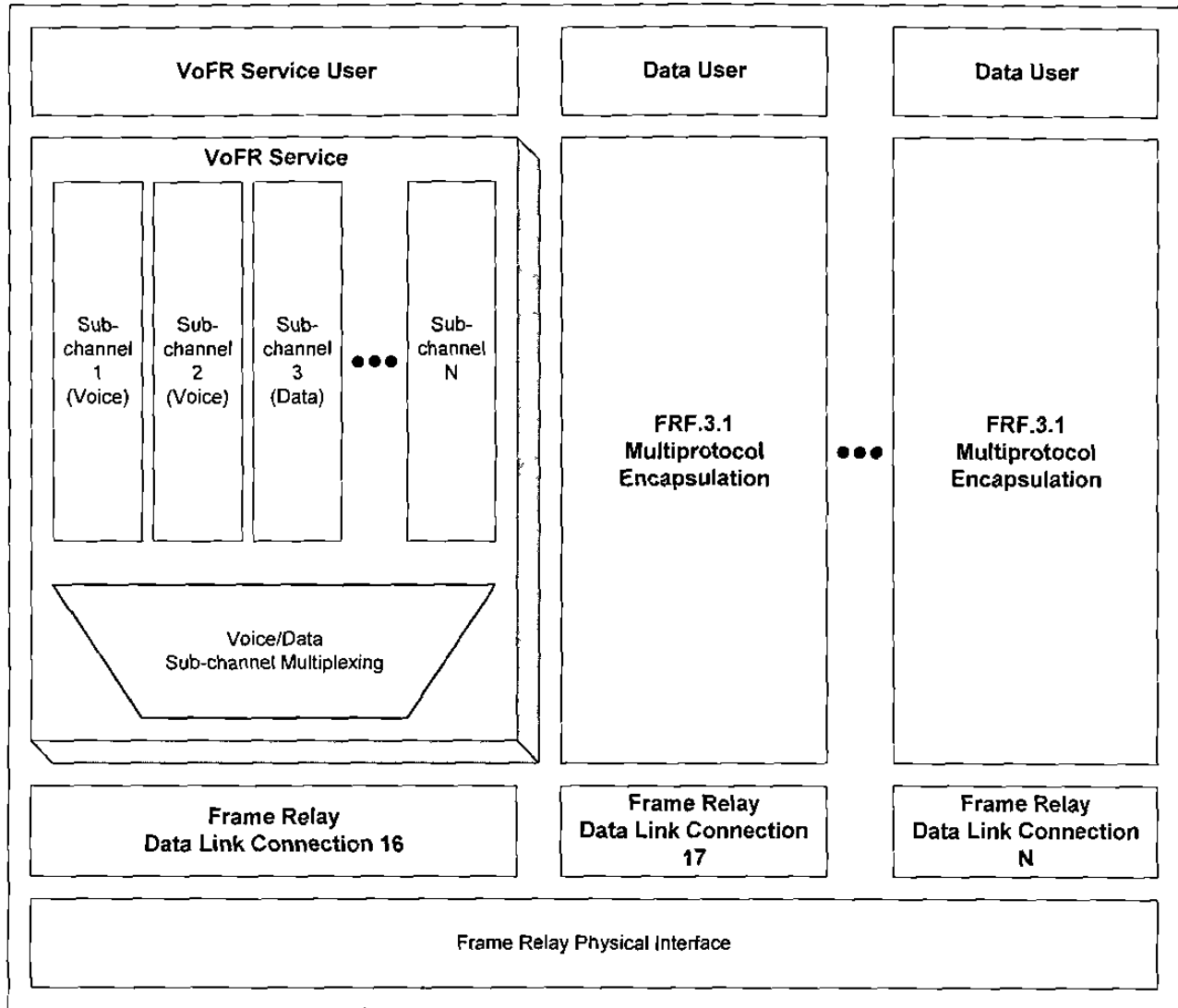


Figure 2-3 Voice Over Frame Relay Multiplexing Model

### 3. Frame Formats

Voice and data payloads are multiplexed within a voice over frame relay data link connection by encapsulation within the frame format specified in [1]. Each payload is packaged as a sub-frame within a frame's information field. Sub-frames may be combined within a single frame to increase processing and transport efficiencies. Each sub-frame contains a header and payload. The sub-frame header identifies the voice/data sub-channel and, when required, payload type and length. Refer to Figure 3-1 for an illustration of sub-frames. In this example, a single DLCI supports 3 voice channels and 1 data channel. Three voice payloads are packaged in the first frame and a data payload is contained in the second frame.

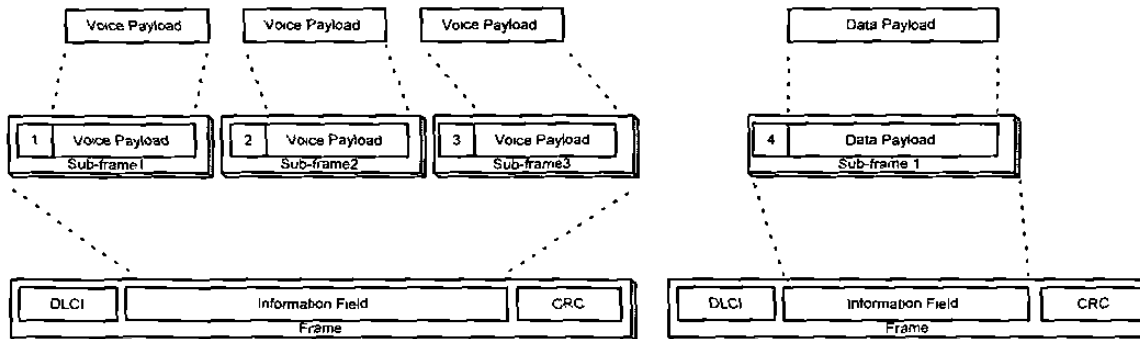


Figure 3-1 Relationship between frames and sub-frames

### 3.1 Payloads

#### 3.1.1 Primary payload

Each sub-channel of a VoFR connection transports a primary payload. A primary payload contains traffic that is fundamental to operation of a sub-channel. Other payloads may be sent to support the primary payload (e.g., dialed digits for a primary payload of encoded voice). These additional payload types are differentiated from the primary payload by a signalled encoding in the payload type field of the sub-frame. A payload type of all zeros always indicates the primary payload.

Three basic types of primary payloads are utilized: encoded voice payloads, encoded FAX payloads, and data payloads. Refer to the appropriate annex for a description of the transfer syntax which supports these payload types.

#### 3.1.2 Signalled Payload

Payloads containing in-band information, which augment the primary payload flow, are indicated using payload type codings. These signalled payloads include information such as channel-associated signalling, dialed digits, in-band encoded FAX relay, and fault indications. Refer to the appropriate annex for a description of the service elements which support the signalled payloads.

### 3.2 Sub-frame Format

Each sub-frame consists of a variable length header and a payload. The minimal sub-frame header is a single octet containing the least significant bits of the voice/data channel identification along with extension and length indications. An extension octet containing the most significant bits of the voice/data channel identification and a payload type is present when the Extension Indication is set. A payload length

octet is present when the Length Indication is set. Refer to Figure 3-2 and Table 3-1 for a description of the sub-frame structure.

Bits								Octets
8	7	6	5	4	3	2	1	1
EI	LI	Sub-channel Identification (CID) (Least significant 6 bits)						1
CID (msb)		0 Spare	0 Spare	Payload Type				1a (Note 1)
Payload Length							1b (Note 2)	
Payload							p	

**NOTES:**

1. When the EI bit is set, the structure of Octet 1a given in Table 3-1 applies.
2. When the LI bit is set, the structure of Octet 1b given in Table 3-1 applies.
3. When both the EI bit and the LI bit are set to 1 both Octet 1a and 1b are used.

**Figure 3-2 Sub-frame format**

*Extension indication (octet 1)*

The extension indication (EI) bit is set to indicate the presence of octet 1a. This bit must be set when a sub-channel identification value is > 63 or when a payload type is indicated. Each transfer syntax has an implicit payload type of zero when the EI bit is cleared.

*Length indication (octet 1)*

The length indication (LI) bit is set to indicate the presence of octet 1b. The LI bit of the last sub-frame contained within a frame is always cleared and the payload length field is not present. The LI bits are set for each of the sub-frames preceding the last sub-frame.

*Sub-channel identification (octets 1 and 1a)*

The six least significant bits of the sub-channel identification are encoded in octet 1. The two most significant bits of the sub-channel identification are encoded in octet 1a. A zero value in the two most significant bits is implied when octet 1a is not included in the VoFR header (EI bit cleared). Sub-channel identifiers 0000 0000 through 0000 0011 are reserved in both the short and long format.

*Payload type (octet 1a)*

This field indicates the type of payload contained in the sub-frame.

Bits				
4	3	2	1	
0	0	0	0	Primary payload transfer syntax
0	0	0	1	Dialed digit transfer syntax (Annex A)
0	0	1	0	Signalling bit transfer syntax (Annex B)
0	0	1	1	Fax relay transfer syntax (Annex D)
0	1	0	0	Silence Information Descriptor

A zero value for the payload type is implied when octet 1a is not included in the header (EI bit cleared).

*Payload length (octet 1b)*

Payload length contains the number of payload octets following the header. A payload length indicates the presence of two or more sub-frames packed in the information field of the frame.

*Payload (octet p)*

The payload contains octets as defined by the applicable transfer syntax assigned to the sub-channel or as indicated by the payload type octet 1a.

**Table 3-1 Sub-frame format**

### 3.3 Sub-frame Examples

The diagrams in this section illustrate some of the possible combinations of sub-frames. Figure 3-3 shows a frame which contains a single voice payload for a low-numbered sub-channel. Octets 1a and 1b are not required. The payload, a CS-ACELP sample, starts after octet 1.

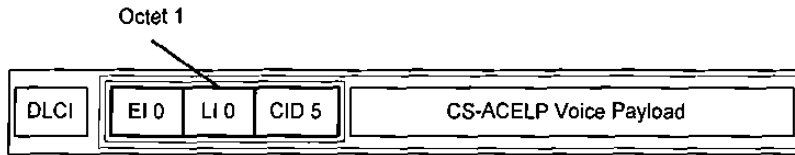


Figure 3-3 Frame containing one sub-frame

Figure 3-4 shows a frame which contains a single voice payload for a high-numbered channel (>63). Octet 1a must be included. Note that the payload type is zero, indicating the transfer syntax that has been configured for the channel. In this example, the transfer syntax is the CS-ACELP syntax.

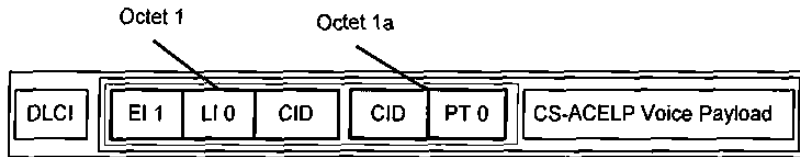


Figure 3-4 Frame containing one subframe for a high numbered channel

Figure 3-5 shows a frame which contains multiple sub-frames for channels 5 and 6. In this case, the payload type is non-zero and octet 1a is required to encode the payload type. The first of the two sub-frames includes octet 1b with the encoding of payload length.

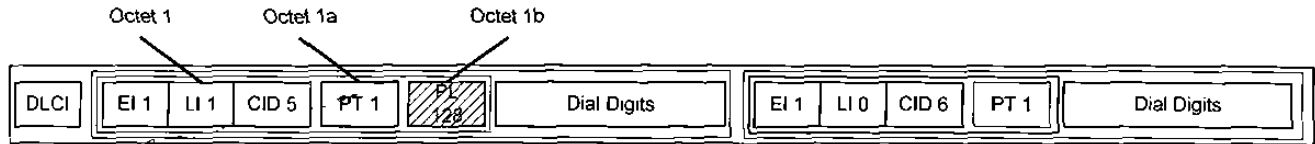


Figure 3-5 Frame containing multiple sub-frames

Figure 3-6 shows a frame which contains multiple sub-frames for channels 5 and 6. In this case, the payload type is zero and the payload length (octet 1b) appears in the first of the two sub-frames.

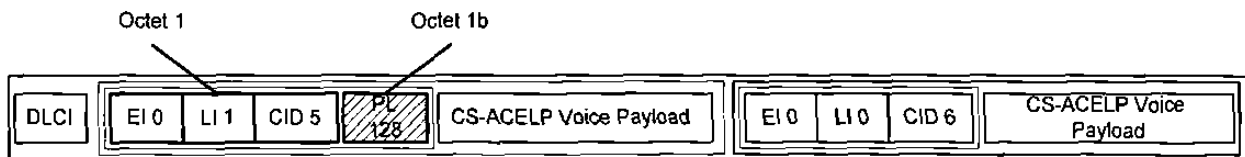


Figure 3-6 Frame containing multiple sub-frames

## **4. Minimum Requirements for Conformance**

This agreement provides support for several optional transfer syntax definitions. Interoperability between VoFR devices is possible only when both devices share support for one or more common transfer syntax definitions. VoFR devices are classified based on the support provided for the common transfer syntax definitions. Class 1 compliant devices support capabilities suitable for high bit-rate interfaces. Class 2 compliant devices support capabilities that enable optimal performance over low bit-rate frame relay interfaces. An implementation is compliant with this agreement if the requirements for at least one of the two classes are met.

### **4.1 Class 1 Compliance Requirements**

#### **4.1.1 Frame Formats**

1. Support the frame structure described in section 3.
2. Received optional frames may be discarded.

#### **4.1.2 Primary Payload Types**

1. Support of G.727 as described in Annex F is mandatory. Support of other vocoders described in Annex F is optional.
2. A transmit rate of 32Kbps is mandatory.
3. Support for rates of 32kbps, 24kbps, 16kbps are mandatory at the receiver.
4. Support for other primary payload transfer syntax definitions (e.g., FAX) is optional.

#### **4.1.3 Signalled Payload Types**

1. Support for the dialed digit signalled payload type is optional.
2. Support for the signalling bits signalled payload type (CAS and AIS) is mandatory.
3. Support for the encoded FAX signalled payload type is optional.

### **4.2 Class 2 Compliance Requirements**

#### **4.2.1 Frame Formats**

1. Support the frame structure described in section 3.
2. Received optional frames may be discarded.

#### **4.2.2 Primary Payload Types**

1. Support for Annex E CS-ACELP G.729 or G.729A voice transfer syntax is mandatory.
5. Support for other primary payload transfer syntax definitions (e.g., FAX) is optional.

### **4.2.3 Signalled Payload Types**

1. Support for the dialed digit signalled payload type is mandatory.
2. Support for the signalling bits signalled payload type (CAS and AIS) is mandatory.
3. Support for the encoded FAX signalled payload type is optional.

**A2. Acuerdo de Implementación para Fragmentación en Frame Relay**

**Frame Relay Fragmentation  
Implementation Agreement**

**FRF.12**



# Frame Relay Forum Technical Committee

**Note: The user's attention is called to the possibility that implementation of the Frame Relay Implementation Agreement contained herein may require the use of inventions covered by patent rights held by third parties. By publication of this Frame Relay Implementation Agreement the Frame Relay Forum makes no representation that the implementation of the specification will not infringe on any third party rights. The Frame Relay Forum take no position with respect to any claim that has been or may be asserted by any third party, the validity of any patent rights related to any such claims, or the extent to which a license to use any such rights may not be available.**

**Editor:**

Andrew G. Malis

**For more information contact:**

The Frame Relay Forum  
Suite 307  
39355 California Street  
Fremont, CA 94538 USA

Phone: +1 (510) 608-5920

FAX: +1 (510) 608-5917

E-Mail: [frf@frforum.com](mailto:frf@frforum.com)

## Table of Contents

<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>77</b>
1.1	PURPOSE.....	77
1.2	TERMINOLOGY .....	77
1.3	ACRONYM LIST .....	77
<b>2.</b>	<b>RELEVANT STANDARDS .....</b>	<b>79</b>
<b>3.</b>	<b>OVERVIEW .....</b>	<b>80</b>
<b>4.</b>	<b>FRAGMENTATION MODELS .....</b>	<b>81</b>
4.1	UNI FRAGMENTATION .....	81
4.2	NNI FRAGMENTATION .....	82
4.3	END-TO-END FRAGMENTATION.....	82
<b>5.</b>	<b>DATA FRAGMENTATION FORMATS .....</b>	<b>84</b>
5.1	INTERFACE FRAGMENTATION FORMAT .....	84
5.2	END-TO-END FRAGMENTATION FORMAT .....	85
<b>6.</b>	<b>PROCEDURES .....</b>	<b>86</b>
6.1	FRAGMENTATION PROCEDURE .....	86
6.2	REASSEMBLY PROCEDURE .....	87
<b>7.</b>	<b>FRAGMENT AND FRAME SIZES .....</b>	<b>88</b>
<b>8.</b>	<b>FRAGMENTATION AND OTHER FRF IMPLEMENTATION AGREEMENTS.....</b>	<b>89</b>
8.1	FRF.11 VoFR ENCAPSULATION OF DATA FRAGMENTS.....	89
8.2	FRAGMENTATION INTERACTION WITH FRF.3.1 [3] MULTIPROTOCOL ENCAPSULATION AND NON-MULTIPROTOCOL ENCAPSULATED DATA .....	89
8.3	FRAGMENTATION INTERACTION WITH FRF.9 [6] COMPRESSION.....	89
8.4	END-TO-END FRAGMENTATION INTERACTION WITH FRF.8 [5] FR/ATM SERVICE INTERWORKING	90
<b>9.</b>	<b>FRAGMENTATION EXAMPLES.....</b>	<b>91</b>
9.1	INTERFACE FRAGMENTATION EXAMPLE.....	91
9.2	END-TO-END FRAGMENTATION EXAMPLE .....	92
9.3	FRF.11 FRAGMENTATION EXAMPLE .....	93
<b>APPENDIX A CONSIDERATIONS FOR CHOOSING THE END-TO-END FRAGMENTATION SIZE</b>		<b>94</b>

## Table of Figures

Figure 4-1 UNI Fragmentation/Reassembly Reference Diagram.....	81
Figure 4-2 NNI-NNI Fragmentation/Reassembly Reference Diagram.....	82
Figure 4-3 End-to-End Fragmentation/Reassembly Reference Diagram.....	83
Figure 5-1 UNI and NNI Data Fragment Format .....	84
Figure 5-2 End-to-End Data Fragment Format.....	85
Figure 9-1 Interface (UNI and NNI) Fragmentation Example.....	91
Figure 9-2 End-to-End Fragmentation Example.....	93
Figure 9-3 FRF.11 Fragmentation Example .....	94
Figure A-1 Efficiency Of Different Fragment Payload Sizes When Used With FRF.5 .....	95

### Revision History

Version	Change	Date
1.0	Approved	December 1997

(This page intentionally left blank)

# Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement

## 1. Introduction

### 1.1 Purpose

This document is a Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement. It provides transmitting Frame Relay DTEs and DCEs with the ability to fragment long frames into a sequence of shorter frames, which will then be reassembled into the original frame by the receiving peer DTE or DCE. Frame fragmentation is necessary to control delay and delay variation when real-time traffic such as voice is carried across the same interfaces as data.

This agreement supports three applications of fragmentation:

1. Locally across a Frame Relay UNI interface between the DTE-DCE peers.
2. Locally across a Frame Relay NNI interface between the DCE peers.
3. End-to-End between two Frame Relay DTEs interconnected by one or more Frame Relay networks. When used end-to-end, the fragmentation procedure is transparent to Frame Relay network(s) between the transmitting and receiving DTEs.

The agreements herein were reached in the Frame Relay Forum, among vendors and suppliers of Frame Relay network products and services, and are based on the relevant Implementation Agreements and standards referenced in Section 2.

This document may be submitted to bodies involved in ratification of implementation agreements and conformance testing to facilitate multi-vendor interoperability, and to standards bodies for inclusion in international standards.

### 1.2 Terminology

Must, Shall, or Mandatory - the item is an absolute requirement of this IA.

Should - the item is highly desirable.

May or Optional - the item is not compulsory, and may be followed or ignored according to the needs of the implementer.

Not Applicable - the item is outside the scope of this IA.

### 1.3 Acronym List

AAL5 - ATM Adaptation Layer 5  
ATM - Asynchronous Transfer Mode  
DCE - Data Communications Equipment  
DLCI - Data Link Connection Identifier

DTE - Data Terminal Equipment  
FCS - Frame Check Sequence  
FR - Frame Relay  
IA - Implementation Agreement  
IWF - Interworking Function  
MTU – Maximum Transmission Unit  
NLPID - Network Layer Protocol Identifier  
NNI - Network-to-Network Interface  
PDU - Protocol Data Unit  
PPP - Point-to-Point Protocol  
PVC - Permanent Virtual Connection  
SVC - Switched Virtual Connection  
UI - Unnumbered Information  
UNI - User-to-Network Interface  
VC - Virtual Connection  
VoFR - Voice over Frame Relay

## 2. Relevant Standards

The following is a list of standards and IAs on which this Frame Relay Fragmentation IA is based:

- [1] FRF.1.1, D. Sinicrope (ed.), User-to-Network Implementation Agreement (UNI), January 19, 1996.
- [2] FRF.2.1, L. Greenstein (ed.), Frame Relay Network-to-Network Interface Implementation Agreement, July 10, 1995.
- [3] FRF.3.1, R. Cherukuri (ed.), Multiprotocol Encapsulation Implementation Agreement, June 22, 1995.
- [4] FRF.5, D. O'Leary (ed.), Frame Relay/ATM PVC Network Interworking Implementation Agreement, December 20, 1994.
- [5] FRF.8, D. O'Leary (ed.), Frame Relay/ATM PVC Service Interworking Implementation Agreement, April 14, 1995.
- [6] FRF.9, D. Cantwell (ed.), Data Compression Over Frame Relay Implementation Agreement, January 22, 1996.
- [7] FRF.11, K. Rehbehn, R. Kocen, T. Hatala (eds.), Voice Over Frame Relay Implementation Agreement, March 1997.
- [8] ITU Recommendation Q.922, ISDN Data Link Layer Specification For Frame Mode Bearer Services, 1992.
- [9] RFC 1490, T. Bradley, C. Brown, A. Malis, Multiprotocol Interconnect over Frame Relay, July 26, 1993.
- [10] RFC 1990, K. Sklower, B. Lloyd, G. McGregor, D. Carr, T. Coradetti, The PPP Multilink Protocol (MP), August 1996.



### 3. Overview

To properly support voice and other real-time (delay-sensitive) data on lower-speed UNI [1] or NNI [2] links, it is necessary to fragment long frames that share the same UNI or NNI link with shorter frames so that the shorter frames are not excessively delayed. Fragmentation enables interleaving delay-sensitive traffic on one VC with fragments of a long frame on another VC utilizing the same interface.

This Implementation Agreement:

- Allows real-time and non-real-time data to share the same Frame Relay UNI or NNI link.
- Allows the fragmentation of frames of all formats.
- Defines a fragmentation procedure that can be used by other protocols or IAs, such as FRF.11 [7]. See Section 9.2 for further details.
- Defines three fragmentation models, locally across a UNI, locally across a NNI, and End-to-End. All three models share common fragmentation procedures.

The fragmentation procedure previously specified in FRF.3.1 [3] and RFC 1490 [9] is no longer recommended, and is replaced by this IA.

Fragmentation may be used with all Q.922 [8] address formats. For clarity, the figures that include address octets will only illustrate the two-octet address.

## 4. Fragmentation Models

### 4.1 UNI Fragmentation

UNI (DTE-DCE) fragmentation is used in order to allow real-time and data frames to share the same UNI interface between a DTE and the Frame Relay Network. Fragmentation is strictly local to the interface, and the fragment size can be optimally configured to provide the proper delay and delay variation based upon the *logical* speed of the DTE interface (the logical speed of an interface may be slower than the physical clocking rate if a channelized physical interface is used).

Since fragmentation is local to the interface, the network can take advantage of the higher internal trunk speeds by transporting the complete frames, which is more efficient than transporting a larger number of smaller fragments.

UNI fragmentation is also useful when there is a speed mismatch between the two DTEs at the ends of a VC. It also allows the network to proxy for a DTE that does not implement End-to-End fragmentation.

For UNI fragmentation, the DTE and DCE interfaces act as fragmentation and reassembly peers, as shown in Figure 4-1:

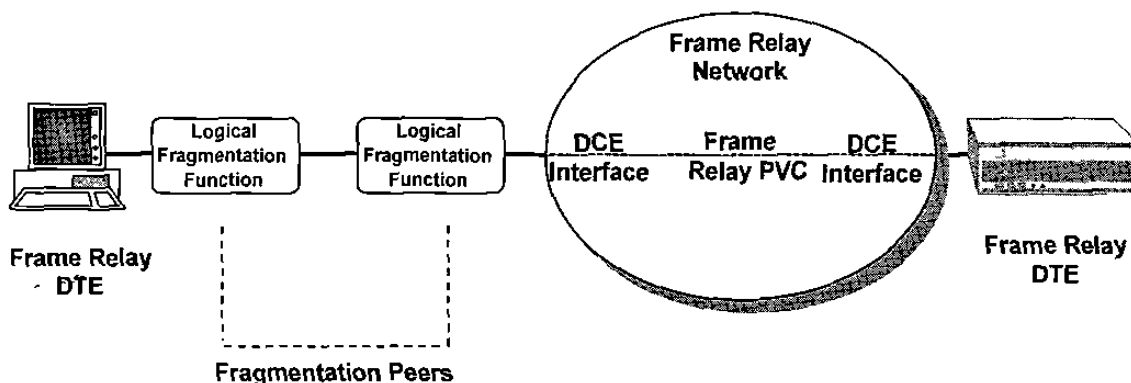


Figure 4-1 UNI Fragmentation/Reassembly Reference Diagram

Note that the functionality specified in this Implementation Agreement has been illustrated as a standalone “Logical Fragmentation Function”, but it is expected to be implemented in the DTE and DCE interfaces shown in the diagram.

UNI fragmentation is provisioned on an interface-by-interface basis. When UNI fragmentation is used on an interface, then all frames on all DLCIs (including DLCI 0, PVCs, and SVCs) are preceded by the fragmentation header (described in Section 5.1).

Note that UNI and NNI fragmentation formats and procedures are identical.

## 4.2 NNI Fragmentation

NNI interfaces may also act as fragmentation and reassembly peers, as shown in Figure 4-1.

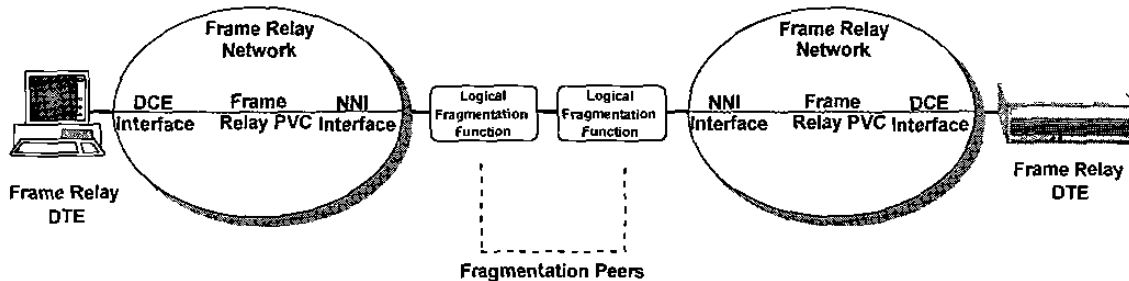


Figure 4-1 NNI-NNI Fragmentation/Reassembly Reference Diagram

Fragmentation on slower NNI links allows delay sensitive traffic on one NNI VC to be interleaved with fragments of a long data frame on another VC using the same NNI. As in Figure 4-1, the fragmentation and reassembly functionality has been illustrated as a standalone “Logical Fragmentation Function”, but it is expected to be implemented in the NNI interfaces shown in the diagram.

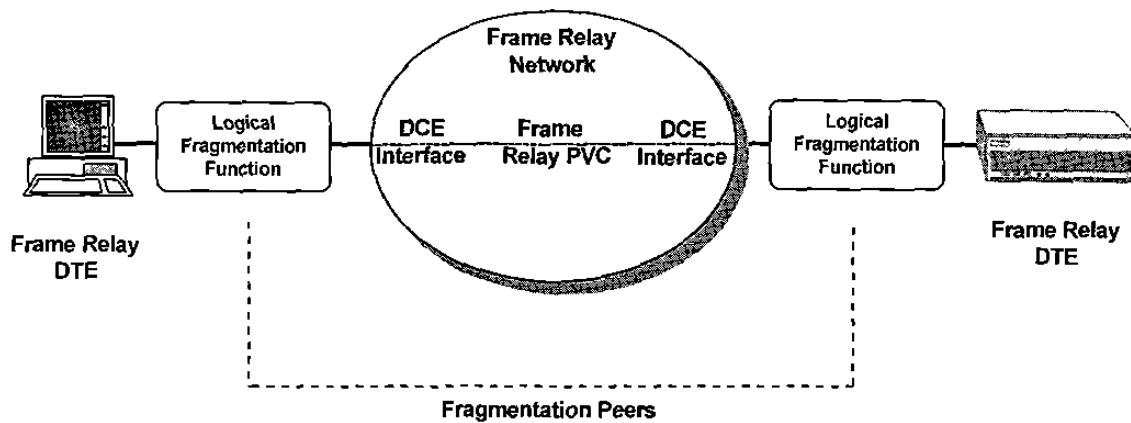
NNI fragmentation is also provisioned on an interface-by-interface basis. When fragmentation is in use on an NNI interface, then all frames on all DLCIs (including DLCI 0, PVCs, and SVCs) are preceded by the fragmentation header (described in Section 5.1).

Note that UNI and NNI fragmentation formats and procedures are identical.

## 4.3 End-to-End Fragmentation

End-to-End fragmentation is used between peer DTEs, and is restricted to use on PVCs only. It is most useful when peer DTEs wish to exchange both real-time and non-real-time traffic using slower interface(s), but either one or both UNI interfaces does not support UNI fragmentation. Alternatively, they may be on separate FR networks and the path interconnecting the networks may be slow enough to require fragmentation to properly support the real-time traffic, but fragmentation is not supported over the NNI.

When used between DTEs, as shown in Figure 4-1, the fragmentation procedure is transparent to Frame Relay network(s) between the transmitting and receiving DTEs. The transmitting Frame Relay DTEs fragment long frames into a sequence of shorter frames, which will then be reassembled into the original frame by the receiving DTE. Again, the functionality specified in this Implementation Agreement has been illustrated as a standalone “Logical Fragmentation Function”, but in this case it is expected to be implemented in the DTEs shown in the diagram.



**Figure 4-1 End-to-End Fragmentation/Reassembly Reference Diagram**

Unlike UNI and NNI fragmentation, which fragments all frames on an interface, End-to-End fragmentation is limited to fragmenting frames on selected PVCs. When End-to-End fragmentation is provisioned on a particular PVC, frames that exceed the configured maximum fragment size must conform to the fragmentation format. Because DLCI 0 is never carried end-to-end, it is never fragmented using End-to-End fragmentation.

## 5. Data Fragmentation Formats

There are two fragmentation formats, one for Interface (UNI and NNI) fragmentation and the other for End-to-End fragmentation.

### 5.1 Interface Fragmentation Format

For Interface (UNI and NNI) fragmentation, a two-octet fragmentation header precedes the Frame Relay header.

The format for each fragment of a data frame is:

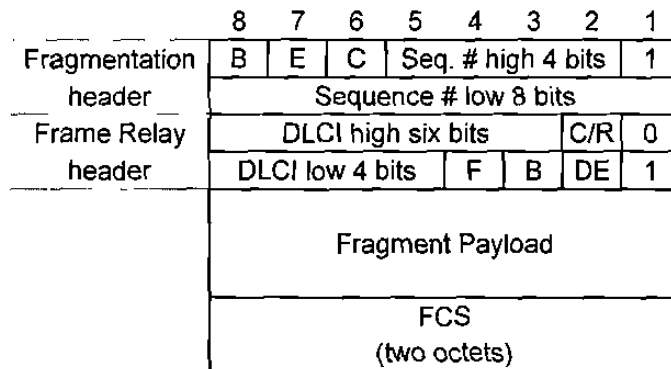


Figure 5-1 UNI and NNI Data Fragment Format

The (B)eginning fragment bit is a one-bit field set to 1 on the first data fragment derived from the original frame and set to 0 for all other fragments from the same frame.

The (E)nding fragment bit is a one-bit field set to 1 on the last data fragment and set to 0 for all other data fragments. A data fragment may have both the (B)eginning and (E)nding fragment bits set to 1.

The (C)ontrol bit is set to 0 in all fragments. It is reserved for future control functions.

The sequence number is a 12-bit binary number that is incremented modulo  $2^{12}$  for every data fragment transmitted on a VC. There is a separate sequence number maintained for each DLCI across the interface.

Note that the low order bit of the first octet of the fragmentation header is set to 1. This allows the fragmentation header to be distinguishable from the Frame Relay header. This allows a fragmentation entity (UNI or NNI) to detect the misconfiguration of its peer, since the peers must be configured identically to use or not use fragmentation across an interface. If a peer is configured for UNI or NNI fragmentation and receives frames that do not contain the fragmentation header, those frames are discarded. If a peer is not configured for UNI or NNI

fragmentation and receives frames with the fragmentation header, those frames will be discarded due to the violation of the Q.922 header format.

The fragment payload and fragmentation procedures are described in Section 6.1.

### 5.2 End-to-End Fragmentation Format

For End-to-End fragmentation, a two-octet fragmentation header follows the FRF.3.1 [3] multiprotocol encapsulation header. The Network Layer Protocol ID (NLPID) 0xB1 has been assigned to identify this fragmentation header format. See FRF.3.1 for further details concerning NLPIDs and multiprotocol encapsulation over FR.

The format for each fragment of a data frame is:

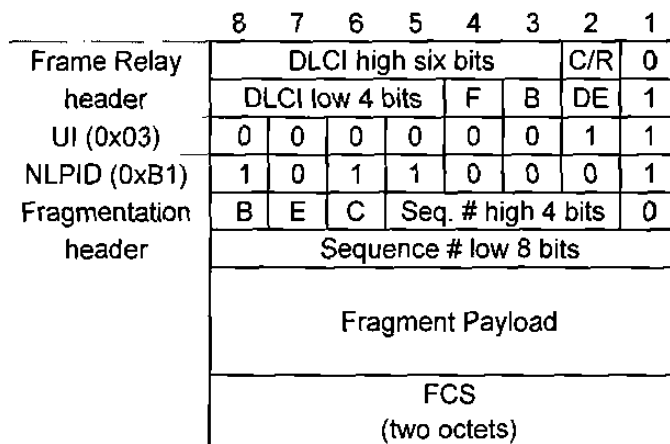


Figure 5-1 End-to-End Data Fragment Format

The (B)eginning fragment bit is a one-bit field set to 1 on the first data fragment derived from the original frame and set to 0 for all other fragments from the same frame.

The (E)nding fragment bit is a one-bit field set to 1 on the last data fragment and set to 0 for all other data fragments. A data fragment may have both the (B)eginning and (E)nding fragment bits set to 1.

The (C)ontrol bit is set to 0 in all fragments. It is reserved for future control functions.

The sequence number is a 12-bit binary number that is incremented modulo  $2^{12}$  for every data fragment transmitted on a PVC. There is a separate sequence number maintained for each fragmented PVC between DTE peers.

The fragment payload and fragmentation procedures are described in Section 6.1.

## 6. Procedures

### 6.1 Fragmentation Procedure

This fragmentation procedure is based upon RFC 1990 [10]. Note that the procedure is identical for both header formats.

A series of data fragments is created by taking a frame, removing the leading flag and Q.922 address octets, removing the original FCS and trailing flag following the data, and sending the remaining octets, in their original order, as a series of data fragments. If an FRF.3.1-encapsulated frame is being fragmented, then the Q.922 control, optional pad, and NLPID octets of the original multiprotocol frame are only contained in the first data fragment. The resulting fragments must be transmitted in the same sequence as they occurred in the frame prior to being fragmented. Fragments from multiple VCs may be interleaved with each other on one interface (this is the principal objective of fragmentation).

The first data fragment in the series has the B bit set, and the final data fragment has the E bit set. Every fragment in the series contains the same address octets that were on the original unfragmented frame, including the Frame Relay congestion bits (FECN, BECN, DE).

The first fragment sent on a VC (following a VC becoming active) may have the sequence number set to any value (including zero), and the sequence number must subsequently be incremented by one for each fragment sent. The sequence number is incremented without regard to the original frame boundaries; if the last fragment in one frame used sequence number "N", then the first fragment of the following frame will use sequence number "N+1".<sup>1</sup> This allows lost fragments (and bursts of lost fragments) to be easily detected. Each VC has its own fragmentation sequence number sequence, independent of all other VCs.

If sufficient fragments are sent on an active VC, the sequence number will wrap from all ones to zero, and will eventually also wrap past the original sequence number sent on the VC after it became active. This wrapping may or may not occur on an original frame boundary (it is transparent to frame boundaries).

NNI interfaces are allowed to further fragment End-to-End fragments. The End-to-End fragments are encapsulated within the NNI interface fragments. Thus, the NNI fragments containing the End-to-End fragments can easily be reassembled by the receiving NNI interface, and the End-to-End fragments sent to the destination DTE for final reassembly.

---

<sup>1</sup> For FRF.12 UNI, NNI, and End-to-End fragmentation, the sequence number is incremented modulo  $2^{12}$ ; for FRF.11 sub-frame data payload, the sequence number is incremented modulo  $2^{13}$ .

Similarly, UNI interfaces may also further fragment End-to-End fragments, as described in the previous paragraph.

See Section 8 for fragmentation examples.

## **6.2 Reassembly Procedure**

The reassembly procedures are identical for both header formats.

For each VC, the receiver must keep track of the incoming sequence numbers and maintain the most recently received sequence number. The receiver detects the end of a reassembled frame when it receives a fragment bearing the (E)nding bit. Reassembly of the frame is complete if all sequence numbers up to that fragment have been received.

Note that the Frame Relay congestion bits (FECN, BECN, DE) must be logically ORed for all fragments, and the results included in the reassembled frame.

The receiver detects lost fragments when one or more sequence numbers are skipped. When a lost fragment or fragments are detected on a VC, the receiver must discard all currently unassembled and subsequently received fragments for that VC until it receives the first fragment that bears the (B)eginning bit. The fragment bearing the (B)eginning bit is used to begin accumulating a new frame.

In the event of an error (e.g., one or more fragments lost due to transmission error or reassembly buffer overflow), fragments which cannot be reconstructed back into the original frame must be discarded by the receiver.



## **7. Fragment and Frame Sizes**

This IA does not recommend any specific fragment size. The fragment size is configured in the transmitter, and two peer transmitters need not use the same fragment size.

For End-to-End fragmentation, the maximum fragment size used on a particular PVC depends on both the access line speeds at the two ends of the connection, the speeds of any NNI interfaces on the path, and the delay and delay variation requirements of the particular applications in use on the PVC. The maximum fragment size to send should be configured on a per-PVC basis. If one or more of the Frame Relay network(s) interconnecting the DTEs are implemented using FRF.5 [4] FR/ATM Network Interworking, then it may be advantageous to make the End-to-End fragment size (not including the FCS) an even multiple of the underlying ATM cell payload size in order to optimize the performance at the ATM layer. See FRF.5 [4] for additional details on how the end-to-end fragments are carried in ATM cells. Also see 10 for an additional discussion of End-to-End fragment size considerations in this case.

For UNI and NNI fragmentation, the maximum fragment size should be configured on a per-interface basis. The optimal fragment size for these interfaces is the result of a tradeoff between the efficiencies of large frames, the MTU size of the constituent networks, and the required delay and delay variation characteristics of the applications.

Receivers must be able to reassemble complete frames up to at least 1600 octets in length.

## **8. Fragmentation and Other FRF Implementation Agreements**

### **8.1 FRF.11 VoFR Encapsulation of Data Fragments**

Annex C of FRF.11 [7] defines a format allowing encapsulation of fragmented data frames in a Voice over Frame Relay (VoFR) sub-frame data payload. PVCs that utilize the VoFR sub-frame data payload for non-voice frames must use the Data Transfer Syntax Payload Format defined in Annex C of FRF.11, instead of formats indicated in this IA. Such PVCs shall use procedures described in Section 6 of this IA, except as indicated within this section.

Fragmentation using the FRF.11 Annex C format provides End-to-End fragmentation, enabling interleaving of delay-sensitive traffic on one sub-channel with fragments of a long frame on another sub-channel within the PVC.

VoFR data fragments are first created using the procedure in Section 6.1, except as follows:

- Each fragment is preceded by an FRF.11 header that identifies it as a primary payload, using sub-channel(s) provisioned to carry data.
- The data fragments are interleaved with voice sub-frames on difference sub-channels of the same PVC.
- The order of the data fragments must be maintained within each sub-channel.
- Because the sequence numbers of FRF.11 Annex C frames use a 13-bit sequence number, the sequence numbers procedures will increment modulo  $2^{13}$ .
- UNI or NNI interfaces are allowed to further fragment frames that have been fragmented using the Data Transfer Syntax Payload Format of FRF.11 Annex C. See Section 6.1 of this IA.

### **8.2 Fragmentation Interaction with FRF.3.1 [3] Multiprotocol Encapsulation and non-Multiprotocol Encapsulated Data**

If a VC is configured to carry data other than FRF.3.1, the specification of the relevant protocol applies to the reassembled frame.

If a VC is configured to carry FRF.3.1 multiprotocol encapsulated data, the procedures of FRF.3.1 apply to the reassembled frame. In addition, the procedures of FRF.9 may apply if data compression is enabled for the VC. See Section 8.3.

### **8.3 Fragmentation Interaction with FRF.9 [6] Compression**

Because FRF.9 compressed frames are multiprotocol-encapsulated according to FRF.3.1, compressed frames may also be fragmented. When compression is being used on a PVC, compression is first applied to the frame, then the compressed frame is fragmented using the procedure in Section 6.1. Like any other data frame, Interface and/or End-to-End fragmentation may be used.

On reception, the fragments are first reassembled, and the resulting compressed frame is then uncompressed as per FRF.9.

#### **8.4 End-to-End Fragmentation Interaction with FRF.8 [5] FR/ATM Service Interworking**

End-to-End fragmentation must be terminated in the FR side of the FRF.8 Service Interworking Function (IWF). In the FR to ATM direction, fragments will be reassembled by the IWF to form complete frames, which are then passed to the ATM side of the IWF according to the FRF.8 procedures. In the ATM to FR direction, AAL5 PDUs will be passed to the FR side according to the FRF.8 procedures, and then fragmented according to this IA.

Note that the Frame Relay congestion bits (FECN, BECN, DE) must be logically ORed for all fragments and the result passed with the reassembled frame to the ATM side of the interworking unit. In the ATM to Frame Relay direction the ATM congestion bits (EFCN and CLP) are mapped to each Frame Relay frame fragment.

## 9. Fragmentation Examples

### 9.1 Interface Fragmentation Example

An example of the Interface (UNI and NNI) fragmentation procedure, using an FRF.3.1-encapsulated frame as the data to be fragmented, is diagrammed in Figure 9-1. The octets in white indicate the data portion of the original frame that is split into fragments (three fragments in this example). While this example uses an FRF.3.1 frame for illustration purposes, any arbitrary frame contents may be fragmented. For this example, the starting sequence number of 42 was chosen at random. Note that when fragmenting FRF.3.1 data, the control octet, the optional pad (if present), and the NLPID of the original frame are transported in the first frame fragment and are part of the reassembled frame.

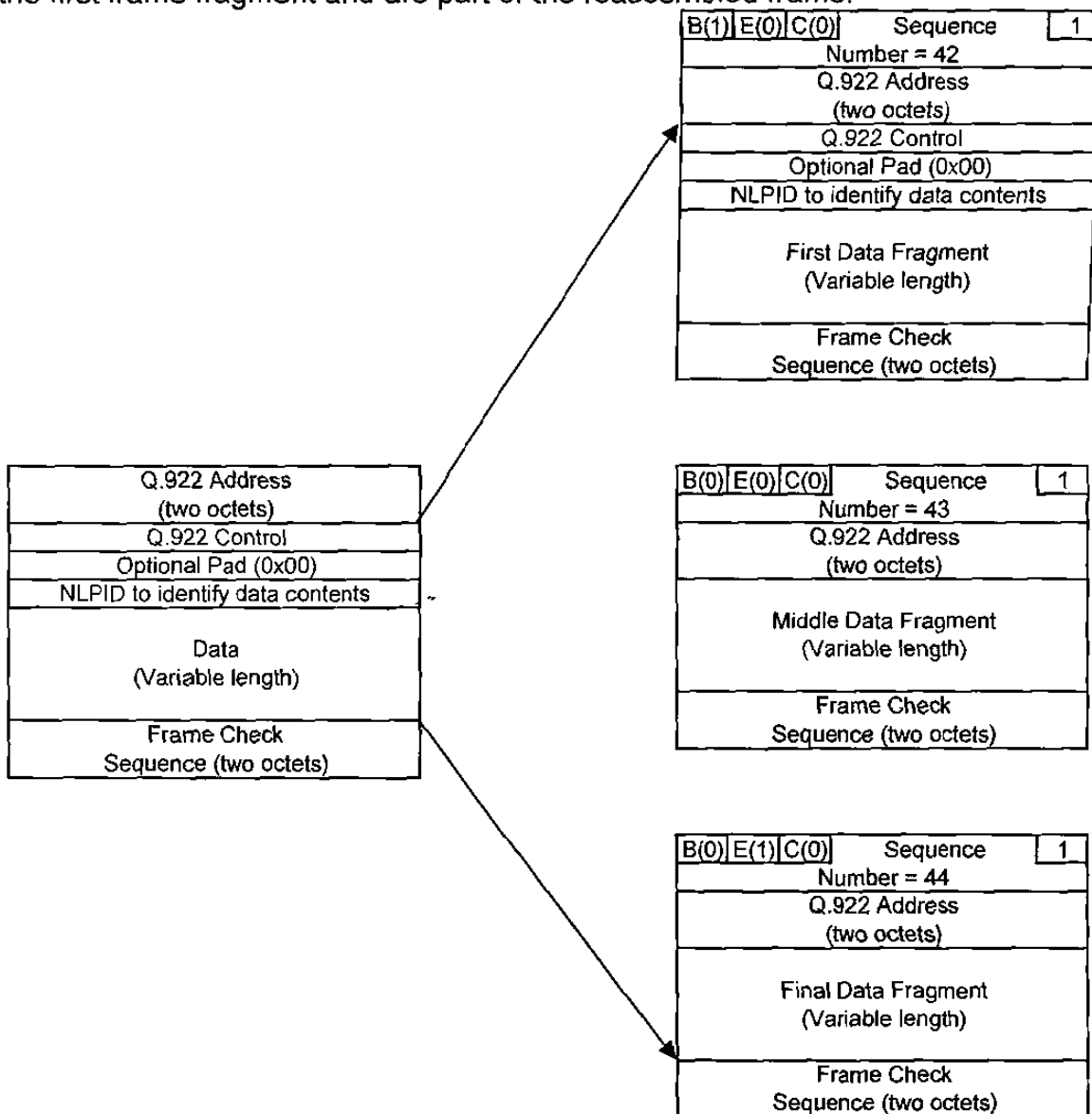


Figure 9-1 Interface (UNI and NNI) Fragmentation Example

## 9.2 End-to-End Fragmentation Example

An example of the End-to-End fragmentation procedure, using an FRF.3.1-encapsulated frame as the data to be fragmented, is diagrammed in Figure 9-1. The octets in white indicate the data portion of the original frame that is split into fragments (three fragments in this example). While this example uses an FRF.3.1 frame for illustration purposes, any arbitrary frame contents may be fragmented. For this example, the starting sequence number of 42 was chosen at random. Note that when fragmenting FRF.3.1 data, the control octet, the optional pad (if present), and the NLPID of the original frame are transported in the first frame fragment and are part of the reassembled frame.

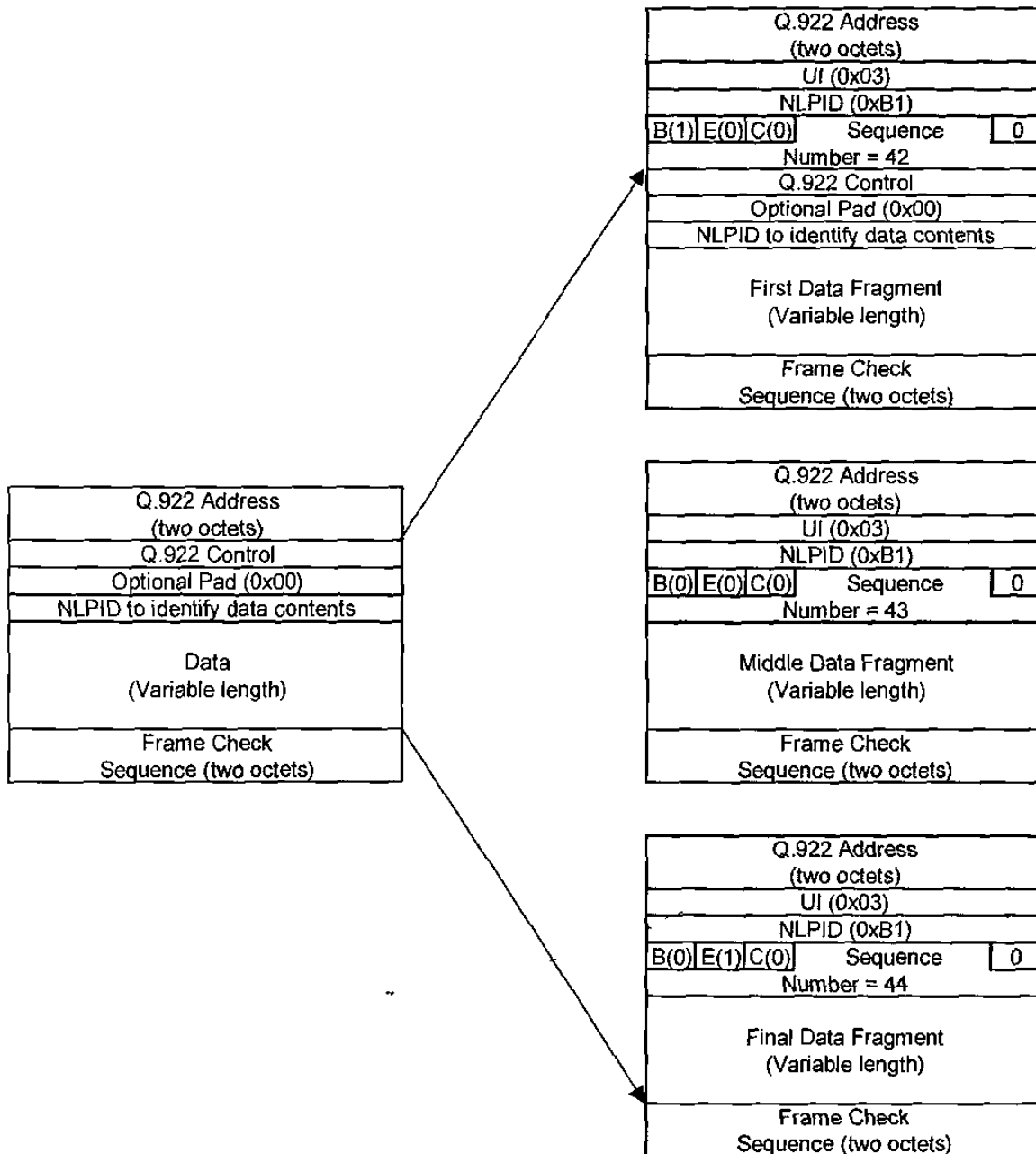


Figure 9-1 End-to-End Fragmentation Example

### 9.3 FRF.11 Fragmentation Example

An example of the FRF.11 fragmentation procedure, using an FRF.3.1-encapsulated frame as the data to be fragmented, is diagrammed in Figure 9-1. The octets in white indicate the data portion of the original frame that is split into fragments (three fragments in this example). While this example uses an FRF.3.1 frame for illustration purposes, any arbitrary frame contents may be fragmented. For this example, the starting sequence number of 42 was chosen at random. Note that when fragmenting FRF.3.1 data, the control octet, the

optional pad (if present), and the NLPID of the original frame are transported in the first frame fragment and are part of the reassembled frame.

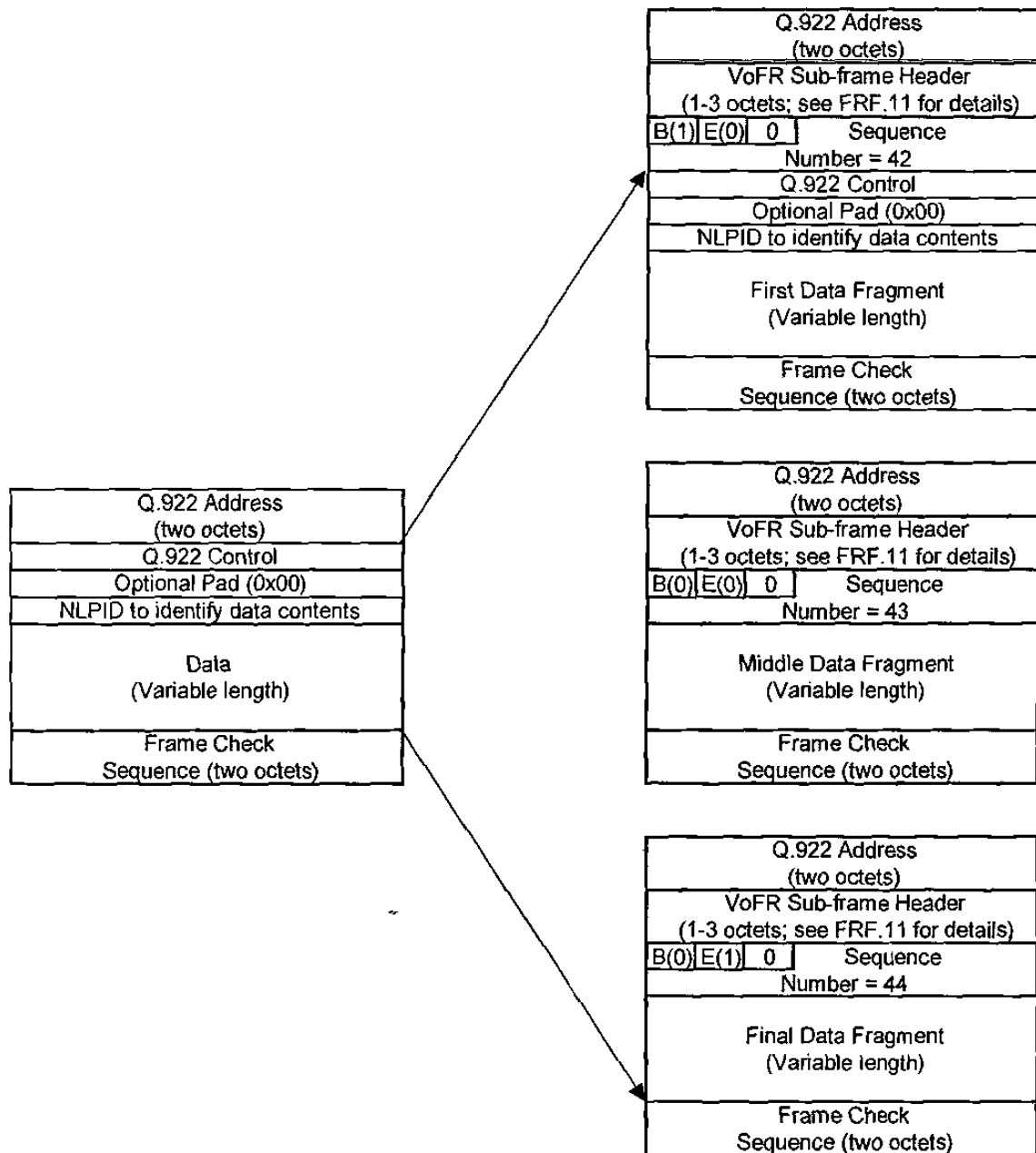


Figure 9-1 FRF.11 Fragmentation Example

**10. Considerations for Choosing the End-to-End Fragmentation Size (Informative)**

Section 7 mentions that for the case of End-to-End fragmentation, one or more of the network(s) that interconnect the DTEs may use FRF.5 [4] FR/ATM Network Interworking and use ATM cell-based transport. In such cases, the choice of

fragment size will have an effect on how efficiently the fragments may be packed into the ATM cells. Presented below is a figure that illustrates the efficiency of different choices for the fragment payload size for the case of networks implementing FRF.5. The efficiency is calculated as follows:

$$\begin{aligned} \text{Length of PDU to convert to cells} = & \text{ [ FR Header (2 octets)} \\ & + \text{ Fragmentation Header (4 octets)} \\ & + \text{ Fragmentation Payload Size (P octets)} \\ & + \text{ AAL5 trailer (8 octets) ]} \end{aligned}$$

$$\text{Number of cells needed to carry PDU (N cells)} = \text{CEILING [ Length of PDU / 48 octets/cell ]}$$

$$\text{Efficiency (\%)} = 100 * (\text{P octets}) / [\text{N cells} * 53 \text{ octets/cell}]$$

Figure A-1 shows Efficiency (%) on the vertical axis versus Fragmentation Payload Size (P octets). This does not represent a requirement or a recommendation of FRF.12.

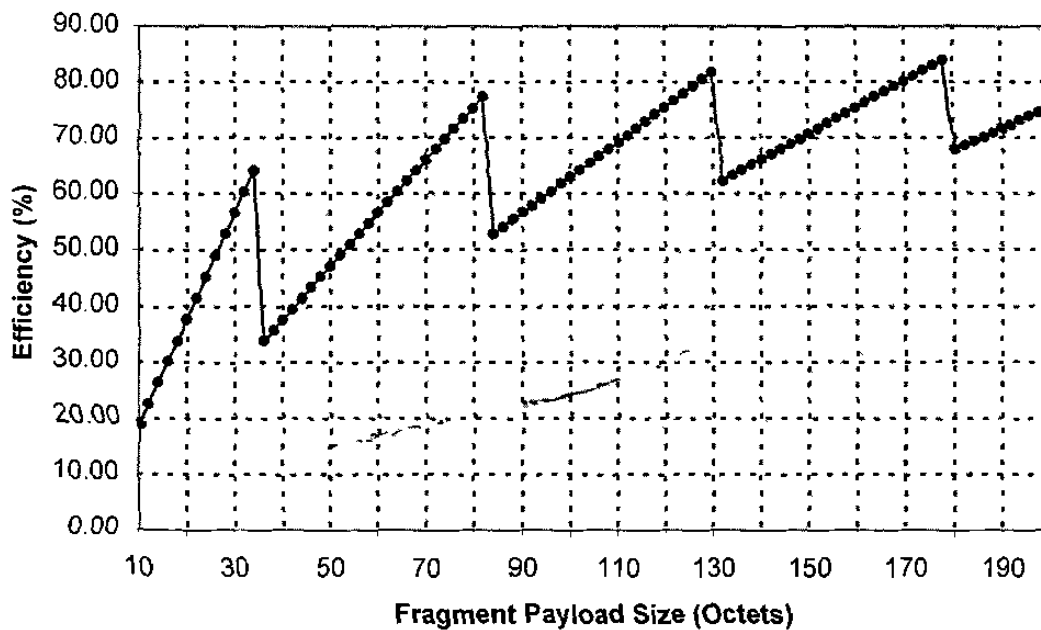


Figure 10-1 Efficiency Of Different Fragment Payload Sizes When Used With FRF.5



## LITERATURA CITADA

1. ACT Networks; "Resolving Enterprise Networking Challenges Through High Performance Architectures, White Papers", White Paper, [http://www.acti.com/3\\_6\\_whitep\\_highperf.htm](http://www.acti.com/3_6_whitep_highperf.htm), 1998.
2. ACT Networks; "Voice over Frame Relay", White Paper, [http://www.acti.com/3\\_6\\_whitep\\_voiceo.htm](http://www.acti.com/3_6_whitep_voiceo.htm), 1999.
3. Black, Uyles Black; "Emerging Communications Technologies", Prentice Hall, 1997.
4. Frame Relay Forum; " A Discussion of Voice over Frame Relay", White Paper, <http://www.frforum.com/4000/4017.html>, Octubre 1996.
5. Frame Relay Forum; "FRF.11 Voice over Frame Relay Implementation Agreement", [http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.11/frf\\_11.pdf](http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.11/frf_11.pdf), Marzo 1997.
6. Frame Relay Forum; "FRF.12 Frame Relay Fragmentation Implementation Agreement", [http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.12/frf\\_12.pdf](http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.12/frf_12.pdf), Diciembre 1997.
7. Frame Relay Forum; "FRF.13 Service Level Definitons Implementation Agreement", [http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.13/frf\\_13.pdf](http://www.frforum.com/5000/Approved/FRF.13/frf_13.pdf) Agosto 1998.
8. Gopal P. M. y Kadaba B. K.; "Network Delay Considerations for Packetized Voice", IBM Rest. RC-12045, Julio 1966.
9. Gruber, John G.; "Performance Requirements for Integrated Voice/Data Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. SAC-1, No. 6, Diciembre 1983.

## LITERATURA CITADA (continuación)

10. Jenkins, T. y Phillips, J.; "Where to look for Delay",  
<http://www.nww.com/newsletters/frame/0511fr2.html>, Noviembre de 1998.
11. Minoli, Daniel; "Optimal Packet Length for Packet Voice Communication" IEEE Transactions on Communications, Vol. COM-27, No. 3, Marzo 1979.
12. SCITEC; "A Detailed Analysis of Voice over Packet Technologies", White Paper,  
<http://www.scitec.co.uk/tech/white/wp000014.pdf>.
13. Sherif M. H., Clark R. J. y Forcina G. P; "CCITT/ANSI Voice Packetization Protocol", International Journal of Satellite Communications. Vol. 8, 429-436, 1990.
14. Smith, Philip; "Frame Relay Principles and Applications", Addison-Wesley Publishing Company, 1995.
15. Teology Networks, "Voice over Packet (VOP) White Paper",  
[http://www.teology.com/our\\_products/golden\\_gateway/VOPwhite.html](http://www.teology.com/our_products/golden_gateway/VOPwhite.html), 1998.
16. Yashiro Z., Yamada T., Sakai S.; "High Speed High Throughput Packet Switching Systems For Multimedia Communications", IEEE INFOCOM 87, San Francisco, CA, Diciembre 1988.

# GLOSARIO

<b>ADPCM</b>	Adaptive Differential Pulse Coding Modulation/Modulación Diferencial Adaptativa por Codificación de Pulsos. Técnica estándar de la CCITT (ITU) para codificar señales analógicas de voz a forma digital a 32kbps (la mitad de la velocidad PCM).
<b>ATM</b>	Asynchronous Transfer Mode/Modo de Transferencia Asíncrono. Implementación normalizada por la ITU de "cell relay", una técnica de conmutación de paquetes que utiliza paquetes (celdas) de longitud fija.
<b>BECN</b>	Backward Explicit Congestion Notification/Notificación Explícita de Congestión hacia Atrás. Bit marcado en una trama por un nodo de red Frame Relay y que es enviada en sentido contrario al de la transmisión para notificar a un DTE que inicie los procedimientos para evitar la congestión.
<b>CIR</b>	Committed Information Rate/Razón de Información Comprometida. La razón comprometida (en bits por segundo) a la cual ingresa o egresa información a un equipo terminal de usuario en condiciones normales.
<b>CLLM</b>	Consolidated Link Layer Management/Administración Consolidada de la Capa de Enlace, conjunto de funciones de diagnóstico y administración de red.
<b>CS-ACELP</b>	Conjugate Structure-Algebraic Code Excited Linear Prediction/Predicción Linear mediante Excitación de Códigos Algebraicos.
<b>DCE</b>	Data Communication Equipment. Término que se aplica a los dispositivos conmutadores de red (nodo de red).
<b>DDR</b>	Data Delivery Ratio/Razón de Entrega de Datos, razón de octetos recibidos exitosamente con respecto a los transmitidos.
<b>DLCI</b>	Data Link Connection Identifier/Identificador de Conexión de Enlace de Datos. Un único número asignado a un punto final de un PVC en una red Frame Relay. Identifica a este punto final de la red. Tiene significado local, solo para ese canal.
<b>DSP</b>	Digital Signal Processor/Procesador Digital de Señal. Equipo que prepara muestras de voz para la transmisión sobre una red de paquetes, sus componentes ejecutan cancelación de eco, compresión de voz, detección de Actividad de voz, eliminación de "jitter", paquetización de voz, etc.

## GLOSARIO (continuación)

<b>DTE</b>	Data Terminal Equipment/Equipo Terminal de Datos. Equipo terminal de usuario que puede ser la fuente o destino del flujo de datos que va a través de una red Frame Relay. Puede ser un FRAD, VFRAD o un ruteador.
<b>EADPCM</b>	Embedded Adaptive Differential Pulse Coding Modulation/Modulación Embebida Adaptativa Diferencial por Codificación de Pulsos.
<b>FECN</b>	Forward Explicit Congestion Notification/Notificación Explícita de Congestión hacia Adelante. Bit marcado por un nodo de red Frame Relay para notificar a un dispositivo terminal de usuario (DTE) que los procedimientos para evitar la congestión deben ser iniciados por el dispositivo que recibe los datos.
<b>FRF</b>	Frame Relay Forum/ Foro de Frame Relay, organismo que "estandariza" los acuerdos de implementación para Frame Relay establecidos por fabricantes de equipo.
<b>FTD</b>	Frame Transfer Delay/Retardo de transferencia de Tramas, diferencia en milisegundos entre el tiempo en que la trama sale de la fuente y el tiempo en el que llega al destino.
<b>MTU</b>	Maximum Transfer Unit/ Máxima Unidad de Transferencia. La unidad máxima de transferencia depende de la red.
<b>NLPI</b>	Network Layer Protocol Identifier/Identificador de Protocolo de Capa de Red. identifica el protocolo de capa de red (capa 3) que se este usando para encapsular.
<b>NNI</b>	Network to Network Interface/ Interfase Red a Red. Conjunto de reglas para establecer la comunicación entre redes Frame Relay.
<b>OA&amp;M</b>	Operations, Administration, and Maintenance /Operación, Administración y Mantenimiento. Conjunto de funciones de operación, administración y mantenimiento.
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation/Modulación de Codificación de Pulsos. Adapta una señal analógica a una corriente digital de 64kbps para la transmisión.

## GLOSARIO (continuación)

<b>PVC</b>	Permanent Virtual Circuit/Circuito Virtual Permanente. El canal virtual puede ser provisto sobre una base continua, o sea el usuario tiene el servicio de red todo el tiempo.
<b>RFC</b>	Request for Comments/Solicitud de Comentarios. Request for comments/solicitud de comentarios, estándar de Internet, se guardan en línea y son de acceso público.
<b>SID</b>	Silence Information Descriptor/Descriptor de Información de Silencio. Utiliza subtramas para indicar finales de conversación y para transmitir parámetros para la generación de ruido.
<b>SVC</b>	Switched Virtual Circuit/ Circuito Virtual Permanente. El canal virtual es establecido cuando se requiere.
<b>Trama</b>	Unidad para la transferencia de datos en Frame Relay.
<b>UNI</b>	User to Network Interface/Interfase Usuario a Red. Conjunto de reglas necesarias para la comunicación entre equipos terminales de usuario y un nodo de red.
<b>VAD</b>	Voice Activity Detection/Detección de Actividad de Voz. Componente que detecta la activación de voz.
<b>VFRAD</b>	Voice FRAD/ FRAD con capacidad para transmitir voz.
<b>VoFR</b>	Voice over Frame Relay/Voz sobre Frame Relay.



