

**TESIS DEL MASTER  
EN REDES DE DATOS**

**TEMA**

VOZ SOBRE FRAME RELAY

**ALUMNO**

D'ELIA GABRIEL ANIBAL

**DIRECTOR**

MARRONE LUIS

## **PAGINA PRINCIPAL**

Esta tesis trata el tema de VOFR, desde la digitalización de la voz hasta su transmisión a través de dicha red, así también como la comparación con otros medios de transporte como VOIP.

Dada las características del protocolo frame relay y su disponibilidad se eligió como el medio más apropiado para la transmisión de voz y datos en forma integrada sobre una misma red.

El trabajo comienza con una breve explicación de la voz, su digitalización y forma actual de transmisión a través de una red digital. Luego se explica el concepto de frame relay y por último se desarrolla el estudio de la integración de ambos para el transporte en forma conjunta.

Se culmina con la justificación de porque se eligió frame relay, comparándolo con otros protocolos de paquetes y se efectúa la explicación del uso de los circuitos virtuales conmutados, como propuesta de la tesis, para la obtención de una mejor calidad de servicio y mayor reducción de los costos.

## Tabla de Contenidos

<b>Introducción</b> .....	8
Que es la voz.....	8
Que es Frame Relay.....	10
Voz sobre Frame Relay.....	11
<b>Capítulo I Inicio</b> .....	13
Propósito.....	13
Aplicaciones.....	13
Requerimientos.....	14
Integración de las redes.....	14
Factores a tener en cuenta para brindar una alta calidad de voz.....	15
Modelo de referencia y descripción de servicios.....	17
Descripción de servicios de voz sobre frame relay.....	18
Descripción de la estructura del sub-frame.....	19
Ejemplo de sub-frame.....	22
Vfrad requerimientos de configuración.....	23
Diagrama de servicios VOFR.....	23
Servicio de Multiplexado.....	23
Porque Frame Relay.....	25
Equipos para voz sobre Frame Relay.....	26
Desafíos Técnicos.....	27
<b>Capítulo II Transferencia</b> .....	32
Requerimientos mínimos de VOFR.....	32
Sintaxis de transferencia de dígitos conmutados.....	33

Sintaxis de los datos.....	36
Carga de voz activa.....	40
Transferencia de G.727.....	42
G.728 LD CELP.....	44
G.723.1 MPMLQ.....	46
Conclusión.....	49
<b>Capítulo III Compresión.....</b>	<b>51</b>
Descripción.....	51
Importancia de la compresión.....	54
Compresión de la voz.....	55
Seleccionando un algoritmo.....	56
Conclusión de la selección.....	61
Estudio de algoritmos.....	61
Tipos de algoritmos.....	62
Familia de algoritmos G.729.....	64
Conclusión.....	65
<b>Capítulo IV Gestión del tráfico.....</b>	<b>66</b>
Requerimientos.....	66
Manteniendo la calidad de Servicio.....	66
Priorizaciones.....	68
Supresión de silencios.....	70
Fragmentación.....	70
Fragmentación UNI.....	71
Fragmentación NNI.....	72
Proceso de Fragmentación.....	75

Procedimiento de Reensamble.....	76
Tamaño de los frame y fragmentos.....	76
Encapsulado de Fragmentos VOFR.....	77
Ejemplos de fragmentación.....	80
Retardos.....	81
Jitter.....	82
Topología de Red.....	83
Conclusión.....	83
<b>Capítulo V Voip.....</b>	<b>86</b>
Elementos de VOIP.....	86
Introducción a VOIP.....	87
Uso eficiente de las nuevas aplicaciones WAN.....	88
Transporte básico de voz sobre una red IP.....	89
Conversión de voz en dato.....	89
Conversión de datos sin procesar a IP.....	89
Transporte.....	89
Conversión de IP a dato.....	89
Conversión de datos a voz.....	90
Funciones básicas de VOIP.....	90
Tecnología.....	91
Avances de hardware.....	91
Software.....	93
Protocolos.....	94
Gestión .....	95
Disponibilidad.....	95

Configuración.....	96
Monitoreo y diagnósticos.....	96
Performance.....	96
Conclusión.....	97
<b>Capítulo VI Comparación entre VOFR y VOIP.....</b>	<b>98</b>
Redes de paquetes de datos.....	98
Integración de voz y datos en una red corporativa.....	100
Voz digitalizada y fax.....	102
Determinación de los troncales requeridos.....	103
Llamando sobre las redes de voz y datos.....	104
Importancia de la transparencia en la inter operabilidad telefónica.....	104
Funcionalidad de la integración.....	105
Funciones básicas.....	105
Funcionalidad expandida.....	106
Comparando de acuerdo a la tecnología de paquetes.....	107
Comparación en consumo de ancho de banda.....	109
Comparando capacidad del troncal.....	110
Integración voz/fax en tiempo real.....	112
Retardo y Jitter en las redes.....	114
Comparando priorizaciones.....	115
Comparación de las segmentaciones.....	116
Comparación de servicios WAN.....	118
Comparación sobre la base de topología y costos.....	119
Comparación sobre la base de actividades estándares.....	121
Conclusión.....	122

<i>Propuesta</i> .....	125
Ventaja de los circuitos virtuales Conmutados.....	125
Conclusión.....	130
<i>Conclusión Final</i> .....	131
<i>Bibliografía</i> .....	134

## INTODUCCION

### Que es la voz

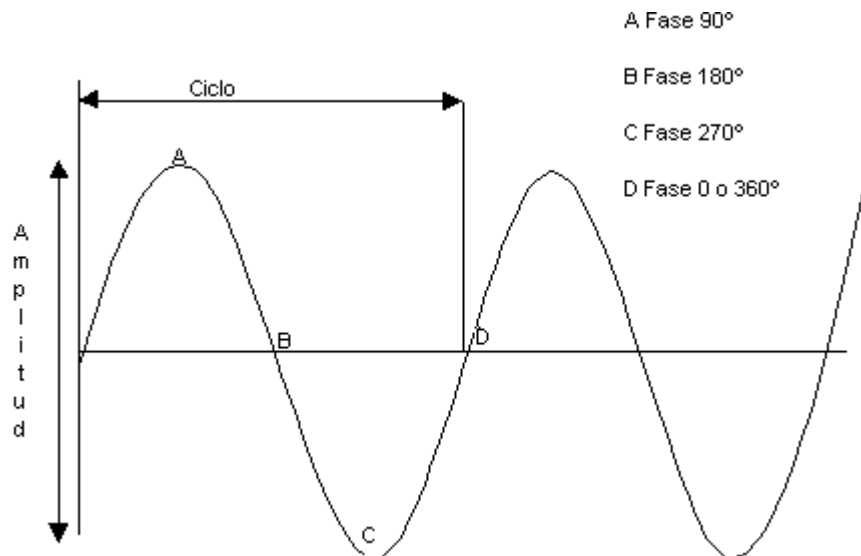
Definimos la voz como energía eléctrica con forma de onda, que exhibe tres características primarias que son importantes en la comunicación de datos. Las mismas son amplitud, frecuencia y fase.

La amplitud de la señal es la medida de su voltaje, la cual puede ser cero, positiva o negativa.

La frecuencia describe el número de ciclos completos u oscilaciones por segundo, y es medida en Hertz (Hz). Hertz describe el número de ondas completas que pasa por un punto de referencia en un segundo.

La fase de la señal representa el punto que la misma tiene en el ciclo.

La figura muestra las tres características.



### Conversión análoga a digital

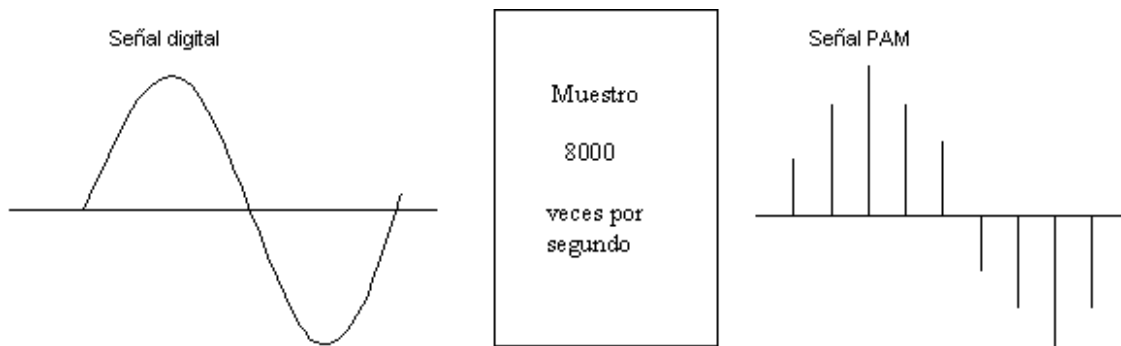
Existen dos características principales en esta conversión, analizar la onda y codificar parámetros. PCM (Pulse Code Modulation) es un tipo de análisis de onda y es el más común.



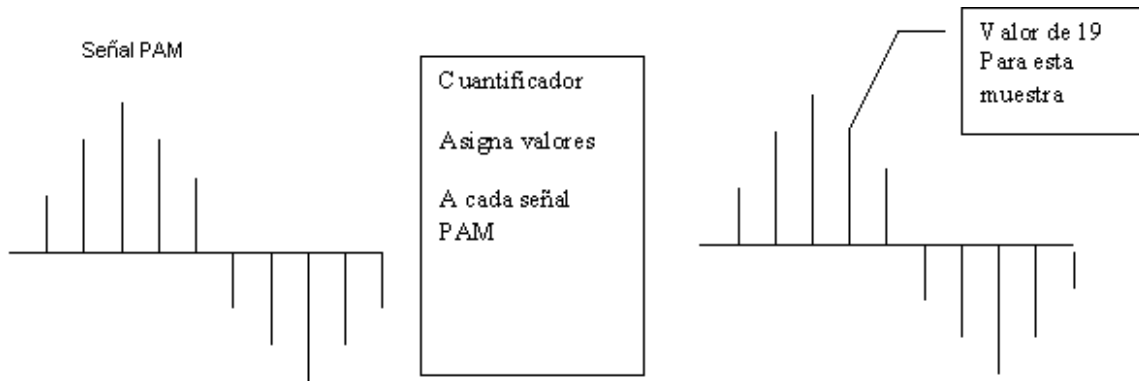
## PCM

Este tipo está basado en la teoría de muestreo de Nyquist ([www.smeal.psu.edu](http://www.smeal.psu.edu) In depth Nyquist Theorema and information by Verstraete last revised 30 sep 1998), que dice, si una señal analógica es muestreada a intervalos regulares a razón de al menos dos veces su máxima frecuencia en el canal, la muestra contendrá suficiente información como para permitir su reconstrucción. El muestreo aceptable es de 8000 muestras por segundo. Basado en la teoría de muestreo de Nyquist, esta valuación permite la perfecta reproducción en un canal de 4kHz.

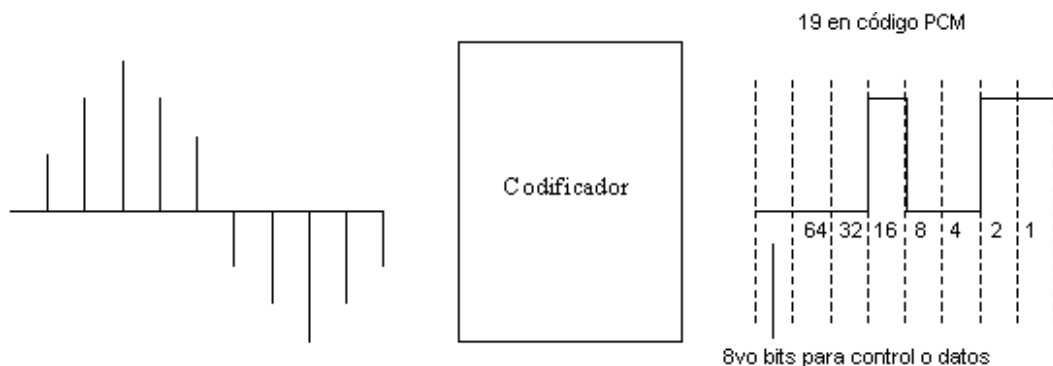
La figura ilustra un muestreo de una señal analógica a 8000 veces por segundo. Cada muestra es referenciada como una modulación en amplitud (PAM)



Cada señal de voz es muestreada y convertida a PAM, las cuales son cuantificadas. El propósito de la cuantificación es darle un valor a cada PAM. Muchas implementaciones de PCM usan un cuantificador en un rango de 1 a 256. Esto significa que cada señal PAM se le asigna un valor entre 1 y 256. Como puede verse en la figura, a la señal PCM cuarta desde la izquierda se le asignó un valor de 19.



El valor asignado a cada señal es transformado a su correspondiente binario. Un cuantificador con un rango de 1 a 256 usa los ocho bits, mientras que otra implementación puede usar siete bits dejando el octavo para dato o control.



De acuerdo al Teorema de Nyquist el estado en que una señal analógica de ancho de banda **B** puede ser completada, es generando muestras **S** de al menos dos veces el ancho de banda, esto es

$$S \geq 2B$$

Una señal de voz tiene aproximadamente un ancho de banda de 4KHz. Si es muestreada con un conversor de 8 bit de acuerdo a Nyquist el bit rate R será

$$R = 8 \text{ bits} * 2 B = 64000 \text{ bits/seg}$$

Es decir se necesitarán aproximadamente 64 kbps para transmitir la voz.

### Que es Frame relay

Es un servicio de red de alta velocidad, de intercambio de paquetes orientado a conexión. Este usa circuitos virtuales para conexión de ancho de banda por demanda.

Dichos circuitos son conocidos como Identificadores de enlaces de conexión (DLCI) y proveen una ruta virtual a cada sitio remoto ([www.frforum.com](http://www.frforum.com) The basic Guide to frame relay networking).

Frame relay es un sub conjunto del protocolo LAPD para proveer multiplexación estática a la velocidad de 50 Mbits/seg manejando tráfico de ráfagas. El alto grado de performance de Frame relay se debe a la calidad de las líneas, que permitieron eliminar la necesidad de recuperar errores y las funciones de control que tenían muchos protocolos anteriores.

La responsabilidad de corrección de errores y recuperación de paquetes perdidos o descartados ahora recae sobre los equipos usuarios de la red. Una desventaja de este sistema es que si un frame es perdido el mismo no es detectado sino hasta que el dato completo alcance el destino. Esto significa que el destino debe enviar un requerimiento de retransmisión al origen.

El estándar de Frame relay define tres tipos de circuitos lógicos: permanente, conmutado, multi-cast.

Frame relay no requiere una línea dedicada entre el transmisor y el receptor. Pese a que un PVC es permanente el ancho de banda que tiene asignado puede ser usado por otro PVC en caso de que no tenga tráfico.

Los PVC ofrecen un valor de ancho de banda preestablecido CIR que es la velocidad a la cual la red mantendrá los datos enviados. Cuando los datos enviados a través de la red superan el CIR, estos son marcados como elegidos para descartar, lo que significa que en caso de congestión de la red serán descartados y solo los datos enviados dentro de los límites del CIR serán transmitidos

Una de las características de Frame relay es que, en caso de poco tráfico se puede utilizar mayor ancho de banda que el abonado.

### [Voz sobre Frame relay](#)

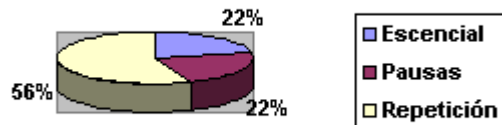
Frame relay surgió como parte del estándar ISDN (ISDN and broadband ISDN whit frame relay de Stallings editorial Printice-Hall edición 1999) , llegando a ser un protocolo con derecho propio en 1989. Este fue diseñado para proveer transferencia de datos de alta velocidad, las cuales deberían usarse para interconexión de dispositivos que requerían alta performance en cortos períodos de tiempo.

Inicialmente fue usado para transporte de tráfico de datos en ráfaga, en la actualidad puede manejar datos sensibles al tiempo como la voz. La tecnología de VOFR permite una completa integración de voz, fax y datos sobre la misma red, lo que permite una optimización del ancho de banda utilizado.

Uno de los principales desafíos cuando se transporta voz, es hacerlo en tiempo real,

puesto que la misma puede sostener un retardo mínimo antes de ser percibido por el receptor.

La voz tiene una gran cantidad de información redundante. Solamente el 22% de la misma es requerido para obtener una buena calidad en la transmisión.



La figura muestra los componentes de la voz

La repetición de sonidos es inherente a la voz humana y es causada por la vibración de las cuerdas vocales. Los sonidos repetidos no necesitan ser transmitidos, con lo cual se gana un gran incremento en la disponibilidad del ancho de banda.

Las pausas entre palabras y entre que una persona deja de hablar y comienza la otra, pueden ser también removidas. Estas pausas pueden ser comprimidas y recreadas en el receptor.

Después de suprimir los sonidos repetidos y las pausas, la voz es digitalizada y empaquetada, lista para ser transmitida sobre la red frame relay. Los frame de voz suelen ser en promedio más pequeños en relación con los de datos, esto optimiza los retardos a través de la red y minimiza la posibilidad de descarte de los frame.

## Capítulo I

### INICIO

En este capítulo se explican las características de la transmisión de la voz y los factores a tener en cuenta para que la misma posea una buena calidad de servicio.

Dadas las características antagónicas entre la voz y los datos, se deben cumplir ciertos requisitos, para la transmisión de ambos en forma integrada. Los mismos son mencionados en este capítulo

También se explica el formato de frame de voz sobre frame relay y los tipos de carga que los mismos pueden transportar. Culminando con la explicación de los equipos necesarios para transmitir voz y datos en forma conjunta sobre frame relay.

#### **Propósito**

Frame relay es un buen diseño de red. El protocolo provee un conjunto de funciones para transporte de carga de datos de tamaño variable. El protocolo básico ha sido aumentado por acuerdos adicionales, acordando técnicas para soportar aplicaciones de datos tales como LAN bridge, IP routing y SNA (Ilustred SNA de Pataki editorial John Wiley & sons de 1998).

Estas especificaciones se extendieron para incluir el transporte de voz digital. Los formatos y procedimientos requeridos para transportar voz, serán tratados a lo largo de la tesis. Estas especificaciones tratan los siguientes temas.

- Transporte de voz comprimida dentro de los frame

- Soporte de diversos algoritmos de compresión

- Uso específico del low-bit rate en la conexión

- Multiplexado de hasta 255 sub canales sobre un DLCI

- Soporte de múltiples sub canales dentro de un frame

- Soporte de datos y sub canales sobre un DLCI

VOFR optimiza el uso del ancho de banda utilizando alojamiento dinámico del mismo y las características de multiplexado de frame relay, que lo transforman en un servicio más económico y de mayor facilidad de gestión que las tradicionales líneas dedicadas.

Por consiguiente el mayor aprovechamiento de la integración es la comunicación entre sucursales de una empresa corporativa, por que le permite usar para transmisión de voz la misma infraestructura que utiliza para datos, reduciendo los costos y facilitando

la gestión de la red.

## **Aplicaciones**

La voz sobre frame relay es soportada por todas las aplicaciones tradicionales de voz, tales como PBX, OPX y PLAR (Voice and Data internetworking Held Gil Mc Graw 1998 capítulo 5).

El mayor beneficio de voz sobre frame relay comenzó desde las sucursales de las empresas, que accedían a una locación regional con desde uno hasta cuatro puertos de voz tan bien como los protocolos seriales de datos. En dicho caso las sucursales se conectaban a una locación regional a través de una línea analógica de 19.2 o 28.8Kbps o en algunos caso líneas digitales de 56/64 Kbps. Combinando el tráfico de voz dentro de un enlace frame relay que también porta datos, los usuarios pueden abaratar los costos de la llamada dial-up sobre la red pública o las líneas privadas separadas para voz. Los usuarios también bajan el costo del ancho de banda y otros costos asociados utilizando eficientes métodos de mutiplexación de voz y datos.

Un nodo regional debe soportar enlaces remotos que requieran varios puertos de voz. Esos puertos son típicamente conectados a una PBX regional a través de un enlace digital T1 o E1.

En un entorno de redes públicas, se deben tomar algunas precauciones acerca del servicio de voz sobre frame relay, puesto que se tiene que garantizar la calidad del mismo para la voz. Algunas alternativas pueden ser tarifar un DLCI para voz que permita garantizar un retardo aceptable y que habilite a la voz para viajar sola sobre un circuito virtual dedicado, minimizando o eliminando los problemas. Otra es proveer diferentes niveles de calidad de servicio para los diferentes DLCI. A medida que los FRAD (dispositivos de acceso a Frame Relay) con soporte de voz se hacen más inteligentes y sofisticados, se mejorará la calidad de servicio y los usuarios tendrán mayores opciones sobre las redes.

## **Requerimientos**

Un efectivo soporte de voz y datos sobre frame relay requiere una tecnología que resuelva el problema de los retardos, gestión de ancho de banda, control de congestión, manejo de prioridades etc. La voz requiere de diferentes clases de servicios que los datos tradicionales y las LAN de datos, para asegurar una alta calidad de audio en una conversación.

Por ejemplo, mientras los datos y las LAN tienen bajas tolerancias a las pérdidas de paquetes, la voz puede tolerar un cierto porcentaje de paquetes perdidos sin disminuir la calidad de servicio. A diferencia de los datos y las LAN la voz puede ser enviada sobre enlaces sin procedimientos de reconstrucción de errores. Esto permite ahorrar ciclos de procesador y ancho de banda, por que no hay necesidad de tantas retransmisiones.

En contra partida la voz es menos tolerante a los retardos. Para que la calidad de la misma sea aceptable, el total del mismo debe ser menor a 400 msec. Para minimizar los retardos se emplean algoritmos de compresión de voz.

La voz es comprimida y empaquetada con otros datos para poder ser transmitida a través del port de red de frame relay. Se deben priorizar los paquetes de voz a los de datos.

## **Integración de las redes**

A pesar de que la tecnología de voz sobre frame relay se fue haciendo más sofisticada y confiable, sus cambios requieren de una gestión y soporte constante. Herramientas de gestión de retardos, variación de retardos entre frame (jitter), pérdidas de frame, como así también control sobre otros problemas de la red que pueden causar degradación en la calidad de voz, son factores a tener en cuenta para garantizar una buena calidad de servicio.

## **Factores a tener en cuenta para brindar alta calidad de voz**

### *Compresión de la voz*

En las redes telefónicas públicas con modulación en código de pulsos (PCM), la conversión de la voz de analógica a digital, usa 64 kbps para brindar una calidad de voz optimizada. Sin embargo, PCM no es muy eficiente para redes integradas.

La voz digitalizada requiere de un gran ancho de banda para ser transmitida sobre una red. Para hacer la transmisión más económica y práctica, la voz digitalizada es comprimida. Los algoritmos de compresión hacen esto posible, permitiendo proveer alta calidad de voz mientras se usa el ancho de banda de una manera eficiente. Esto a inducido al diseño de nuevos y más eficientes algoritmos de compresión, así como procesadores de señales digitales (DSP).

Métodos de compresión como el CS-ACELP G729 permiten comprimir la voz a 8kbps manteniendo una alta calidad mientras que al mismo tiempo aprovechan mejor el ancho de banda.

### *Cancelación de eco*

Otro factor que puede suceder cuando se transmite voz sobre frame relay es el eco, un fenómeno en el cual la voz transmitida es reflejada nuevamente al punto de transmisión, dependiendo de la severidad del mismo este puede ser muy molesto. En efecto si el tiempo de retardo entre la voz y el eco retornado es 45 msec o más puede provocar que la conversación sea imperfecta.

El método más sofisticado de eliminación de eco, es un cancelador, el cual construye un modelo matemático de patrón de voz y lo substraee de la ruta de transmisión. Los procesadores utilizados para compresión de voz pueden

contener canceladores de eco, lo que evita la utilización de un aparato para tal fin.

### *Control de jitter*

Frame relay por naturaleza es tolerable a las ráfagas y está compuesto de frame de tamaño variable, por lo tanto el retardo entre paquetes consecutivos puede ser variable. Esta diferencia de tiempo entre el arribo de cada paquete, es llamada "jitter" Esto ocurre cuando un paquete arriba y es mantenido en una buffer hasta poder ser procesado.

Debido a que frame relay permite paquetes de longitud variable, sus retardos son variables e impredecibles. El jitter no deberá exceder el tiempo de recepción del dispositivo, por que sino el sonido puede resultar distorsionado.

Para reducirlo se debe limitar el tamaño de los frame, minimizando así el retardo de los mismos al atravesar la red. La fragmentación de los paquetes de datos, permite que los de voz no se retrasen si es que se transmiten detrás de uno de ellos. Además los frame más pequeños se adaptan mejor para ser transmitidos sobre ATM.

### *Control de frame perdidos*

Debido a que frame relay fue diseñado para descartar paquetes bajo ciertas condiciones, tales como congestión, errores de transmisión, rotura de líneas o falla en los equipos, el efecto sobre el tráfico de voz deberá ser analizado. Sí la red frame relay pierde demasiados paquetes, la calidad de transmisión de la voz será inaceptable. Pero es importante remarcar que el oído humano puede compensar la pérdida de algunos paquetes.

Los frame de datos no son sensibles al tiempo, por lo tanto la pérdida de paquetes puede ser solucionada con retransmisiones, mientras que la pérdida de paquetes de voz no puede ser tratada de la misma manera.

Algunas formas de solucionar los frame de voz se detallan a continuación:

Interpolar los paquetes perdidos reemplazándolos por el último paquete recibido durante el intervalo. Este es un método simple para completar los tiempos entre frame no contiguos, el mismo funciona muy bien cuando el incidente es infrecuente. Este método no trabaja bien en caso de que la pérdida sea producida en una ráfaga.

Envío de información redundante a expensa de utilización del ancho de banda. Este método consiste de replicar y enviar el paquete  $n$  junto con el  $n+1$ . Tiene la ventaja que corrige el error de la pérdida de paquetes, pero al mismo tiempo utiliza más ancho de banda y genera grandes retardos.

Utilizar un dispositivo que utilice menos ancho de banda y provea



información redundante portada solo en el paquete **n+1**. Esto soluciona el problema del ancho de banda extra pero falla en la solución del retardo.

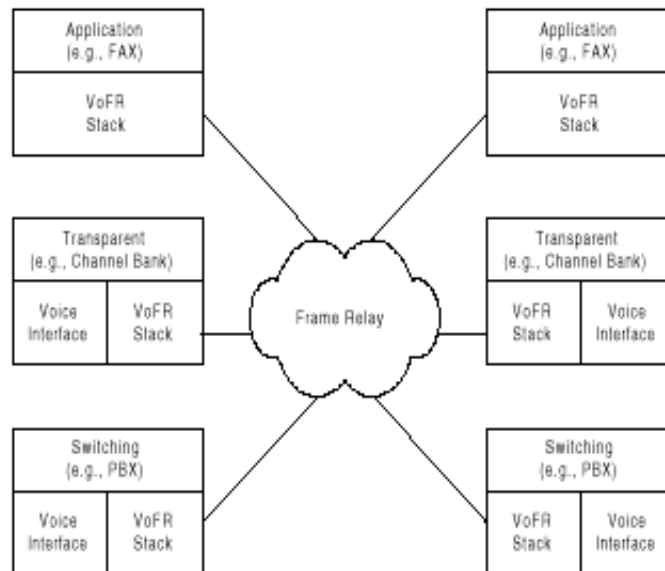
### *Control de congestión*

El control de la congestión en las redes frame relay se realiza a través de mecanismos en tiempo real que son importantes para prevenir dicho problema. La congestión se produce cuando la red es sometida a cargas por encima del CIR del canal de frame relay. Cuando esto ocurre un bit de congestión denominado BECN se enciende. Una red bien diseñada deberá ser capaz de detectar este estado cuando recibe el bit BECN encendido y reducir la transmisión por lo menos hasta llegar al CIR.

## **Modelo de referencia y descripción de servicios**

### *Acceso a frame relay*

Un dispositivo de acceso a frame relay usa el servicio UNI (Interfaz usuarios red), como facilidad de transmisión para la voz, señales de voz y datos. El modelo de referencia para voz sobre frame relay es el mostrado en la figura. Utilizando los servicios de VOFR es posible que los dispositivos del lado izquierdo intercambien información con los del otro lado.



En la figura se ven tres tipos de dispositivos, en la parte superior se muestra un

dispositivo terminal similar a un Fax o teléfono, en el medio un dispositivo multiplexor similar a un canal de banco y en la parte inferior un sistema conmutado como una PBX.

### *Sistema terminal*

Podría ser una PC con Fax o software telefónico usando la red frame relay para comunicarse con otro dispositivo VFRAD. Este podría también usarse para conectarse con un canal de banco dentro de una red privada o una PBX.

### *Dispositivo Multiplexor*

Este caso sería un canal de banco conectado vía un troncal a una PBX, no mostrado en la figura o un dispositivo conectado a un sistema terminal.

### *Sistema conmutado*

Podrá tratarse de una PBX que utiliza frame relay para conectarse a un sistema terminal o a otro troncal PBX, así como también a un canal de banco.

## **Descripción de servicios de voz sobre frame relay**

A continuación se definirán formatos y procedimientos que soporta un servicio de voz sobre frame relay, Algunos de los cuales son:

Origen y terminación de una llamada

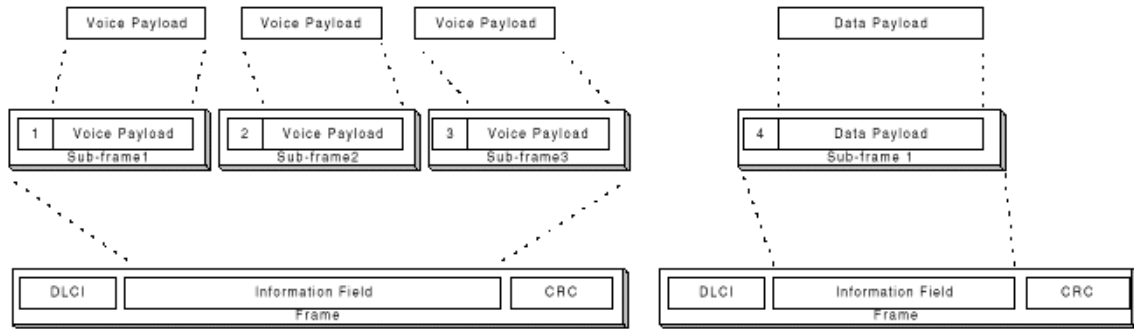
Transporte entre un subcanal individual sobre una interfaz VOFR y otra, y subcanal sobre otro tipo de interfaz

Conmutación llamada por llamada

Para soportar el servicio de VoFR, el protocolo deberá proveer un servicio de transporte full duplex. Los usuarios pueden utilizar los siguientes servicios elementales para operar una conexión de voz. Los servicios transportan dos tipos de carga, carga primaria y carga de señal.

### *Formato del frame*

Las cargas de voz y datos son multiplexadas dentro de un enlace VoFr y encapsuladas en un formato de frame específico. La misma es empaquetada como un sub frame dentro del campo de información del frame. Los sub frame pueden estar combinados dentro del frame para incrementar la eficiencia del transporte. Cada uno contendrá un encabezado y una carga. El encabezado identifica el sub canal de voz o dato, y cuando es requerido el tipo de carga y la longitud de la misma. La figura muestra una ilustración de sub frames. En este caso un simple DLCI soporta tres canales de voz y uno de datos. Las tres cargas de voz son empaquetadas en el primer frame y la de datos en el segundo.



### Formato del Sub Frame

Cada sub-frame consiste de un encabezado y una carga. El mínimo encabezado de un sub-frame es un simple octeto conteniendo en los bits menos significativos solo la identificación del canal. Cuando el bit de extensión se encuentra activado, un octeto adicional contiene los bits más significativos de la identificación del canal y el tipo de carga. Un tercer octeto conteniendo la longitud de la carga está presente cuando el bit de indicación de longitud se encuentra activado. A continuación del encabezado se encuentra la carga.

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

#### Nota:

**EI** Indicador de extensión

**LI** Indicador de longitud

**CID** Identificador de Sub-canal

### Descripción de la estructura del sub-frame

**Indicador de extensión:** Este bit indica la presencia del primer octeto adicional 1a. El mismo debe ser activado cuando el identificador del sub-canal es superior a 63 o cuando se indica el tipo de carga. Cada transferencia tiene un valor de

tipo de carga cero cuando este bit se encuentra desactivado

**Indicador de longitud:** Este bit indica la presencia del segundo octeto adicional 1b. El bit de longitud del último sub-frame es siempre cero y el campo de longitud de carga no se encuentra presente. Este bit se encuentra activado en todos los sub-frame precedentes al último.

**Identificador de Sub-canal:** Los seis bits menos significativos del identificador del sub-canal se encuentran codificados en el primer octeto. Los dos bits más significativos en el segundo octeto. Los valores de 00000000 al 00000011 se encuentran reservados.

**Tipo de cargas:**

				Bits	
4	3	2	1		
0	0	0	0	Transferencia de carga primaria	
0	0	0	1	Transferencia de señal de dígito de dialogo	
0	0	1	0	Transferencia de bits de señalización	
		1	1	Transferencia de frame de Fax	
0	1	0	0	Información de silencio	

### *Carga primaria*

Cada sub-canal de una conexión VoFr transporta una carga primaria. La misma contiene tráfico que es fundamental para la operación del mismo. Los otros tipos de carga se utilizan para soportar a la primaria. Los tipos de cargas adicionales se diferencian de la primaria por un código de señal en el campo tipo de carga del sub-frame. Un tipo de carga de todos ceros siempre indica carga primaria.

Tres tipos básicos de carga primaria son los mencionados a continuación.

### *Voz codificada*

Este es el servicio elemental de información de voz, la misma es empaquetada acorde a las reglas especificadas por la sintaxis de transferencia. La sintaxis de transferencia de voz es definida por varios esquemas de compresión.

### *Fax codificado*

El servicio de usuarios puede intercambiar datos digitales en banda base para

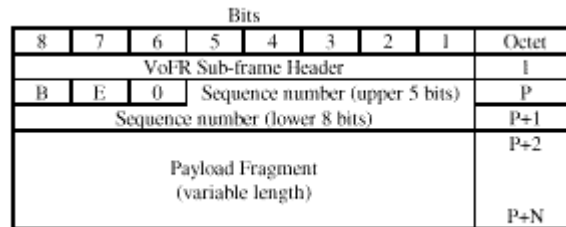
su re modulación dentro de un Fax o señal de módem analógica. El servicio de VoFR transporta esta información entre dos usuarios del mismo.

La transmisión de un servicio local puede localmente detectar la presencia de un Fax. El servicio de usuario receptor puede detectar el arribo de un paquete que contiene datos demodulados y reconstruirlos.

El formato de la carga de datos de Fax codificada esta fuera del alcance de esta tesis al igual que el algoritmo usado para modulación y demodulación de Fax

### Frames de datos

El formato de los frame de datos es el mostrado en la figura.



Todos los sub frame contienen un encabezado de fragmentación

El tipo de carga se configura como primaria

El contenido de los frame de datos es transparente al servicio de VoFr

Una aplicación de servicios de frame de datos, habilita un túnel de mensaje de señales en un canal común entre dos puntos compatibles.

La carga de los sub frame consistirá de frame de datos recibidos desde un servicio VoFr del usuario, los cuales son transmitidos sobre un enlace de datos conectado en uno o mas fragmentos de datos.

El máximo tamaño de segmento esta regido por el máximo tamaño de frame soportado por la conexión.

### Carga de señales

Este tipo de carga se utiliza para controles en la transmisión. Se identifican según el tipo de carga indicado en el sub-frame. Los mismos son mencionados a continuación.

### Dígitos de llamadas

El servicio elemental está conformado principalmente por DTMF, pulsos u otro tipo de dígitos de llamadas, suministrado por los servicios de los usuarios. Estos dígitos pueden ser enviados durante el establecimiento de las llamadas o para

transferencias en banda de tonos.

### Bits de señalización

Estos bits pueden indicar captura o liberación de una conexión, llamada de pulsos, resonancia, u otro tipo de información acorde con el sistema de señal en uso sobre la transmisión.

### Indicación de falla

Este servicio se utiliza como alarma en caso de una falla

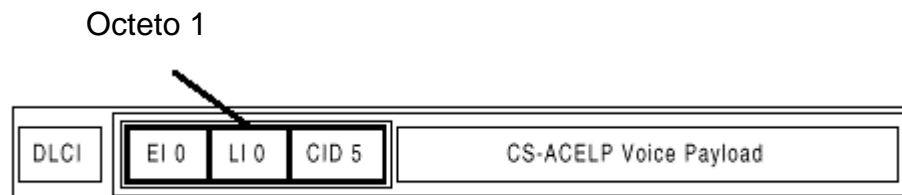
### Descriptor que informa los silencios

Este sub frame indica el final de una conversación y conforma la generación de los parámetros de ruidos. Esta indicación de CID soporta VAD actividad de detección de la voz y los esquemas de supresión de silencios.

Cuando se utiliza VAD, un sub frame CID puede opcionalmente ser transmitido siguiendo al último sub frame de voz. La recepción puede ser interpretada como una indicación implícita de finalización de voz.

## Ejemplo de Sub-frame

Los diagramas ilustran algunas de las posibles combinaciones de los sub-frame.

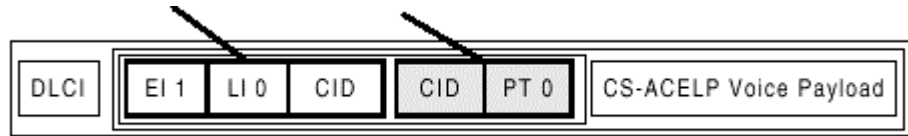


La figura muestra un frame conteniendo una simple carga de voz sobre un sub-canal

Con un identificador menor a 63. Los octetos adicionales no están presentes y la carga comienza después del primer octeto

Un muestreo de voz CS-ACELP comienza después del primer octeto.

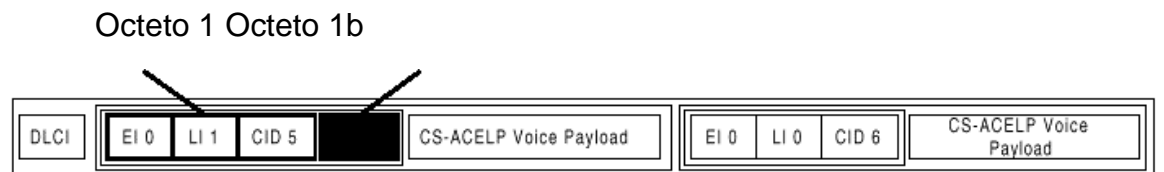
Octeto1 Octeto 1a



Este frame contiene una simple carga de voz con un identificador de canal superior a 63. El primer octeto opcional 1a deberá ser incluido. El tipo de carga es cero, lo cual indica que la misma ha sido configurada por el canal.



En este caso un frame contiene múltiples sub-frame para los canales 5 y 6. El tipo de carga es distinto de cero por lo tanto el octeto 1a se encuentra presente. El primero de los dos sub-frame incluye el octeto que identifica la longitud de la carga.



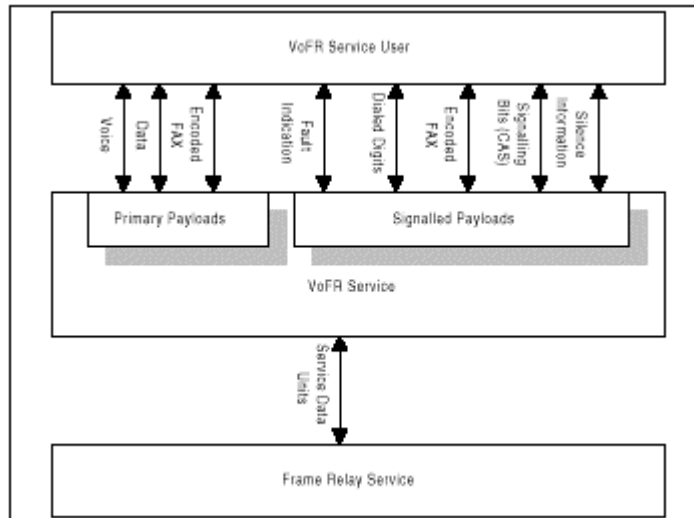
Por último este ejemplo es similar al anterior pero el tipo de carga es cero.

### ***VFRAD Requerimientos de configuración***

VoFr no requiere parámetros opcionales de configuración. El tiempo de provisión y gestión de red deberían configurarse en el codificador de voz (vocoder). El dispositivo final que provee los servicios de VoFr será configurado con compatibles sub canales de asignación, señalización, algoritmos de compresión y otras opciones.

### ***Diagrama de servicios VoFr***

La figura muestra un diagrama del servicio.

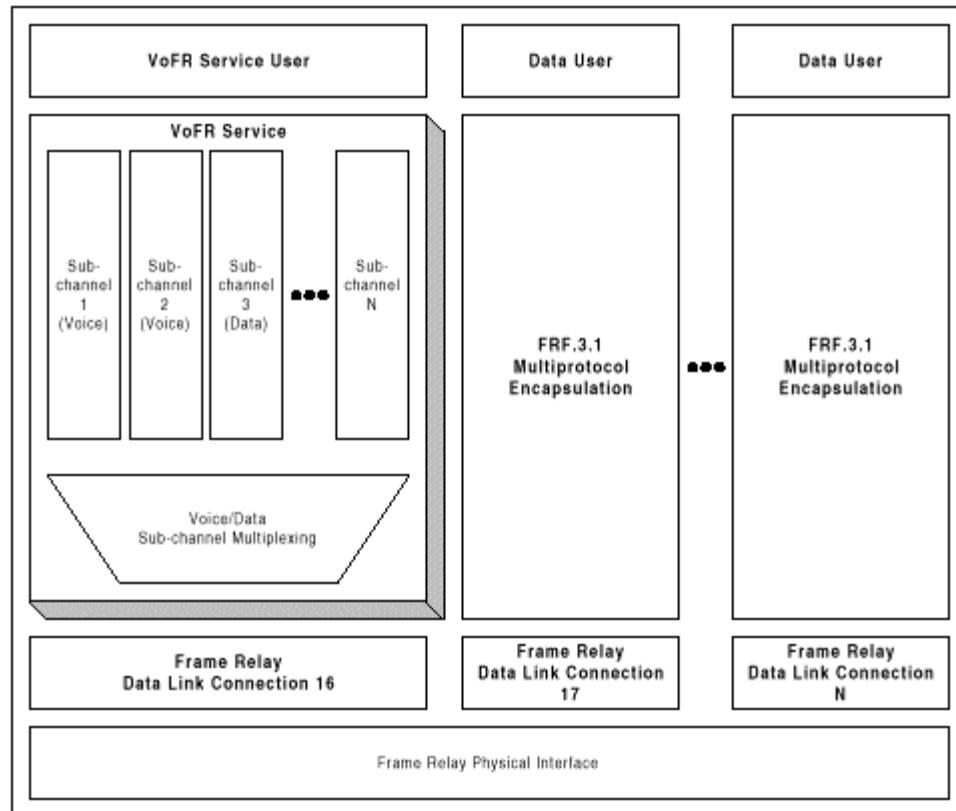


### **Servicio de Multiplexado**

Frame relay puede soportar múltiples PVC, cada uno de los cuales puede proveer servicio de VoFr, el mismo puede soportar múltiples canales de voz y datos o simple conexiones frame relay.

La figura muestra una instancia del multiplexado de voz o dato, como se puede observar el protocolo puede soportar una o varias conexiones sobre un simple PVC.





### Multiplexado de PVC

Algunos FRAD requieren diferentes PVC para tipos distintos de tráfico. Esto significa que para que datos, LAN y voz viajen entre una oficina central y su sucursal se requerirán tres PVC. Si otro sitio es adherido se requerirán seis y así sucesivamente. La garantía del CIR de ancho de banda es asignada a cada PVC, haciendo la administración más dificultosa y menos eficiente. Con PVC multiplexado, se eliminan los costos extras por PVC por que todos los tipos de tráfico utilizan el mismo.

### Premisa Frame relay

La premisa permite a una empresa adherir voz a su red de datos existente. Esto permite una integración completa, adhiriendo alta calidad de voz sin perder el equipamiento existente

### Por que Frame Relay

Se ha mostrado a voz sobre frame realy como una ventaja económica. Pero después

de todo transmitir voz empaquetada puede realizarse por una amplia variedad de opciones, entre ellas líneas dedicadas o ATM (Understanding ATM de Schatt Mc Graw Hill de 1996; ATM volume II de Black Prentice Hall 1997).

Compararemos frame relay con sus competidores líneas dedicadas ATM e Internet

### Frame Relay versus líneas dedicadas

Hay circunstancias donde el uso de la línea dedicada es la mejor solución. Esto es particularmente cuando se requiere transportar datos a una velocidad en un rango entre 512 kbps y un T1. En este caso el equipo usado para transporte de la voz sobre frame relay trabajará en un entorno punto a punto. En otros casos donde exista frame relay el costo del mismo es mucho más barato que las líneas dedicadas. Esto es especialmente importante cuando la topología de red es una maya o estrella conectando varios sitios. Otra ventaja en relación con las líneas dedicadas se encuentra en las largas distancias, dado que estas últimas se cobran por millas.

No posee ventajas ni desventajas a nivel servicios en el rango 56/64 kbps y T1/E1 y asumiendo una compresión de 8 a 1

### Frame Relay versus ATM

ATM es otra opción para transportar paquetes de voz comprimidos. Como una tecnología hermana de Frame Relay con la diferencia que tiene la longitud de paquetes fija. La principal desventaja de ATM es su disponibilidad, hay pocos servicios disponibles a velocidad T1. Esto lo hace comercialmente poco viable para velocidades 56/64 kbps y fracciones de T1.

Otra desventaja de ATM es la ineficiencia del uso del ancho de banda, puesto que tiene un gran over head de 5 octetos para 48 de carga, superior al 10 por ciento, lo que se agrava con la alta compresión de la voz.

Por supuesto el over head solo preocupa a bajas velocidades cuando el costo del bit por segundo es alto. Esto provoca el tercer problema de ATM, es que la misma fue una tecnología desarrollada para velocidades T3/E3 o superiores

### Frame Relay versus Internet

En efecto TCP/IP no sufre problemas de popularidad, al contrario la idea de transmitir voz sobre Internet llama considerablemente la atención. Los inconvenientes son los mismos que la transmisión sobre X25, con la excepción de la limitación de velocidad. El problema se encuentra en la robustez del protocolo y sus requisitos para las demoras y variabilidad de las mismas.

## **EQUIPOS PARA VOZ SOBRE FRAM RELAY**

La utilización de VOFR involucra el uso de algunos equipos sobre el sitio cliente. El más común es llamado voz FRAD.

Un VFRAD es similar en función a un FRAD normal (dispositivo de acceso a frame relay), pero se diferencia del anterior en la posibilidad de manejar como mínimo, los procesos de empaquetado y compresión de la voz. Por supuesto algunas funciones de los FRAD están incluidas, como ser soporte de SNA y posibilidades de algunos otros protocolos. El soporte de router es provisto en forma integral o por vía externa.

El VFRAD típicamente será un dispositivo de tipo punto a punto con una simple interfaz frame relay. Cuando se utiliza en un entorno de red, ésta simple interfaz puede soportar múltiples conexiones lógicas para un número de sitios sobre la red frame relay, ruteando las llamadas de voz sobre diferentes circuitos virtuales. Pero los VFRAD pueden soportar también al menos una interfaz adicional de frame relay. Esto es especialmente importante para la utilización de Routers existentes en conjunto con dicho dispositivo, permitiendo al mismo una performance en el intercambio de frame. La interfaz adicional podría también ser utilizada para la conexión del dispositivo a la red vía dos circuitos separados.

La conexión de datos por routers existentes y otros dispositivos frame relay puede ser soportada por la disponibilidad de aceptar enlaces directos. Sin embargo para que esta capacidad sea integrada o externa, el dispositivo debería usar prioridad y algunos algoritmos que aseguren que el acceso a la red sea apropiado para todo tipo de tráfico.

El VFRAD soporta una variedad de interfaces de voz. La más común es la interfaz análoga, en dicho caso existe una conversión directa dentro del mismo dispositivo, de análoga a digital comprimida. El troncal de voz de la PBX o el teléfono local se enlaza directamente al dispositivo. El VFRAD, entonces, deberá soportar todas las funciones de la tecnología analógica, incluyendo soporte para una variedad de interfaces de dos y cuatro cables. Si el teléfono es enlazado directamente, el VFRAD deberá abastecer las baterías y realizar la función sonora. Un VFRAD deberá también soportar interfaces digitales T1/E1 para enlaces entre oficinas centrales y sucursales requiriendo una alta densidad de conexiones de voz. Estas interfaces, típicamente provienen de una PBX o PSTN, con múltiplex de múltiples conversaciones sobre una simple conexión física. Esto produce dos tipos de efectos, el de simplificación de múltiples conexiones y la redundancia del número de cables físicos requeridos. Es importante conocer que entre 24 y 30 conversaciones pueden ser soportadas por un VFRAD con una interfaz T1.

Finalmente algunos sistemas conmutados pueden poseer en su interior capacidad de VoFr o al menos un bajo bit rate para voz. Esto nos lleva a pensar sobre la posibilidad de integrar VoFr dentro de los dispositivos switch.

## **DESAFÍOS TÉCNICOS**

Sucesivamente se van encontrando nuevos desafíos para el transporte de la voz sobre

frame relay, los que actualmente recaen dentro de tres categorías: desafíos reales, percibidos y de compresión de la voz.

Originariamente frame relay ha sido desarrollado como una tecnología de transporte de datos y soluciona estos servicios. Esto no debería ser una limitación técnica puesto que todos los desafíos para el transporte de voz pueden ser encontrados. Esto hace que muchos estén en desacuerdo con el uso del protocolo para el transporte de voz.

Después de todo, en las especificaciones sólo está indicada la UNI (interfaz entre usuario y red) de frame relay. El transporte actual de la red no está especificado.

Varias arquitecturas conmutadas e implementaciones de redes pueden ser provistas con diferentes niveles de soporte de VoFr. Algunas pueden ser excelentes mientras que otras pueden ser adecuados pero no óptimas.

A continuación se tratarán algunos desafíos técnicos y sus soluciones.

### **Control de los retardos**

*Retardo absoluto:* El mayor desafío discutido para el transporte de VoFr es el retardo introducido por el uso de frames. El retardo absoluto debe ser controlado para evitar interferencias en el proceso de comunicación.

Si hay más de 500 ms total de retardo en una conversación normal, la misma se hace difícil. El primer nivel de retardo es un tiempo llamado 'freeze-out'. Este es el tiempo en el que un frame ocupa la transmisión y por lo tanto otro no puede ser transportado. El temor y la duda que a menudo es provocada por este factor es, que cada dato que atraviesa la red está afectando el ancho de banda correspondiente a la voz.

El freeze-out por nodo o enlace es el tiempo correspondiente a la división de la máxima longitud de frame sobre la velocidad de transmisión de la red.

Por ejemplo un frame de 4000 octetos a 64 kbps, ocupa el enlace de transmisión por medio segundo, lo cual tiene un impacto negativo en la voz. Sin embargo este tiempo es menos significativo al aumentar la velocidad del enlace o disminuir el tamaño de los frames.

Algunos VFRAD tienen la capacidad para desarrollar sub segmentación de frames de datos. Si los datos llegan al dispositivo a través de una interfaz frame relay desde un router, el tamaño de frame puede ser demasiado grande para garantizar una excelente performance. Consecuentemente, el VFRAD segmentará el frame en múltiples sub frames. El receptor reensamblará los frames.

Este proceso es similar a la segmentación que se produce cuando se transporta IP sobre Ethernet.

*Retardo variable:* Ese tipo de retardo se produce cuando el receptor recibe continuas ráfagas de tráfico.

Una de las soluciones a este problema es el buffering, lo cual introduce un retardo nominal

Limitando el tamaño de los frame y utilizando celdas en las redes de transportes, además de disminuir el freeze-out y otros factores de retardo, también se limita el fill-time, que es el tiempo tomado por un frame o celda de voz.

Otra forma de reducir los retardos es con un inteligente manejo de los buffers. Para aplicaciones de datos un sistema FIFO es a menudo considerado óptimo, sin embargo como la voz es menos tolerable a los retardos, se debe usar una cola con prioridades en ambos lados, en los dispositivos de accesos y dentro de la red.

Otro problema es el impacto de los frame perdidos. Para transmisión de datos la llegada tarde de un frame es mejor que nunca, lo cual no es necesariamente cierto para la voz.

Para voz existen algunos algoritmos que envían información básica y si hay ancho de banda disponible se envía el resto de los paquetes. Los cuales se marcan como elegidos para descarte en caso de congestión de la red. Las pérdidas degradan la calidad de la voz pero no la hacen ininteligible, salvo que las mismas se sucedan con mucha frecuencia.

## **Ruido de fondo**

Uno de los problemas fundamentales a ser tratados es que hacer con este tipo de ruido, ya que la ausencia absoluta de sonido a menudo es señal de corte de la conexión, debido a que el oído humano está acostumbrando a cierto nivel de ruido de fondo.

La solución es tan simple como el problema. Cuando no exista ningún tipo de sonido de fondo, el mismo deberá ser generado por el dispositivo, para que quien escuche sepa que la conexión está viva.

En este tipo de área los productos pueden elegir diferentes implementaciones.

## **Fax y Módem**

Hoy las máquinas de fax y módem son muy baratas, lo que permite que cualquiera pueda acceder a ellas. Esto que parece una gran ventaja, también lo torna un problema.

El problema aparece por que el transito de fax y módem se transporta sobre líneas telefónicas. El esquema usado por estos dispositivos, asume un ancho de banda nominal y otras características de las líneas telefónicas y sin compresión, usando los esquemas tradicionales PCM de 64 kbps.

La compresión de voz, mientras resulta muy buena para dicho propósito, usa diferentes algoritmos que no necesariamente soportan la modulación de datos. Por ejemplo

muchos esquemas de modulación modernos usan cambio de fase como parte del mismo, los cuales son soportados por las técnicas tradicionales de gran ancho de banda y por los sistemas análogos.

Consecuentemente, muchos algoritmos de compresión de voz no soportan velocidades de módem por encima de los 4,8 kbps.

Por lo tanto para soportar altas velocidades de módem y fax, se deben tomar ciertas reglas.

La primera y la más simple es que este tipo de datos no debe ser usado sobre redes privadas o entre corporaciones. Sin embargo esto estaría en contra de las ventajas de VoFr. Por lo tanto la solución es agregarle a las redes de voz algunas líneas para el transporte de este tipo de tráfico.

Por lo tanto los dispositivos deben detectar el tipo de tráfico y en caso de ser módem o fax no comprimir y dedicar 64 kbps para su transporte. Esto logra un trabajo integral pero degrada el uso del ancho de banda.

Otra forma es terminar la transmisión análoga en el VFRAD y transportarla como información de datos, las cuales deben ser remoduladas en el destino

### **Múltiples Tandem**

Es muy común que las llamadas pasen por múltiples switches. Sin embargo la alta compresión de voz no es particularmente buena a través de múltiples ciclos de compresión y descompresión, por lo tanto para hacer posible este tipo de llamadas deberían estar limitadas a compresión simple.

Una solución a esto es desarrollar switching de frame dentro de los VFRAD. Los dispositivos deben estar capacitados para detectar que algunas llamadas no terminan físicamente en ese sitio, y por lo tanto los frame deben sobrepasar hasta el destino final. La ventaja de este método es que la voz permanece en formato digital comprimido a través de la red, con solo una compresión y una descompresión.

Esto tiene la desventaja que el tráfico atraviesa dos veces la interfaz frame relay, dentro y fuera del VFRAD, lo que agrega retardos.

Otras alternativas son múltiples pases sobre frame relay, usando una completa conectividad de la red por PVC entre cada uno de los sitios.

Cada llamada es ruteada al destino apropiado sobre cada PVC particular. La ventaja es que se evitan muchos ciclos de compresión y descompresión. La desventaja es que se deben utilizar mas cantidades de PVC y dispositivos VFRAD más sofisticados

### **Estándar**

En VoFr el uso de los estándares es a veces el menos utilizado. Todos los acuerdos

para usar VoFr tiene sus acuerdos sobre redes intra corporativas. Esto significa que se garantiza una excelente operabilidad entre productos del mismo fabricante.

Se esta trabajando en proveer un método estándar para dispositivos de distintos fabricantes y una apropiada conexión entre dispositivos. Esto es particularmente importante para poder utilizar SVC entre compañías.

## Capítulo II

### TRANSFERENCIA

En este capítulo se explican las definiciones y requerimientos que se deben acatar para que la interoperabilidad entre dispositivos de voz sobre frame relay pueda llegar a hacerse posible.

Se mencionan los procedimientos de transmisión y recepción, así como también la estructura y el formato de la transferencia, de acuerdo al tipo de carga transportada.

Posteriormente se hace una pequeña introducción a la compresión de datos y los algoritmos utilizados para tal fin. Tema que se desarrolla con mayor precisión en el próximo capítulo de esta tesis.

Por último se describen las distintas estructuras de acuerdo al algoritmo de compresión utilizado.

#### **Requerimientos mínimos de Vofr**

La definición de la sintaxis de transferencia debe proveer un soporte de acuerdo a un mínimo de requerimientos. La interoperabilidad entre dispositivos Vofr es posible solo cuando ambos comparten una o más definiciones comunes.

Los dispositivos son clasificados, basándose en el soporte provistos para la definición de la sintaxis de transferencia.

#### Clase 1

Dispositivos con una adecuada capacidad para interfaces de alto bit rate.

#### Clase 2

Dispositivos de alta capacidad para una performance óptima sobre interfaces frame relay de bajo bit rate.

Una aplicación que cumpla con al menos una de estas dos clase obedece al acuerdo de Vofr.

#### Requerimientos para acatar la clase 1

Debe soportar la estructura de frame de Vofr, y poder recibir frame que opcionalmente puedan ser elegidos como de descarte.

En cuanto al tipo de carga primaria deben soportar el algoritmo de compresión G 727 obligatoriamente y algún otro vocoder en forma opcional. Deben soportar obligatoriamente transmisión y recepción de cargas de 32 Kbps y en forma opcional recepción de cargas de 24 Kbps, 16 kbps y 8 Kbps. Por último en forma opcional debe admitir otro tipo de carga primaria como Modem/Fax.



En cuanto carga de señales, debe soportar en forma opcional, las digitales conmutadas y tipo de carga CAS y AIS (Voice and Data internetworking Held Gil de 1998 Capitulo 5) y en forma opcional señales de FAX.

Requerimientos para acatar la clase 2

Debe soportar la estructura de frame de Vofr, y poder recibir frame que opcionalmente puedan ser elegidos como de descarte.

Para transferencia de voz debe soportar obligatoriamente CS ACELP G.729 y G.729A y en forma opcional otros tipos de cargas primarias como FAX.

En cuanto a carga de señales, debe soportar en forma opcional, las digitales conmutadas y tipo de carga CAS y AIS y en forma opcional señales de FAX.

**Sintaxis de transferencia de dígitos conmutados.**

Esta sintaxis está comprendida de acuerdo al formato de carga y al procedimiento de transferencia. En los VFRAD los dígitos detectados son insertados dentro de la carga de acuerdo al elemento de servicio. La carga porta dígitos que serán identificados por el tipo de carga del sub frame Vofr para dígitos conmutados. Los dígitos deberán ser automáticamente asociados con el correspondiente tráfico de voz basado en el campo identificador del canal.

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	
Sequence Number								P
reserved 000				Signal Level				P+1
Digit Type [0]				Edge Location [0]				P+2
reserved 000				Digit Code [0]				P+3
Digit-Type[-1]				Edge-Location[-1]				P+4
reserved 000				Digit-Code[-1]				P+5
Digit-Type[-2]				Edge-Location[-2]				P+6
reserved 000				Digit-Code[-2]				P+7

Cada carga contiene tres ventanas con dígitos de transacción. La primera representa el período actual, período[0], la segunda el reciente período[-1] y la tercera el previo período[-2].

El campo número de secuencia es incrementado por cada fragmento transmitido, dicho incremento representa un fragmento de 20 ms.

*Nivel de la señal*

El nivel de cada frecuencia se encuentra entre 0 y -31 dbm0. Los niveles por

encima del 0 son codificados como 000000

Code	Digit Type
000	Digit Off
001	DTMF On
010-111	Reserved

A continuación se muestra una tabla con tipos de dígitos.

Una ventana de 20ms es usada para codificar, cuando un dígito cambia de on a off. Este es un tiempo delta, 0ms (00000) a 19ms (10011), desde el comienzo del corriente frame. Si no hay transacción el código se pone en 0 y el tipo de dígito de la ventana previa es repetido.

#### *Codificación de dígitos*

Los siguientes dígitos DTMF son codificados cuando el tipo de dígito es DTMF ON

Digit Code	DTMF Digits
00000	0
00001	1
00010	2
00011	3
00100	4
00101	5
00110	6
00111	7
01000	8
01001	9
01010	*
01011	#
01100	A
01101	B
01110	C
01111	D
10000-11111	Reserved

#### *Procedimientos de transferencia*

Cuando el transmisor detecta un dígito válido, o tiene información direccionable para enviar, éste comienza a transmitir durante 20ms y el número de secuencia es incrementado en uno con cada carga transmitida. Cuando no hay actividad, el transmisor deberá seguir enviando tres dígitos de carga más durante 60ms.

#### *Procedimiento de recepción*

Cuando el receptor obtiene la carga o acepta una información, éste generará dígitos de acuerdo a la posición on u off de los mismos. Los silencios se aplicarán a la duración después de un off y antes de un on. Los dígitos serán generados después de un on y antes de un off.

Si el número de secuencia es mayor que el último recibido, el receptor agrega la corriente información a la previamente recibida. Si es el doble el receptor agrega el reciente y el corriente a la información, y si es tres veces mayor se agrega el previo el reciente y el corriente.

Sobre un sub canal, si se recibe una carga de voz, un off deberá ser agregado al dígito recibido previamente.

### Estructura de la transferencia

La sintaxis del bit de señalización de transferencia está comprendida del formato de la carga y los procedimientos de transferencia para indicaciones de alarmas y canales asociados a bits de señalización.

### Formato de la carga

Los bits portadores de carga, serán identificados usando el campo de tipo de carga en el encabezado del Vofr. Estos son automáticamente asociados con el tráfico de voz correspondiente, basado en el campo identificador del canal.

El primer byte siguiendo al encabezado contiene siete bits del número de secuencia, con el bit más significativo asignado como indicador de alarma (AIS), un valor de 1 significa condición de alarma.

		Bits								
		8	7	6	5	4	3	2	1	Octet
		AIS	Sequence Number						P	
Previous	D[t-56ms]	C[t-56ms]	B[t-56ms]	A[t-56ms]	D[t-58ms]	C[t-58ms]	B[t-58ms]	A[t-58ms]	P+1	
	D[t-52ms]	C[t-52ms]	B[t-52ms]	A[t-52ms]	D[t-54ms]	C[t-54ms]	B[t-54ms]	A[t-54ms]	P+2	
	D[t-48ms]	C[t-48ms]	B[t-48ms]	A[t-48ms]	D[t-50ms]	C[t-50ms]	B[t-50ms]	A[t-50ms]	P+3	
	D[t-44ms]	C[t-44ms]	B[t-44ms]	A[t-44ms]	D[t-46ms]	C[t-46ms]	B[t-46ms]	A[t-46ms]	P+4	
	D[t-40ms]	C[t-40ms]	B[t-40ms]	A[t-40ms]	D[t-42ms]	C[t-42ms]	B[t-42ms]	A[t-42ms]	P+5	
Recent	D[t-36ms]	C[t-36ms]	B[t-36ms]	A[t-36ms]	D[t-38ms]	C[t-38ms]	B[t-38ms]	A[t-38ms]	P+6	
	D[t-32ms]	C[t-32ms]	B[t-32ms]	A[t-32ms]	D[t-34ms]	C[t-34ms]	B[t-34ms]	A[t-34ms]	P+7	
	D[t-28ms]	C[t-28ms]	B[t-28ms]	A[t-28ms]	D[t-30ms]	C[t-30ms]	B[t-30ms]	A[t-30ms]	P+8	
	D[t-24ms]	C[t-24ms]	B[t-24ms]	A[t-24ms]	D[t-26ms]	C[t-26ms]	B[t-26ms]	A[t-26ms]	P+9	
	D[t-20ms]	C[t-20ms]	B[t-20ms]	A[t-20ms]	D[t-22ms]	C[t-22ms]	B[t-22ms]	A[t-22ms]	P+10	
Current	D[t-16ms]	C[t-16ms]	B[t-16ms]	A[t-16ms]	D[t-18ms]	C[t-18ms]	B[t-18ms]	A[t-18ms]	P+11	
	D[t-12ms]	C[t-12ms]	B[t-12ms]	A[t-12ms]	D[t-14ms]	C[t-14ms]	B[t-14ms]	A[t-14ms]	P+12	
	D[t-8ms]	C[t-8ms]	B[t-8ms]	A[t-8ms]	D[t-10ms]	C[t-10ms]	B[t-10ms]	A[t-10ms]	P+13	
	D[t-4ms]	C[t-4ms]	B[t-4ms]	A[t-4ms]	D[t-6ms]	C[t-6ms]	B[t-6ms]	A[t-6ms]	P+14	
	D[t]	C[t]	B[t]	A[t]	D[t-2ms]	C[t-2ms]	B[t-2ms]	A[t-2ms]	P+15	

El gráfico muestra el formato de carga

El número de secuencia comienza en 0 y se incrementa en uno hasta llegar a 127 para volver a empezar.

La sintaxis de transferencia para los bits de señalización contienen muestras de 60ms, con hasta cuatro bits de señalización. Cada una tiene un tiempo de resolución de 2ms. Cada carga tiene 10 nuevas muestras para el corriente intervalo de 20ms y una repetición de 10 muestras para cada uno de los dos procedimientos siguientes de 20ms.

Todo esto se resuelve en 15 byte como muestra la figura.

Para los 16 códigos de estado, los cuatro bits son independientes. Para la codificación con cuatro estados, los bits A y B son repetidos en los C y D respectivamente y para la codificación con dos estados El bit A es repetido en el B, C y D.

#### *Procedimientos de transmisión de carga*

Mientras ocurre la transmisión, el transmisor envía un bit de señalización de carga cada 20ms. Cuando el bit se mantiene estático durante 500ms, el transmisor intercambia la frecuencia de transmisión y envía un bit de señal solamente cada 5ms. Durante dicho tiempo el número de secuencia no varia.

Cuando la transmisión se reanuda, el transmisor incrementa el número de secuencia y envía señales de carga cada 20ms

Cuando el receptor obtiene los bits de carga, este los procesa basándose en su número de secuencia

#### **Sintaxis de los datos**

Aquí se describirá el contenido de los frame transportados entre dos servicios Vofr, incluyendo el transporte de mensajes de señalización.

Todos los datos de los sub frame contienen un encabezado de fragmentación, y la carga es configurada como primaria.

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	1
VoFR Sub-frame Header								
B	E	0	Sequence number (upper 5 bits)					P
Sequence number (lower 8 bits)								P+1
Payload Fragment (variable length)								P+2
								P+N

El formato de la carga de datos se muestra a continuación.

La carga del sub frame consiste de un frame de datos recibido de un servicio Vofr. El frame es transmitido sobre un enlace de datos en uno o más fragmento. En el receptor los sub frame son vueltos a combinar y el frame es liberado por el Vofr.

Todos los frame recibidos desde el servicio Vofr, son transmitidos sin interpretación. La información transmitida es transparente al Vofr.

El máximo tamaño de fragmento es limitado por el máximo tamaño de frame soportado por el Q922 para enlace de conexión de datos.

### Protocolo de transferencia CS ACELP

Cuando el Vofr envía un frame de muestreo de voz este es transmitido usando la estructura descrita a continuación.

Symbol	Description	Bits
LSP0	Switched predictor index of LSP quantizer	1
LSP1	First stage vector of LSP quantizer	7
LSP2	Second stage lower vector of LSP quantizer	5
LSP3	Second stage lower vector of LSP quantizer	5
P1	Pitch period (Delay)	8
P0	Parity check of pitch period	1
C1	Fixed Code-Book – 1 <sup>st</sup> sub-frame	13
S1	Signs of pulses – 1 <sup>st</sup> sub-frame	4
GA1	Gain Code-Book (stage 1) – 1 <sup>st</sup> sub-frame	3
GB1	Gain Code-Book (stage 2) – 1 <sup>st</sup> sub-frame	4
P2	Pitch Period (Delay) – 2 <sup>nd</sup> sub-frame	5
C2	Fixed Code-Book – 2 <sup>nd</sup> sub-frame	13
S2	Signs of pulses – 2 <sup>nd</sup> sub-frame	4
GA2	Gain Code-Book (stage 1) – 2 <sup>nd</sup> sub-frame	3
GB2	Gain Code-Book (stage 2) – 2 <sup>nd</sup> sub-frame	4
<b>Total</b>	<b>Per 10 ms frame</b>	<b>80</b>

\*LSP = Line Spectrum Pairs

El CS ACELP produce 80 bits por cada 10ms de frame de muestreo de voz, la lista de parámetros transmitidos usados por el algoritmo es mostrada a continuación.

En orden a lo permitido por el dispositivo de frame relay se ajusta el rate de transmisión, la estructura permitirá frame múltiplos de 10ms para ser empaquetados dentro del campo de información de la voz. Un número interno de 10ms será empaquetado desde una carga de M\*10ms. Por cada M\*10ms de voz comprimida, M\*80 bits o M\*10 octetos serán producidos. Un soporte de M=2 es requerido. Un rango de 1 a 6 puede ser soportado opcionalmente

Octet	MSB	Bit Packing	LSB
1	LSP0, LSP1[7..1]		
2	LSP2[5..1], LSP3[5..3]		
3	LSP3[2..1], P1[7..3]		
4	P1[2..1], P0, C1[13..9]		
5	C1[8..1]		
6	S1[4..1], GA1[3..1], GB1[4]		
7	GB1[3..1], P2[5..1]		
8	C2[13..6]		
9	C2[5..1], S2[4..2]		
10	S2[1], GA2[3..1], GB2[4..1]		

Estructura de empaquetado para cada sub frame.

Estructura de la transferencia

7	6	5	4	3	2	1	0	
LSP0	LSP1[7]	LSP1[6]	LSP1[5]	LSP1[4]	LSP1[3]	LSP1[2]	LSP1[1]	Octet P Octet P+1 Octet P+2
LSP2[5]	LSP2[4]	LSP2[3]	LSP2[2]	LSP2[1]	LSP3[5]	LSP3[4]	LSP3[3]	
LSP3[2]	LSP3[1]	P1[8]	P1[7]	P1[6]	P1[5]	P1[4]	P1[3]	
P1[2]	P1[1]	P0	C1[13]	C1[12]	C1[11]	C1[10]	C1[09]	Frame 1
C1[08]	C1[07]	C1[06]	C1[05]	C1[04]	C1[03]	C1[02]	C1[01]	
S1[04]	S1[03]	S1[02]	S1[01]	GA1[03]	GA1[02]	GA1[01]	GB1[04]	
GB1[03]	GB1[02]	GB1[01]	P2[05]	P2[04]	P2[03]	P2[02]	P2[01]	
C2[13]	C2[12]	C2[11]	C2[10]	C2[09]	C2[08]	C2[07]	C2[06]	
C2[05]	C2[04]	C2[03]	C2[02]	C2[01]	S2[04]	S2[03]	S2[02]	
S2[01]	GA2[03]	GA2[02]	GA2[01]	GB2[04]	GB2[03]	GB2[02]	GB2[01]	

:

LSP0	LSP1[7]	LSP1[6]	LSP1[5]	LSP1[4]	LSP1[3]	LSP1[2]	LSP1[1]	} Frame M
LSP2[5]	LSP2[4]	LSP2[3]	LSP2[2]	LSP2[1]	LSP3[5]	LSP3[4]	LSP3[3]	
LSP3[2]	LSP3[1]	P1[8]	P1[7]	P1[6]	P1[5]	P1[4]	P1[3]	
P1[2]	P1[1]	P0	C1[13]	C1[12]	C1[11]	C1[10]	C1[09]	
C1[08]	C1[07]	C1[06]	C1[05]	C1[04]	C1[03]	C1[02]	C1[01]	
S1[04]	S1[03]	S1[02]	S1[01]	GA1[03]	GA1[02]	GA1[01]	GB1[04]	
GB1[03]	GB1[02]	GB1[01]	P2[05]	P2[04]	P2[03]	P2[02]	P2[01]	
C2[13]	C2[12]	C2[11]	C2[10]	C2[09]	C2[08]	C2[07]	C2[06]	
C2[05]	C2[04]	C2[03]	C2[02]	C2[01]	S2[04]	S2[03]	S2[02]	
S2[01]	GA2[03]	GA2[02]	GA2[01]	GB2[04]	GB2[03]	GB2[02]	GB2[01]	
								Octet P+N-2
								Octet P+N-1
								Octet P+N

Where:

P = First octet of payload

M = Number of 10 ms Frames

N = Number of octets in Voice Information Field = M\*10

El tiempo de empaquetado es de M\*10ms

Algorithm Name	Reference Document	Compression Rate	Frame Size
CS-ACELP	ITU G.729	8 kbit/s	M*10

El número de secuencia de transmisión puede ser configurado sobre un sub canal básico, cuando está habilitado, la transferencia de voz es encapsulada en el campo estructura de transferencia. El número de secuencia se incrementa cada 10ms. El campo tipo de código deberá ser puesto en 00000

#### *Estructura de transferencia de voz*

Los codificadores de voces tales como G.711 (PCM), G.726 (ADPCM) o G.727 (EADPCM) deberán ser insertados dentro de la figura descrita a continuación.

Bit number	8	7	...	1	
MSB block	MSB/S8	MSB/S7	...	MSB/S1	P+ 5
	.				
	MSB/S40	MSB/S39	...	MSB/S33	
MSB-1 block	(MSB-1)/S8	(MSB-1)/S7	...	(MSB-1)/S1	
	.				
	(MSB-1)/S40	(MSB-1)/S39	...	(MSB-1)/S33	
.	.				
.	.				
.	.				
LSB block	LSB/S8	LSB/S7	...	LSB/S1	Octet N
	.				
	LSB/S40	LSB/S39	...	LSB/S33	

La transferencia de PCM, ADPCM, EADPCM está inspirada en la recomendación G.764 de la ITU-T. A continuación se definen dos tipos de cargas y la estructura de la transferencia de voz.

La estructura de la transferencia de voz, contiene bloques colocados de acuerdo al significado de los bits. El primero de los bloques contiene el MSB de todas las muestras codificadas, el segundo el siguiente MBS, y así, sucesivamente.

Dentro del bloque, los bits son ordenados de acuerdo a su número de muestra. El intervalo de codificación de 5ms, corresponde a 40 muestras, puesto que cada bloque contiene 5 octetos.

Algo particular de ésta estructura es que la información no crítica, es ubicada en la posición donde pueda ser fácilmente descartable, sin impactar sobre la información crítica. Por ejemplo, si 32Kbps EADPCM (G.727) es usado, esto corresponde a cuatro bloques con cuatro bits más significativos msb, msb-1, msb-2, lsb. Los bloques menos significativos (msb-2, lsb) pueden ser descartados en condición de congestión.

El tamaño de la estructura de la transferencia de voz, depende del factor de empaquetamiento M y el tipo de código, como se muestra en la figura.



Coding Type	Algorithm Name	Reference Document	Compression Bit Rate (kbit/s)	Voice Transfer Structure (Octets)
0000	PCM A-law	ITU G.711	64	40*M
0001	"	"	56	35*M
0010	"	"	48	30*M
0011	PCM u-law	"	64	40*M
0100	"	"	56	35*M
0101	"	"	48	30*M
0110	ADPCM	ITU G.726	40	25*M
0111	"	"	32	20*M
1000	"	"	24	15*M
1001	"	"	16	10*M
1010	EADPCM (5,2)	ITU G.727	40	25*M
1011	(4,2)	"	32	20*M
1100	(3,2)	"	24	15*M
1101	(2,2)	"	16	10*M

El factor es un múltiplo desde 1 a 12. El valor es configurado en forma idéntica, en el transmisor y receptor.

Lo usual, pero no necesariamente obligatorio, es tener el mismo valor en ambas direcciones. Los equipos que cumplen con esta sintaxis de transferencia deberán ser configurados con un valor por omisión de 1

Cuando M es mayor que 1, la estructura contiene un primer conjunto de bloques, ordenados desde msb a lsb, seguido por un segundo y así sucesivamente.

### Carga de voz activa

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	P
Sequence Number				Coding Type				P
Voice Transfer Structure							P+1	

Cuando el tipo de carga es primaria. Los campos de los sub frame son como los mostrados a continuación. La estructura de transferencia, contiene muestras de voz codificadas como las definidas anteriormente.

El campo tipo de código indica el método de codificación, (PCM, ADPCM, EADPCM) de las muestras de voz dentro de la estructura.

El sistema terminal de la transmisión se codificará, solamente usando algoritmos que tengan soportes que lo decodifiquen en el receptor. Los algoritmos soportados por el receptor son conocidos como de codificación recíproca.

Los valores de este tipo de campo son definidos a continuación.

#### *El número de secuencia*

Este número es usado para mantener una integridad temporal de la voz. Para PCM, ADPCM, EADPCM, el intervalo subyacente es de 5ms. Las muestras de voz son procesadas con esta periodicidad y el número de secuencia es incrementado en 1. Después que la cuenta alcanza los 15 el secuenciador vuelve a 0.

El número de secuencia se incrementa cada 5ms cuando no hay actividad de voz, este podrá ser el caso de los períodos insertados durante un silencio o si se detectara actividad de voz en forma operacional.

El receptor espera la recepción de muestras de voz en secuencia y con una cierta periodicidad. Si se detecta voz en forma operacional y no se recibe actividad de voz, el receptor continuará incrementando el número esperado cada 5ms.

Cuando las muestras de voz son recibidas en un simple sub frame con M mayor que 1, el próximo número de secuencia esperado es incrementado en M.

#### *Inserción de silencios*

Cuando el tipo de carga es primaria con inserción de silencio, los campos en los sub frame, son como muestra la figura

Bits								Octet
8	7	6	5	4	3	2	1	
Sequence Number				Reserved				P
Reserved		Noise Level					P+1	

El campo reservado es puesto en 000000 por el transmisor e ignorado por el receptor. El número de secuencia es igual que el explicado anteriormente.

El nivel de ruido de fondo está expresado en dbm0. El receptor puede usar éste campo para representar un nivel apropiado de ruido en la ausencia de actividad de voz.

El sub frame adicional de este tipo, puede ser enviado si el nivel de ruido cambia o puede ser enviado redundantemente para incrementar la probabilidad de ser recibido. Este tipo de carga no deberá ser enviado si la detección de actividad de voz no es operacional.

#### *Característica de la transferencia*

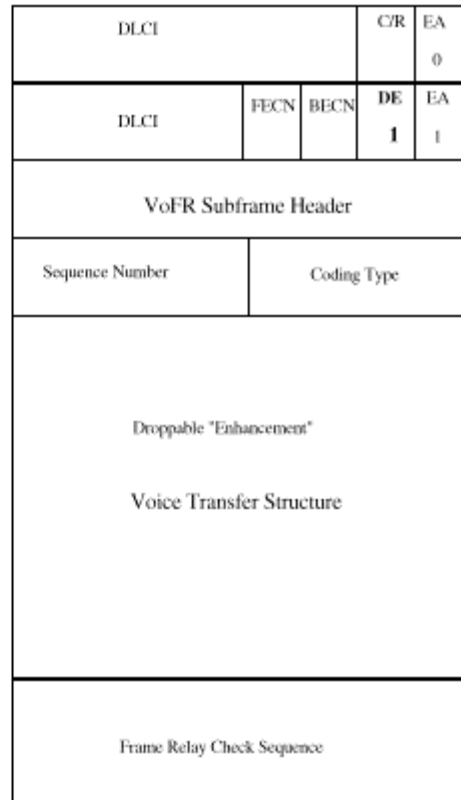
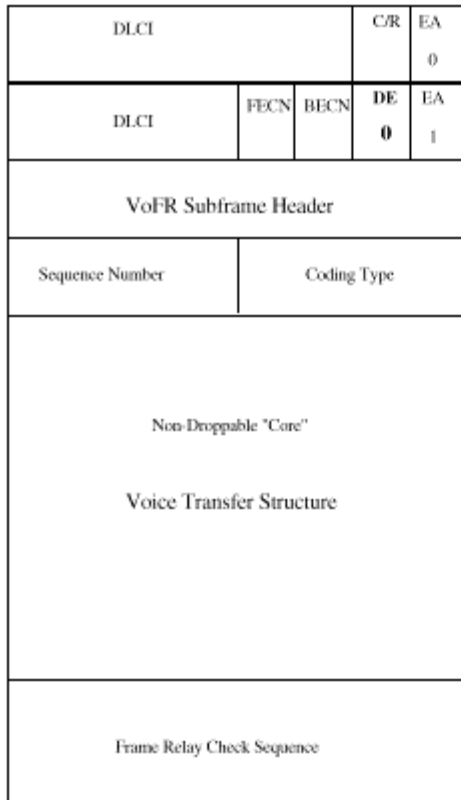
El intervalo de codificación es de 5ms, el factor de empaquetamiento de M varia de 1 a 12, un factor de 4 es requerido.

### **Transferencia de G.727**

La estructura es la misma que las descritas anteriormente. EL G.727 EADPCM, tiene una parte central y una expandida de la información. Esta información es ensamblada separadamente en bloques. La parte principal es insertada en frame con baja probabilidad de elección de descarte  $DE=0$  y el resto en frame con probabilidad de descarte alto  $DE=1$ .

Si es requerido, la parte central de la información y la expandida se pueden combinar en un frame con baja probabilidad de descarte.

Cuando el tipo de carga es primaria, los campos de los sub frame son como el mostrado a continuación.



Existen dos sub frame uno para la parte principal y el otro para el resto, pero en los transmisores está explícitamente permitido el uso de encabezados Vofr para empaquetar múltiples sub frame de la misma clase de información en cada frame con DE=1 o 0 de acuerdo al que corresponda.

### *Campos el sub frame*

El campo tipo de código indica el método de codificación, en este caso EADPCM. La transmisión deberá usar solamente algoritmos que puedan ser decodificados por el receptor. Los algoritmos soportados por el receptor son conocidos como de codificación mutua.

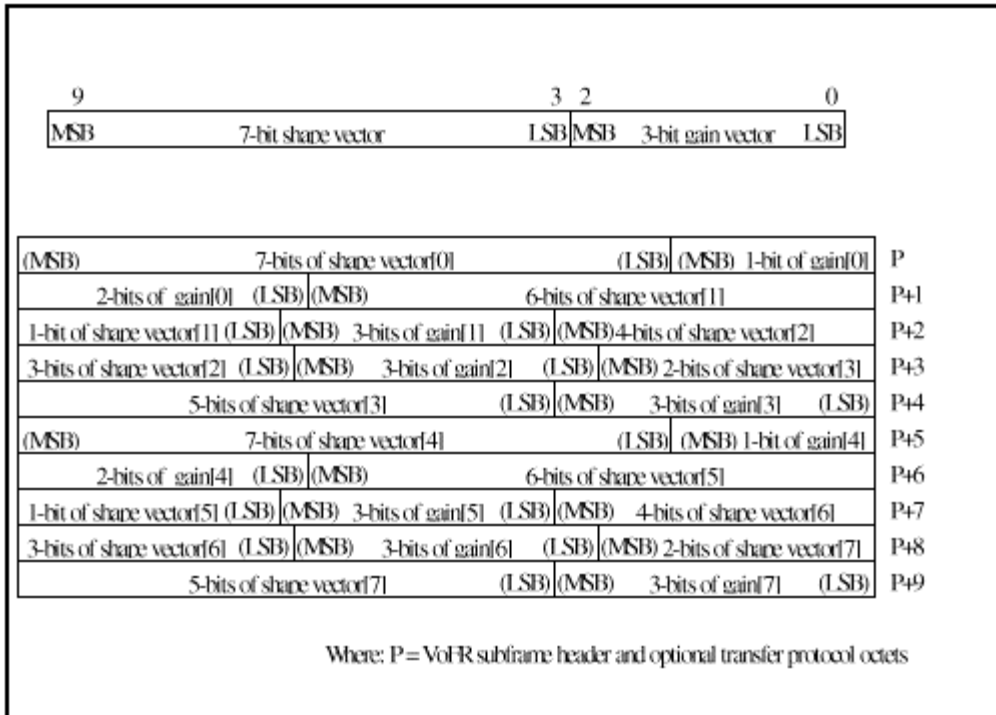
El campo número de secuencia funciona de la misma manera que los explicados anteriormente.

Las características son las siguientes: intervalos de 5ms y factor de empaquetamiento de 1 a 12, como muestra la figura.

Coding Type	Algorithm Name	Type of Information	Compression Bit Rate (kbit/s)	Voice Transfer Structure (Octets)
0000	EADPCM (2,2)	Core	16	10*M
0001	(3,2)	Enhancement	8	5*M
0010	(4,2)	“	16	10*M
0011	(5,2)	“	24	15*M
0100	(3,2)	Combined	24	15*M
0101	(4,2)	“	32	20*M
0110	(5,2)	“	40	25*M
0111	EADPCM (3,3)	Core	24	15*M
1000	(4,3)	Enhancement	8	5*M
1001	(5,3)	“	16	10*M
1010	(4,3)	Combined	32	20*M
1011	(5,3)	“	40	25*M
1100	EADPCM (4,4)	Core	32	20*M
1101	(5,4)	Enhancement	8	5*M
1110	(5,4)	Combined	40	25*M

### G.728 LD CELP

Las muestras son comprimidas usando 16 Kbps LD CELP, que serán insertadas en la estructura mostrada a continuación, para un caso de M=1



El algoritmo de compresión produce un vector de código de 10 bits por cada 5 muestras de entrada, desde unas 8000 muestras por segundo. Los 10 bits son reformateados para caber dentro de la estructura de octetos de la transferencia de voz. Cada grupo de 5 octetos contiene cuatro palabras de código de 10 bits, resultando sub frame de 2,5ms de duración. Dos de esos bloques de 2,5ms son combinados en uno de 5ms para la transmisión. El msb de los primeros 10 bits de la palabra de código es alineado con el mbs del primer octeto en el bloque. Los bits siguientes son colocados en forma descendente del primer octeto, con los otros bits siguientes de la palabra de código, siendo empaquetados en los restantes octetos. Cada bloque consiste de ocho palabras de código de 10 bits los cuales serán ubicados en 10 octetos.

El tamaño de la estructura depende del factor de empaquetamiento, siendo este variable entre 1 y 12. Este valor debe ser el mismo en el transmisor y receptor. Es normal pero no necesario que sea el mismo en ambas direcciones.

Cuando M es mayor que 1 la estructura contiene múltiples bloques, comenzando en la primer muestra codificada.

Algorithm Name	Reference Document	Compression Bit Rate	Voice Transfer Structure
LD-CELP	ITU G.728	16 kbit/s	10*M octets

Las características son las siguientes, intervalo de codificación de 5ms y factor

de empaquetamiento de 1 a 12. Si se lo utiliza en banda de tonos puede pasar 2400 baudios de señal DTMF.

*Número de secuencia opcional*

Este número puede ser configurado sobre un sub canal básico. Cuando se encuentra habilitado, la sintaxis de la estructura es la descripta anteriormente y es encapsulado en el campo de la estructura. El mismo se incrementa cada 10ms. En tal caso el campo tipo de código deberá ser puesto en 0000.

**G.723.1 MPMLQ**

*Estructura*

Las muestras de voz son comprimidas usando el algoritmo MPMQL de 6.3 Kbps y el algoritmo ACELP de 5.3 Kbps. Producen un frame cada 240 muestras de entrada desde una cadena de 8000 muestras.

Algunos de los parámetros están basados en un análisis del frame entero, otros en cada uno de las cuatro componentes de las 60 muestras de los sub frame. La figura muestra una lista de los parámetros transmitidos por ambos.

Name	Transmitted parameters	high rate	low rate # bits
LPC	LSP VO index	24	24
ACL0	Adaptive Code-Book Lag	7	7
ACL1	Differential Adaptive Code-Book Lag	2	2
ACL2	Adaptive Code-Book Lag	7	7
ACL3	Differential Adaptive Code-Book Lag	2	2
GAIN0	Combination of adaptive and fixed gains	12	12
GAIN1	Combination of adaptive and fixed gains	12	12
GAIN2	Combination of adaptive and fixed gains	12	12
GAIN3	Combination of adaptive and fixed gains	12	12
POS0	Pulse positions index	20*	12
POS1	Pulse positions index	18*	12
POS2	Pulse positions index	20*	12
POS3	Pulse positions index	18*	12
PSIG0	Pulse sign index	6	4
PSIG1	Pulse sign index	5	4
PSIG2	Pulse sign index	6	4
PSIG3	Pulse sign index	5	4
GRID0	Grid index	1	1
GRID1	Grid index	1	1
GRID2	Grid index	1	1
GRID3	Grid index	1	1

Para MP-MLP, el frame resultante de 191 bits, es formateado para caber dentro de la estructura de 24 octetos de los campos de información de voz, como los

mostrados en la figura.

TRANSMITTED	PARx By
1	LPC B5...LPC B0, VADEL, AG B0, RATE, FLAG B0
2	LPC B13...LPC B6
3	LPC B21...LPC B14
4	ACL0 B5...ACL0 B0, LPC B23, LPC B22
5	ACL2 B4...ACL2 B0, ACL1 B1, ACL1 B0, ACL0 B6
6	GAIN0 B3...GAIN0 B0, ACL3 B1, ACL3 B0, ACL2 B6, ACL2 B5
7	GAIN0 B11...GAIN0 B4
8	GAIN1 B7...GAIN1 B0
9	GAIN2 B3...GAIN2 B0, GAIN1 B11...GAIN1 B8
10	GAIN2 B11...GAIN2 B4
11	GAIN3 B7...GAIN3 B0
12	GRID3 B0, GRID2 B0, GRID1 B0, GRID0 B0, GAIN3 B11...GAIN3 B8
13	MSBPOS B6...MSBPOS B0, UB
14	POS0 B1, POS0 B0, MSBPOS B12...MSBPOS B7
15	POS0 B9...POS0 B2
16	POS1 B2, POS1 B0, POS0 B15...POS0 B10
17	POS1 B10...POS1 B3
18	POS2 B3...POS2 B0, POS1 B13...POS1 B11
19	POS2 B11...POS2 B4
20	POS3 B3...POS3 B0, POS2 B15...POS2 B12
21	POS3 B11...POS3 B4
22	PSIG0 B5...PSIG0 B0, POS3 B13, POS3 B12
23	PSIG2 B2...PSIG2 B0, PSIG1 B4...PSIG1 B0
24	PSIG3 B4...PSIG3 B0, PSIG2 B5...PSIG2 B3

Para ACELP el frame resultante de 160 bits es formateado para caber dentro de la estructura de 20 octetos de los campos de información de voz, como los mostrados en la figura.



TRANSMITTED OCTETS	PARx_By, ....
1	LPC_B5...LPC_B0, VADFLAG_B0, RATEFLAG_B0
2	LPC_B13...LPC_B6
3	LPC_B21...LPC_B14
4	ACL0_B5...ACL0_B0, LPC_B23, LPC_B22
5	ACL2_B4...ACL2_B0, ACL1_B1, ACL1_B0, ACL0_B6
6	GAIN0_B3...GAIN0_B0, ACL3_B1, ACL3_B0, ACL2_B6, ACL2_B5
7	GAIN0_B11...GAIN0_B4
8	GAIN1_B7...GAIN1_B0
9	GAIN2_B3...GAIN2_B0, GAIN1_B11...GAIN1_B8
10	GAIN2_B11...GAIN2_B4
11	GAIN3_B7...GAIN3_B0
12	GRID3_B0, GRID2_B0, GRID1_B0, GRID0_B0, GAIN3_B11...GAIN3_B8
13	POS0_B7...POS0_B0
14	POS1_B3...POS1_B0, POS0_B11...POS0_B8
15	POS1_B11...POS1_B4
16	POS2_B7...POS2_B0
17	POS3_B3...POS3_B0, POS2_B11...POS2_B8
18	POS3_B11...POS3_B4
19	PSIG1_B3...PSIG1_B0, PSIG0_B3...PSIG0_B0
20	PSIG3_B3...PSIG3_B0, PSIG2_B3...PSIG2_B0

Cada bit de parámetros transmitido es llamado Par(x)\_by donde Par es el nombre del parámetro y (x) indica el sub frame G.721 dado por la posición del bit, comenzando desde 0 (lsb) al msb.

La expresión Parx\_by Parx\_bz indica el rango de bits transmitidos desde el y hasta el z. Hay un bit que no es usado, el mismo se denomina UB (valor=0). RATEFLAG\_B0 indica alto rate 0 o bajo rate 1 y es usado para el frame corriente. VADFLAG\_B0 indica si el corriente frame contiene voz activa o no. La combinación de RATEFLAG y VADFLAG, ambos puestos en 1 está reservada para usos futuros.

Los octetos son transmitidos en el orden listado en las figuras mostradas anteriormente. Dentro de cada octeto se observan los bits ordenados, con el bit mas significativo a izquierda.

Cuando el servicio de Vofr, ofrece una muestra de frame, esta es inmediatamente transmitida usando la estructura anteriormente descrita.

Algorithm Name	Reference Document	Compression Rate	Frame Size
MP-MLQ	ITU G.723.1	6.3 kbit/s	24 octets
ACELP	ITU G.723.1	5.3 kbit/s	20 octets

Las características de transferencia son las siguientes, tiempo de empaquetado 30ms y usado en banda de tonos puede pasar DTMF.

La transmisión de un número de secuencia puede ser configurada sobre un sub canal básico. Cuando se encuentra habilitado, la sintaxis de transferencia es encapsulada en el campo estructura de transferencia de voz de la carga.

## **Conclusión**

Se han definido algunas sintaxis de transferencias usadas en Vofr. Para la interoperabilidad los dispositivos tiene que compartir definiciones comunes. Para lo cual deben acatar ciertos requerimientos.

Las sintaxis de transferencias surgen de acuerdo a la carga y al procedimiento de transferencia. Las mismas comprenden, nivel de las señales, codificación de dígitos, procedimientos de transmisión y recepción, estructura de la transferencia, formato de la carga etc.

También se describieron algunos formatos de los frames transportados y protocolos de transferencia.

La elección de una en particular depende del tipo de carga, señales y requerimientos de la transmisión.

## Capítulo III

### COMPRESION

Aquí se desarrolla el tema de la compresión de datos. El mismo surge a raíz de disminuir el ancho de banda utilizado por el método original de digitalización de la voz PCM.

Estudios realizados con respecto a las conversaciones telefónicas, demostraron una gran cantidad de redundancia en la misma. Por lo tanto se comenzó con el estudio de algoritmos para reducir los mismos. Dichos algoritmos son desarrollados en este capítulo.

También se enumeran los criterios a tener en cuenta en la selección de un tipo determinado de algoritmo, de acuerdo a cada caso.

Se finaliza con una breve descripción de varios de ellos.

#### **Reseña**

Originalmente la voz ha sido digitalizada en la forma llamada PCM (Modulación por codificación de pulsos). Estudios realizados con respecto a la conversación telefónica demostraron que la misma puede ser claramente entendible, transmitiendo solo un 22% de su contenido. Ocurre que se encontró un 56% de pausas, entre sílabas, palabras, párrafos e interlocutores. Además otro 22% corresponde a patrones repetitivos de sonidos. Entonces tanto las pausas como las repeticiones pueden comprimirse y en todo caso recrearse (volver a generarse) en el otro extremo, para recuperar el ambiente de una conversación normal.

El primer mecanismo utilizado se basó en la interpolación de voz digital o DSI que detecta períodos de silencio y suprime la transmisión de información.

Con el tiempo se desarrollaron esquemas más eficiente bajo la forma de algoritmos avanzados de compresión como CELP o predicción lineal excitada por el código, elimina todos los tipos de redundancias (debemos reconocer que una pausa es una forma de redundancia: repetición de nada).

La variante aprobada por el foro se denomina CS-ACELP (ACELP de estructura conjugada) reconocida por la ITU como G.729a, obteniéndose voz de calidad con una velocidad de sólo 8 kbps, es decir ocho veces menos que con PCM. En esta modalidad el período de los cuadros se reduce a 10 mili segundos es decir 80 muestras, recordando que la digitalización básica se hace a razón de 8000 muestras por segundo, controlándose el cuadro siguiente (5 msec) y trabajando con tablas que permiten minimizar los errores porcentuales entre la voz reproducida y la original.

De esta manera en una línea T1 se podrían manejar alrededor de unas 200 conversaciones de voz en lugar de las típicas 24 del PCM. Con la G.729a, y la

eliminación total de los silencios se puede trabajar a tan poco como 4,8 kbps.

Estos algoritmos requieren cierta potencia de procesamiento lo que se facilita con el uso de procesadores de señales digitales (DSP).

Como la norma de compresión aprobada reconoce licencias a terceros, en el forum se acepta también una técnica alternativa, el EADPCM (ADPCM extendido; PCM diferencial adaptable extendido) o G.727 que trabaja típicamente a 32 kbps.

La compresión se utiliza para hacer más efectivas las transmisiones, y es encontrada en la mayoría de las comunicaciones de hoy en día.

El oído humano detecta sonidos desde un mínimo de 5 Hz a un máximo de 20 Khz. Los codificadores manejan señales de hasta 20 Khz, sin embargo la mayoría de la información se encuentra localizada en la mitad inferior de los mismos.

La voz humana ronda los 7 Khz y las líneas telefónicas solo proveen aproximadamente 4 Khz de ancho de banda. Esta es la razón por la cual la voz y la música retumban sobre las líneas telefónicas.

Muchos codificadores de voz enfocados a teléfonos comprimen en un ancho de banda aproximado a 4 Khz. Las señales procesadas para teléfonos y voz tienen algoritmos de compresión con las mismas señales encontradas en los canales más anchos, pero con las frecuencias más altas filtradas.

La compresión es aprovechada para remover la información predecible, redundante o predeterminada de una señal, función que recibe el nombre de codificación, la cual deberá ser descomprimida en el receptor, función que recibe el nombre de decodificación.

Algunos algoritmos de compresión pueden perder algo de información original en el proceso, lo cual puede ser percibido por quien escucha. Dichos algoritmos desarrollan lo que se llama compresión con pérdida, dándose el nombre de algoritmos sin pérdidas a los demás. Un algoritmo con pérdida tiene mayor compresión que el que no la tiene.

A diferencia de los algoritmos de compresión de audio, los de voz son parametrizables y se denominan Vocoder. Estos son diseñados para codificar la voz humana, utilizando un conocimiento previo de la fuente que emite la señal y por lo tanto realizan una mayor compresión que los de audio (waveform) (Voice and data internetworking Capitulo 4).

Los Vocoder mapean la señal de voz sobre un modelo matemático de las cuerdas vocales del ser humano. En lugar de realizar un muestreo cuantitativo de la señal, transmiten sobre la base de un modelo parametrizado. El decodificador aplica los parámetros recibidos a un modelo matemático idéntico y genera una imitación de la señal original.

El proceso para determinar el modelo de parámetros es llamado análisis y el proceso

de generación de la voz a partir de los parámetros elegidos, se lo denomina síntesis.

En los Vocoder la calidad varia con las señales de entrada, porque están basados en un modelo de las cuerdas vocales. Las señales de una fuente que no se acerca al modelo pueden ser codificadas pobremente, resultando de baja calidad de reproducción luego de la descompresión. Por ésta razón los Waveform son a veces elegidos en lugar de los Vocoder para aplicaciones que procesan señales de diversas fuentes.

La compresión de la voz resulta de remover los períodos de silencio y de redundancia encontrados en la voz humana. Este método se utiliza para reducir la cantidad de información a transmitir, que luego deberá ser recreada en el destino final.

La voz digital descomprimida y el fax requieren de una gran cantidad de ancho de banda. Esto muchas veces hace impracticable la transmisión de dichas señales sobre enlaces de baja velocidad.

El uso de los algoritmos de compresión de voz, permiten hacer posible este tipo de transmisiones, proveyendo una alta calidad de servicio mientras se hace uso en forma eficiente del ancho de banda.

Varios algoritmos son usados para los muestreos de voz y para reducir la información enviada.

Un algoritmo relativamente simple es ADPCM, que permite la reducción de los datos transmitidos a la mitad con respecto a PCM. Recordemos que una codificación estándar ITU para voz digitalizada consume 64 Kbps, consumo que tiene el algoritmo PCM, el cual es utilizado en las redes telefónicas de nuestros días.

El algoritmo ADPCM puede ser utilizado en lugar de PCM, manteniendo la misma calidad de voz y a la vez reduciendo el ancho de banda utilizado.

Hay algunos algoritmos estándares de compresión de voz, tales como el ITU G.729, cuyo comportamiento es tan bueno como los algoritmos propietarios implementado por varios vendedores, que proveen una reducción significativa de información requerida para poder recrear una transmisión de voz.

Otros algoritmos utilizan otro tipo de tecnología para modelar la voz, y así obtener resultados más eficientes. Reduciendo las palabras y manteniendo una buena calidad de voz, requerida en el uso de algoritmos de compresión avanzados, echo que puede hacerse posible por el uso de DSP (procesadores de señales digitalizadas).

Un procesador de señales digitalizadas esta diseñado específicamente para procesar este tipo de señales tales como las encontradas en las aplicaciones de audio y video.

En los últimos diez años hubo avances significativos en el diseño de los DSP, el mismo a permitido poder brindar una más alta calidad en los algoritmos de digitalización, que consumen muy poco ancho de banda.

En general la función de esta estrategia es para tratar la señal de voz más cuidadosamente, eliminando las redundancias y poder usar los bits disponibles para codificar las partes redundantes de la señal de una manera más eficiente.

Como la carga de bits es reducida de 64 Kbps a 32, 16, 8 y 4 Kbps o menos, los métodos utilizados para remover las redundancias se hacen cada vez más complejos.

PCM es internacionalmente aceptado como codificación estándar de 64 Kbps para calidad de transmisión de voz. Pero también existen varios estándares de compresión de voz, algunos de los mismos son

ADPCM (G.726) que opera a 32 Kbps

LDCELP (G.728) operando a 16 Kbps

ACELP (G.729) de 8 Kbps

MPMLQ (G.723) de 6.4 Kbps

Muchos accesos a las redes Frame Relay se efectúan a 56/64 Kbps. En estos casos es esencial que el estándar Vofr para redes públicas soporte un algoritmo de compresión de voz con baja cantidad de bits como MPMQL, para permitir el mayor número de comunicaciones simultaneas sin comprometer la calidad de la voz.

La compresión de voz es también utilizada en organizaciones para compartir información entre oficinas remotas. Con la utilizando de redes digitales de altas velocidades, las compañías reducen los costos y combinan servicios de distintos tipos, tales como los tradicionales de voz, fax y datos.

Este tipo de servicio se vuelve mas útil cuando la organización tiene sus oficinas fuera del rango urbano, lo que le permite abaratar más aún sus costos.

### **IMPORTANCIA DE LA COMPRESION**

En vista con el alcance de las redes WAN y su requerimiento de ancho de banda, el crecimiento asociado a los servicios de telecomunicaciones, costos y presupuestos, los administradores de redes están librando una gran batalla para mantener sus líneas.

Con el surgimiento de las aplicaciones cliente servidor han encontrado la solución para sus sitios remotos, pero a expensas del incremento de la demanda de ancho de banda de las redes WAN.

Con el crecimiento del ancho de banda los servicios disponibles en los distintos sitios se van expandiendo. Ante este crecimiento la compresión de datos provee una solución sobre la base de beneficios económicos mejorando la performance a través de los enlaces y disminuyendo los retardos

La compresión se hace más beneficiosa en redes donde:

- El tráfico está asociado con la intensidad y las ráfagas
- Cuando el tráfico esta limitado por el ancho de banda
- Cuando se quiere reducir el costo operacional
- Para reducir el CIR de una organización

Las LAN en muchos casos están siendo integradas y se encuentran en constante crecimiento. La cantidad de información requerida que se transmite entre sitios, es función de las aplicaciones y donde se mantienen los accesos a las bases de datos. Las aplicaciones cliente servidor, el correo electrónico y las bases relacionales requieren una gran cantidad de ancho de banda. Como resultado el costo de los enlaces sobre las redes corporativas continúa en un significativo crecimiento. Sin embargo el uso de la compresión puede extender la existencia de los enlaces WAN sin adherir costo de ancho de banda.

El efecto positivo de optimizar el ancho de banda a expensas de la compresión es también importante en entornos mixtos.

Los protocolos que soportan tráfico en ráfaga, como en el caso de Frame Relay, pueden resultar inestables. La compresión permite liberar ancho de banda lo que soluciona dicho problema.

Cuando se utiliza Frame Relay, la compresión puede ofrecer un beneficio adicional, permitiendo reducir el uso de los puertos de alta velocidad y permitir la utilización de un CIR más pequeño.

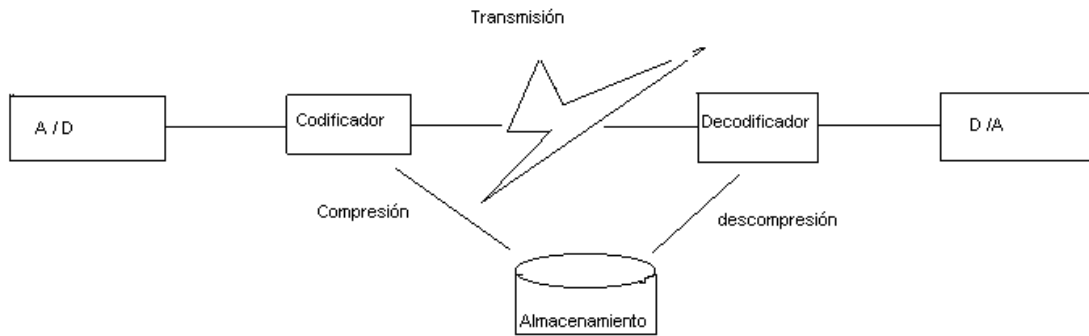
### **Compresión de la voz**

En tanto la tecnología de compresión de la voz se hace más prevaleciente en productos de multimedia y telecomunicaciones, muchos trabajos se están realizando en la creación de nuevos algoritmos de codificación de voz.

La elección del Vocoder correcto es crítica y con el crecimiento de los algoritmos de compresión, tanto estándares como propietarios, la misma se torna complicada.

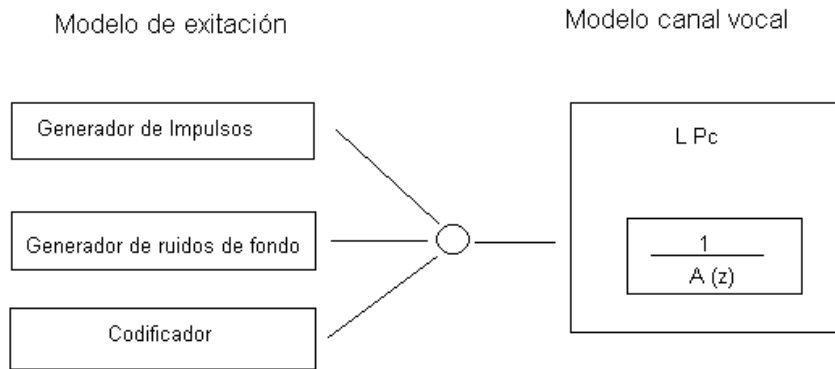
### **Codificando la voz**

Los codificadores son utilizados para almacenar la voz digitalizada y transmitirla. Los Vocoder son algoritmos de compresión de voz y típicamente se utilizan para señales portadas sobre líneas de telecomunicaciones de 4 Kbps.



La compresión es aprovechada para remover la información redundante y/o predeterminada de una señal. El vocoder debe ser utilizado solo para señales provenientes de la voz humana de lo contrario la codificación puede ser muy pobre, en otros caso debe utilizarse un waveform

## VOCODER



Ej. CELP, VSELP, LPC10 G 728

## Seleccionando un algoritmo

Para seleccionar un algoritmo de compresión, se debe tener en cuenta que existen nueve criterios a considerar.



- 1.- Inter operabilidad
- 2.- Ancho de banda digital
- 3.- Calidad de voz
- 4.- Diversidad en la configuración de la señal
- 5.- Retardos
- 6.- Requerimientos de Hardware
- 7.- Errores de elasticidad del canal
- 8.- Passing Modem
- 9.- Passing Tone

### *Inter operabilidad*

Los algoritmos estándares fueron definidos sobre la base de poder asegurar, la inter operabilidad en los sistemas de comunicaciones. Estos algoritmos especifican un conjunto de operaciones que deberán ser desarrolladas para procesar una señal de acuerdo con el estándar.

Por ejemplo el ITU G 728 LD ACELP permite diferentes construcciones en los equipos que se comunican, cuando la inter operabilidad no es requerida, como en el caso de la voz por mail, los algoritmos propietarios son a menudo preferidos.

### *Ancho de banda digital*

Muchas aplicaciones requieren un bit rate particular, por lo tanto este es el criterio de selección más obvio. Existen muchos algoritmos de compresión que reducen la señal de 64 Kbps a 8 Kbps, un ejemplo de los mismos es el ITU G.729, lo cual lo hace fundamental cuando el ancho de banda es crítico.

### *Calidad de voz*

La calidad de voz es un criterio muy importante para la selección del algoritmo. Todos los algoritmos de compresión son relativamente lentos, por lo tanto la calidad de voz generalmente se degrada y el bit rate es decrementado.

El ancho de banda analógico soportado por un Vocoder también afecta directamente la calidad de voz. La calidad del producto final tiene varios requerimientos, algunas operaciones requieren un sonido natural, otras que las voces sean identificables y otras solamente que sean entendibles.

Los algoritmos de calidad de voz y ancho de banda no están linealmente relacionados. Los que proveen buen uso del ancho de banda no necesariamente ofrecen buena calidad de servicio. El ITU G.728 LD CELP tiene la misma calidad de servicio que el ITU G.721 ADPCM, pero opera con la mitad del bit rate 16Kbps en lugar de 32 Kbps.

Hay industrias que se dedican a la medición de la calidad de un Vocoder, las mismas se denominan MOS. Las medidas son llevadas a cabo por grupos de escucha, los cuales tienen varios problemas. Las mediciones pueden variar para el mismo Vocoder en diferentes plataformas de hardware. Por lo tanto estas deben ser llevadas a cabo sobre las mismas plataformas y al mismo tiempo.

### *Diversidad en la configuración de la señal*

Las aplicaciones que comunican y almacenan la voz, son ideales para algoritmos de Vocoder. Sin embargo aplicaciones que comunican una variedad de señales, tales como, voz, audio, ruidos industriales, pueden requerir algoritmos como los Waveform.

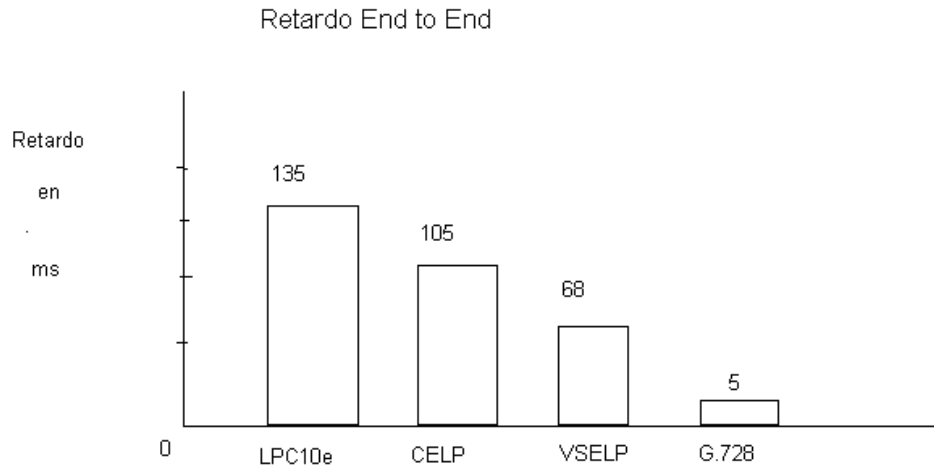
El Vocoder ITU G.728 LD CELP es usado también para compresión de otros tipos de señales, a diferencia de otros, de bajo bit rate como TIA 1554 VSELP, USF1016 CELP Y USFS 1015 LPC10e que se utilizan solo para compresión de voz, de distintos tipos, celulares, seguros y comunicaciones satelitales. El codificador de onda ITU G.726 ADPCM es comúnmente usado para ruidos industriales y aplicaciones militares por la facilidad que posee para codificar diversos tipos de señales. Sin embargo ADPCM provee solamente una compresión de 2:1 sobre el estándar ITU G.711

### *Retardo*

El retardo es muy importante en los sistemas de comunicaciones digitales. El retardo entre puntos terminales de un sistema, es la cantidad de tiempo que una señal tarda para viajar de un extremo al otro del mismo.

En una aplicación de voz, este tiempo debería ser considerado como el que toma la primer compresión de la voz en llegar a destino. Los usuarios pueden llegar a disgustarse si este retardo en una conversación supera el cuarto de segundo, puesto que la misma se puede tornar antinatural. El retardo también afecta a los sistemas de multimedia que requieren una sincronización entre audio y video.

Los Vocoder son generalmente de alto retardo, sin embargo algunos como el ITU G.728 LD CELP, son especialmente desarrollados para proporcionar bajos retardos y deberán ser seleccionados para aplicaciones sensibles al mismo.



### *Requerimientos de Hardware*

El costo del sistema es un criterio clave para la selección de un algoritmo. El precio nos determina la cantidad de MIPS, Ram y Rom que pueden ser usados por un sub sistema.

Los Vocoder son más complejos que los Waveform y deben ser optimizados especialmente para menor utilización de MIPS y memoria. De ahí la calidad de los algoritmos propietarios. El algoritmo ideal por calidad y bit rate puede llegar a ser impráctico desde el punto de vista de los recursos requeridos. Los algoritmos estándares deberían brindar una buena solución costo recursos.

### *Errores de elasticidad del canal*

Muchos sistemas de comunicaciones tienen un error significativo dentro de los enlaces. Para compensarlos, algunos como los de radio utilizan, codificación del canal o corrección de errores. Sin embargo la codificación incrementa el bit rate, adhiriendo redundancia a la información. Algunos sistemas no pueden soportar un bit rate más alto, en esos casos, los codificadores sintetizan la voz o el audio, lo que puede ocasionar una dispersión en los mismos.

Lo más obvio es utilizar un algoritmo con capacidad de recuperación ante los errores. Cuando una señal es altamente comprimida, mucha información es representada por cada bit. En general los Vocoder de bajo bit rate son muy susceptibles a la degradación del canal.

### *Passing Modem*

Una simple manera de proveer un servicio de comunicaciones digitales con un mínimo costo, es reemplazando las líneas digitales de 64 Kbps con múltiples líneas codificadas de bajo costo.

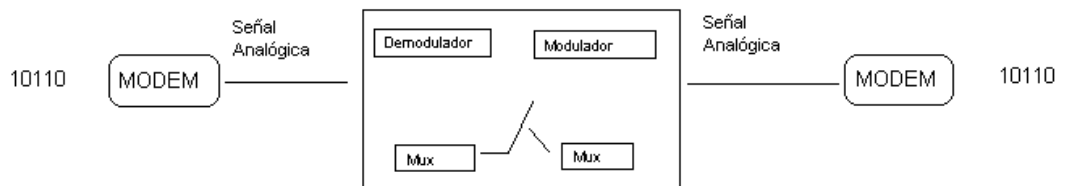
Elas pueden ser dos de 32 Kbps G.726 ADPCM o cuatro de 16 Kbps G.728 LD CELP sobre un enlace de 64 Kbps.

Esto es muy bueno desde el punto de vista económico, pero tiene sus limitaciones. Se debe tener en cuenta que las líneas además de voz y audio pueden transmitir Fax y Modem, y que dichas señales pueden ser degradadas por los codificadores de voz. Por lo tanto la sustitución de un canal de 64 Kbps puede hacerse solo para voz, pero no para Fax y Modem.

Cuando múltiples canales son sustituidos, es importante conocer si el algoritmo de compresión seleccionado soporta las señales de Modem y Fax. Si así no lo fuese, se debe proveer una señal adicional para transportarlas por el canal.

En tales casos, el Vocoder deberá diferenciar las señales. En el caso de tratarse de una señal de Fax/Modem el sistema deberá desactivar el codificador de voz y demodular el Fax/Modem para su transmisión sobre un canal de bajo costo. En el otro extremo, la señal es remodulada para su transmisión sobre el canal analógico.

DSP Solución para pasar Modem sobre un enlace digital

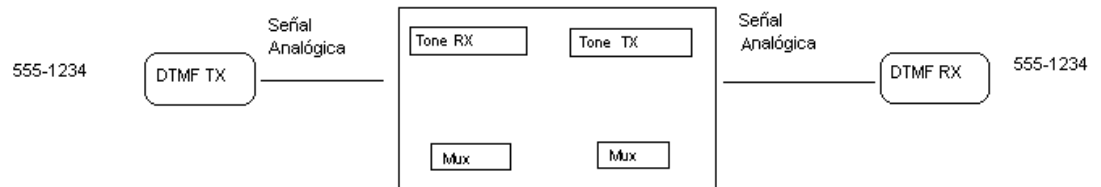


### Passing Tone

Cuando un Vocoder es usado para crear un canal digital de bajo costo, pasar tonos por dicho canal se suma al inconveniente de Fax/Modem. Algunos sistemas telefónicos utilizan tonos para controlar las llamadas y proveen retro alimentación al llamador a cerca de su llamada (ocupada, llamando, congestión etc). El estándar para esas señales de tonos es el DTMF (tono dual multi frecuencia). Si un Vocoder (Voice and data communications Handbook de Butes Gregory 1998) degrada la señal de tono, la misma no podrá ser completada. Por esta razón es importante conocer si el algoritmo de compresión soporta este tipo de señales. En caso de requerir este tipo de señal y no poder ser soportada por el algoritmo, se debe adicionar una señal para compensar. Se puede utilizar un

detector para percibir este tipo de señales y diferenciarlas de las de voz, para poder reconstruirlas en el otro extremo del canal

DSP solución para pasar tonos sobre enlaces digitales



## Conclusión de selección

En síntesis cuando se deba seleccionar un algoritmo de compresión, se tendrá que responder a las siguientes preguntas:

- ¿El producto inter opera con productos de otras fábricas?
- ¿Que costo requiere la aplicación?
- ¿El producto requiere alta calidad de voz, identificable o inteligible?
- ¿Se procesarán varios tipos de señales?
- ¿La comunicación se realizará en tiempo real?
- ¿Cuál es el error del canal?
- ¿Necesitará pasar Modem/Fax o señales de tono?

Estas son algunas cosas a tener en cuenta cuando se deba seleccionar un algoritmo de compresión.

## Estudio de algoritmos

Los algoritmos son estudiados desde tres organizaciones, la ITU (unión internacional de telecomunicaciones), USFS (estándar federal de EEUU) y TIA (asociación internacional de telecomunicaciones).

La ITU es el estándar más usado en el mundo de las telecomunicaciones, USFS ha creado dos estándares para seguridad en telecomunicaciones y TIA ha creado algunos estándares principalmente para comunicaciones sin cable en Norte América.

## **Tipos de Algoritmos**

### ITU G728 LDCELP 16 Kbps

Es uno de los más populares de ITU. El algoritmo permite frame de tamaños pequeños, esto es para codificar tanto voz como audio. En performance es un híbrido entre un Vocoder y un Waveform. Es usado ampliamente en todo el mundo en una gran cantidad de aplicaciones de telecomunicaciones digitales. El G 728 se ha hecho muy popular en video conferencias por el bajo retardo de la misma y también en otras aplicaciones tales como sistemas de voz por mail, multiplexores digitales y comunicaciones por radio.

Este algoritmo provee una alta calidad de voz, alta compresión y bajo retardo, los que son logrados a expensas de su complejidad

### DSPSE

Estos algoritmos de DSP ingeniería de software son propietarios de alta calidad, usan recursos mínimos para un Vocoder y ofrecen alta calidad de voz de cargas múltiples. Algunos de los rate disponibles son 4.8, 5, 6.4, 7.2, 8, 9.6 y 12.8 Kbps. DSPSE puede ofrecer un Vocoder que opere en un bit rate especificado por el cliente. También puede reducir las cargas en forma automática durante las pausas.

Este tipo de algoritmos puede ser seleccionado para aplicaciones que puedan tener ventaja en el dinamismo de la disponibilidad del ancho de banda.

En muchos sistemas de telecomunicaciones en los cuales no se necesita operar con otros, un vocoder como este es ideal, puesto que posee alta calidad de voz, bajo retardo, buena performance con las señales de ruido, y poca cantidad de recursos de hardware.

### TIA IS-54 VSELP

Es un estándar de TIA para América del Norte, en las comunicaciones celulares digitales. Está basado en un vocoder que provee 4 Khz de ancho de banda para voz.

Este algoritmo es de uso libre solo en comunicaciones celulares y raramente es usado fuera de este entorno. Tiene alto grado de comunicación y un retardo moderado. Si los algoritmos de sincronización de banda no son usados, el bit rate es reducido a 7.95 Kbps en lugar de 8 Kbps. Estos algoritmos degradan un poco la calidad de voz y no pasan en su totalidad las señales de Fax/Modem.

### USFS 1016 CELP

Es un estándar de USFS para comunicaciones de seguridad. Posee frames de 30 ms y está basado en vocoder que provee 4 KHz de ancho de banda para voz. Es usado en una multitud de aplicaciones en sistemas militares y mail. Tiene alto grado de calidad de voz y un retardo moderadamente alto.

El estándar especifica un bit libre en la codificación del frame para sincronización dentro de la banda, y es significativamente degradado con los errores del canal.

### USFS 1015 LPC10e

Es un estándar de USFS para comunicaciones de seguridad. Posee frames de 22.5 ms y está basado en vocoder que provee 4 KHz de ancho de banda para voz. El algoritmo es usado ampliamente, posee un bajo grado de calidad de comunicación y se utiliza para juegos y juguetes. Su bajo bit rate 2.4 Kbps lo hicieron popular para aplicaciones militares y satelitales.

A continuación se muestra un cuadro comparativo de algoritmos, comparando calidad con MIPS y calidad respecto de compresión

Desc	bps	Calida de voz	Diversi dad	Retardo (ms)	MIPS	Mem	Elast.	Tone Passing	Modem Passing
USFS 1015	2400	1	Voz	135	9	9k	1	No	No
USFS 1016	4800	3	Voz	105	15	13k	2	No	No
DSPSE	4.8 - 12.8	4-7	Voz	80-70	13-15	9k	3-5	No - Si	No
TIA IS 54	8000	5	Voz	68	15	17k	3	No	No

Un algoritmo interesante de comparación es la calidad de voz por bits versus MIPS. La calidad por bit normaliza la calidad del algoritmo con respecto a la compresión.

Un algoritmo propietario puede ofrecer una mayor calidad por bit que un estándar, debido a que puede mejorar continuamente. Existe un algoritmo matemático que proporciona un punto que suele ser óptimo para un bit rate. Si se utilizan múltiples algoritmos, la curva resultante podría tener forma de arco.

Como conclusión la selección de un algoritmo de compresión es simplificada por la comprensión del criterio y la aplicación.

### Familia de algoritmos G 729

El codificador de voz G 729 está basado en una estructura renovada y código algebraico (CS-ACELP). Es el algoritmo de 8 Kbps recomendado por ITU que ofrece lo mejor entre bit rate, calidad de voz y resistencia contra varias degradaciones de la red. Además siendo solamente un codificador de 7.9 Kbps y con un bit de paridad, ofrece un incremento significativo en la utilización del ancho de banda para la telefonía existente y la comunicación sin cable.

El código de voz opera sobre frames de 10 ms, con solamente 5 ms de encabezado, permitiéndole un bajo retardo de transmisión, sí éste parámetro es tomado en cuenta, cuando se diseña el transporte de la señal de voz sobre la red. Pueden aplicarse a aplicaciones tales como VoFr, tele conferencias o telefonía visual, donde calidad, retardo y ancho de banda son importantes y benefician desde su estándar el estado del arte.

#### **G.729 Anexo A**

Permite digitalización simultanea de voz y datos a 8 Kbps. Su complejidad es un 50 % menor que el G.729. Originalmente fue diseñado para la baja complejidad que necesita la industria moderna y es remarcable su completa inter operabilidad con el G.729 lo que lo hace un estándar fundamental de multimedia.

#### **G.729 Anexo B**

El ITU-T a liberado una extensión del G.729 que incluye un muy eficiente detector de actividad de voz (VAD), un bajo bit rate y un generador de ruidos (CNG). Con esto se minimiza el promedio de bit rate sin afectar la calidad de sonido.

Una persona que habla usa a lo sumo el 50 % del canal a la vez, por lo tanto el beneficio de los VAD llega a ser significativa. Con la opción habilitada y sin (CNG) la diferencia entre G.723.1 y G.729 A es reducida en 800 bps. Esto es el 2 % del ancho de banda disponible sobre modem V34 y es menor comparado a la sobrecarga introducida por los multiplexores y los encabezados de paquetes. Con CNG habilitado la diferencia es menor a 800 bps.

#### **Versión G.729 de punto flotante**

Este codificador está siendo suministrado por ITU-T para el grupo G.729. Es el más adecuado para plataformas PC. Posee una buena inter operabilidad con el resto de los codificadores del grupo.

#### **Conclusión**

Originalmente la voz fue digitalizada en una forma denominada PCM, utilizando para tal fin 64 kbps.



Estudios posteriores determinaron que la misma puede ser entendible transfiriendo solo el 22% de ella. Esto llevo al desarrollo de algoritmos de compresión que permitieran eliminar todo tipo de redundancia. Llegando a obtener buena calidad de voz con una velocidad de 8kbps, es decir ocho veces menos que la forma original PCM.

Esto nos permite por ejemplo en un canal T1 poder manejar hasta 200 conversaciones en lugar de las 24 de PCM.

Adaptando las aplicaciones del protocolo IP al G.729, se provee una mejor calidad en los estándares telefónicos de comunicación. Con la familia G.729, se puede cubrir una amplia variedad de aplicaciones, incluyendo acceso a servicios de multimedia, con el mejor bit rate, calidad y complejidad. Esta flexibilidad es altamente deseable y puede ser una clave para nuevos protocolos que garanticen un mínimo ancho de banda, bajo retardo, alta calidad etc. Todos estos elementos hacen de la familia G.729 ITU-T un buen candidato para transporte de la voz.

## Capítulo IV

### GESTION DEL TRAFICO

En este capítulo se desarrolla el tema de la gestión del tráfico integrado sobre la misma red. Requerimientos y formas para mantener una buena calidad de servicio.

Se tratan los temas que permiten la transmisión conjunta de datos y voz sobre una misma red con una calidad aceptable teniendo en cuenta el antagonismo de los mismos.

Algunos de los cuales son, tratamiento de retardos y jitter, prioridades y fragmentación.

Por último se explican diferentes tipos de fragmentación mostrando la estructura de los frame en cada uno de los casos.

#### **Gestión**

La transmisión de voz y datos sobre la misma red, tiene un punto muy importante, que es la gestión del tráfico.

Hoy en día las diversas necesidades de los usuarios, requieren de transmisiones de voz, fax y datos sobre la misma línea de comunicación, tan eficientemente como sea posible. Anteriormente existían dos tipos de redes, las cuales fueron unidas luego de un desarrollo crucial.

La unificación no fue tarea fácil, se ha debido tener en cuenta la diferencia de requerimientos de cada tipo de tráfico. Cada uno de ellos posee sus características y el esquema de integración deberá lograr pese a este inconveniente la mejor performance.

Algunas de las condiciones a considerar son:

El tráfico de voz se realiza prácticamente en tiempo real, debido a la sensibilidad de éste tipo de tráfico a los retardos.

En contrapartida, el tráfico de datos no admite pérdidas de paquetes, a diferencia del de voz, que es más tolerante a las pérdidas. Hay que tener en cuenta que la voz es convertida de analógica a digital, usando alguno de los algoritmos de muestreo. De ésta manera no toda la señal es codificada. La pérdida de algunos paquetes podría ser equivalente a decir que en vez de tomar **N** muestras, se toman **N-K**, para un valor de **k** relativamente pequeño no sufriría variación la calidad de voz.

El tráfico de voz tiene períodos de silencio cuando no se envía nada sobre la red, pero este forma una parte vital del tráfico, como el resto de la conversación.

En caso de conexión duplex durante una conversación, siempre debe haber silencio en una dirección, puesto que nunca dos personas hablan en el mismo

instante de tiempo. Debiendo aprovecharse este ancho de banda que de otra forma estaría desperdiciado.

### Requerimientos

Efectivamente el soporte de diferentes tipos de datos sobre una red frame relay, requiere de una tecnología que resuelva el problema de los retardos, gestión de ancho de banda, control de congestiones, manejo de prioridades etc. La voz requiere otro tipo de servicios que los datos para asegurar una alta calidad de la misma.

### Manteniendo la calidad de servicio

Normalmente aumenta la complejidad y baja la calidad con la compresión de datos. Los desarrollos recientes en digitalizaciones de bajo bit rate, demostraron que la voz puede ser comprimida tanto como hasta 4.8 kbps y todavía mantener buena calidad.

Con los algoritmos de bajo costo y alta calidad, junto con la gestión de los parámetros de transmisión de voz y datos, la calidad puede ser mantenida en redes de alto tráfico.

Además de esto, se deben utilizar seis principios operativos básicos para asegurar que, voz, datos y fax mantengan una buena calidad de servicio. Los mismos se detallan a continuación.

Gestión para predecir las congestiones

Tratamiento de jitter

Fragmentación

Rates variables

Detección de silencios e interpolación digital de la voz

El protocolo frame relay provee un par de bit FECN y BECN para notificación y control de las congestiones de la red. Esto no es suficiente, puesto que se activan luego de ocurrir la congestión. Las técnicas para predecir las congestiones, se implementan en algunos FRAD, por medio de los fabricantes. Estas responden a las cargas de tráfico, variando la profundidad de las colas antes de que ocurra la congestión. Por supuesto cuando los FRAD reciben los bits FECN y BECN desde la red, estos reducen automáticamente la carga sobre el DLCI. Estos reducen las cargas al máximo o por debajo del CIR, hasta que la congestión en la red sea reducida y pueda reanudar la transmisión en forma normal.

Es importante para los productos que acceden a frame relay el problema con los paquetes de voz que se descarten. Algunos proveedores desarrollan e implementan un

método para estimar el contenido de un paquete perdido, basado en los paquetes previamente transmitidos para poder reemplazar a la información descartada.

Usando los DLCI se podría dar prioridad a la decisión de ruteos.

Un nodo intermedio indica la congestión y el nivel de ocupado en que se encuentra el buffer, el cual puede ser tan grande, que en un futuro cercano puede llenarse y el nodo debe tener que descartar paquetes de datos entrantes.

La congestión se torna un problema crucial, puesto que impide que el tráfico de voz pueda realizarse en los requerimientos de tiempo real.

El protocolo posee un bit de descarte DE en el encabezado de los paquetes. Los nodos de ruteo en tiempo de congestión eliminan solamente los paquetes que tienen este bit en 1. Esta puede ser una forma de distinguir el tipo de tráfico, dado que la voz es menos susceptible a las pérdidas conviene descartar este tipo de paquetes en el caso de congestión.

Los router pueden hacer uso de la manera en la cual los paquetes de voz han sido contruidos. Los codificadores de voz producen dos bloques de igual tamaño para cada período de muestreo de la voz, uno con alto y otro con bajo significado, para ser procesados en el decodificador. En caso de congestión los menos significativos pueden ser seleccionados para descarte, lo cual no producirá un gran efecto en la calidad de voz recibida.

A partir de aquí, el terminal deberá enviar un control de retro alimentación de la red para ajustar la generación del tráfico para los próximos ciclos. A la vez en tiempo de congestión los generadores no deberían enviar paquetes cuya información no sea relevante. Esto reduce el número de paquetes insertados en la red, permitiendo así no comprometer la calidad de la voz transmitida.

En la red frame relay, como en los nodos intermedios, solo se examina el encabezado de los frame, por lo tanto el retardo que experimenta un frame en un nodo no depende de su tamaño. Empaquetando más información en un frame, el número total de los mismos para transmitir la misma cantidad de voz disminuye, reduciendo así la congestión y a la vez el retardo entre puntos terminales. Esto puede ser llevado a cabo en redes frame relay, puesto que la misma permite frame de longitud variable. Pero se debe tener en cuenta que los frame portarán más datos que antes, por lo tanto la pérdida de uno de ellos es más costosa.

En conclusión la utilización de los bits FECN y BECN podrían ser en los dispositivos finales, como vocoder, para decidir la naturaleza del tráfico, así también como en los router intermedios, que deberían tratar de no enviar la información en la dirección en la cual arribó una notificación de congestión.

## Priorizaciones

Para ayudar a minimizar los retardos y disminuir la diferencia de los mismos, es necesario un orden de prioridades para los frame de voz y datos que ingresan en la red. Algunas implementaciones ofrecen la posibilidad de definir niveles de prioridades desde 1 a 4 o 1 a 8 por DLCI, lo cual puede no llegar a ser suficiente.

Dado que los frame de voz y datos tienen diferente longitud (los de LAN típicamente de 1500 bytes mientras que los de voz rondan los 30 o 40 bytes) se necesitará un mecanismo para nivelar la carga y asegurar que los frames de voz tengan la misma oportunidad de ingresar a la red.

Una solución simple podría ser asignar un DLCI por cada puerto sobre el FRAD y configurar diferentes niveles de prioridades por puerto de voz o dato.

Esta solución es económicamente factible en una red privada, pero demasiado cara para redes públicas, debido a que los usuarios abonan de acuerdo al número de PVC (DLCI). De esta manera los usuarios tendrían que reducir el número de PVC y seguir asignando prioridades de acceso.

Una forma de aprovechar esta metodología es enviar tráfico sensible al tiempo en un canal y el tráfico de LAN por otro. Esto puede llevarse a cabo de una forma eficiente con la implementación de una técnica de sub direccionamiento basada en un doble encapsulamiento del paquete de frame relay. Los canales de voz o datos reciben su propio DLCI pero permanecen invisibles a la red.

Esto se asemeja al mundo ATM, donde cada puerto físico tiene un identificador de canal virtual, pero hay solo un identificador de ruta virtual por conexión WAN por destino. La ventaja es que el usuario ahorra dinero y permite que cada sub canal DLCI sea un número de teléfono si es necesario.

En las redes públicas los proveedores no se inclinan por el uso de sub direccionamiento por que esto reduce el número de PVC por suscriptor.

En definitiva, ellos no están listos para ofrecer una calidad de servicio similar a ATM.

Los backbone hoy en día soportan varios niveles de prioridades por DLCI. Si esto es aprovechado una solución similar puede ser también encontrada para la voz.

Otra implementación puede ser que cada señal de entrada sea configurada en una de las tres colas de prioridades en el FRAD. Las señales de voz y fax las cuales son intolerables a los retardos son puestas en colas de alta prioridad, mientras que los datos son ubicados en colas de baja prioridad, hasta que los paquetes de máxima prioridad sean transmitidos.

El tráfico es priorizado en la red desde el punto de vista de un todo, con tres gestiones separadas, ellas son:

Al fax se le da prioridad uno, puesto que las señales son más sensibles a los retardos que las de la voz. La voz se ubica en segundo lugar por ser esta percibida por los usuarios. Por último se encuentran los datos.

En síntesis la priorización debe cumplir con técnicas que aumenten la velocidad y el flujo de los paquetes. En algunas implementaciones puede utilizarse para limitar el tamaño de los frame, para que estos requieran solo 5 o 10ms para transmitirse cuando esté presente la voz. Esto limita el número de frame a ser encolados delante de uno de voz. Estas aplicaciones controlan que el retardo causado por el proceso de encolado, este entre 10 y 20ms. Conociendo que puede haber un máximo de dos paquetes de datos delante de uno de voz y utilizando una tabla de información, un diseñador de red puede determinar el máximo retardo de la cola. Aplicando esto a todos los enlaces, los diseñadores pueden determinar si los retardos (ambos fijos y variables) son los requeridos por el usuario.

### Supresión de silencios

Cuando una persona habla, típicamente la otra escucha, por lo tanto, un circuito de voz se encuentra en silencio.

Como es sabido la voz humana no es continua, puesto que tiene pausas entre palabras y sentencias. Con la aplicación de interpolación digital de la voz (DSI) en la supresión de silencio, y el uso de técnicas avanzadas de procesamiento de voz se puede detectar y suprimir los silencios en la transmisión.

Los DSI están basados en un nivel de energía y una configuración fijada. Esto puede causar algún problema de calidad, puesto que si se configura demasiado alto, quien esta hablando deberá esforzarse para que el circuito entre en actividad y así poder enviar los paquetes que sean enviados. Esto puede causar que la primera parte de una palabra no se transmita, lo cual resultará molesto.

Si es configurado demasiado bajo, entonces los ruidos de fondo pasarán a través de la red junto con los de voz.

Algunos productos utilizan un adaptador de frecuencia, que detecta la voz pero no los ruidos de fondo y ajusta los niveles de acuerdo a los cambios del entorno.

Como dijimos anteriormente, por naturaleza la comunicación de voz es en un solo sentido a la vez con pausas entre las sentencias. Por lo tanto los algoritmos de procesamiento de voz deberán tomar ventaja de estas características.

El ancho de banda extra que se desperdicia deberá ser aprovechado para otros canales. Esto permite una utilización del ancho de banda de más del 50%. A pesar de que el enlace ha sido lógicamente alojado a una conexión, éste puede ser utilizado por otra, debiendo enviarse el próximo paquete de voz una vez finalizado el período de silencio. El receptor deberá tener cuidado al tomar estos paquetes, ya que deberá hacerlo después de un lapso apropiado de tiempo y no inmediatamente, para así poder

simular la presencia de los silencios.

La red deberá soportar transmisión de voz con buffer en el receptor. Estos aparentan la gestión de períodos de silencio, los cuales ayudan a mejorar la calidad de la voz.

Si un paquete de voz arriba con un retardo diferente y es tomado inmediatamente por el receptor se oíría un sonido extraño, problema denominado jitter. Por lo tanto los receptores deberán poner estos paquetes en un buffer para esfumar dicho efecto. Un paquete en espera no podrá permanecer por tiempo indeterminado, por lo tanto el buffer deberá descartar los paquetes cuyo retardo sea demasiado elevado.

### Fragmentación

La fragmentación es usada para dividir los bloques grandes en otros más pequeños, con lo cual se reducen los retardos y se mejora el flujo de la información. Esta es otras de las maneras de obtener una alta calidad de voz.

La fragmentación deberá afectar a todos los tipos de datos de la red para mantener una calidad de servicio consistente. Esto se debe a que si solamente es fragmentada la información de voz, se pueden originar retardos si uno de estos frame permanece en la red detrás de un frame de datos de gran tamaño. Por lo tanto la fragmentación de los frame de datos asegurará que los paquetes de fax y voz no tengan un retardo inaceptable.

Adicionalmente la fragmentación reduce el jitter, puesto que los paquetes de voz pueden ser enviados y recibidos con mayor frecuencia. Si se la utiliza con técnicas de prioridades se asegurará un flujo continuo de información.

Algunos valores utilizados en varias implementaciones, que acotan el tamaño de los frame pueden ser los siguientes

Voz 83 bytes por frame

Datos asincrónicos 71 bytes por frame

Datos sincrónicos 72 bytes por frame

Fax 58 bytes por frame

Recordemos que un frame de 4000 byte puede tomar hasta medio segundo sobre una transmisión de 64Kbps. Esto provocaría un retardo demasiado grande como para garantizar una buena calidad de voz.

Tanto el esquema de fragmentación como el de prioridades, pueden ser llevados a cabo, si los FRAD ubicados en ambos lados de la red admiten un mecanismo de fragmentación estándar.

Algunas implementaciones también aplican esta técnica en sus backbone, siendo el mejor de los casos cuando ambos FRAD y backbone poseen iguales tamaños de frame

para la fragmentación.

Existen tres tipos de aplicaciones de la fragmentación, local a través de una interfaz UNI entre DTE y DCE, local a través de una interface NNI DCE y DCE y entre puntos terminales DTE y DTE a través de una o más redes frame relay. En el último de los casos la fragmentación es transparente a las redes entre transmisor y receptor.

Para soportar correctamente voz y otros tipos de datos en tiempo real sobre una red de baja velocidad, UNI o NNI, es necesaria la fragmentación de los grandes frame que que comparten el enlace con los más pequeños.

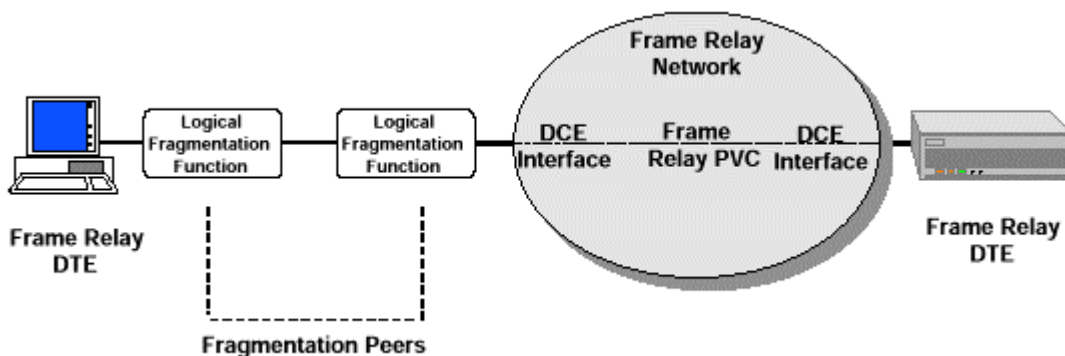
## Fragmentación UNI

Este tipo de fragmentación, es usado para permitir que frame de datos y en tiempo real compartan la misma interfaz UNI entre DTE y la red frame relay. Es estrictamente local a la interfaz y el tamaño de los fragmentos pueden ser configurados en forma óptima por cada proveedor. Su retardo y la variación de los mismos se basan en la velocidad lógica de la interfaz del DTE. La velocidad lógica puede ser menor que la física si se utiliza una interfaz física de canalización.

Si la fragmentación es local a la interfaz, la red puede tomar ventaja de la alta velocidad del troncal interno, para transporte de frames completos, lo cual es una manera más eficiente que la de transportar un gran número de pequeños fragmentos.

La fragmentación UNI es también usada cuando existe una diferencia de velocidad entre los DTE ubicados al final del circuito virtual. También permite que la red se apodere de un DTE que no implemente fragmentación End to End.

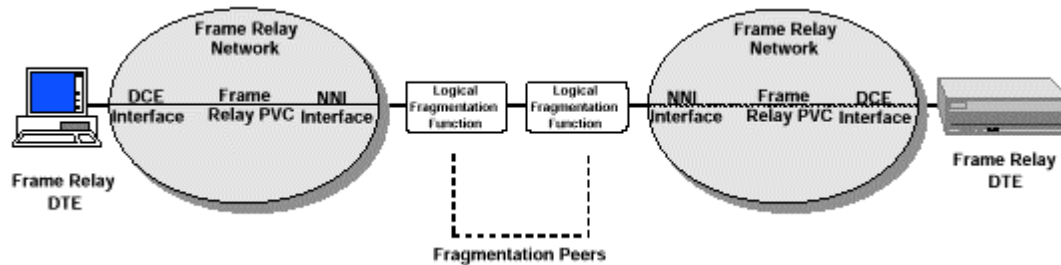
Para la fragmentación UNI, las interfaces DTE y DCE actúan como se muestra en la figura.





Se debe notar que, la funcionalidad de la misma esta especificada sobre la base de interfaz a interfaz, todos los frame sobre todos los DLCI se procesan con el encabezado de la fragmentación.

## Fragmentación NNI



La interfaz actúa como muestra la figura.

La fragmentación NNI se aplica a enlaces más lentos, permitiendo que el tráfico sensible a los retardos, pueda interpolarse con fragmentos de datos largos de otro circuito virtual usando la misma NNI.

Esta fragmentación también es provista sobre una base interfaz a interfaz. Cuando es usada, todos los frame sobre todos los DLCI son procesados con el encabezado de fragmentación.

	8	7	6	5	4	3	2	1
Fragmentation header	B	E	C	Seq. # high 4 bits			1	
	Sequence # low 8 bits							
Frame Relay header	DLCI high six bits						C/R	0
	DLCI low 4 bits			F	B	DE	1	
Fragment Payload								
FCS (two octets)								

El formato del frame y sus procedimientos son idénticos al de la interfaz UNI, como el mostrado a continuación.

Donde el bit (B) significa comienzo de la fragmentación, es puesto a uno en el primer fragmento de datos del frame original y en 0 en el resto de los fragmentos del mismo frame.

El bit (E) indica fin de fragmentación, es puesto en 1 en el ultimo fragmento y en 0 en el resto. Un fragmento puede tener ambos bits en 1

El bit (C) es de control es puesto en 0 en todos los fragmentos y se encuentra reservado para usos futuros.

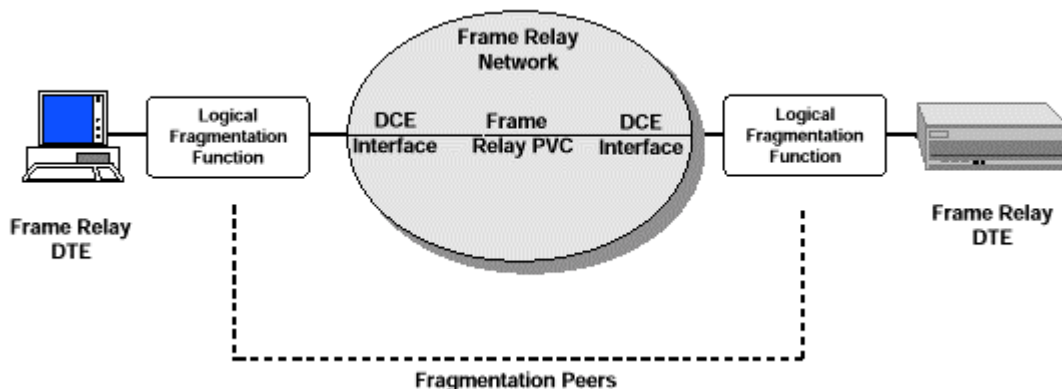
El número de secuencia es un binario de 12 bits que es incrementado en módulo 12 elevado a la 12 por cada fragmento de dato transmitido sobre el circuito virtual. Hay un número de secuencia mantenido por cada DLCI a través de la interfaz.

Como se puede apreciar el bit de menor orden del primer octeto es puesto en 1. Este permite distinguir el encabezado de la fragmentación del de frame relay.

### **Fragmentación entre puntos terminales**

Este tipo de fragmentación es usado entre pares de DTE, y esta restringida solamente al uso sobre PVC. Es más usada cuando se desea intercambiar ambos tipo de tráfico (en tiempo real y datos), usando una interfaz lenta y donde cada uno de los tipos de datos o ambos, no soporta fragmentación UNI. Alternativamente, estos pueden estar en redes separadas y la ruta de interconexión de las mismas puede ser suficientemente lenta que requiere fragmentación para poder soportar tráfico en tiempo real, no soportando la fragmentación NNI.

El empleo de este tipo de fragmentación es ilustrado a continuación.



El proceso es transparente a las redes frame relay entre el transmisor y receptor. El transmisor fragmenta los frame, en secuencia de frames más cortos, los cuales serán vueltos a ensamblar dentro del frame original en el receptor.

A diferencia de las interfaces UNI y NNI, en la cual todos los frame son fragmentados sobre una interfaz, en este tipo de fragmentación se limita a fragmentar frame sobre un PVC seleccionado. Cuando la fragmentación se aplica a un PVC en particular, los frame que exceden el máximo tamaño configurado, deberán ser adaptados a dicho formato. Como DLCI 0 nunca es transportado entre puntos terminales el mismo nunca será fragmentado usando este método.

El formato del frame es mostrado a continuación.

	8	7	6	5	4	3	2	1
Frame Relay header	DLCI high six bits						C/R	0
	DLCI low 4 bits				F	B	DE	1
UI (0x03)	0	0	0	0	0	0	1	1
NLPID (0xB1)	1	0	1	1	0	0	0	1
Fragmentation header	B	E	C	Seq. # high 4 bits			0	
	Sequence # low 8 bits							
Fragment Payload								
FCS (two octets)								

Donde el bit (B) significa comienzo de la fragmentación, es puesto a uno en el primer fragmento de dato del frame original y en 0 en el resto de los fragmentos del mismo frame.

El bit (E) indica fin de fragmentación, es puesto en 1 en el ultimo fragmento y en 0 en el resto. Un fragmento puede tener ambos bits en 1

El bit (C) es de control es puesto en 0 en todos los fragmentos y se encuentra reservado para usos futuros.

El número de secuencia es un binario de 12 bits que es incrementado en módulo 12 elevado a la 12 por cada fragmento de dato transmitido sobre un PVC. Hay un número de secuencia mantenido por cada PVC entre pares de DTE.

### **Proceso de fragmentación**

El proceso de fragmentación es idéntico para ambos formatos de encabezados, y se basa en la RFC 1490.

Una serie de fragmentos de datos es creada tomando un frame, removiendo la indicación principal y los octetos de control Q.922, removiendo el FCS original y la ultima indicación ubicada tras los datos, por último los octetos remanentes son enviados, en su orden original, como una serie de datos fragmentados. Si un frame encapsulado está siendo fragmentado, entonces el control Q.922, el pad adicional y los octetos NLPID del frame multiprotocolo original, se encuentran contenidos en el primer fragmento. Los fragmentos resultantes se transmitirán en la misma secuencia en la que han sido fragmentados. Los fragmentos desde varios circuitos virtuales pueden ser interpolados con otros, sobre una interfaz.

En las interfaces NNI esta permitido adelantar fragmentos End to End, los cuales se encuentran encapsulados dentro de los fragmentos de dicha interfaz. Los fragmentos NNI que contienen otros fragmentos dentro pueden ser fácilmente reensamblados por el receptor NNI, el cual envía los fragmentos end to end al DTE destino para poder finalmente ser reensamblados. Similarmente operan las interfaces UNI.

### **Procedimiento de Reensamble**

Este procedimiento es similar para ambos formatos de encabezado.

Para cada circuito virtual el receptor deberá mantener una pista de los números de secuencias y del más recientemente recibido. El receptor detectará el final del proceso cuando reciba un fragmento con el bit de finalización activado. El proceso culmina cuando todos los números de secuencia han sido recibidos.

En caso de pérdida de fragmentos o desborde del buffer del receptor, los fragmentos deberán ser descartados por el receptor.

### **Tamaño de los frames y fragmentos**

El tamaño de los fragmentos es configurado en el transmisor, no existe un valor determinado para tal caso.

Para la fragmentación entre puntos terminales, el máximo tamaño de fragmento usado en un PVC particular depende de la velocidad de la línea de acceso, de la velocidad de algunas interfaces NNI sobre la ruta, los retardos y sus variaciones que requieren las aplicaciones para uso del PVC. El máximo tamaño a enviar debería ser configurado sobre la base del PVC.

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para seleccionar el tamaño de los fragmentos en este tipo de fragmentación.

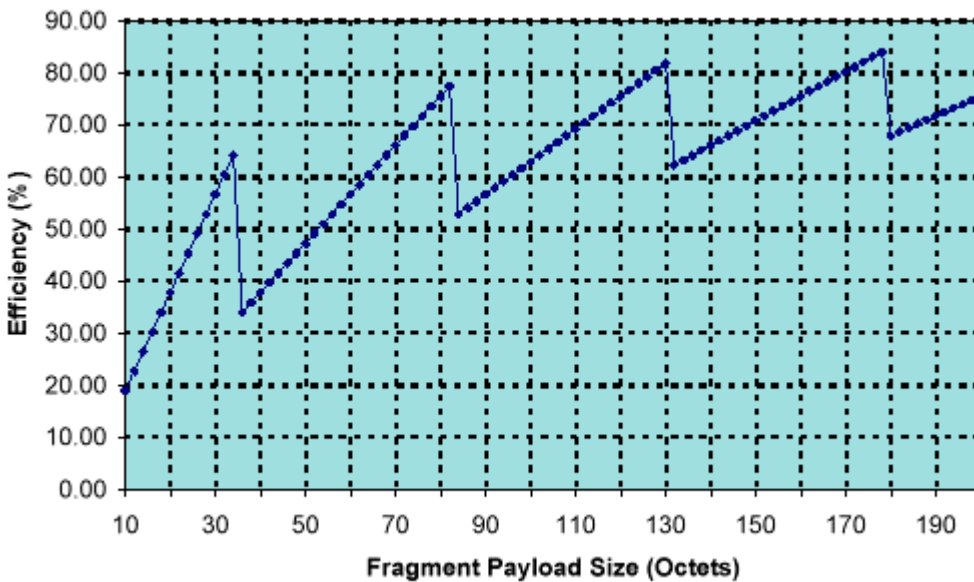
Debemos considerar que las redes que interconectan los DTE pueden usar frame relay sobre ATM. En tales casos la elección del tamaño de los fragmentos deberá ser tal que puedan ser eficientemente empaquetados en las celdas ATM. La figura muestra la eficiencia de los diferentes tamaños de paquetes elegidos. A Continuación se muestra el cálculo realizado.

$$\begin{aligned} \text{Long. de PDU} &= \text{Header FR (2 octetos)} + \text{Fragmentación del header} \\ &\quad \text{(4 octetos)} \\ &\quad + \text{Tamaño de Fragmentación de la carga (P octetos)} \\ &\quad + \text{AAL5 últimos (8 octetos)} \end{aligned}$$

El número de celdas necesarias para portar PDU (N celdas) es igual al límite superior de la longitud del PDU dividido 48 octetos por celda.

El porcentaje de eficiencia es igual a  $100 * (P \text{ octetos}) / (N \text{ celdas} * 48 \text{ octetos por celda})$

La figura muestra el porcentaje de eficiencia con respecto al tamaño de fragmentación de la carga.



Para fragmentación UNI y NNI, el máximo tamaño de fragmento debería ser configurado sobre una base por interfaz. El tamaño de fragmento óptimo para una interfaz determinada es el resultado de un calculo entre, el tamaño de un frame, el tamaño del MTU de las redes y las características de los retardos requeridos por la aplicación.

### Encapsulado de fragmentos VoFr

La fragmentación de frames de VoFr se realiza a través de sub frame. Los PVC que utilizan sub frame para datos que no corresponden a voz, deberán usar la sintaxis de transferencia definida para vofr en lugar de la de frame relay.

VoFr provee fragmentación entre puntos terminales, con interpolación de tráfico sensible a los retardos sobre un sub canal con fragmentos de frame de otro sub canal dentro del PVC.

Los fragmentos de datos vofr son creados usando procedimientos de frame relay, excepto en lo siguiente.

- Cada fragmento es precedido por un encabezado de vofr que lo identifica como carga primaria, usando sub canales provistos para portar datos.

- Los fragmentos de datos son interpolados con los sub frame de voz sobre diferentes sub canales de los mismos PVC.

- El orden de los fragmentos de datos deberá ser mantenido dentro de cada sub canal

Se utiliza un número de secuencia de 13 bits, por lo que el mismo es incrementado en módulo de 2 elevado a la 13

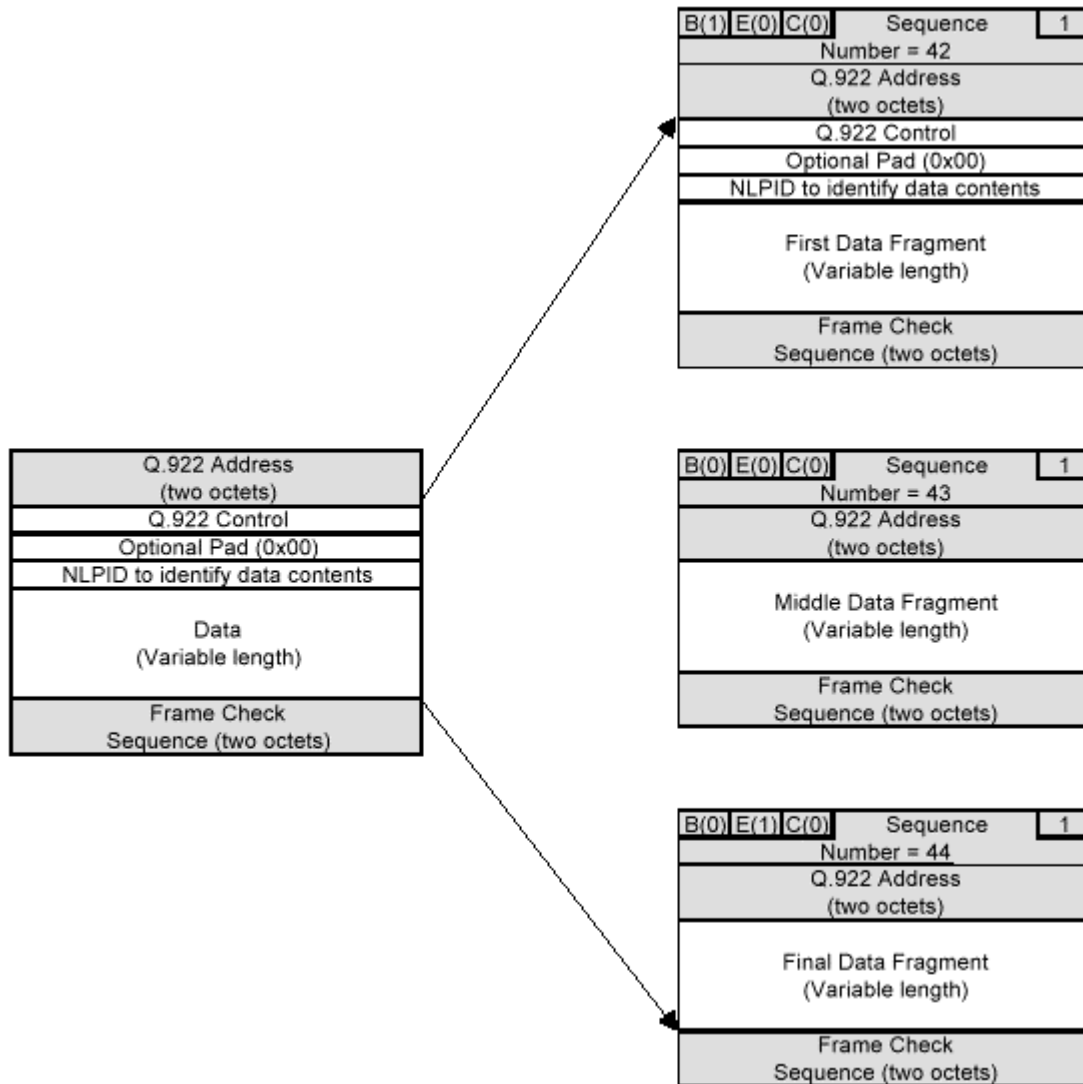
Las interfaces UNI y NNI están habilitadas para avanzar los fragmentos de frame de vo/fr.

## **Ejemplos de fragmentación**

### *Fragmentación de interfaces*

Un ejemplo de procedimiento de fragmentación de interfaces UNI y NNI usando frames encapsulados, como así también, datos a ser fragmentados es mostrado a continuación. Los octetos en blanco indican la porción de datos del frame original que se ha dividido en fragmentos.

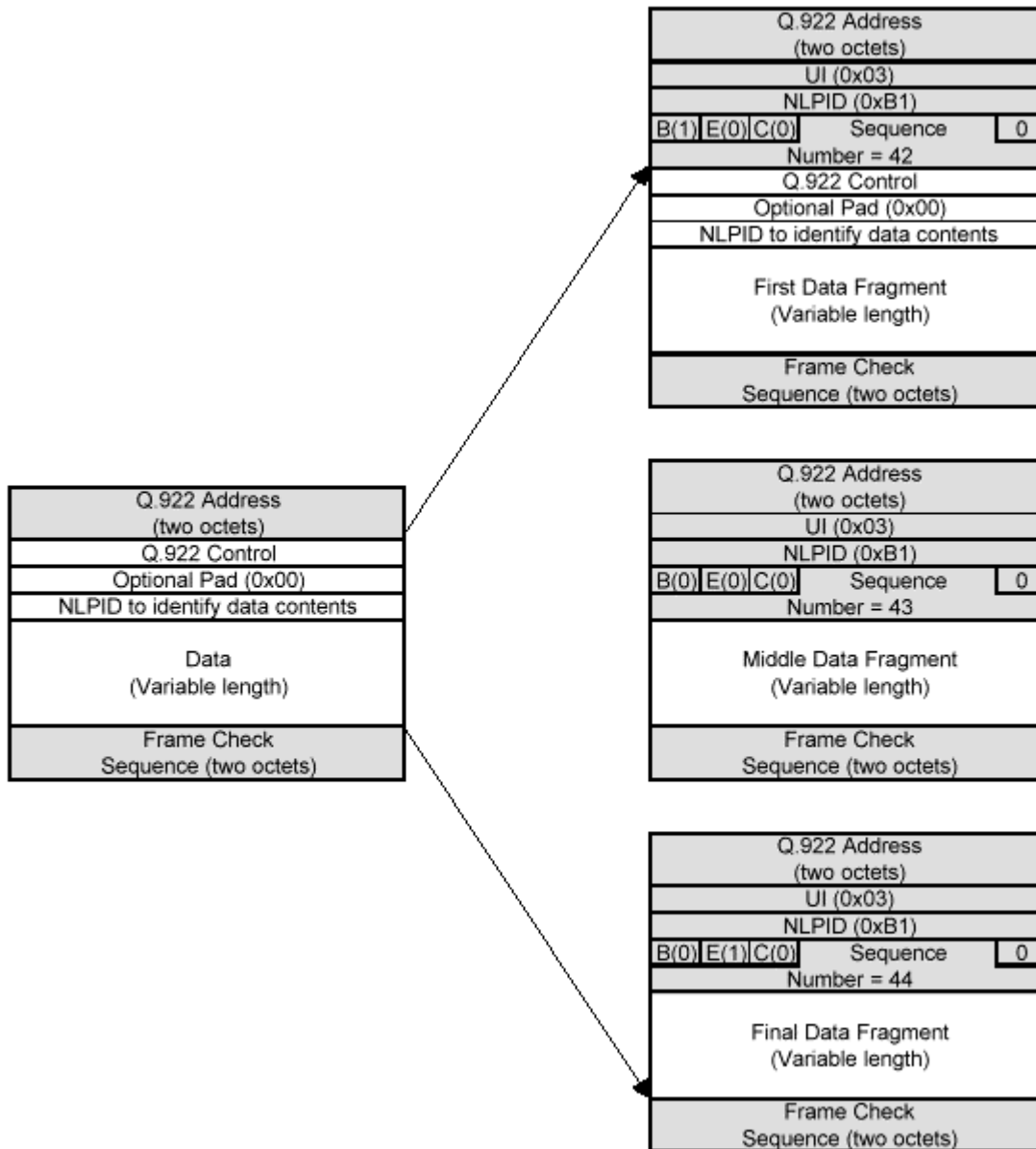
-



Fragmentación entre puntos terminales

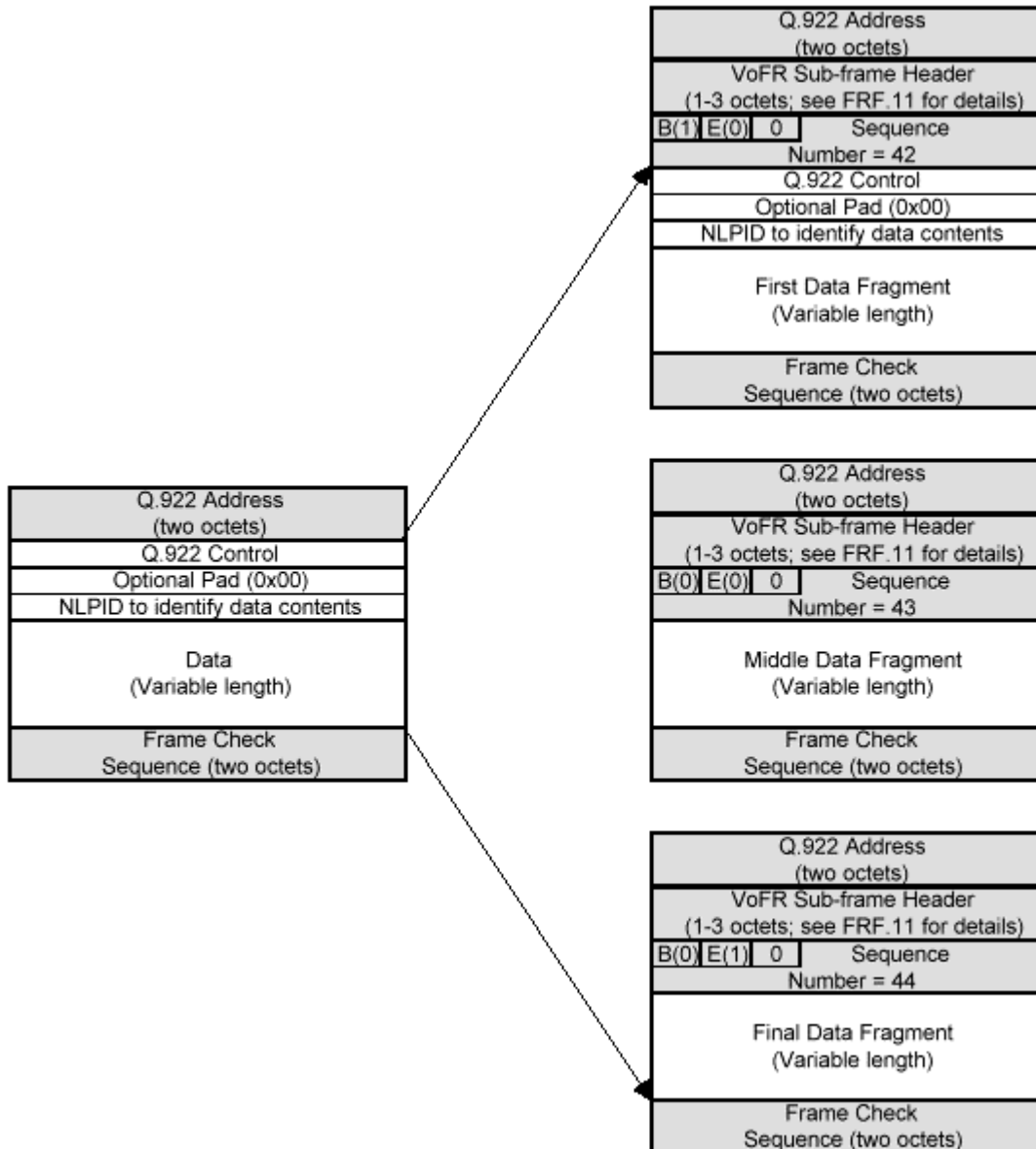
Un ejemplo de este tipo de fragmentación es diagramado a continuación. Los octetos en blanco indican la porción de datos del frame original que se ha dividido en fragmentos.





### Fragmentación vofr

Un ejemplo de fragmentación vofr es mostrado a continuación. Los octetos en blanco indican la porción de datos original que ha sido dividida en fragmentos.



## Retardos

Los retardos producen dos problemas, uno es el eco y el otro el solapado de las conversaciones.

El eco es causado por la reflexión de la señal de la voz de quien habla desde un equipo terminal que vuelve a los oídos del mismo.

El eco llega a causar problemas cuando el retardo supera los 50ms. El mismo es percibido como un problema significativo de calidad, en los paquetes de voz sobre frame relay, y por lo tanto los sistemas se ven en la necesidad de controlar y a menudo

implementar un mecanismo de cancelación de eco.

El otro problema es el solapado de la información de la voz, este efecto se produce cuando la voz de quien habla sobrepasa la de la otra persona. Esto se torna significativo cuando el retardo en una dirección supera los 250ms.

Algunas fuentes de retardos son:

Acumulación de retardos. Problema causado por la necesidad de recolectar un frame de muestreo de voz para procesarlo por el codificador. Esto está relacionado al tipo de codificador usado y a los tiempos de muestreo

Retardo de procesamiento. Causado por el proceso de codificación y recolección de muestras codificadas dentro de un paquete para transmisión sobre la red. El retardo de codificación es una función del tiempo de ejecución del procesador y el tipo de algoritmo utilizado. A menudo múltiples códigos de frame codificados serán colocados en un simple paquete, para reducir el overhead de la red. Por ejemplo 3 frame de G.729 equivalentes a 30ms de voz que pueden ser puestos en un simple paquete

Retardos de la red. Causados por el medio físico, el protocolo usado para transmitir la voz y el buffer utilizado para remover los jitter del lado del receptor. El retardo de la red es función de la capacidad de los enlaces y el procesamiento de los paquetes que transitan por la red. Los buffer para jitter adhieren retardos, el cual es usado para remover las variaciones de los tiempos a la que cada paquete está sujeto al atravesar la red. Este retardo se torna significativo cuando alcanza valores en el orden de los 70 a 100ms en algunas redes frame relay.

## **Jitter**

Este problema subsiste por la necesidad de remover las variaciones de los retardos entre paquetes, llamada jitter. Para removerlos se deben tomar los paquetes y retrasarlos para permitir que los paquetes más lentos arriben a tiempo para poder ser procesados en la secuencia correcta.

Los dos puntos conflictivos de minimización de retardos y removido de jitter persisten dado que existen varios esquemas para adaptar el tamaño del buffer con respecto al tiempo, variando los requerimientos de la red.

La forma en la cual se adapta el tamaño del buffer depende del tipo de red y de los paquetes que la atraviesan. Dos de las formas se describen a continuación.

- 1.- La primera es medir el nivel de variación de los paquetes en el buffer sobre un período de tiempo, e incrementalmente adaptar el tamaño del buffer. Esto

trabaja mejor con redes que proveen un jitter constante sobre el tiempo, como es el caso de ATM.

2.- La segunda forma es contar el número de paquetes que arriban tarde y crear un ratio de esos paquetes para el número que de los mismos que son procesados satisfactoriamente. Este valor es usado para ajustar el buffer. Este proceso trabaja mejor en redes con alta variabilidad de tiempo de arribo de los paquetes, como IP.

En definitiva la red puede ser configurada y manejada para proveer un retardo mínimo y menor jitter, permitiendo una alta calidad de servicio.

### **Topología de la red**

Implementar vofr requiere un cambio en la construcción y uso de la red. Una topología de maya virtual es feasible en una red frame relay privada, por que el usuario puede definir teóricamente un DLCI para cada número telefónico y establecer conexión sin pagar sobrecarga. La implementación de este tipo de intercoconectividad en redes frame relay públicas es equivalente a construir una maya de líneas dedicadas, la cual sería prohibitiva por su costo.

La topología de red para vofr en redes frame relay públicas es punto a multipunto. Este paradigma presume que la mayoría del tráfico de voz y datos es entre la sucursal y la central.

El multiplexor en la central actúa como un switch. Las comunicaciones entre sucursales traspasan la PBX externa y son ruteados digitalmente al DLCI destino sobre los multiplexores de paquetes rápidos.

El acceso al sitio central es típicamente un enlace T1/E1 a velocidades de 56/64kbps. Idealmente el multiplexor central debería ser modular para acomodar una mezcla de datos, voz, fax y LAN.

En los sitios remotos la solución stand alone ofrece fácil instalación, uso y mantenimiento.

La integración de vofr con acceso a ISDN para un PVC de frame relay, utilizada en usuarios remotos, constituye una alternativa eficiente para integración de circuitos.

### **Conclusión final**

La gestión del tráfico cumple un papel muy importante en la transmisión de voz y datos sobre la misma red. La misma se debe a las diferentes características que poseen la voz y los datos en el momento de ser transferidos.

Para asegurar una buena calidad de servicios se debe tener en cuenta lo siguiente, gestionar las congestiones, tratar los retardos, manejar las fragmentaciones etc.

También de acuerdo al tipo de red que se desee utilizar se deberá tener en cuenta la topología de la misma.

El objetivo de todas las técnicas para gestionar el tráfico de la red, es permitir que Vofr provea un servicio con una muy buena calidad, teniendo en cuenta las diferentes características de los tipos de datos que deben compartir el servicio.

La utilización de un orden de prioridad, unido a la fragmentación de frames, asegura que los paquetes de datos y voz puedan transmitirse sobre el mismo medio con un buena calidad de servicio

## Capítulo V

### Voz sobre IP

Dada la gran popularidad de los protocolos TCP/IP debido a la internet y a que existe la posibilidad de transmitir voz a través de este medio, el trabajo dedica este capítulo a la explicación de esta tecnología denominada voz sobre IP (VOIP).

Se comienza con una explicación de la estructura de dicha red y el transporte de la voz sobre el protocolo IP.

Luego se enumeran los nuevos desarrollos en hardware, software y protocolos que hicieron posible el desarrollo de VOIP.

El mismo culmina con una breve explicación de la gestión que se debe realizar sobre este tipo de red.

### **VOIP**

En los últimos años las redes han cambiado dramáticamente para corporaciones y proveedores de servicio. Para competir en el futuro los IPS y portadores han tenido que direccionar varios factores para poder proveer un consolidado servicio de voz y datos.

El tráfico de datos es fundamental en las redes empresariales, por lo tanto los IPS y portadores deberán reestructurarse para ofrecer un soporte integrado de voz y datos, especialmente aprovechando la enorme y popular Internet. El logro de hoy en día es que el costo del tráfico de voz pueda estar encerrado dentro de los costos del tráfico de datos, integrando las llamadas sobre los servicios IP existentes. Por lo tanto VOIP ha llegado a ser rápidamente una buena estrategia comercial.

Sé prevé que en los próximos años muchas empresas se trasladen a VPN y comiencen a adoptar la voz sobre la tecnología de redes. Esta consolidación está llevando a muchos portadores y organizadores a considerar posible algo impensable en telecomunicaciones y comunicaciones de datos algunos años atrás.

El surgimiento de servicios IP públicos y privados sobre la Internet, significa que personal o comercialmente se pueda utilizar la gran red de datos para portar voz. Los productos basados en VOIP se rigen por el estándar H323 (Voice and data internetworking Held Gil 1998 Capítulo 2) de ITU para transmisión en tiempo real, alta calidad de la voz sobre redes de paquetes etc.

La telefonía sobre IP se ha desarrollado rápidamente desde sus comienzos en 1995. Originalmente la idea era habilitar a las computadoras a tomar las llamadas telefónicas. Hoy VOIP permite a los usuarios 'piggy-back' de las llamadas de voz sobre conexiones de datos a través de la Internet, o intranet privadas. Esto significa que no es necesario contar con un circuito conmutado separado de 64 kbps para las llamadas de voz. Para corporaciones con grandes volúmenes de voz y fax entre compañías VOIP representa

una reducción considerable de gastos.

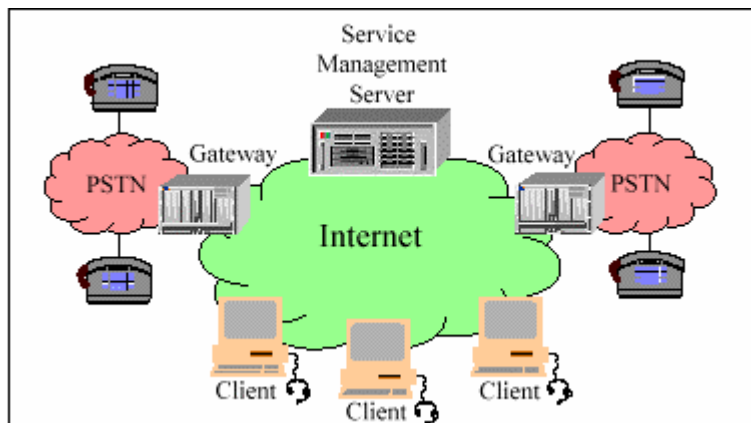
### **Elementos de VOIP**

La tecnología IP telefónica consiste de tres elementos; cliente, servidor y gateway

#### Cliente

Este posee dos formas básicas, la primera puede ser la de un software corriendo sobre una PC el cual permite al usuario a través de una GUI, configurar las llamadas, codificar, paquetizar y transmitir información del usuario tanto como recibir, decodificar y manejar las llamadas entrantes.

El otro tipo de cliente es conocido como virtual, el cual no tiene una interfaz directa, pero reside en el gateway y provee una interfaz para el usuario de teléfono negro.



#### Servidor

Para que VOIP pueda trabajar, se deberán realizar una gran cantidad de operaciones, tanto en tiempo real como no en tiempo real, pero todas ellas deberán ser transparentes al usuario. Cada aplicación incluye validación de usuarios, contabilidad, ruteo, gestión de servicios, registración de usuarios, servicios de directorios etc.

#### Gateway

Estos dispositivos proveen un puente entre el mundo tradicional y la telefonía internet, permitiendo a los usuarios de distintas tecnologías comunicarse unos con otros y sin gestión de servicios públicos.

La principal función de los gateway es proveer una plataforma para los registros de los procesos de clientes y una interfaz apropiada para la telefonía tradicional. Los gateway también cumplen un role importante en el área de seguridad en los accesos, calidad de servicio y control de gestión

## **Introducción a VOIP**

*La económica integración de voz y datos, unido a la ventaja de la tecnología de paquetes de voz, ha introducido un nuevo entorno de networking. Ese nuevo entorno promete ahorro de costo, flexibilidad y aplicaciones que mejoran la productividad y eficiencia.*

Este avance se ha acrecentado también en hardware, software y protocolos. La nueva tecnología ha producido nuevos protocolos y con ellos nuevas gestiones y desafíos operacionales. A continuación se discutirá y demostrará este impacto en el entorno de VOIP.

Algunos de los objetivos son:

- *Manejos comerciales*
- *Componentes básicos de VOIP*
- *Capacitación tecnológica*
- *Gestión*
- *Productos*

VOIP promete muchos beneficios para empresas, proveedores de servicios y portadores de red. La motivación de consolidar servicios de voz y datos en un simple paquete, tienen las siguientes ventajas.

- *Incremento en la eficiencia del multiplexado estático.*
- *Incremento de la eficiencia, a través, de figuras como, la compresión y detección de actividad de voz.*
- *Ahorro en servicios de larga distancia, enviando las llamadas a través de las redes de paquetes privadas.*
- *Bajo costo de administración por infraestructura de componentes consolidada.*
- *Habilitar nuevas aplicaciones en CTI*
- *Conexión de voz sobre redes de datos.*

## **Uso eficiente de nuevas aplicaciones WAN**



La incrementada eficiencia de las redes de paquetes y la habilidad del multiplexado estático del tráfico de voz sobre redes de datos, permitieron a las corporaciones maximizar el uso de sus infraestructuras de las redes de datos. La descarga de la voz sobre las redes de datos permite la reducción en el número de circuitos dedicados a servir aplicaciones de voz.

La implementación de nuevas tecnologías tales como gigabit; ethernet; DWDM y paquetes sobre SONET con LAN, MAN y WAN; acompañados con el bajo costo del incremento del ancho de banda, han ofrecido un significativo progreso costo performance, en comparación con la conectividad TDM. (Voice and data communications handbook)

Las nuevas aplicaciones y servicios han ofrecido nuevas posibilidades de productividad. Tiempo real, fax sobre IP y la Internet, también redujeron las cargas de larga distancia para organizaciones geográficamente dispersas.

### **Transporte básico de voz sobre una red IP**

Para transportar señales de voz sobre una red IP, se requieren varios elementos y funciones. En su forma más básica, la red deberá consistir de dos o más dispositivos de VOIP (Voice over Ip network Marcus Goncalve de 1998) capaces de ser enlazados por una red IP. Los dispositivos de VOIP deberán transformar las señales de voz en datagramas IP y adelantarlas hasta su destino, el que tendrá que volverlas a convertir en señales de voz. La red en el medio deberá soportar tráfico IP y la misma podría ser una combinación de enlaces y router.

### **Conversión de voz en dato**

Las señales de voz son ondas analógicas. Para transmitir las sobre una red de datos digital, las mismas primero deberán ser convertidas a algún tipo de formato digital. Esto se realiza utilizando varios esquemas de codificación de voz. Los decodificadores de la fuente y el destino deberán implementar el mismo esquema para que el dispositivo destino pueda reproducir con éxito la señal que el dispositivo fuente, codificó anteriormente.

### **Conversión de datos sin procesar a IP**

Cada señal de voz es digitalmente codificada y transformada en una forma de dato para poder ser transportada por la red.

Las redes de voz simplemente configuran la conexión física entre los puntos finales de la misma, armando un circuito y transmitiendo la señal. A diferencia de estos las redes IP no forman un circuito, las mismas requieren que el dato sea puesto en paquetes o datagramas de longitud variable. La información y los controles son puestos en cada datagrama y enviados a través de la red, avanzando paso por paso hasta el destino.

Para soportar el transporte de datos y voz digitalizada sobre este tipo de redes, los

dispositivos de VOIP deberán tomar los datos de voz y encapsularlos dentro de los datagramas IP, agregándoles la información de dirección y avanzándolos dentro de la red.

## **Transporte**

Los nodos intermedios dentro de la red, inspeccionarán la información de direccionamiento adjuntada a cada uno de los datagramas IP y la usarán para avanzar el mismo. Los enlaces en la red pueden tener alguna topología o método de acceso que soporte tráfico IP.

## **Conversión de IP a dato**

El dispositivo VOIP destino recibe el datagrama IP y lo procesa. En el procesamiento la información de direccionamiento y control es removida, la cual deja el dato sin procesar original. Este dato es pasado a través de un proceso de decodificación de voz.

## **Conversión del dato a voz**

El proceso de decodificación interpreta los datos sin procesar generados por la estación fuente y se ejecuta una función de decodificación. La salida de ésta función es una señal analógica reensamblada de la señal de voz original recibida desde la estación fuente.

En definitiva, el transporte del tráfico de voz sobre una red IP, requiere una conversión de señal análoga a digital, paquetización de los datos de voz digitalizados, transporte de los paquetes de información a través de la red, despaquetización de los datos de voz y conversión de las señales digitales nuevamente a señales análogas de voz.

## **Funciones básicas de VOIP**

Anteriormente se estuvo hablando de la funcionalidad básica requerida para transportar una señal de voz a través de una simple red de datos. Esto posee varias funciones que son requeridas para construir una simple red de VOIP. Las más básicas son, compresión de voz, mapeo de números telefónicos, identificación de llamadas y un protocolo para el transporte de datos de voz.

## **Compresión de voz**

Dado el overhead producido por la conversión de una señal analógica a digital y el transporte de la misma sobre una red de paquetes, se utilizan algoritmos de compresión para reducir la cantidad de datos de voz que serán transmitidos sobre las redes. Los algoritmos de compresión operan sobre las señales digitales creadas por la conversión, reduciendo así la cantidad de ancho de banda consumida por la señal, en factor de hasta 8 a 1 como se explicó en el desarrollo de éste trabajo. Esta reducción ayuda a compensar las informaciones de direccionamiento y encabezado aplicado. Esto permite transmitir más llamadas sobre un ancho de banda limitado.

## **Mapeo de números telefónicos**

El más simple ejemplo asume que cada dispositivo VOIP, transmite y recibe llamadas desde un simple nodo. En muchos entornos reales, los dispositivos de VOIP son requeridos dinámicamente desde conexiones con múltiples dispositivos.

En el mundo de la voz, los destinos son seleccionados usando una cadena de caracteres o un número. En el mundo IP, los destinos son seleccionados usando direcciones IP. Para permitir que un router VOIP se comunique con otro, se requiere que un mapeo de números de usuarios y direcciones sea desarrollado, el mismo puede ser estático dentro de cada router o dinámico por medio de un DNS. La planificación de las conexiones y sus números asociados es llamada plan dial.

## **Identificación de llamadas**

Las llamadas se identifican, procesan y avanzan. Los router deberán estar capacitados para esta función. Para hacer cada identificación los mismos pueden aplicar distintos servicios incluyendo la eliminación de la sesión.

## **Protocolos**

El protocolo de tiempo real RTP es un estándar para el transporte de voz y video sobre redes IP. RTP adapta el tráfico sin conexión de IP para soportar tráfico en tiempo real proveyendo temporización y secuenciamiento junto con otros tipos de funciones. RTP fue definido por la IETF como un estándar para asignar la inter operabilidad multi vendedores.

## **Tecnología**

El amplio desarrollo de VOIP ha llegado a ser realidad gracias ha muchas innovaciones en hardware, software y protocolos. Las ventajas en cada una de estas áreas contribuyeron a la creación de redes VOIP más eficientes e inter operables. Algunas de las mismas se detallan a continuación

## **Avances de hardware**

El avance en las áreas mencionadas fue provisto tanto por la potencia como por el ancho de banda, los cuales ayudaron a hacer realidad VOIP.

## **DSPS**

Los procesadores de señales o DSP, desarrollan tareas intensivas requeridas por la integración de voz y datos.

Procesan las señales digitales desarrollando complejas funciones, las cuales de otra forma deberían ser desarrolladas por la CPU. La capacidad de estos dispositivos para realizar un proceso especificado, combinada con la reducción de sus costos, hicieron de los DSP dispositivos muy buenos para el procesamiento de señales en VOIP.

El overhead adherido en los paquetes de voz es tremendo y requieren hasta 20 mips para poder ser procesados. Esto hace pensar que un sistema de simple procesador no pueda procesar múltiples paquetes de voz y todavía desarrollar funciones de ruteo y gestión. El uso de DSP descarga a la CPU central y les permite a los sistemas contar con un procesador adicional, basado en la capacidad de estos dispositivos.

Los DSP cumplen también la función de detección de sonido y cancelación de eco, dado que procesan el tráfico de voz en tiempo real y tienen rápido acceso a la memoria.

## **ASIC**

Los circuitos integrados de aplicación específica, proporcionan rapidez, complejidad y capacidad. Como su nombre lo indica, ellos son dispositivos que desarrollan una simple aplicación, o un pequeño conjunto de operaciones específicas.

Dado su reducido foco, los mismos son altamente optimizados, para tareas específicas y generalmente las desarrollan a una velocidad, de uno o más ordenes de magnitud de lo que lo haría un procesador general.

Como los RISC, estos dispositivos son desarrollados para realizar un conjunto limitado de operaciones muy rápidamente, para lo cual se encuentran pre programados. Los ASIC son baratos de producir y se utilizan en varios dispositivos de la red, incluyendo switch y router para procesos como, avance, clasificación e inspección de paquetes, funciones de encolado (WFQ,WRR,FIFO) etc. Su uso en los dispositivos de la red hace que los mismos posean una alta performance.

Estos benefician a VOIP, aprovechando mejor el ancho de banda y mejorando la calidad de servicio.

## **Multiplexado por división de onda (DWDM)**

Esto introduce una nueva forma de vida dentro de las viejas redes de fibra óptica y provee un gran ancho de banda en los backbone de fibra.

DWDM influyeron en la capacidad de la fibra óptica y equipos de transmisión avanzados. La multiplexación por división de onda deriva su nombre del hecho de que transmite múltiples longitudes de onda sobre un simple filamento de fibra. Los sistemas actuales son capaces de transmitir y discernir 16 longitudes de onda diferentes, mientras que los futuros ya prometen 40 a 96. Esto es significativo por que para cada longitud de onda adherido, otra información es provista. El resultado un OC-48 (2.4 Gbps) puede ser adaptado para soportar 16 veces más sin tener que poner otra fibra óptica. Muchas nuevas redes de fibra óptica son provistas para correr a 9.6 Gbps la cual, combinado con DWDM resulta de una capacidad superior, sobre un simple canal de fibra óptica. El inmenso ancho de banda provisto es utilizado mayormente en los backbone haciendo el mismo, más barato y accesible. Esto ayuda a soportar la gran demanda de VOIP y reducir los problemas de calidad de servicios sobre la red. Esto no

solamente provee menos posibilidad de congestión, sino que también introduce significativamente menos latencia.

### **SONET (redes ópticas sincrónicas)**

Ha sido por varios años el backbone para soportar redes de fibra óptica. Ahora SONET continua para ser desarrollado en redes de larga distancia y locales. Los avances en la tecnología de SONET han permitido aumentar los rate de transmisión y bajar los costos del ancho de banda. Esto también ayuda a proveer un costo efectivo de las plataformas VOIP.

### **XDSL**

Varios suscriptores de Tecnologías de líneas digitales, están ayudando a resolver el problema de ancho de banda en redes MAN y WAN. Los DSL simétricos poseen la habilidad de transmitir y recibir a una velocidad de hasta T1 sobre un cable de par trenzado. ADSL y RDSL ofrecen transmisión asimétrica donde la bajada del lado del usuario puede llegar a 8 mbps y desde el usuario transmitir a 1 mbps. Esto y otras variantes de DSL ayudan a proveer el ancho de banda para uso comercial y particular, reduciendo a su vez los costos.

Con el bajo costo de los DSL las compañías ahora acceden a la Internet y obtienen servicios basados en VPN, e incrementan significativamente la velocidad, habilitando mayor volumen de llamadas para VOIP.

### **Tecnología de CPU**

Las CPU han continuado incrementando en funcionabilidad, potencia y velocidad. Esto posibilito el desarrollo de la multimedia y mejoró la performance de los sistemas.

La posibilidad de las PC de procesar audio y video ha creado una expectativa dentro de la comunidad de usuarios, lo que llevo a pensar que el próximo paso fuese la transmisión de voz sobre redes de datos. Esta potencia permitió ambas ventajas tener sistemas que soporten multimedia y voz.

### **Software**

#### **CRPT**

Protocolo de compresión en tiempo real. Es un mecanismo que opera sobre el encabezado de RTP, el que es usado para encapsular los segmentos de voz digitalizada. CRTP se utiliza también para reducir el encabezado de IP/UDP/RTP de 40 byte a 2 o 5 byte. Esto es significativo, dado que reduce tanto el consumo de ancho de banda, así como el tiempo requerido para transmitir los paquetes de voz a través de los enlaces de baja velocidad. Esta eficiencia ganada por CRTP ayuda a bajar el overhead asociado con la paquetización del tráfico de voz.

#### **WFQ**

Ha llegado a ser el mecanismo de encolado para interfaces WAN con velocidades inferiores a 2mbps. WQF clasifica el tráfico encolado individualmente y asegura una equitatividad en los accesos de salida de las interfaces debido a una programación inteligente utilizando un algoritmo de pesos.

El tráfico es clasificado por la red y transportado de acuerdo al tamaño del frame. WQF tiene grandes virtudes, entre ellas, que opera automáticamente sin requerimiento de una configuración por parte del usuario, puede soportar todos los protocolos etc. WQF es importante en el entorno de la voz porque prioriza automáticamente este tipo de tráfico.

### **Detección temprana y aleatoria del peso (WRED)**

Es una técnica que evita la congestión. La detección temprana aleatoria monitorea las congestiones en los enlaces y la fluencia del tráfico, permitiendo a los protocolos de capas superiores adaptarse a las condiciones de congestión. Esta técnica optimiza la transmisión, previniendo los colapsos por congestión. Soporta muchos niveles de prioridades, cada uno con diferentes formas de descartes. WRED ayuda a las redes VOIP en que las mismas puedan proveer un servicio preferencial para el tráfico de voz mientras controlan inteligentemente el tráfico de datos optimizando la eficiencia del enlace.

### **Algoritmos de celdas genéricas (GCRA)**

Esto posee un control sobre el rate del tráfico que fluye dentro de la red. Este algoritmo usa unos parámetros de control de tráfico como tamaño mínimo y de ráfagas, así como complicados algoritmos de programación y encolado para dar forma al tráfico que fluye por la red. Si bien es directamente aplicable a ATM, puede ser usado en VOIP para garantizar un mínimo nivel de ancho de banda para el tráfico de voz.

## **Protocolos**

### **RTP/RTCP**

Ambos protocolos fueron creados para transportar video y audio en tiempo real sobre redes basadas en protocolos de Internet. Estos son protocolos de capa de sesión que normalmente corren sobre UDP/IP. UDP es la capa de transporte favorecida porque es sin conexión y está habilitada al uso en entorno de broadcast y multicast. RTP proporciona algunos de los elementos requeridos para el tráfico en tiempo real, tales como numerador de secuencia y marcadores de tiempo, los cuales habilitan al receptor a adaptar los datagramas recibidos en orden, y controlar los tiempos de arribo. Adicionalmente permite a la estación receptora verificar de que fuente o proceso proviene el dato.

RTCP desarrolla cuatro funciones, comunicación de información a través de RTP a la aplicación, identificación de la fuente RTP limitando el control del tráfico y secundariamente transporta una pequeña cantidad de información. Este protocolo es

muy importante en el entorno del tráfico de voz.

## **RSVP**

Es un protocolo desarrollado para permitir a las aplicaciones especificar en forma dinámica los niveles de servicios de la red. Las operaciones basadas en RSVP permiten ser personalizadas para especificar los requerimientos de la aplicación. (Voice and data internetworking Held Gil Capitulo 4)

En el entorno de VOIP, el router puede realizar las reservas a través de RSVP para cada llamada individual sobre los elementos intermedios de la red y así poder alojar directamente los recursos apropiados para la llamada.

## **H 323**

Este protocolo es un estándar de ITU creado en 1996 y adaptado en 1998. Provee los fundamentos para las comunicaciones de audio, video y datos a través de una red basada en paquetes. H 323 provee un estándar para codificación de voz, gestión simple del ancho de banda, control de admisión, translación de direcciones, control y gestión de llamadas y enlaces a las redes externas.

La comunidad de VOIP lo ha adoptado para la inter operabilidad de equipos de múltiples vendedores. Provee sólidos fundamentos para la construcción de redes multimedia y ha llegado a ser fundamental para el desarrollo de redes VOIP en grandes escalas.

## **G 729**

La familia G729 es un estándar en la codificación de voz. Estos algoritmos analizan los segmentos PCM y usan un complejo proceso de codificación, que les permite proveer un significativo ahorro de ancho de banda. Son de gran importancia en VOIP dado a su gran reducción del uso del ancho de banda de 64 kbps a 8 kbps lo que ayuda contra el overhead introducido por el encapsulamiento del tráfico de voz.

## **SIP**

El protocolo de indicación de sesión, es la iniciativa de IETF para proveer transporte de audio y/o video sobre la Internet. Este pertenece a la capa de aplicación y permite crear, modificar y terminar una sesión con uno o más participantes, la misma puede incluir multimedia, conferencias y llamadas telefónicas sobre la Internet. Los miembros podrán comunicarse vía árboles de multicast o unicast relacionados.

## **Gestión**

Mientras VOIP brinda muchas ventajas, esta también introduce varios desafíos de gestión para los administradores de la red. La efectiva gestión de varios servicios es esencial para que los mismos tengan éxito, sin embargo, las redes de voz paquetizadas requieren un alto nivel de gestión para su estabilidad. Los retardos y

errores que puedan ser aceptados para un simple tráfico de datos, a menudo son inaceptables para el tráfico de voz. También para que algunas migraciones sean exitosas, la nueva implementación deberá replicar los servicios disponibles en el entorno. Para VOIP esto significa que no solo deberá replicar los estándares disponibles sino también las completas funcionalidades de los sistemas de voz, incluyendo auditoría de llamadas, técnicas de monitoreo, diagnósticos y seguridad

## **Disponibilidad**

Muchas redes de voz de hoy en día ofrecen una sólida disponibilidad. Muy poca gente se pregunta si su teléfono funcionará cuando arriben a su oficina o si funcionará cuando realicen una llamada. Este servicio se espera que exista todo el tiempo. Las fallas en los servicios y en los PSTN son muy infrecuentes. En contrapartida los usuarios de las redes de datos pueden esperar no tener problemas pero deben tolerar accesos de baja velocidad o mensajes que indican que el sitio está temporalmente inaccesible. Esto presenta un desafío para la integración de voz y datos. La gestión de la disponibilidad es crucial para VOIP. Para tal fin existen herramientas de gestión.

## **Configuración**

La configuración no es muy nueva en lo concerniente a voz y datos, sin embargo, los requerimientos han cambiado. La configuración actual de VOIP requiere atención en los detalles de ambos entornos. Deberán ser comprendidos conceptos específicos de voz, así como de IP y calidad de servicio.

Para configurar los router, se requiere que el administrador de la red aprenda conceptos básicos de telefonía. Muchas redes de paquetes de hoy en día se comportan mejor en entornos donde el ancho de banda es a menudo aplicado a la calidad de servicio. Hasta hace poco tiempo muy pocas técnicas de calidad de servicios estaban disponibles para IP. Por lo tanto las personas familiarizadas con ruteos IP, pueden no estarlo con los requerimientos de calidad de servicio de VOIP. Las técnicas de encolado y señalización como WRED y RSVP son conceptos relativamente nuevos para muchos administradores de redes, los cuales deberán ser comprendidos para mantener una red VOIP.

## **Planes de marcado**

El manejo de un plan de marcado es otro concepto nuevo para los administradores. Mientras estos están familiarizados con conceptos como numeración IP y numeración telefónica. La creación y mantenimiento de un plan de marcado requiere nuevas experiencias que muchos administradores no poseen, como por ejemplo dirigir el flujo de llamadas y determinar los requerimientos.

## **Monitoreo y diagnóstico**

Monitorear la actividad de voz y diagnosticar problemas en VOIP requiere de una experiencia. Se requieren tres categorías de monitoreo y diagnóstico; conectividad



telefónica básica, conectividad de redes de datos IP y conectividad específicas de VOIP. Aplicaciones, herramientas y procedimientos serán necesarios para cubrir las tres áreas.

## **Performance**

Como mencionamos anteriormente, la performance es un elemento importante en el soporte de las llamadas de voz sobre una infraestructura de datos. La sobre carga de circuitos y las congestiones en las redes WAN y LAN, incrementan los retardos, lo cual produce una pobre calidad de voz. El monitoreo debe ser desarrollado en orden para mantener un manejo sobre las condiciones de la red y continuamente atacar los posibles focos de problemas.

En definitiva para monitorear la performance de la red, las llamadas de voz deberán también ser monitoreadas. Los parámetros de calidad de servicio deberán ser recolectados, guardados y regularmente revisados para asegurar que la voz reciba un servicio similar a los datos.

## **Conclusión**

VOIP representa una gran oportunidad de marketing y ofrece a los administradores de redes la posibilidad de reducir costos, implementando la infraestructura de una red de datos común. La solución de voz paquetizada está siendo posible por una nueva generación de hardware, software y nuevos protocolos, acompañados por el exponencial crecimiento de la Internet. La promesa de paquetizar la voz trae acarreado el desafío de integración, calidad de servicio y gestión.

Transmitir voz y datos sobre la Internet, proporciona a las compañías una gran reducción de costo dado el mejor uso que las mismas harán del ancho de banda de sus redes de datos, así como la facilidad de la gestión dado que no tendrán que contar con dos redes separadas. Todo a un costo relativamente bajo dado que la mayoría de las mismas poseen acceso a Internet y dispositivos que manejen el protocolo IP.

## Capítulo VI

### COMPARACION ENTRE VOFR Y VOIP

En este capítulo se comparan las distintas redes de paquetes y la posibilidad de transmitir voz y datos a través de las mismas.

Luego de una rápida selección se determina que frame relay, IP y ATM hoy en día son las más apropiadas.

Dado la poca disponibilidad de ATM, el desarrollo hace hincapié sólo en la comparación de VOFR y VOIP.

A lo largo del mismo se realiza una comparación de ambos protocolos en distintos aspectos, de acuerdo a la tecnología, consumo de ancho de banda, capacidad de los troncales, de que manera se realiza el manejo de prioridades y segmentación y a la forma de prestar calidad de servicio.

Para culminar se saca una conclusión de dicha comparación

#### **Comparación**

El desarrollo de microprocesadores rápidos y baratos, unido a la fibra óptica en las transmisiones, han hecho posible la construcción de redes de paquetes de alta velocidad a un costo muy feasible.

Similarmente, el desarrollo de rápidos y económicos procesadores de señales (DSP) han hecho práctica la digitalización y compresión de voz y fax en redes de paquetes como se vio anteriormente en esta tesis.

La evolución natural de estos dos desarrollos se ha llevado a cabo para combinar paquetes de datos y voz digitalizada, creando las redes integradas de voz y datos.

La convergencia de las telecomunicaciones y comunicaciones de datos ha sido motivada permanentemente por el ahorro de costos intra compañías.

#### **Redes de paquetes de datos**

Hay varios diferentes tipos de redes de paquetes de datos, que pueden soportar un tráfico integrado de voz y datos con un grado variado de éxito. Las principales tecnologías en usos son X25, Frame Relay, ATM, SNA, Novell/IPX, TDM y TCP/IP. Debido a que TDM no es una tecnología de paquetes, es menos eficiente que las otras y por lo tanto será reemplazada rápidamente. X25 y SNA están basadas en una vieja tecnología de paquetes, las cuales son demasiado lentas y de alto retardo para portar voz y datos de una forma efectiva. La tecnología Novell fue diseñada en un principio para aplicaciones LAN y tiene un pobre entorno en las WAN, por lo cual está siendo reemplazada últimamente por la tecnología TCP/IP.

Las tres tecnologías remanentes son Frame Relay, ATM y TCP/IP. Estas son las principales técnicas de networking utilizadas hoy en día para construir las redes de datos.

Hoy en día las WAN están construidas usando líneas dedicadas ejecutando estas tres tecnologías y usando redes de datos públicas basadas en ellas. Por un margen sustancial Frame Relay y TCP/IP son las más usadas, ambas sobre líneas dedicadas y como servicios de datos públicos.

Acorde a datos tomados en 1997, el segmento de comunicaciones WAN estaba sobre servicios de líneas dedicadas y el pronóstico para fines de 1998 fue de 54% en servicios sobre líneas dedicadas, 21,6% en servicios Frame Relay, 21,6% en servicios comerciales TCP/IP y 2% en ATM. Correspondiendo un incremento entre 1997 y 1998 de 10% para líneas dedicadas, 59% para servicios Frame Relay, 30% para servicios comerciales TCP/IP y 109% para ATM.

Tanto ATM, Frame Relay como TCP/IP, están habilitadas para portar tráfico de voz y fax. ATM ha sido diseñada desde sus inicios para portar este tipo de tráfico, mientras que Frame Relay y TCP/IP fueron originalmente diseñadas para transmisión de datos. Por ser adherido el tráfico de voz y fax en este tipo de redes, hay un área de precaución y consenso que deberá ser tratada cuando las compañías deseen integrar el tráfico de sus WAN usando este tipo de tecnologías.

A continuación se discutirá una guía para proveer una integración de voz y datos junto al mejor curso de acción en tres escenarios de Networking.

    Cuando adhieran voz y fax a una red de datos corporativa existente

    Cuando se construya una nueva red de voz y datos

    Cuando se construya una nueva red de paquetes de voz y datos para portar llamadas públicas

Hoy en día existe una batalla de marketing entre VOIP y VOFR, para dominar la integración de voz y datos en las redes de área amplia. VOIP es usado en internet e intranet y VOFR es un protocolo que ha ganado un amplio soporte por su manera efectiva de enviar datos sobre la wan, gracias a su simplicidad y gestión del ancho de banda.

VOIP emergió alrededor de cuatro años atrás como una forma de que el usuario de internet pudiera 'chatear' en forma on line, esto les permitía comunicarse con alguien en el mundo a bajo costo. En muchos casos al precio de una llamada local.

En un principio la idea desafió a las grandes compañías, las que se encontraron con los problemas de la calidad de voz. Hoy VOIP como tecnología se ha desarrollado y crecido ganando la atención de los usuarios corporativos. La introducción de los gateway VOIP les permitió a los usuarios utilizar los números telefónicos

convencionales y comunicarse de la misma manera que si utilizaran los servicios telefónicos tradicionales, con la diferencia que la misma se lleva a cabo a través de un red IP.

VOIP posee una tecnología que es un estándar de facto para internet e intranet. Sin embargo no existen estándares para la gestión del tráfico y el ancho de banda, que aseguren la prioridad del tráfico de voz sobre el de datos. Los trabajos sobre los estándares están progresando rápidamente en la IETF, y el uso de protocolos como RSVP y RTP permiten hoy en día configurar una solución para VOIP, pero en contrapartida obligan a la utilización de otros protocolos para tener un control sobre el volumen de la información enviada y poder asegurar que la calidad de voz sea aceptable.

Por su parte VOFR tiene una amplia aceptación, por su rapidez y costo efectivo, tanto en redes públicas como privadas. La incorporación de SVC le adhirió a frame relay una nueva ventaja proporcionándole un mecanismo para que un usuario establezca una llamada con otro, lo cual le da una mayor importancia en las comunicaciones de voz.

Los usuarios se encuentran dentro de dos grupos.

Empresas con infraestructura frame relay, en este caso VOFR provee un valor adherido muy significativo y un ahorro de costo.

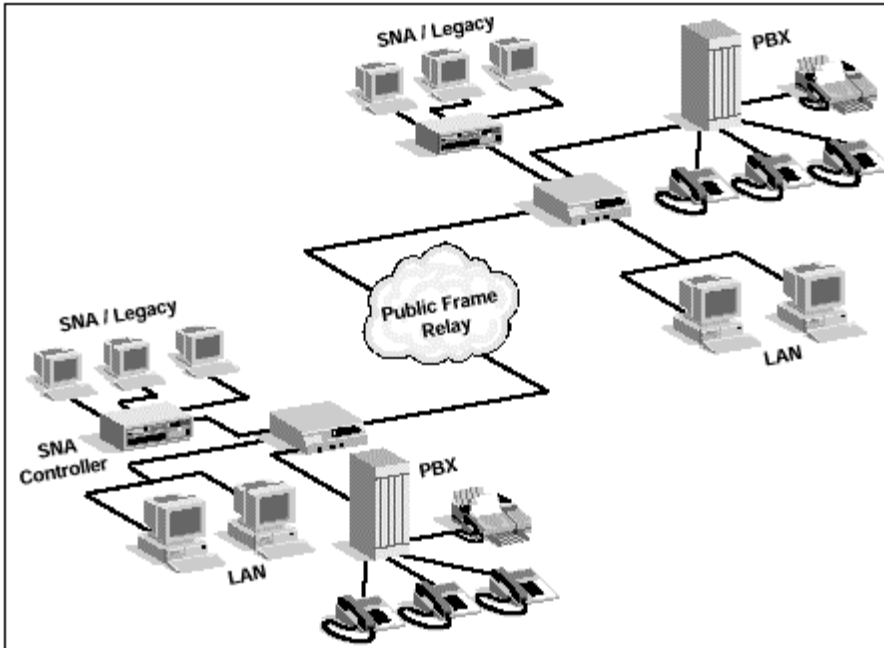
El costo incremental de adherir voz es generalmente bajo, dado que varios dispositivos de acceso existentes pueden ser adaptados para soportar PBX, voz y fax.

Empresas con infraestructura IP. Aquí la voz puede ser adherida a la red sin interrumpir la integridad de las aplicaciones existentes. En muchos casos el fuerte no es el ancho de banda, por lo tanto se debe recurrir a mecanismos de calidad de servicio para asegurar la performance como lo son los protocolos RSVP, RTP, TOS y los esquemas de prioridades y encolado.

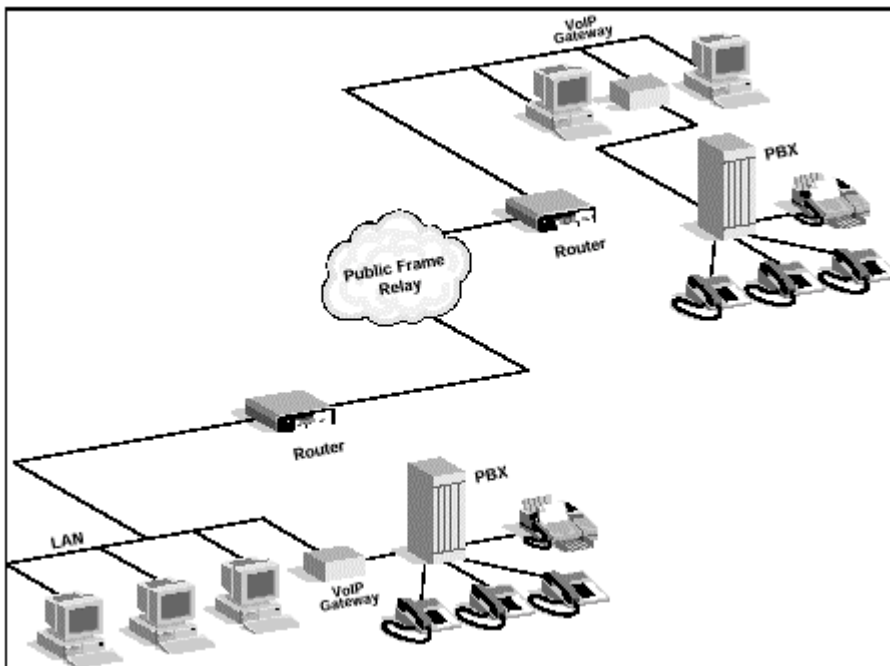
### *Integración de voz y datos en una red corporativa*

Adhiriendo voz y datos a una red corporativa Frame relay o TCP/IP, requiere del desarrollo de un dispositivo de integración de voz y datos (VDID) en cada locación de la corporación.

Para Frame Relay el dispositivo es un voz/fax habilitado para rutear o un FRAD. Para TCP/IP, el dispositivo es un gateway de VOIP, ambos diagramas son mostrados a continuación.



Típica red de voz sobre frame relay



Típica red de voz sobre IP

En ambos casos el dispositivo es conectado a un equipo telefónico, usualmente una PBX, con un sistema de claves KTS ó un fax en uno de los lados y la red en el otro.

El gateway VOIP no es conectado directamente a la WAN sino a una locación LAN. Los mismos son fundamentalmente dispositivos LAN, existiendo routers no voz/fax para proveer dicho acceso. A diferencia de esto el FRAD, se conecta directamente a la WAN así como a los equipos telefónicos. En suma este puede ofrecer también funcionalidad de router así como conexión a la WAN.

### Voz digitalizada y fax

Las señales analógicas y digitales de voz y fax, entran en el VDID donde serán procesadas por un DPS y convertidas en paquetes de datos. La voz es digitalizada como se explicó anteriormente en ésta tesis, a 64kbps usando el formato PCM y luego reducido utilizando compresión que típicamente la llevan a 8kbps CELP, para por último ser ubicada en un paquete apropiado de Frame Relay o IP. La voz digitalizada desde la PBX esta lista en formato PCM, por lo tanto es omitido el primer paso de conversión. El otro extremo del VDID aplica un proceso reverso, tomando los paquetes comprimidos, descomprimiéndolos desde los 64kbps y puesta la información en formato apropiado analógico o digital.

El proceso opera simultáneamente en ambas conversaciones para full duplex. El término CODEC es utilizado para representar el proceso o técnica de Compresión y Descompresión.

Las señales de los fax analógicos son también digitalizadas a 64kbps en formato PCM, luego demoduladas por el DPS para volverlas al formato original dentro de la máquina de fax y puestos dentro del tipo de paquetes apropiado. En el VDID remoto, la cadena digital es remodulada para volver al formato original.

Todas las actividades del DSP ocurren en tiempo real. Los paquetes digitalizados de voz y fax son puestos sobre la LAN por el gateway VOIP, y sobre la WAN por el router voz/fax o el FRAD. Las conexiones telefónicas al VDID son troncales analógicos o digitales. Hay usualmente 2 a 4 troncales analógicos en sitios remotos pequeños, 4 a 8 en locaciones regionales y 8 a 24 o 30 en oficinas centrales.

### Determinación de los troncales requeridos

El costo de la voz y fax integrados junto con datos, depende en gran medida del costo de los equipos VDID requeridos en cada lugar. El costo del VDID es proporcional al número de troncales VDID. Solamente el mínimo número de troncales necesarios es provisto. Solo dos de ellos pueden llegar a manejar alrededor de 3 horas de comunicación de voz y fax intra compañía, sobre un día de 8 horas de jornada laboral,

con un 95% de llamadas recibidas en tono. Cuatro serán necesarios para manejar alrededor de 12 horas y así sucesivamente. La tabla mostrada a continuación revela la capacidad de información de los VDID.

Period	Number of VDID Phone/Fax Trunks				
	2	4	8	12	24
1 Hour	0.4	1.45	4.32	7.6	19.0
2 Hours	0.7	2.9	8.64	15.2	38.0
4 Hours	1.5	5.8	17.28	30.4	76.0
6 Hours	2.2	8.7	25.92	45.60	114.0
8 Hours	2.9	11.6	34.56	60.8	152.0
9 Hours	3.3	13.05	38.88	68.4	171.0

Number of Hours of 95%-available Dial Tone per Period

Por experiencia, el 95% de las señales de tono mostradas en la figura, es suficiente para no frustrar al usuario en el uso de VDN. Porcentajes mayores pueden ser usados, pero el incremento en números de VDID requerido, tiene un efecto negativo en los costos.

En las oficinas centrales, la cantidad de troncales es a menudo derivada del porcentaje del total de troncales de las sucursales. Por ejemplo, 20 oficinas remotas con dos troncales cada una, totalizando 40 troncales, podrían en muchos casos requerir solamente 15 o 20 troncales. Los troncales de las sucursales serán contenidos por los de la central con una conexión entre 8 a 3 (40 a 15) a 2 a 1 (40 a 20), la tabla muestra algunos contenidos comunes.

Number of Remote Trunks	Number of Remote Sites with Two Trunks per Site	Typical Number of Headquarters Trunks	Typical Contention Ratios
2	1	2	1:1
4	2	3-4	1.3:1 - 1:1
6	3	4	1.5:1
8	4	5-6	1.6:1 - 1.8:1
10	5	5-6	1.7:1 - 2:1
16	8	8-9	1.8:1 - 2:1
24	12	10-13	1.8:1 - 2.4:1
32	16	13-16	2:1 - 2.5:1
64	32	24-29	2.2:1 - 2.7:1

### Llamando sobre las redes de voz y datos

Para realizar una llamada usando la red VDN, un usuario en una locación llama a otro a través de un número fijo publicado. Esto instruye a la PBX del llamador para seleccionar el próximo troncal disponible conectándolo al VDID. El VDID inmediatamente genera una señal de tonos para que oiga el llamador.

Ambos VDID establecen un circuito de paquetes telefónicos entre ellos a través de VDN, y comienza la comunicación.

Si el número de teléfono llamador está ocupado, o el VDID no puede encontrar o conectarse con él otro, se generan apropiadas señales de ocupado, para informarle al llamador.

Cuando una o ambas partes son conectadas por KTS en lugar de PBX, la secuencia de llamadas es similar, excepto que el llamador pone una clave apropiada para seleccionar la VDN, y no hay extensión a la parte llamada cuando el VDID remoto se conecta al KTS.

### Importancia de la transparencia en la Interoperabilidad telefónica

Una secuencia de llamadas es transparentes a ambas partes, tanto si se esta usando PBX o KTS.

Es muy importante la VDN en un entorno corporativo, por el costo de las llamadas. Si un usuario tiene que hacer una nueva secuencia de llamados, tanto usando la PC como el teléfono, en muchos casos este podrá tener una aproximación al uso de PSTN, frustrando el ahorro de costos. En entorno comercial, un usuario puede no tolerar algunas reducciones en el nivel de servicios, para poder disminuir el costo telefónico. En ambientes caseros, el consumidor puede tolerar una reducción en el nivel de servicios para reducir los costos, las cuales muchas veces no pueden ser trasladadas al ámbito comercial.

Otra característica clave de la integración de la voz y los datos es el uso de equipos existentes. Si el VDID o la VDN requieren nuevos equipos técnicos, el costo ahorrado en el futuro será desfasado debido al costo de los nuevos equipos, modificando la proposición de integración. Por esta razón la integración de voz y datos en redes WAN no incorpora las PC como dispositivos telefónicos.

### Funcionalidad de la Integración

Muchos VDID de interfaces, tienen forma y performance similar a los DSP basados en procesamientos de voz y señales de fax. A pesar de que cada vendedor especifica una configuración particular, existe un mínimo de funcionalidades que se requieren para tener una transparencia básica para el usuario en la interoperabilidad telefónica.

#### **Funcionalidad Básica**

- FXS, FXO, y E&M son interfaces analógicas de 2 y 4 cables con tierra. Estas conectan PBX, KTS o directamente teléfonos y máquinas de fax.
- Se utilizan troncales digitales T1 y E1 para conectar PBX, ambos con inclusión de CAS (canal asociado de digitalización) y CCS (canal común de digitalización).
- Habilidad para generar señales de tonos, como de ocupado del troncal y señalización para el llamador.



- Repetición del último paquete (solo de voz) para ser enviado mas tarde, en caso de pérdida o corrupción. Con este proceso, si las pérdidas o corrupciones son infrecuentes, quien escucha no se dará cuenta de tal problema. Las redes corporativas normalmente tienen una baja pérdida de paquetes.
- Un puerto de conexión con búsqueda de grupos, que le permita a un VDID local acceder al próximo VDID remoto. Los troncales pueden estar agrupados, permitiendo accesos controlados dentro de un grupo específico.
- Desconexión automática del troncal, cuando el VDID detecta un problema con uno de sus troncales, con sigo mismo ó con la WAN. Esto es presentado como una señal de ocupado ó troncal ocupado para el llamador.
- Compresión de voz, soportando conversaciones con excelente calidad de servicio full dúplex, compresión a 8kbps o menor con inclusión de overhead.
- Supresión de silencios con poco ancho de banda (1kbps o menos), regeneración de ruidos. La supresión debería reducir el ancho de banda requerido en al menos un 50%. Esto no debe introducir ninguna notificación al comienzo de la actividad.
- Cancelación de eco. Esto no se refiere a ecos acústicos, sino, a la energía reflejada. Cuando un teléfono de dos cables se conecta a una interfaz PBX de cuatro cables o a una oficina central, se debe utilizar un circuito híbrido para realizar dicha conversión. A pesar de la eficiencia de dichos circuitos y su habilidad de conversión, una pequeña cantidad de energía no es convertida, en su lugar esta es reflejada hacia el llamador. Esto se denomina eco.
- Cuando el llamador está cerca de una PBX vuelve rápidamente a quien llama. Sin embargo éste deberá superar los 10ms para poder ser apreciado por quien llama. Para prevenirlo los VDID incluyen un código especial DSP, que escucha por las señales de eco y las subtrae desde las señales de entrada. Esta cancelación es muy importante porque los retardos de las redes muy fácilmente pueden ser de 40 o 50ms.
- Soporte de Fax en tiempo real para G3 a 9.6kbps.
- Regeneración de tonos DTMF para voz/mail y aplicaciones similares.
- Configuración de llamadas menor a 3 segundos.
- Soporte de al menos una interfaz Ethernet.
- Control centralizado de todos los VDID, por alarmas, monitoreo de estados, diagnósticos, mantenimiento de la base de datos y código de operación.

En definitiva para esto los VDID necesitan, la mejor integración voz/datos, al tiempo

que se reducen los costos, expanden los niveles de interoperabilidad telefónica y se mejora la gestión

### **Funcionalidad expandida**

- Puerto de conexión a través de una plataforma, transparente al llamador. Cuando un VDID local requiere un troncal desde un VDID remoto y no está disponible, el VDID con conexión a través de plataformas seleccionará otro VDID hasta encontrar un troncal.
- Soporte para redes Token Ring.
- Soporte SNMP para gestión de la red.
- Soporte de un puerto para voz y fax sin costo extra, la voz y fax son autodetectados sin intervención del usuario, basándose en la naturaleza de la señal.
- Buffers dinámicos para jitter, automáticamente ajustables a las características de los retardos de la WAN.
- Señales de llamado y tonos, de países específicos. Esto permite al VDID el uso en diferentes países.
- Flash-hook, permitiendo que un usuario remoto controle las funciones especiales de la PBX, las cuales pueden incluir voz por mail y otros procesos.
- Detección y regeneración de tonos DTMF y multi frecuencias, ambos al comienzo y durante la llamada. Esto garantiza que el llamador pueda controlar todas las aplicaciones que usan DTMF en los teléfonos lejanos.
- Permitir algún DTMF o FM o pulsos de un lado y del otro.
- Centro de soporte para FXO a FXO, supervisando las desconexiones. Asegurando así que las llamadas sean desconectadas.
- No centralizar las fallas en un punto.
- Escalabilidad de varios VDID para una gran VDN, redes que tienen instalados cientos de VDID.
- Inhibición de llamadas y recepción de inhibiciones, controlando quien puede realizar y recibir una llamada.
- Etc.

Dado que VOFR ha sido implementado en los últimos cinco años, los FRAD son usualmente más completos que los gateway VOIP, cuando se los compara en una

base de costo por troncal. Existen otras diferencias importantes que son intrínsecas a la naturaleza de cada tecnología de paquetes VDID.

### Comparando VOFR Y VOIP de acuerdo a la tecnología de paquetes

Existen cuatro áreas con diferencias fundamentales entre VOIP y VOFR en cuanto a tecnología de gestión.

- Overhead de los paquetes
- Líneas de acceso a WAN, portando capacidades e implementaciones de costo asociado.
- Priorización de paquetes
- Fragmentación o segmentación y su efecto sobre el tamaño de los paquetes

Cada área presenta un desafío diferente para los gateway VOIP, dado que VOFR es más completo porque tiene un poco de ventaja en lo inherente a tecnología.

#### **Overhead**

La principal ventaja de VOFR es el gran overhead requerido por IP. Ambos paquetes son construidos con el header de información, header de información de voz y fax y con compresión de la carga.

Cada carga representa un fragmento de voz llamado 'talk spurt'. Para representar un gran talk spurt el VDID deberá acumular la información sobre un período de tiempo extendido y posiblemente induciendo retardos en la conversación. Las conversaciones con agregados de retardos suenan anti natural y provocan que los usuarios de la telefonía corporativa eviten el paso por la VDN, frustrando el ahorro de costo. Este retardo limitado requiere dictar un talk spurt con tamaño máximo para voz y fax de 50 byte con una compresión de datos de 8kbps (1000 bytes por segundo). 50 bytes representan 50ms de actividad de voz, el mejor período práctico sin contribuir demasiado sobre todos los retardos.

Las tablas muestran el consumo de ancho de banda para VOFR y VOIP. La compresión es asumida para 8kbps. La suma de ancho de banda y el overhead de los paquetes es el ancho de banda pico consumido por una conversación activa.

Typical CODEC Bandwidth	8Kbps
Frame Relay and Voice/Fax Packet Overhead	2Kbps
Total FR Bandwidth	10Kbps
Less 60% Silence	— 6Kbps
Net Bandwidth Consumption Averaged over a 20-30 Second Period for an Active Speech Conversation	4Kbps

VOFR overhead de los paquetes y ancho de banda promedio consumido.

Typical CODEC Bandwidth	8Kbps
IP/UDP and Voice/Fax Packet Overhead	7Kbps
Total IP Bandwidth	15Kbps
Less 60% Silence	— 9Kbps
Net Bandwidth Consumption Averaged over a 20-30 Second Period for an Active Speech Conversation	6Kbps

VOIP overhead de los paquetes y ancho de banda promedio consumido.

El pico ocurre solamente por unos pocos segundos, y es reemplazado por 0kbps durante los períodos de silencio en una conversación típica.

Mientras una persona habla, la otra escucha, hay silencio cerca del 50% del tiempo, pausas e interrupciones en las conversaciones contribuyen otros 10%. El ancho de banda promedio sobre períodos de 20 o 30seg está alrededor del 40% del ancho de banda máximo.

El método por el cual se implementa la supresión de silencios puede afectar tanto a la calidad de voz como al ancho de banda consumido.

La ausencia de sonido, es a menudo percibida como un corte en la conexión, porque quien escucha está acostumbrado a oír un cierto nivel mínimo de ruido de fondo. Hay dos métodos para resolver este problema. El primero es insertar ruido generado por la VDN al final de la conexión para que quien escucha reconozca que la misma está viva. La ventaja es que no se consume ancho de banda sobre el enlace WAN, sin embargo, esto reduce el nivel de calidad de voz percibida. El otro método es muestreando los ruidos de fondo. Este método produce una significativa mejora en la calidad de voz pero consume más ancho de banda. El ancho de banda consumido puede variar de 0 a 2kbps más el overhead.

El overhead de los paquetes IP es un estimado para el entorno WAN. Este puede encontrarse en el rango de los 9kbps, cuando el paquete es encapsulado en otro protocolo, tal como frame relay. Si el router de acceso a la WAN tiene compresión de header el overhead es reducido. Pero por la mezcla de router en las redes corporativas se asume que no tienen compresión en los mismos y por lo tanto se utilizan 7kbps. El

overhead en entornos LAN puede llegar a 9kbps encapsulado en Ethernet o Token Ring, pero el consumo de ancho de banda sobre este medio es poco significativo.

### Comparación en consumo de ancho de banda

Como mostraban las figuras el tráfico telefónico sobre VOIP, consume alrededor de un 50% más de ancho de banda, en redes WAN, que VOFR. Las implicaciones para redes VDN corporativas son el doble. Hay poca actividad virtual de voz y fax sobre los troncales de acceso a la WAN y menos ancho de banda quedará para tráfico no telefónico (ancho de banda residual). Las primeras implicaciones llegan de una simple división de ancho de banda de las líneas de acceso, por el ancho de banda del troncal. Por ejemplo sobre 64kbps de acceso frame relay puede tener un máximo de  $64/10=6$  troncales de actividad de voz comparado con IP, que solo puede tener un máximo de 4 ( $64/15$ ).

Si se utilizan mecanismos para mejorar los ruidos y la calidad de voz, la diferencia entre VOFR y VOIP, en cuanto a consumo de ancho de banda llega a ser más pronunciada. Un ruido de fondo de 1kbps transmitido durante un período de silencio, significa un aumento de 4,8kbps ( $1\text{kbps} + 7\text{kbps overhead} = 8\text{kbps} - 40\% \text{ de voz activa} = 4,8\text{kbps}$ ) de ancho de banda consumido por VOIP, contra 1,8kbps que es el resultado de VOFR ( $1\text{kbps} + 2\text{kbps de overhead} = 3\text{kbps} - 40\% \text{ de voz activa} = 1,8\text{kbps}$ ).

Esto promedia un consumo de ancho de banda de 10,8kbps y 5,8kbps para VOIP y VOFR respectivamente, lo cual es una gran ventaja para este último.

El método de división del ancho de banda WAN, por el de los troncales, asegura que nunca un troncal de voz compite por el ancho de banda, asumiendo que no hay datos de alta prioridad. Esta simple división tiene en cuenta los beneficios de la multiplexación exacta. Con estos efectos la cantidad de troncales activos se encuentra dependiendo del troncal original y el nivel aceptable de cada paquete de voz/fax.

El efecto de multiplexado estático solo se aplica a líneas WAN de alta velocidad. Por ejemplo T1 a 1,5Mbps soportando alrededor de 150 troncales acorde al método de división, pero pueden llegar a 185, con un 99,9% de integridad de los paquetes. Dado que el nivel de la integridad requerido por los paquetes puede variar con la aplicación, y la cantidad de troncales en las redes corporativas de voz y datos, raramente son altas, se descarta dicho efecto en aplicaciones corporativas y solo se considera en aplicaciones voz/fax puras.

La segunda implicación es un poco más complicada y requiere una discusión del ciclo de voz/fax. Cuando el troncal VDIC no está en uso, el consumo de ancho de banda de la red es cero (0). La cantidad de tiempo, que un troncal VDIC, se encuentra en uso se denomina ciclo obligado del troncal. Esto varía acorde al número de troncales VDIC y normalmente no excede el factor de carga, que corresponde al 95% de los tonos.

La tabla muestra el promedio máximo de ciclos para varios troncales, asumiendo una jornada de 8 horas diarias. En la misma por ejemplo el promedio máximo de un simple

troncal VDIC es de un 36% de actividad sobre una jornada de 8 horas diarias. El 36% promedio, normalmente desarrollado sobre períodos de 20 o 30 minutos (esto es diferente de los períodos de 20 o 30 segundos mencionados en la supresión de silencio), esto implica que la cantidad de ancho de banda promedio consumido por el troncal sobre este período es de 36% de 6kbps para IP o 4kbps para frame relay, esto es 2,2kbps para IP y 1,4kbps para frame relay.

Number of VDIC Trunks	2	4	8	12	24
Maximum Average Percent of Time ('Duty Cycle') Trunks are Active	18%	36%	54%	63%	79%

Tomando el ciclo apropiado para cada troncal, el mínimo promedio de ancho de banda residual disponible para otro tipo de tráfico puede ser calculado. Por ejemplo con 2 troncales frame relay cada uno tiene un ciclo de 18%. Ambos combinados pueden soportar 2,9 horas de una jornada de 8 horas de 95% de las señales de tono disponibles. Cada troncal consume 10kbps, 4kbps con supresión de silencios y 0,72kbps promedio (4 por 18%) sobre 20 o 30 minutos. El ancho de banda residual sobre un línea de 64kbps será  $64 - 0,72 = 63,28$ kbps.

Comparando capacidades del troncal telefónico (con integración de datos)

La tabla muestra el ancho de banda residual que está disponible para datos sobre un período promedio de 20 o 30 minutos. Para ambos tanto VOIP como VOFR.

WAN Access Bandwidth (Kbps)	Frame Relay Packet with Overhead		IP Packet with Overhead	
	Maximum # Router or FRAD Trunks**	Residual Bandwidth (Kbps)*	Maximum # VoIP Gateway Trunks**	Residual Bandwidth (Kbps)*
28.8	2	27.4	1	27.7
33.6	2	32.2	2	31.4
56	5	47.6	3	51.0
64	6	53	4	55.4
128	12	98	8	102
256	25	176	17	184
384	38	247	25	264

Esta también muestra número de troncales VDIC telefónicos que se encuentran accediendo al ancho de banda de la WAN (ancho de banda accedido dividido por el total de ancho de banda del troncal).

El ancho de banda residual determinado será necesario para incrementar el acceso a la WAN para soportar voz y fax sobre un tráfico existente de datos. Esto se utiliza para

adherir voz y fax en las redes corporativas, lo cual se logra adheriendo tanto ancho de banda como sea posible.

El costo extra de adherir ancho de banda puede significar la reducción del costo ahorrado que provendrá de liberar las llamadas de teléfono y fax. Si una red corporativa de datos toma suficiente ancho de banda, entonces no gastará costo adicional para incorporar voz y fax.

Para una velocidad de acceso, el ancho de banda residual de datos es similar para VOFR y VOIP, la diferencia se encuentra en el número de troncales VDIC que portará la línea. Hay que notar que la figura muestra para números de troncales telefónicos, con altas velocidades de acceso a la WAN, (por encima de 256kbps), que los mismos son conservados. La falta de asignación ha sido hecha para beneficiar la capacidad de multiplexado estático del troncal.

Otra manera de ver esta información es por cantidad de troncales como muestra la figura.

Voice Trunks	Minimum Bandwidth Req'd (Kbps) FR/IP	Avg. with Silence Suppression (Kbps) FR/IP	Avg. with Duty Cycle (Kbps) FR/IP	Residual Bandwidth (Kbps) FR/IP					
				28.8Kbps WAN	56Kbps WAN	64Kbps WAN	128Kbps WAN	256Kbps WAN	512Kbps WAN
2	20/30	8/12	1.4/2.2	27.3/NF	55/54	63/62	127/126	255/254	511/510
4	40/60	16/24	5.8/8.6	NF/NF	50/NF	58/55	122/119	250/247	506/503
8	80/120	32/48	17/26	NF/NF	NF/NF	NF/NF	111/102	239/230	495/486
12	120/180	48/72	30/45	NF/NF	NF/NF	NF/NF	98/NF	226/211	482/467
24	240/360	96/144	76/114	NF/NF	NF/NF	NF/NF	NF/NF	180/NF	436/398

A pesar de que el ancho de banda consumido por VOIP es 50% mayor que VOFR, cuando la aplicación es integrada de voz y datos contra voz/fax, el impacto es menor al que debería ser. Esto se debe a que el promedio de ancho de banda residual es muy grande, el porcentaje de diferencias entre ellos es más pequeño.

Por ejemplo, 4 troncales requieren un mínimo de 40/60kbps VOFR/VOIP. Ellos dejan solamente 24/4kbps fuera de los 64kbps (las 4 conversaciones en la misma dirección y al mismo tiempo). Esta es la mayor diferencia a favor de VOFR por un margen de 6 a 1. Sin embargo esto deja un promedio de 58.2/55.2kbps de ancho de banda residual, solamente un 5% de ventaja a favor de VOFR. Con 24 troncales corriendo sobre un troncal de 512kbps, la ventaja del ancho de banda residual es del 10%.

### Integración voz/fax en background y tiempo real

La discusión comienza basándose en que los datos en tiempo real, como el tráfico de voz y fax son de bajo retardo sobre la VDN, lo cual les da una prioridad superior sobre los que no lo son, (a veces llamados datos en background). Esto incluye email, transferencia de archivos y tráfico de browser. Este tipo de tráfico puede ser brevemente demorado, a favor del tráfico en tiempo real, sin impactar en el usuario final.

En efecto, la unión de voz/fax y datos sobre un enlace WAN tiene una relación ventajosa. Para accesos a WAN de baja velocidad, los datos van usualmente en background y la voz y fax en tiempo real. Para accesos de alta velocidad, hay a menudo en los datos una mezcla de background y tiempo real mientras que la voz y fax si se transmite en tiempo real. En realidad no es tiempo real de datos, ya que la voz/fax consumen una cantidad pequeña de ancho de banda.

Esta manera de combinar voz/fax y datos ha cambiado considerablemente desde el pasado. Ante el advenimiento de los DSP y la tecnología de paquetes, la voz/fax consumía típicamente un ancho de banda constante de 64kbps sin la posibilidad de supresión de silencios o factor de ciclo obligado. Los datos consumen una pequeña cantidad de ancho de banda la cual es adherida sobre la red de voz/fax. Hoy en día el promedio de voz/fax es de 1 a 3kbps alrededor de 2 a 4% de 64kbps.

Cuando hay datos en tiempo real, tales como SNA corriendo sobre redes WAN de baja velocidad, es necesario abstraer el ancho de banda de los datos en tiempo real desde el ancho de banda de las líneas, para determinar cuanto ancho de banda residual se encuentra disponible para voz/fax.

Por ejemplo, una cadena de datos SNA de 19.2kbps esta corriendo sobre un enlace de 56kbps, el residual 36,8kbps podría ser usado para voz/fax. Esto permite 2 troncales VDIC de VOIP o 3 de VOFR (50% más para VOFR, lo cual es altamente significativo). El ancho de banda remanente estará disponible para datos en background. Sobre todo, porque los gaps en los datos SNA usualmente alrededor de 50% a 9.6kbps, en este caso, otros 9.6kbps podrían estar disponible para comunicaciones adicionales en background. Con 2 troncales VDIC el promedio de voz/fax será de 1 a 2kbps, SNA podría promediar 9.6kbps y un promedio total de 44kbps disponibles para comunicaciones en background.

### Comparación de capacidad de troncales VOFR y VOIP (sin integración de datos)

Hasta aquí se ha comparado VOFR y VOIP en entorno integrado de voz y datos. A pesar de que el tamaño de paquetes de voz/fax VOIP es 50% mayor que el de VOFR, el ancho de banda residual para datos es similar, especialmente en velocidades de acceso superior a 56kbps. La principal desventaja es el número reducido de troncales telefónicos VOIP que pueden ser portados sobre un acceso WAN comparado con el



número de troncales VOFR, potencialmente una gran ventaja en velocidades de acceso inferiores a 64kbps.

Cuando la discusión se gira a un entorno de paquetes de voz/fax pura, la situación es sustancialmente más favorable a VOFR. Si una compañía ejecuta voz/fax sobre una línea WAN, sin datos, el ancho de banda residual no tiene valor. En este caso en la tabla mostrada anteriormente se pudo observar que VOFR mantiene una ventaja del 50% sobre VOIP.

Por ejemplo, sobre un enlace T1 conectado entre dos pares VOFR podrá soportar 153 conexiones voz/fax activas, simultáneamente con un CODEC de 8kbps, comparado con los 102 que podrá soportar VOIP, sin contar las ventajas del multiplexado estático.

Si estas conexiones formaran parte de una telefonía comercial internacional la ventaja tendría un impacto seriamente provechoso.

En la configuración de la voz/fax en redes corporativas, rara vez una línea T1 se utilizará sobre una oficina remota para portar más de 60 conversaciones voz/fax, típicamente se encuentran entre 15 y 30. Una mejoría sustancial del ancho de banda debería ser usada para datos. En este caso el ancho de banda residual será predominante y la ventaja de VOFR no será tanta.

### Retardo y jitter en las redes

Uno de los ingredientes de la buena calidad de voz y alta aceptación del usuario es el bajo retardo. El retardo es introducido por varias razones por el VDID, el CODEC, el VDID WAN/LAN o por la WAN en si misma y por los equipos telefónicos. En algunos casos la LAN introduce algún material de retardo.

El retardo es discutido a menudo en términos de promedio de los mismos y la variación. Como se dijo anteriormente la variación se denomina jitter. El promedio describe la longitud promedio de tiempo que un paquete toma para moverse de un VDID a otro. El jitter describe la variabilidad en el tiempo de arribo de los paquetes. La latencia es el término usado a menudo para describir la suma de retardos y jitter promedio.

Cuando la latencia excede los 200 a 250ms las dos partes adoptarán el modo de comunicación half dúplex donde un extremo habla y el otro escucha. El problema ocurre cuando la conversación es a través de un sistema telefónico satelital. El resultado es una reducción de la calidad de la voz percibida.

Cuando un paquete VDID arriba fuera de orden y fuera de tiempo este es descartado y el paquete previo es repetido. Si esto sucede de manera frecuente quien escucha percibirá una reducción en la calidad de voz.

Para permitir una cadena de voz natural, se debe mantener el paquete por un cierto tiempo en memoria, lo cual se denomina buffer de jitter. El tiempo que el paquete

permanece en memoria es adherido al retardo total, si la red tiene alto jitter el efecto es percibido en la voz.

Por ejemplo una VDN, deberá tener un retardo promedio de 130ms y una variabilidad de 5ms. Se dice que la VDN tiene 5ms de jitter y latencia efectiva de solamente 135ms.

Por otro lado si una VDN tiene bajo promedio de retardo 50ms pero 10% de las veces el mismo supera los 200 o 250ms (mientras el 90% puede estar por debajo de los 33ms) el buffer de jitter será de 200 o 250ms y la latencia podría ser de 250ms lo cual es un valor muy alto. Por lo tanto podemos decir que el jitter puede ser mas importante que el promedio de retardo de una aplicación.

Mientras un jitter alto podría ser compensado por paquetes crónicamente demorados, esto adhiere latencia. Un bajo buffer de jitter reduce la latencia pero puede ser menos aceptado desde el punto de vista de los retardos de los paquetes.

Esto puede ser dificultoso porque las condiciones del buffer de jitter pueden variar con los días. Por esta razón es mejor usar buffers dinámicos que se ajusten constantemente al tamaño mas pequeño que sea consistente con una buena calidad de voz.

### Comparando priorizaciones entre VOFR y VOIP

Para que la integración de voz y datos trabaje correctamente sobre una VDN corporativa, los jitter y los retardos deberán ser bajos, es decir baja latencia, menor a 200ms.

Una forma de reducir la latencia es priorizar los paquetes. Esto significa aprovechar las prioridades, sin embargo esto no es igual en VOIP y VOFR. En realidad en VOFR se aprovecha mejor que en VOIP.

En VOIP, los router que conectan los sitios LAN con las líneas WAN son construidos para manejar los paquetes de voz/fax y ponerles el encabezado de algún paquete de datos para poder esperar en las colas de transmisión de los router. Esto forma una cadena de datos que no adherirá variabilidad en el tiempo de arribo de los paquetes de voz. La priorización de los paquetes de voz/fax es especialmente importante en los accesos a WAN a velocidades de 56/64kbps a 512kbps. En velocidades T1/E1 esto puede no ser requerido.

Hay dos métodos de instruir a un router a priorizar los paquetes IP de voz/fax.

- En el primero el administrador programa explícitamente el router para observar por el gateway VOIP, bien conocido como número de puerto UDP. Este puerto es reservado y registrado para gateway manufacturados para uso exclusivo en todo el mundo.
- En el segundo método, se utiliza un protocolo de priorizaciones que es comprendido por ambos, el router y el gateway que es usado. Un ejemplo

de tal protocolo es RSVP (por sus siglas en ingles Protocolo de reservación de recursos), un nuevo estándar de priorización incluido por los vendedores de router en el sistema operativo de sus productos.

Con RSVP cuando el gateway determina la necesidad de priorizar una llamada de voz/fax, este establece una sesión RSVP con el router, usando la LAN para pasar información. El gateway instruye al router para priorizar los paquetes de voz/fax por la duración de la llamada. Cuando la misma termina el gateway instruye al router para cerrar la priorización. RSVP, sin embargo, no tiene un desarrollo muy definido.

RSVP, también incluye funciones para contrarrestar los retardos y garantizar la disponibilidad del ancho de banda, pero sobre una red VOIP corporativa bien gestionada, solo es necesario utilizarlo para el esquema de prioridades.

Esto es usualmente necesario para priorizar los paquetes de voz/fax en las VDN, donde la velocidad de acceso a la WAN es normalmente baja y es el mayor conflicto potencial.

Con VOFR la priorización de los paquetes de voz/fax encabezando los paquetes de datos, es realizada automáticamente por los FRAD, sin ninguna configuración o desarrollo del usuario. Sobre todo cuando hay múltiples actividades de voz/fax en los troncales. Algunas aplicaciones pueden priorizar a diferentes niveles dentro del multiplexado de la actividad del troncal, mientras que VOIP usualmente tiene solo un nivel de prioridad.

A pesar de que los efectos de priorización son los mismos con VOIP que con VOFR, este último tiene mayor manejabilidad y la posibilidad de múltiples niveles.

La priorización de los paquetes de voz/fax que encabezan a los de datos, causan que los mismos sean retardados en una transmisión WAN, donde hay conversaciones activas sobre troncales VDID. Los efectos sobre los paquetes de datos en la WAN son despreciables para los datos en background. Para datos en tiempo real, es posible que las priorización intervenga en sus tiempos. Esto es importante para aritméticamente abstraer el ancho de banda requerido por los datos en tiempo real, antes de calcular el número de troncales de voz/fax que las líneas de acceso a la WAN puedan otorgar. Porque de este bajo overhead de paquetes VOFR tiene una ventaja.

Los efectos sobre los paquetes de datos en la LAN, sin embargo, son despreciados porque el ancho de banda por troncal es demasiado bajo comparado con la velocidad de la LAN (15kbps contra 10 o 100mbps) y porque no hay priorización de paquetes VOIP sobre la LAN. Con VOFR, los paquetes de voz/fax son generados dentro del RFRAD y avanzados directamente a la WAN sin transitar por la LAN.

### Comparación de las segmentaciones

La priorización es importante para prevenir que paquetes de datos esperen para ser transmitidos por la WAN, detrás de los paquetes de voz/fax demorados. Un problema

similar ocurre cuando un paquete de datos comienza a transmitirse y un paquete de voz/fax se encuentra listo para ser transmitido. El paquete de voz/fax deberá esperar hasta que el anterior sea transmitido. Esto provoca demasiado jitter lo que incrementa la latencia.

Por ejemplo, esperando por un paquete de 1500 byte ethernet, para transmitir sobre un acceso de 56kbps puede tardar más de 200ms.

Por lo tanto es importante para el VDID, segmentar la longitud de los paquetes donde se encuentre actividad de voz/fax. Algunos tamaños máximos de paquetes para una buena calidad de voz y para varios accesos son mostrados a continuación.

WAN Access Speed (Kbps)	Maximum WAN Packet Size (bytes)
56/64	256
128	512
192	768
256	1024
384	1536
512	2048*
1544	6144*

- (\*) Los paquetes Ethernet no exceden los 1536 bytes, En entornos Ethernet LAN, la segmentación no es necesaria para velocidades de acceso a la WAN sobre los 256kbps

La consecuencia de la segmentación es la reducción en el acceso a WAN de las transmisiones. Desde un header de paquetes fijado para cada paquete VOFR o VOIP se crean paquetes más chicos, incrementando el porcentaje de acceso a la WAN, usados para el header de los mismos a expensas del aprovechamiento de los datos.

En otras palabras, el header y la carga de los paquetes, aumenta y la eficiencia de la WAN baja. Donde hay paquetes de segmentación activos, la ventaja es para VOFR puesto que el header es más pequeño. Con VOIP el overhead puede reducir la eficiencia de la WAN en un 10 a 15% con VOFR en un 2 a un 4%.

Con VOFR la segmentación ocurre automáticamente dentro del FRAD, donde hay actividad de llamadas, durante la misma todos los paquetes son segmentados acorde a la información y de manera similar a lo mostrado en la tabla previa. Donde no hay llamadas activas la segmentación se detiene.

Con VOIP la segmentación es llevada a cabo, instruyendo a los router que acceden a la WAN, segmentando los paquetes, también acorde a la tabla mostrada previamente. El router es instruido para segmentar paquetes de voz/fax con programas explícitos del administrador de la red, ambos tipos de datos son segmentados todo el tiempo usando protocolos de gateway router como RSVP.

Con RSVP, en una forma similar a la priorización, cuando el gateway determina la necesidad ante una llamada, establece una sesión con el router. El gateway instruye al router para segmentar ambos tipos de paquetes pero solamente por la duración de la llamada, la misma se destruirá cuando no haya llamada activa.

Sin un protocolo como RSVP, la eficiencia de las WAN es reducida, puesto que se aplica a todos los paquetes. Hay routers que no segmentan diferentemente dependiendo del puerto UDP. Muchos routers y gateway VOIP no soportan RSVP o algún protocolo similar, VOIP promediará alrededor de 10 a 15% menos eficiencia de la WAN sobre enlaces de baja velocidad o donde no hay actividad de voz/fax, esta es la segunda desventaja de VOIP comparado con VOFR.

Para ethernet sobre líneas rápidas de acceso a WAN no hay desventaja en la segmentación de paquetes VOIP.

### Comparación de servicios WAN

Las WAN son usualmente construidas usando líneas dedicadas, servicios de frame relay y servicios WAN IP. Para líneas dedicadas no hay diferencias a discutir entre VOIP y VOFR, sobre este medio. Las diferencias tecnológicas de paquetes discutidas a continuación determinarán las ventajas de uno sobre otro en el entorno de líneas dedicadas.

Hay varios tipos deferentes de servicios disponibles para VOFR y VOIP. Para VOFR existen estándares y grados de servicios desde varios vendedores. Los servicios estándares aceptan distintos niveles de servicios de muchas aplicaciones VOFR, típicamente con retardos en los rangos de 55ms a 130ms dependiendo de la velocidad de acceso a la WAN, y el nivel de corrupción de paquetes menores de 0,5%. El grado de servicios reduce el retardo en alrededor de 15ms y el nivel de corrupción a menos de 0.01%. El costo adicional generalmente 10 a 20% no es necesario en muchas aplicaciones.

Los servicios VOIP en WAN, son un poco menos complicados. Hay varios tipos diferentes de servicios de redes IP y diferentes grados de servicios dentro de ellos. Muchas redes corporativas IP usan routers, para encaminar paquetes IP sobre redes frame relay. El método de encapsulado de paquetes IP dentro de frame relay puede ser propietario o basado en un estándar tal como IETF RFC 1490.

En efecto el RFRAD envía voz y fax en forma nativa y encapsulado IP, para máxima eficiencia. Para el observador casual, quien ve a IP LAN conectada al RFRAD y algunas líneas de voz conectadas al mismo, la impresión puede ser que la voz es parte de una conexión IP WAN. Esta es una mala apreciación que la voz es VOIP en lugar de VOFR.

Algunas redes IP corporativas, que usan un relativamente nuevo VPN IP (redes virtuales privadas), que son provistas por varios vendedores. Estas VPN IP, las cuales usualmente corren sobre ATM, Sonet o Frame Relay ofrecen un servicio similar de

garantía de servicios como los frame relay. La principal diferencia de los servicios frame relay está en la disponibilidad y el costo. Frame relay está ampliamente disponible alrededor del mundo a velocidades de T1/E1 y selectivamente hasta T3/E3. VOFR y VOIP tienen diferentes costos, variando acorde a la topología de la red. En otro orden la diferencia se encuentra en las diferentes tecnologías de paquetización.

Para una mezcla de voz y datos, donde los datos tienen una baja prioridad, ellos tienen una consideración similar en la eficiencia del ancho de banda. Para un tráfico mixto de voz y datos sensibles a los retardos o de alta prioridad, frame relay es excelente.

Hay también redes corporativas que usan la Internet para transmitir datos entre oficinas, usando Firewall, para seguridad de la información. Pero dado que la Internet tiene muy alto jitter y pérdida de paquetes grandes intermitentemente, esta no es buena para redes telefónicas entre oficinas. Esta puede ser usada para enviar mensajes de voz/fax entre oficinas.

La Internet, puede utilizarse para brindar un servicio telefónico de baja calidad, en la cual se puede utilizar una PC como teléfono. La PC accede a Internet y se conecta con la otra PC. No hay cargas para este servicio, más que las del acceso a la red. En una variación a esto, una PC conectada a Internet accede a un gateway VOIP, en una ciudad específica usando PSTN de la misma forma que una llamada telefónica en la ciudad vía gateway. Hay una carga adicional que normalmente es baja.

En otra variación, un teléfono conectado a un gateway VOIP en una locación vecina y habiendo usado PSTN, tiene una carga local aplicada. Puesto que las largas distancias usan Internet para portar las llamadas entre las dos locaciones. Algunos servicios proveen buena calidad de voz usando altas velocidades, ancho de banda IP semi dedicado, esto no es normal, pero marca un servicio como telefónico en Internet.

En estas aplicaciones sin embargo la ineficiencia de VOIP comparado con VOFR para aplicaciones puras de voz, puede reducirse al usar ancho de banda semi dedicado. Debido a que aumenta el grado de consumo de los servicios VOIP usando este tipo de metodología, algunos proveedores están cambiando VOFR a voz sobre ATM, para reducir el costo de la red.

### Comparación sobre la base de topología y costo

Hay una diferencia fundamental entre VOFR y VOIP al nivel de topología. VOFR es orientada a conexión mientras que VOIP es sin conexión. En una red frame relay, cada router/FRAD que conecta a los servicios, tiene una o más conexiones virtuales a través del servicio para uno o más FRAD distantes. Los circuitos virtuales pueden ser PVC o SVC. Ellos actúan como líneas dedicadas privadas o permanentes conectando los FRAD. En la mayoría de las redes frame relay, las conexiones son PVC, las SVC son nuevas y no están ampliamente disponibles.

En frame relay el usuario, paga por la línea de acceso a la WAN, acorde al ancho de banda y la distancia de la línea para el servicio por el puerto dentro del mismo, (acorde

al ancho de banda de la línea de acceso) y por cada PVC entre FRAD. La línea de acceso a la WAN desde el RFRAD al servicio frame relay, puede portar múltiples PVC, en muchos casos, hay menos PVC desde una FRAD a otro y/o múltiples RFRAD.

Para grandes redes como una trama completa de PVC, cada sitio se conecta a uno de los otros, por al menos un PVC, por lo tanto el costo puede ser altísimo. Por ejemplo, una maya de 10 redes, podría tener 45 PVC, si fueran 100 redes llegaría a 4950 PVC y en caso de ser 1000 éste valor aumentaría a 4.999.500 PVC.

En una red VOIP, los router y los switches de nivel 3, dentro de la red determinan el próximo router hacia donde enviar los paquetes acorde a la información del header, ancho de banda disponible y otros factores. A diferencia de frame relay donde cada frame dentro de cada PVC viajan por la misma ruta, los frame IP de una misma fuente llegan a destino por diferentes rutas. Ellos pueden arribar fuera de orden y luego ser puestos en forma correcta en el destino.

Esto tiene una ventaja sobre frame relay, en el aprovechamiento del concepto de circuitos virtuales y costos asociados de la red. Sin embargo esto tiene la desventaja de un jitter potencialmente alto, especialmente en la Internet, donde hay variaciones en los ruteos de los paquetes.

En muchas redes corporativas VOIP, sin embargo, la variabilidad de los ruteos no es necesariamente adherida al jitter, porque muchas redes IP WAN no tienen ciclo de ancho de banda obligado y ruteos similares son usualmente disponibles para paquetes consecutivos.

Para redes corporativas, la principal diferencia entre VOFR y VOIP pública está en el costo de los servicios y la topología de la red. Cuando la topología es primeramente 'Homerun' o 'hub and spoke' donde cada sucursal está comunicada con la central y entre ellas, puede llevarse a cabo ruteando a través de la central. Para esta topología de red, en redes públicas el costo es menor para VOFR que para VOIP.

Para una topología más grande y más compleja, donde se deberán utilizar muchos PVC de frame relay, el costo de las redes públicas VOFR supera al de VOIP. La tabla suma el costo por separado de frame relay e IP, para dos portadores.

Single Connection (Kbps)	Carrier A		Carrier B	
	Frame Relay <sup>(4)</sup>	IP	Frame Relay <sup>(4)</sup>	IP
56	\$277	\$480	\$282	\$700
128	487	764	482	1,100
512	1,047	1,321	1,042	1,900
T1 (1544)	2,217	1,780	2,207	2,700
10-site Hub & Spoke <sup>(1)</sup>	3,785	6,121	3,830	8,900
25-site Hub & Spoke	9,110	13,780	9,225	20,200
50-site Hub & Spoke	18,220	27,560	18,450	40,400
100-site Hub & Spoke	36,440	55,120	36,900	80,800
1000-site Hub & Spoke <sup>(5)</sup>	355,660	544,080	360,300	797,200
10-site Fully Meshed <sup>(2)</sup>	3,890	4,800	3,940	7,000
25-site Fully Meshed	15,725	12,000	15,850	17,500
25-site Partially Meshed <sup>(3)</sup>	10,925	12,000	11,051	17,500
50-site H&S, 6 PVCs/site	26,220	27,560	26,450	40,400

1. Usando líneas de acceso de 56kbps en cada extremo, más líneas rápidas en los hub y un multiplexor PVC, por cada sitio remoto.
2. Usando 56kbps en cada sitio, sin locaciones de hub.
3. 12 PVC por cada sitio.
4. Usando CIR para integración de voz y datos.
5. Usando acceso T3 al hub.

Para muchas redes corporativas, las cuales son usualmente hub and spoke, con una mezcla de voz y datos, la red pública frame relay, es más barata que IP, en un 35 a 50%. Para tráfico predominante de voz/fax en redes punto a punto, frame relay tiene mayor ventaja porque requiere menos ancho de banda. Solamente para grandes redes, alrededor de 25 a 50 sitios remotos IP VPN tiene ventaja en costo.

Para redes diseñadas con líneas dedicadas, el costo de las redes WAN frame relay e IP son idénticos para el mismo ancho de banda. En una aplicación típica, donde muchos de los datos son en background el ancho de banda requerido será similar. El costo de acceso a la WAN será el mismo. Para redes puras de voz y datos, IP requiere alrededor de un 50% más y cuesta más, independientemente de la topología. En muchos casos se encuentra en el rango de 25 a 50% y a veces mucho más tal como 60 a 80%.

Ambas redes públicas están disponibles con velocidades de acceso a WAN de hasta T3. Hay alrededor de 50 a 60 mil redes públicas corporativas de voz y datos de frame relay, mientras el número de redes VOIP directamente conectadas a IP VPN está en el orden de 2 a 4 mil.



### Comparación sobre la base de actividades estándares

Hay un comité estándar para ambos VOFR y VOIP. El trabajo de estandarización de VOFR comenzó hace alrededor de 5 años, bajo el auspicio del forum. El mismo ha producido dos acuerdos de implementación IA. El primero fue FRF.11 provisto para PVC multiplexado, compresión de voz usando G.726(ADPCM) y G.729 (8kbps CSACELP), modulación de fax y formato para portar múltiples muestras de voz en un simple frame. El segundo I.A. es FRF.12, proveyendo pautas para segmentación de frame a través de una red frame relay. Esta estandarización se aprovechó para gestionar los paquetes grandes como se explicó anteriormente en esta tesis.

El forum está continuando con nuevos trabajos y expansiones de estos estándares. Esto no es suficiente para una completa interoperabilidad multivendedor, pero varios de ellos tienen este tipo de implementaciones. En efecto un IA no es realmente un estándar, sino un acuerdo para vendedores, las cuales pueden formar partes básicas de un futuro estándar.

El trabajo en la estandarización de VOIP es más reciente, alrededor de 2 años y se encuentra bajo auspicio de la IMTL VOIP. La IMTL ha producido, recientemente esta primera implementación de interoperabilidad IA 1.0, la cual está basada en la ITU H323. Mientras que esta última es estándar de facto, IA 1.0 es solamente un acuerdo precursor del estándar.

El VOIP IA 1.0 especifica el acuerdo en cuatro áreas. Corrección VOIP usando el protocolo H323 con H225 para mapeo de direcciones dinámicas, VOIP CODEC G.723.1 y G.711 como señales de proceso y transporte DTMF y como supresor de silencios. Como con el FRF IA, IA 1.0 no es suficiente para proveer una completa interoperabilidad entre vendedores. Se está trabajando en el IA 2.0.

Sobre el otro lado H323 es suficientemente completo para proveer interoperabilidad con respecto a conferencia de voz base, usando PC como teléfono y PC como clientes. H323 revisión 2 es también suficiente para proveer interoperabilidad a servicios de directorios VOIP, los gateway encuentran a cada uno de los otros a través de la red IP. Esto es usando un entorno de red corporativo VOIP multivendedor.

### **Conclusión**

Ambos VOIP y VOFR ofrecen una aproximación viable para adherir voz y fax a redes corporativas de datos, y ambos ofrecen una aproximación viable a construcción de redes puras de voz y fax. Para muchas aplicaciones no hay grandes diferencias en la calidad de las comunicaciones voz/fax, asumiendo que el tráfico no es portado por Internet. Esto puede ser sin embargo, una diferencia material en costo y operación entre VOIP y VOFR. La diferencia varía acorde a la implementación voz/fax en redes corporativas y puras de voz/fax.

Del lado de los VDID la diferencia asoma desde dos desventajas de VOIP, los grandes tamaños del header y la carencia de un protocolo de control de ruteo ampliamente

desarrollado, tales como RSVP, que controle la segmentación de los paquetes. Del otro lado del servicio de la WAN la diferencia sustancial está en el costo de los servicios IP VPN sobre frame relay. Ambos dependiendo de la implementación.

Para redes corporativas de voz y datos, los RFRAD de gran funcionalidad están más ampliamente disponibles que los equipos similares de VOIP. Para algunas redes es importante este tipo de funcionalidades. En definitiva el soporte para VOFR es mejor que para VOIP, porque tiene una base instalada significativamente grande y una basta experiencia.

Los paquetes IP grandes tienen un header que materialmente afectan la solución de voz y dato, cuando las líneas de acceso a la WAN son de baja velocidad, en el rango de 19.2kbps a 56/64kbps, el efecto es especialmente notable.

El número de troncales VOIP que puede portar una línea es materialmente menor que VOFR. Sobre 128kbps el efecto es marginal, porque a esa velocidad se acomodan todos los troncales de voz/fax necesitados en los sitios remotos, tanto VOFR como VOIP.

El problema de la segmentación es notado también en bajas velocidades de accesos, para las mismas entre los 19.2kbps y 56/64kbps el mismo puede reducirse a 10 o 15% y por encima de los 256kbps es imperceptible.

En muchos casos construir redes corporativas usando IP VPN, es más caro que usar servicios públicos frame relay, esto es notado en la integración de voz/fax. Las excepciones son grandes, en redes de gran tamaño, donde la naturaleza, sin conexión, de IP sobrepasa en el ahorro de costos para gran cantidades de PVC. Otra ventaja de IP es la disponibilidad para los accesos en locaciones remotas. Esto puede ser muy variado dependiendo de las organizaciones.

Para construir una red integrada de voz y datos, cuando hay una red de datos IP existente, con routers, se debe usar gateway VOIP. En general el costo para descartar los router y FRAD existentes e instalar nuevos RFRAD de voz/fax es más caro que adherir gateway VOIP y hay menos desorganización desarrollando las LAN adheriendo gateway, que desarrollando nuevos dispositivos WAN. Esta conclusión asume que la velocidad de los dispositivos de acceso a WAN, son suficientes como para acomodar el tráfico de voz/fax adherido. Si el ancho de banda es incrementado para VOIP pero no para VOFR, las ventajas de costo en los gateway VOIP puede reducirse rápidamente.

Cuando se construye una nueva red para tráfico de datos, esta también portará voz y fax, usando RFRAD y servicios público frame relay, en general esto es más barato que utilizar gateway solo de datos, más FRAD o gateway para VOFR o VOIP, y es mejor en la eficiencia de accesos a la WAN. El tráfico de voz/fax deberá atravesar la WAN como frame relay nativos, mientras que el tráfico IP será encapsulado, probablemente con el estándar RFC 1490.

La VOFR es mejor cuando se está expandiendo una red de datos IP, para una cantidad

significativa. O cuando se actualizan los equipos de router en la red IP. Ambos escenarios ofrecen una oportunidad para instalar voz/fax con RFRAD. VOFR es también mejor cuando se adhiere voz/fax a un tráfico no IP existente tal como SNA

Characteristic	Frame Relay	IP
VDID Functionality	Rich	Improving
Channel	Experienced	Young
Installed Base	Large	Small
Voice Quality	Very Good	Very Good
Delay	Low	Low
Jitter	Small	Small
Voice/Fax Packet Overhead	Low	High
WAN Access V/F Channel Capacity		
- Lower Speed Lines	Adequate	Marginal
- Higher Speed Lines	Adequate	Adequate
WAN Access Efficiency Degradation		
- Lower Speed Lines	2-4%	10-15%
- Higher Speed Lines	0-2%	0-5%
WAN Service Costs		
- Hub & Spoke Topology	Less Costly	More Costly
- Partially Meshed Topology	Similar Costs	Similar Costs
- Highly Meshed Topology	More Costly	Less Costly
Use for Existing IP Network		+++
Use for Existing Non-IP Network	+++	
Use for New IP or New Non-IP Network	+++	
Use for Expanding or Upgrading IP Network	+	

Cuando construimos una red pura de paquetes de voz/fax hay que tener en cuenta cuatro consideraciones.

Calidad de voz, ancho de banda costo/eficiencia, costo VDID y flexibilidad de las interfaces. Ambos VOIP y VOFR soportan una excelente calidad de voz. El costo de los productos es similar, por canal y por rango final. Una instalación típica multiplexado alrededor de 100 a 200 canales desde 8 T1/E1, en una oficina central sobre un simple T1/E1

La principal diferencia es el ancho de banda costo/eficiencia. Los grandes overhead de los paquetes IP, a menos que sean reducidos por al compresión del header, reducirán la eficiencia del ancho de banda VOIP e incrementarán el costo del ancho de banda WAN. Con VOFR a 10kbps por canal, o T1 las WAN pueden portar 192 canales de voz/fax. Estos tienen la ventaja de la multiplexación estática de los paquetes de voz. Con VOIP a 15kbps por canal, sin compresión de header la misma línea puede portar solo 128 canales de voz/fax.

La cuarta consideración, flexibilidad de la interfaz, concierne a la habilidad de los VDID para conectar una variedad de switch en oficinas centrales. A menudo, la interfaz es E1 y hay una variedad de matices de esta velocidad, que podrá ser direccionado

acorde a la marca CO (oficina central) y a veces al país o región.

La mayor madures de los productos VOFR tienden a darle en esa área una pequeña ventaja, pero en realidad no hay una fundamental con respecto a VOIP.

Para compañías que deseen ahorrar costo en un futuro cercano, VOFR es una solución natural, simplemente por que posee calidad de servicio en forma estándar y no requiere de otros protocolos. Pero la decisión sobre que producto elegir dependerá de la estrategia a utilizar y de la infraestructura existente

## **PROPUESTA DE LA TESIS**

Durante el desarrollo de la tesis, se han estudiado y evaluado distintos tipos de metodologías de integración de voz y datos.

Se hizo referencia de cómo transportar señales analógicas de voz sobre redes de datos, como digitalizar las misma y la forma de procesarlas para que el uso del ancho de banda sea el más óptimo. Se enumeraron los beneficios que otorga dicha integración y los inconvenientes a tener en cuenta cuando se realiza dicho proceso, dado a las características antagónicas de ambos tipos de cargas. Por un lado la voz cuyo principal inconveniente a tener en cuenta es el retardo de la transmisión y por otro lado los datos cuyo problema es la pérdida de paquetes. Por lo tanto se debe llegar a un equilibrio donde por medio de distintos procesos, varios de los mismos evaluados durante este trabajo, se pueda llegar a una integración de ambos.

Luego de estudiar los distintos tipos de redes se concluyo que las más adecuadas, para dicha operación eran frame relay, IP y ATM.

Con respecto a ATM, pese a su gran performance no se la considera recomendable dado que no se encuentra, masivamente disponible en mercado actual.

Las dos redes más propicias hoy en día en relación costo, disponibilidad y performance son frame relay e IP.

La transmisión de señales de voz sobre paquetes IP (VOIP), tiene la ventaja de contar con la Internet, que posee dicho protocolo, y por lo tanto se encuentra ampliamente disponible a todo nivel. En contrapartida, por el hecho de ser IP un protocolo sin conexión, se torna complejo mantener los procesos en tiempo real y por ende la calidad de servicio. Para lo cual se debe contar con protocolos de capas superiores como RTP, RSVP etc, para tales fines. Además de tener que contar con un gateway para la conexión entra la red privada y la publica.

La transmisión de señales de voz sobre frame relay (VOFR), tiene la ventaja de su amplia disponibilidad, dado que se la utilizó como reemplazo de las redes X25. El protocolo es orientado a conexión por lo que no necesita protocolos adicionales para mantener la calidad de servicio, el que se puede negociar de ante mano. El protocolo se desarrollo para las redes actuales por lo que no realiza los grandes chequeos de su antecesor X25, resultando con menos overhead y mayor rapidez.

Para transmitir voz sobre frame relay solo deberán cambiarse los dispositivos de acceso a la red FRAD, por otros que interpreten las señales de voz VFRAD.

Dado que ambos protocolos necesitan los mismos procesos; para dar un servicio que pueda ser razonable; llámese compresión de datos, detección de actividad sonora, canceladores de eco, fragmentación de paquetes, reducción de retardos y jitter etc. La

propuesta de esta tesis, es recomendar frame relay como el protocolo más adecuado para realizar la integración de voz y datos. Dentro de frame relay se recomienda utilizar circuitos virtuales conmutados para mejorar la calidad de servicio.

Para mejorar la calidad de servicio con respecto a la voz sobre frame relay, se propone utilizar circuitos virtuales conmutados (SVC) en lugar de los circuitos virtuales permanentes (PVC).

Los SVC permiten tener ancho de banda por demanda, permitiendo negociar el CIR de acuerdo a cada situación y poder escalar fácilmente a medida que la cantidad de nodos de una red aumente y en consecuencia ésta la misma eleve su tamaño.

*Que implica SVC.* Es la facilidad de conectividad en modo conmutado. Las mismas pueden coexistir sobre los mismos puertos que los circuitos PVC, pero las conexiones son en tiempo real y no tiene la necesidad de una pre conexión manual.

*Que beneficios le otorga al cliente.* Ancho de banda y calidad de servicio. Con SVC se ofrece al cliente, al igual que con PVC, ahorro de costo y beneficios orientados a la calidad del servicio. A diferencia de PVC con SVC el usuario establece la conexión llamada por llamada y cada una contendrá los requisitos necesarios de ancho de banda y calidad de servicio para soportar cada aplicación en particular, cuando la misma es completada, la conexión es liberada y los recursos quedan disponibles para otras aplicaciones.

### **Flexibilidad y escala**

Los circuitos virtuales conmutados, también ofrecen escalabilidad para grandes redes con mucha cantidad de puertos y un alto grado de interconexiones.

Por ejemplo una conexión completa de 20 sitios con circuitos virtuales permanentes, requerirá de 190 circuitos PVC, mientras que con circuitos virtuales conmutados la conexión desde y hasta cualquiera de los sitios, puede configurarse por demanda y terminar cuando la misma se completa, lo que reduce considerablemente el número de circuitos.

### **Costo**

El costo también tiene una atención especial, principalmente para proveedores de redes públicas que porten tráfico SVC entre redes privadas, o puntos individuales.

En contrapartida con PVC, en el cual el costo se calcula sobre un rate inflado, los esquemas con SVC, calculan el mismo basándose en el uso que se les da a los circuitos.

El usuario paga por su uso y si utiliza conjuntamente ambos circuitos, de acuerdo a la situación puede obtener un costo óptimo.

### **Base**

La adopción y el uso de conexiones conmutadas dependerán de la existencia de protocolos comunes, entre conmutación privada, privada y pública y entre conmutaciones públicas.

Las interfaces privadas, nodos a la red o IPNR se definen como redes conmutadas privadas de comunicación e inter operación.

Las interfaces públicas del usuario a la red o IPUR se definen como redes privadas o comunicación final que se comunican con una red pública.

Ambas deberán estar basadas en el estándar NNI y UNI propuesto por el forum frame relay.

### **Configuración de una llamada con SVC**

Para establecer una llamada y crear una aplicación al usuario final, se requerirá de una configuración de la misma.

Cuando se solicita una fuente y un destino, la misma se refiere a una conexión punto a punto, cuando se lo hace con múltiples destinos la misma es referida como multipunto. En éste último caso el usuario que llama inicia la configuración y los requisitos avanzan usando el procedimiento de señales UNI por la red

La configuración de los requerimientos es la componente más importante en la secuencia de la llamada. Esta incluye toda la información crítica necesaria para definir y soportar la conexión

La misma incluirá información del destino y fuente, especificará los parámetros del tráfico, incluyendo CIR y máximo tamaño de las ráfagas, en ambas direcciones de la conexión, así como también los indicadores de calidad de servicios, pérdida de paquetes, retardos y jitter, que están asociados a la performance de la conexión.

Usando la información especificada, la red enviará la misma a través de la red pública hacia el destino, asegurando que la ruta elegida tenga los suficientes recursos para soportar el tráfico descrito, tenga capacidad de carga y los parámetros de calidad de servicio especificado.

Una vez establecida la conexión la misma permanecerá disponible hasta que la fuente o el destino comiencen la desconexión.

La seguridad es crucial en una red pública conmutada. A diferencia de los circuitos virtuales permanentes, donde la conexión se encuentra establecida por un administrador de la red, los usuarios pueden establecer la misma desde un punto, simplemente estableciendo la dirección a donde se necesite conectar

Existe una variedad de soluciones en el ámbito de seguridad, como puede ser el encriptado, el filtrado de paquetes o la validación de direcciones en grupos de trabajos etc, los cuales pueden ser implementados por el administrador de la red.

Los SVC, permiten ahorrar dinero y reducir las configuraciones. En lugar de tener múltiples circuitos PVC de baja velocidad sobre la misma ruta y de un mismo proveedor de servicios frame relay. El usuario puede tener un simple circuito PVC de alta velocidad y múltiples circuitos SVC que pueden ejecutarse a través de éste. Los cuales se pueden utilizar para el transporte de voz comprimida y datos.

Con los circuitos virtuales conmutados de frame relay se pueden obtener también los siguientes beneficios.

Rápida provisión del servicio, dado que SVC utiliza los mismos equipos instalados, lo que permite una adaptación fácil y rápida de utilizar, superando las limitaciones de la gestión manual.

Con la proyección y el crecimiento de frame relay, las grandes redes deberán estar capacitadas para aumentar sus tamaños, tanto en puertos como en conexiones. Con SVC gracias a su fácil gestión esto puede ser posible.

Reducción del costo del ancho de banda. Con SVC se reducen los altos costos de los backbone soportando en forma más eficiente las comunicaciones infrecuentes entre puntos finales. Los mismos permiten incrementar la utilización del ancho de banda gracias a la conectividad dinámica. Lo cual permite al usuario definir la conexión de manera simple y rápida, brindándole la conexión bajo demanda que hoy en día el mismo requiere.

## **Acceso**

La gestión de una red frame relay basada en circuitos virtuales permanentes es integra. Las conexiones entre sitios se encuentran pre establecidas y las tablas de los routers contienen las rutas entre cada sitios. El principal problema comienza con el crecimiento de las redes y el aumento de las conexiones. Por ejemplo en una red con 10 sitios completamente inter conectados cada tabla de los routers contendrá una identificación por cada ruta, sobre un total de 45 rutas. Teniendo en cuenta que una red frame relay típica puede tener miles de sitios con tres circuitos PVC por puerto, es fácil ver la cantidad de recursos que deberá manejar cada router.

Recordemos que el número de PVC se calcula como  $N * (N-1)/2$  donde N es la cantidad de sitios.

Con el uso de SVC, no tendrán que guardar los indicadores de rutas. Ellos solo necesitarán las direcciones de cada sitio. Por lo tanto el usuario puede conectarse con un sitio tan pronto como la dirección sea programada dentro del router y halla capacidad de SVC disponible.

Se deberá configurar el CIR de cada puerto y la cantidad máxima de usuarios simultáneos. Se programará en los routers el control de ancho de banda agregado, teniendo en cuenta que cada SVC puede compartir un ancho de banda común de una forma FIFO es decir el primero en solicitar es el primero en ser servido, o aplicando un



criterio de prioridades.

Generalmente cuando se habla de SVC, se los considera ideal para conexiones que soportan bajo volumen de tráfico o transmisiones infrecuentes o rápidas. Esto incluiría aplicaciones de backup de datos, tráfico de overflow, comunicaciones entre empresas como audio y video y acceso de pequeños sitios remotos.

Con SVC la función de frame relay se acrecienta, permitiendo mejores conexiones entre empresas, proveedores socios y clientes, así también como los sitios remotos. Permitiendo una solución ideal para clientes ocasionales.

La comunicación entre dos sitios remotos es posible mediante circuitos PVC pero a un costo elevado. Con SVC la conectividad y los requerimientos de performance de ciertas aplicaciones son más accesibles. Con SVC se elimina el retardo variable asociado con la espera cuando los paquetes deben atravesar sitios con sobrecarga, lo cual los hacen más propicios para aplicaciones sensibles a los mismos como lo es la voz.

Conclusión.

Utilizando circuitos virtuales conmutados se obtienen beneficios de conectividad, se facilita la gestión de la red comparándolos con la gestión de las grandes redes con circuitos virtuales permanentes y se aprovecha mejor la utilización del ancho de banda.

Los SVC deben soportar el acuerdo del forum frame relay FR4 y cumplir con las recomendaciones de la ITU 933 en donde se definen las señalizaciones. Esto habilita la inter operabilidad entre las redes públicas, las redes de área amplia y los FRAD. Lo que hacen de la integración conmutada una realidad práctica y eficiente.

El uso de SVC en lugar de PVC en los circuitos integrados de voz y datos permite el establecimiento dinámico de las conexiones, entre puertos terminales a través de la red frame relay, lo cual le permite soportar una variedad de tráfico que poseen ésta característica, como lo es el teléfono. Por lo tanto estos circuitos proporcionan una excelente plataforma para la construcción de aplicaciones de voz sobre frame relay.

## CONCLUSION FINAL

-

Tradicionalmente, frame relay se ha presentado para su uso en la transmisión de datos, algo lógico por tratarse de una red de paquetes con antecedentes en el viejo X25. No ha sido común entonces considerar la transmisión de comunicaciones telefónica a través de redes frame relay. Dichas comunicaciones también tradicionalmente se han manejado por redes de circuitos conmutados como las propias de la compañía telefónica.

Cuando hay un circuito dedicado a una comunicación telefónica, la conexión permanece aunque no se hable. En las redes de paquetes, en cambio, sólo se hace uso de ella cuando se envía o recibe un paquete, es decir cuando hay datos entre dos usuarios.

Si en una red de datos se agregan las comunicaciones telefónicas, además del ahorro en los costos totales de la empresa se obtienen otros beneficios administrativos y de mantenimiento resultante de la integración.

Tratar de usar una red orientada a paquetes como frame relay para la transmisión de voz, requiere básicamente asegurar que el mecanismo de transferencia se realice en tiempo real para que la voz paquetizada se escuche prácticamente como en una red convencional de voz.

Impulsado por una serie de proyectos propietarios, el Foro frame relay anunció hace poco más de un año la ratificación de la FRF.11, un acuerdo internacional (IA) para proveer comunicación de voz sobre frame relay (VOFR), tanto en conexiones de teléfonos directos como a través de una central telefónica. De esta manera se facilita la interoperabilidad de los routers y FRAD (dispositivos de acceso a frame relay).

Sin embargo, no todos los portadores de frame relay apoyan y auspician la transmisión de voz en sus redes. Esto no debe sorprender porque en realidad las especificaciones frame relay sólo se refieren a la interfaz de acceso UNI y no precisamente a la arquitectura interna de la propia red. En consecuencia sus propios conmutadores deben proporcionar el soporte técnico necesario para el caso.

Algunas características del nuevo sistema de transmisión de voz son: compresión, retardo, soporte. Multiplexado etc.

Originalmente la voz ha sido digitalizada en la forma llamada PCM o modulación codificada por pulsos, a una velocidad de 64kbps.

Estudios realizados con respecto a las conversaciones telefónicas demuestran que las mismas pueden ser claramente entendibles transmitiendo sólo un 22% de su contenido. Ocurre que se encontró nada menos que un 56% de pausas, entre sílabas, palabras, párrafos e interlocutores. Además otro 22% corresponde a patrones

repetitivos de sonido. Entonces, tanto las pausas como las repeticiones pueden comprimirse y en todo caso recrearse en el otro extremo para recuperar el ambiente de una conversación normal.

El primer mecanismo empleado se basa en la interpolación de voz digital o DSI que detecta períodos de silencio y suprime la transmisión de información.

Con el tiempo se desarrollaron esquemas más eficientes bajo la forma de algoritmos avanzados de compresión como el CELP o predicción lineal excitada por el código, que elimina todos los tipos de redundancia (se reconoce que una pausa es una forma de redundancia).

La variante aprobada por el Foro se denomina CS-ACELP (ACELP de estructura conjugada) reconocido por la ITU como G.729A, obteniéndose voz de calidad con una velocidad de sólo 8kbps, es decir 8 veces menos que con PCM. En esta modalidad el período de los cuadros se reduce a 10 milisegundos es decir 80 muestras (recordamos que la digitalización básica se hace a razón de 8000 muestras por segundo), controlándose el cuadro siguiente (otros 5mseg) y trabajando con tablas que permiten minimizar entre la voz reproducida y la original.

Con la G.729A y la eliminación total de los silencios se puede trabajar a tan poco como 4,8kbps. De una u otra manera en una línea T1 se podrían manejar alrededor de 200 conversaciones de voz en lugar de las 24 típicas del PCM.

Estos algoritmos requieren cierta potencia de procesamiento lo que se facilita con el uso de procesadores de señales digitales (DSP).

Como la norma de compresión aprobada reconoce licencias a terceros, en la FRF.11 se acepta también una técnica alternativa, el EADPCM (ADPCM extendido; PCM diferencial adaptable extendido) o G.727 que trabaja típicamente a 32kbps.

Los conceptos básicos con respecto a los retardos también fueron tratados en esta tesis.

En una comunicación de voz FDX, o sea de doble vía, una conversación puede ser aceptable mientras el retardo no supere los 300mseg, aunque hay quienes lo consideran molesto por encima de los 200mseg. Hay productos que producen tan poco como 70mseg de retardo, otros, hasta cuatro veces más.

Hay dos aspectos a considerar en los retardos que se producen en los circuitos. Uno es el valor absoluto del retardo, y el otro las variaciones en dicho valor.

En un sistema que por naturaleza trabaja con ráfagas de datos, como frame relay, y sí además los cuadros que se manejan son de tamaño variable entre paquetes consecutivos, obviamente que aparecerá un retardo variable entre paquetes consecutivos, los que se llama jitter.

Cuando la información digital se transforma nuevamente en analógica para su

reproducción, el sonido correspondiente resultará deformado, sea por superposición de sonidos o espacios de silencio. Por eso es que un diseño adecuado trabaja con la técnica de buffering, agregando expresamente a la reproducción un retardo adicional para compensar la variación.

El retardo en sí mismo se debe a tres factores: el tiempo de empaquetado, el tiempo que permanece en cola y el tiempo de propagación. En la mayoría de los casos prácticos, el último factor tiene poca incidencia. En los dos factores restantes la longitud de los paquetes inciden directamente en los tiempos. Por eso es que algunos sistemas utilizan la fragmentación de paquetes más extensos manejando así unidades de menor longitud con lo que, además, se reduce también el jitter.

Por otra parte, el sistema de voz es tal que se puede poner límites a los retardos extensos de paquetes, dándolos simplemente por perdidos. Ocurre que estas pérdidas, inaceptables en la transmisión de datos tradicionales, se pueden tolerar hasta cierto nivel en la transmisión de voz paquetizada.

Como ya sabemos la voz e incluso las comunicaciones vía fax son sensibles a los retardos. Por lo tanto un sistema VOFR debe proveer un mecanismo de prioridades.

Para ello el sistema debe contar con colas de diferentes prioridades para ubicar en ellas por un lado el tráfico tradicional de datos puros (que puedan admitir cierto nivel de retardos) y por el otro el tráfico de voz y fax en cuestión.

Este mecanismo puede implementarse en los FRAD, pero igualmente debe resolverse el hecho de la pequeña longitud de los paquetes de voz (entre 30 y 40 bytes) frente a los de datos que pueden llegar a ser de 1500 bytes, con lo cual cuando se está transmitiendo uno de éstos pueden llegar a acumularse de 40 a 50 paquetes de voz en un mismo canal. En este punto hay algunas soluciones propietarias, aunque lo más simple sería que los proveedores ofrezcan un PVC (circuito virtual permanente) adicional en el mismo puerto con sólo un incremento menor en los costos.

Puesto que una red frame relay puede transmitir como voz paquetizada las comunicaciones típicas de una red telefónica, también podría usarse para los servicios de fax y modem en general que usan dicha red.

Pero las señales analógicas en que se han transformado las señales digitales originales de fax y modem (un proceso D-A) en el punto de transmisión, no pueden tratarse de la misma manera que la voz. En consecuencia en el acceso a la red frame relay se demodulan (proceso inverso A-D) recuperando la información digital original, se envían y en el otro extremo se vuelven a modular para presentarlas a los correspondientes dispositivos. Un punto importante de este proceso es que el nivel de compresión es bajo.

Hay dos técnicas que permiten optimizar el ancho de banda, LLS o multiplexado de enlace lógico permitiendo que los cuadros de voz y datos compartan el mismo PVC, lo cual puede reducir el costo aumentando la utilización del mismo. El SCM o

multiplexado de subcanales, por su parte, permite combinar hasta 255 subcanales de voz y datos en el mismo enlace lógico, lo que aumenta el rendimiento de enlaces de baja velocidad.

Hablando un poco del dispositivo FRAD de voz, diremos que es similar en funcionamiento a un FRAD común, incluyendo características como soporte SNA, funciones incluidas de ruteo o soporte de ruteo externo. Pero además, ya específicamente para el caso, está preparado para manejar también la paquetización de la voz y el proceso de compresión, entre otras características adicionales.

Estos FRAD mantienen estadísticas de las llamadas con lo que se los puede usar para mantenimiento, auditoría y facturación del tráfico correspondiente.

En síntesis, usar una red orientada a paquetes, como frame relay, para transmisión de voz requiere básicamente asegurar que, el mecanismo de transferencia se realice en tiempo real para que la voz empaquetada se escuche prácticamente como en una red convencional.

## **BIBLIOGRAFIA**

### **Voice and data communication handbook de Regis J. Bates and Donald Gregory**

Mc Graw Hill Company de 1998

En el libro se tratan los temas de comunicación de voz, características y procesamiento, equipos y redes telefónicas, tipos de transmisiones etc. Además se tratan los temas de transmisión de datos sobre troncales T1 e y ISDN, modelo OSI, redes de paquetes, transmisión de voz y datos sobre las misma, tema central de esta tesis.

Capítulos 2,3 y 7

### **Voice over data Network Gilbert Held**

El tema principal es el transporte de voz y datos sobre redes de paquetes.

### **Delivering Voice over IP Network de Marcus Goncalves**

Mc Graw Hill de 1998

Este libro explora el potencial y la creciente demanda de la telefonía sobre redes IP, y también las próximas tecnologías.

Capítulos 2 y 3

### **Cisco Packetized voice & data integration**

Mc Graw Hill de 1999

Se discuten los usos de las nuevas gestiones y desafíos operacionales y sus impactos sobre el entorno de VOIP.

Capitulo 2

### **Revistas LAN & WAN de Julio de 1998 Ing. Ronny Alvarez**

Volumen 6 nro 65

Artículos a cerca de voz sobre frame relay

### **Revistas LAN & WAN de Setiembre de 1998**

**Ing. Carlos Ornella Mayer y Lic. Jorge Douglas Paez**

Volumen 6 nro 67

Artículos a cerca de Telefonía sobre IP

### **Los siguientes URLs fueron consultados**

[www.acti.com](http://www.acti.com) Soluciones y aplicaciones de servicios de voz sobre redes de paquetes.

[www.cis.ohio-state.edu](http://www.cis.ohio-state.edu) Transmisión de voz y datos sobre redes frame relay

[www.dspse.com](http://www.dspse.com) Artículo acerca de algoritmos de compresión

[www.france.com](http://www.france.com) Algoritmos de compresión de 8kbits

[www.frforum.com](http://www.frforum.com) Forum frame relay, del mismo se consultaron los acuerdos FRF.11 y FRF12,. Que tratan las implementaciones de VOFR y Segmentación respectivamente

[www.memotec.com](http://www.memotec.com) Comparación entre VOFR y VOIP

[www.micom.com](http://www.micom.com) Instalación e Integración de VOFR

[www.motorolo.com](http://www.motorolo.com) Tecnología de redes para IP y Frame relay

[www.netrix.com](http://www.netrix.com) Eficiencia del costo en VOFR

[www.rad.com](http://www.rad.com) Voz sobre redes públicas frame relay

[www.sipro.com](http://www.sipro.com) Artículo sobre el algoritmo de compresión G.729

[www.sync.com](http://www.sync.com) Artículo de voz sobre frame relay

[www.telogy.com](http://www.telogy.com) Tutorial de voz sobre redes de paquetes, introducción, aplicación, calidad de servicios etc.

[www.thehub.com.au](http://www.thehub.com.au) Voz sobre frame relay, reporte acerca de la digitalización de la voz y los accesos a dispositivos frame relay.

[www.webpro-forum.com](http://www.webpro-forum.com) Tutorial acerca de voz sobre redes de paquetes