

## RUEGO UIT-R 94\*

**TRANSFERENCIA DE SEÑALES HORARIAS Y FRECUENCIAS PATRÓN  
UTILIZANDO REDES DE TELECOMUNICACIÓN DIGITALES**

(Cuestión UIT-R 207/7)

(1995)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que las Recomendaciones UIT-T G.707, UIT-T G.708 y UIT-T G.709 especifican las velocidades binarias, la estructura de trama y el formato de la jerarquía digital síncrona (SDH – synchronous digital hierarchy);
- b) que las líneas de transmisión por fibra óptica y la SDH pueden servir para la difusión de señales horarias y frecuencias patrón con niveles muy elevados de exactitud y precisión;
- c) que las líneas de transmisión por fibra óptica llegarán hasta instalaciones industriales, las oficinas y otros usuarios finales, facilitando la difusión generalizada de información sobre frecuencias patrón y, si se implementan adecuadamente, sobre señales horarias;
- d) que se necesitarán mensajes de sincronismo para la transferencia de señales horarias entre elementos de la red;
- e) que es necesario medir los retardos entre elementos de la red para la transferencia precisa de señales horarias entre dichos elementos;
- f) que se ha de incluir la calidad de la información de temporización transferida;
- g) que el mantenimiento preciso de los elementos de temporización de la red contribuirá a detectar las averías y a efectuar correcciones en la red;
- h) que el formato normal de transmisión de datos según la SDH incluye bits de tara que pueden utilizarse para la transmisión de información adicional en apoyo de las operaciones de la red;
- j) que algunos de estos bits de tara pueden utilizarse para cursar información de temporización, incluyendo la fecha y la época del año en curso,

*formula el siguiente Ruego*

1. que se reserve un número suficiente de bits de tara en los niveles apropiados del formato SDH a fin de que sirvan para los intercambios unidireccionales y bidireccionales de señales horarias al nivel de precisión entre elementos de red de 1 ns o al nivel práctico máximo;
2. que para el desarrollo y la especificación de las redes de telecomunicaciones digitales se consideren las técnicas de transferencia de señales horarias y frecuencias patrón descritas en el Anexo 1.

## ANEXO 1

**Configuraciones e interfaces para la transferencia de señales horarias  
y frecuencias patrón utilizando redes de telecomunicación**

La información que sigue ofrece algunas ideas preliminares del Grupo de Trabajo 7A de Radiocomunicaciones respecto a los posibles métodos, configuraciones de red e interfaces que pueden facilitar la utilización de dichas redes para la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón a una amplia gama de usuarios potenciales.

---

\* Este Ruego debe señalarse a la atención del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T).

## 1. Generalidades

Las redes de telecomunicación son adecuadas para la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón y constituyen alternativas a los métodos convencionales de difusión de señales horarias y frecuencias patrón tales como el LORAN-C, el GPS, GLONASS y los métodos de transferencia de señales horarias utilizando satélites estacionarios tales como los INTELSAT.

Las Recomendaciones UIT-T permiten la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón utilizando redes de telecomunicaciones para establecer configuraciones de sistema e interfaces normalizadas. Las velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona (SDH) se especifican en la Recomendación UIT-T G.707 y la interfaz de nodo de red (NNI) se especifica en la Recomendación UIT-T G.708.

Este Anexo ofrece información, pautas y requisitos relativos a la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón por las redes de telecomunicación digitales.

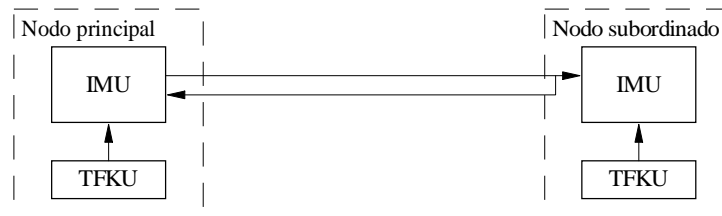
## 2. Método de transferencia

Las señales horarias y las frecuencias patrón se transfieren a través de un medio entre dos nodos que incluyen una unidad de mantenimiento de la señal de tiempo y de frecuencia (TFKU). Los datos de emplazamiento de la TFKU no son necesarios: no obstante, es preciso evaluar de forma explícita el retardo y la variación de éste en el medio. Por tanto, la transferencia de señales horarias y de frecuencias patrón en las redes de telecomunicación utiliza un trayecto bidireccional compuesto de trayectos de salida y de entrada en el mismo medio. La diferencia de los retardos entre los trayectos de salida y de entrada se traduce en errores de la señal de tiempo y de frecuencia.

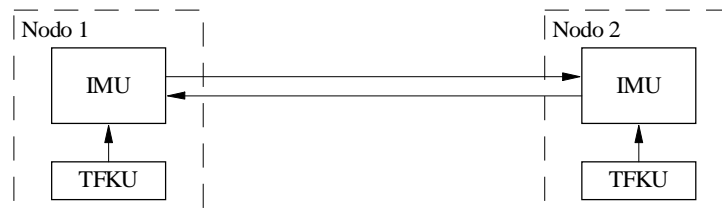
Hay dos topologías básicas en la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón, tal como se indica en la Fig. 1.

FIGURA 1

### Topología básica de la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón



a) Topología principal-subordinado



b) Topología mutua

TFKU: Unidad de mantenimiento de la señal de tiempo y de frecuencia

IMU: Unidad de interfaz y medición

### 2.1 *Topología principal-subordinado*

Un nodo recibe siempre una señal de tiempo y frecuencia por lo que se le denomina nodo subordinado. Al otro se le denomina nodo principal; no obstante el nombre de nodo principal no tiene relación con el hecho de que éste sea el origen o no de la señal de tiempo y de frecuencia. El nodo principal mide el retardo producido en los trayectos de salida y de entrada en un recorrido de ida y vuelta y gestiona los datos de retardo. La señal de tiempo y de frecuencia se compensa con los datos de retardo y se envía desde el nodo principal al subordinado o se envía primero la señal al nodo subordinado y se compensa en éste con los datos de retardo transferidos desde el nodo principal. La señal de tiempo y de frecuencia se avanza con los datos de retardo que se calculan mediante la ecuación siguiente:

$$T_d = T_{rd} / 2 \quad (1)$$

siendo:

$T_d$ : datos de retardo

$T_{rd}$ : retardo de ida y vuelta.

### 2.2 *Topología mutua*

Ambos nodos envían y reciben la señal de tiempo y de frecuencia. El retardo se origina en los trayectos de salida y de entrada y se mide en los dos nodos, comparando las señales de tiempo y frecuencia generadas en cada nodo. Se intercambian los resultados de las mediciones. La diferencia de tiempos entre los dos nodos puede calcularse a partir de los resultados.

$$T_{12} = \frac{1}{2} (T_{d1} - T_{d2}) \quad (2)$$

siendo:

$T_{12}$ : diferencia temporal entre dos TFKU

$T_{d1}$ : diferencia temporal medida en el nodo 1 entre la señal de tiempo y de frecuencia enviada desde el nodo 2 y la señal de tiempo y de frecuencia generada en el nodo 1

$T_{d2}$ : diferencia temporal medida en el nodo 2 entre la señal de tiempo y de frecuencia enviada desde el nodo 1 y la señal de tiempo y de frecuencia generada en el nodo 2.

La topología mutua puede utilizarse entre dos nodos cualesquiera, con independencia de su jerarquía. Cada nodo mide la diferencia temporal entre otros nodos en vez de compensar la señal de tiempo y de frecuencia.

## 3. **Configuración del sistema**

Las topologías mencionadas pueden implementarse de tres formas, tal como se indica en la Fig. 2. El trayecto definido en la topología se construye a partir de elementos de red. El elemento de red conecta dos emplazamientos geográficamente separados y establece las interfaces de red y de nodo, incluyendo la TFKU. Por la interfaz pueden pasar dos señales: una señal de tiempo y de frecuencia que incluye un marcador de tiempo, información horaria y datos de retardo, y una señal de datos que incluye datos de diferencia horaria y datos de tipo general.

### 3.1 *Configuración unidireccional*

Los nodos subordinados reciben la señal de tiempo y de frecuencia generada en un nodo de referencia. La señal de datos puede no ser necesaria. Las especificaciones sobre la señal de tiempo y de frecuencia dependen de la del nodo de referencia.

### 3.2 *Configuración bidireccional*

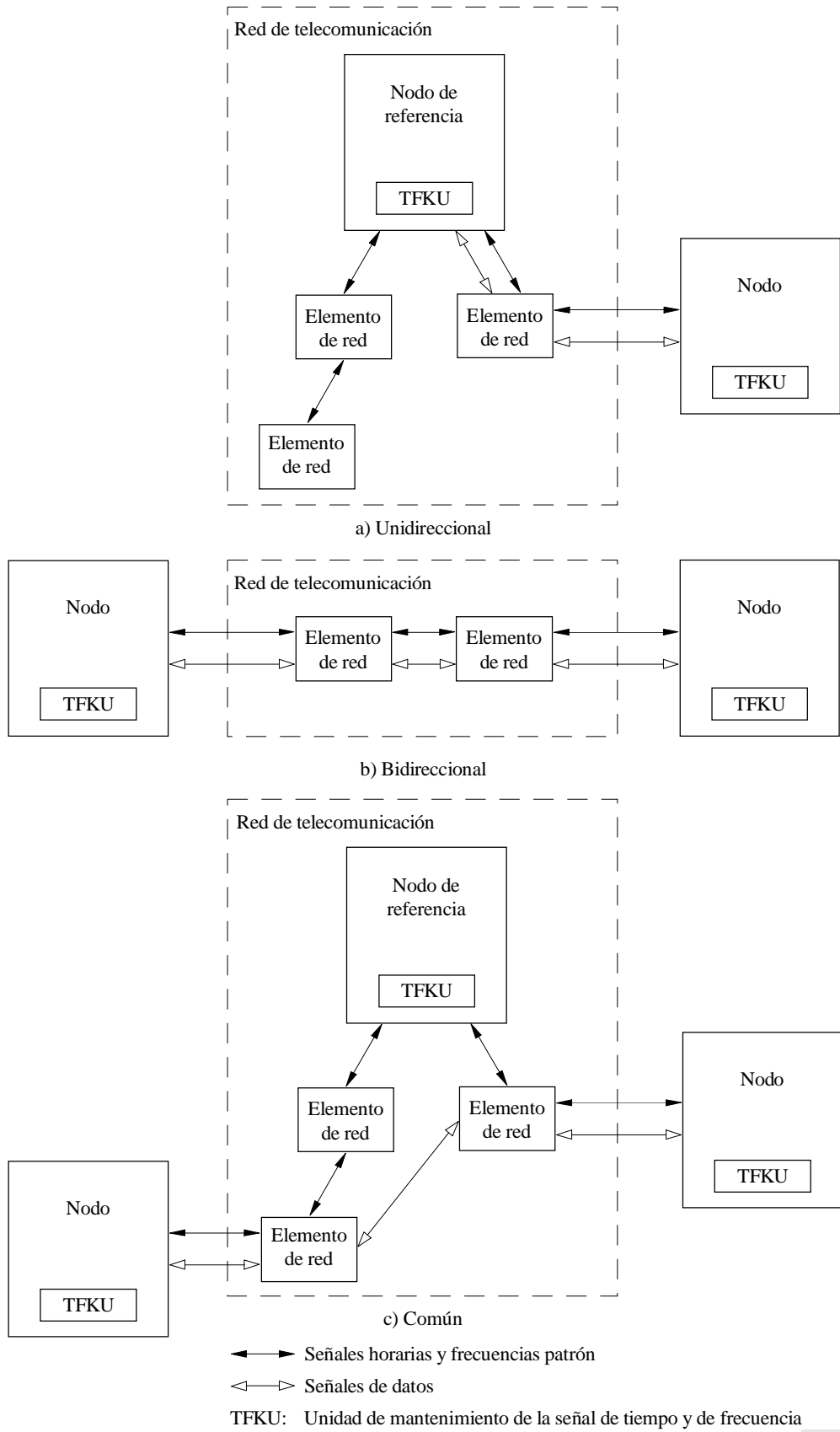
Los nodos de la topología mutua pueden intercambiar señales horarias y de frecuencia generadas en sus TFKU. La red debe prever nodos con acceso a la interfaz utilizada por el nodo de referencia.

### 3.3 *Configuración común*

Todos los nodos reciben inicialmente la misma señal de tiempo y de frecuencia generada en el nodo de referencia como nodos subordinados. Dichos nodos pueden intercambiar señales de datos para calcular la diferencia temporal entre ellos en la topología mutua. El error de tiempo y frecuencia de la TFKU del nodo de referencia se suprime en los nodos debido a la observación simultánea de la fuente común.

FIGURA 2

Categoría básica para la transferencia de señales horarias y frecuencias patrón

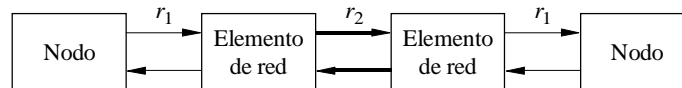


## 4. Especificaciones físicas

### 4.1 Velocidades binarias

Esta Recomendación debe especificar las velocidades binarias de los trayectos entre elementos de red y los nodos (velocidad binaria  $r_1$  de la Fig. 3) y de los trayectos entre elementos de red (velocidad binaria  $r_2$  de la Fig. 3). En el Cuadro 1 se enumeran las velocidades binarias admisibles de los trayectos. Las velocidades binarias se indican en la Recomendación UIT-T G.707.

FIGURA 3  
Configuración del trayecto de transmisión  
y nivel de la jerarquía digital síncrona



Las velocidades binarias de  $r_1$  y  $r_2$  pueden escogerse entre las del Cuadro 1.  $r_2$  es superior o igual a  $r_1$ .

D03

CUADRO 1  
Velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona

Nivel de la jerarquía digital síncrona	Velocidad binaria jerárquica (kbit/s)
1 (STM-1)	155 520
4 (STM-4)	622 080
16 (STM-16)	2 488 320
64 (STM-64) <sup>(1)</sup>	9 953 280

<sup>(1)</sup> Este nivel requiere estudios ulteriores.

### 4.2 Formato de trama

El formato de trama basado en el nivel de jerarquía digital síncrona (STM- $N$ ) se ajusta a lo indicado en la Recomendación UIT-T G.708. El formato de trama STM- $N$  indicado en la Fig. 4a) permite a los elementos de red y a los nodos lograr comunicaciones globales excelentes. Además, la utilización de la tara de sección (SOH) ofrece otra ventaja. Podemos utilizar la zona de carga útil STM- $N$  para los servicios RDSI-B al mismo tiempo cuando la aplicación de la transferencia de señales horarias y de frecuencias patrón se ejecuta como comunicación de fondo. La MSOH, que son los cinco bytes inferiores de 9 filas de la SOH (véase la Fig. 4b)), es adecuada para la transferencia de las señales horarias y de frecuencias porque puede transmitirse hasta el elemento de red opuesto si dicho elemento acepta la recepción de la MSOH y si esta MSOH no termina en dispositivos tales como los repetidores situados en el trayecto entre elementos de red.

### 4.3 Bytes para aplicación de las señales de tiempo y de frecuencia

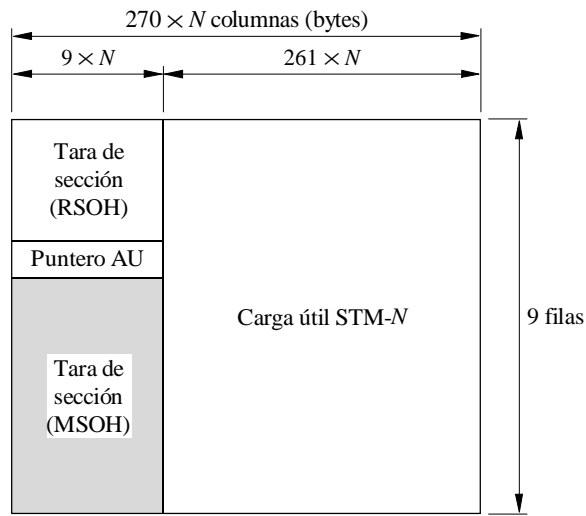
La determinación del byte adecuado para transmitir la información de tiempo y de frecuencia requiere estudios ulteriores. Los bytes que pueden ser más apropiados se muestran en sombreado en la Fig. 4b). Dichos bytes no están definidos para ningún objetivo en el UIT-T.

### 4.4 Formato multitrama

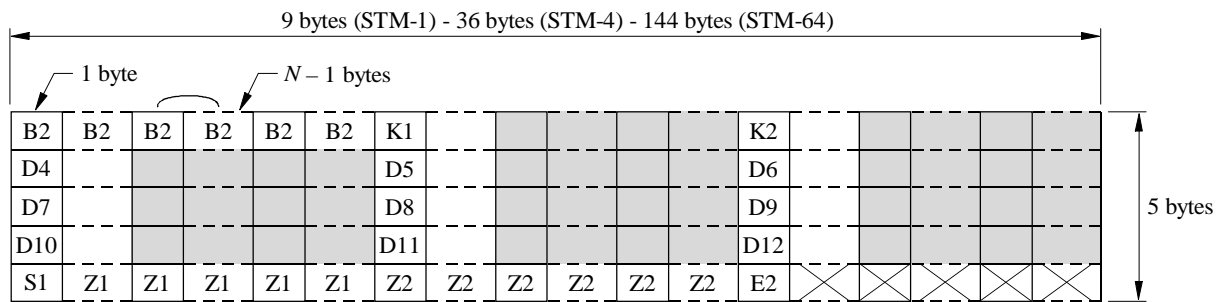
Ha de definirse una multitrama en los bytes especificados en el § 4.3 para transmitir una segunda señal debido a que el periodo de trama STM- $N$  es de 8 kHz. El formato multitrama requiere nuevos estudios.

FIGURA 4

Formato de trama STM-N y correspondencia de bytes MSOH



a) Formato de trama STM-N



b) MSOH en STM-N

D04

## 5. Ejemplos

La Fig. 5 muestra ejemplos de configuraciones para la transferencia de señales horarias y de frecuencias patrón. Los elementos de red conectados directamente a nodos son los multiplexores/demultiplexores basados en la Recomendación UIT-T G.709.

### 5.1 Ejemplo de configuración común

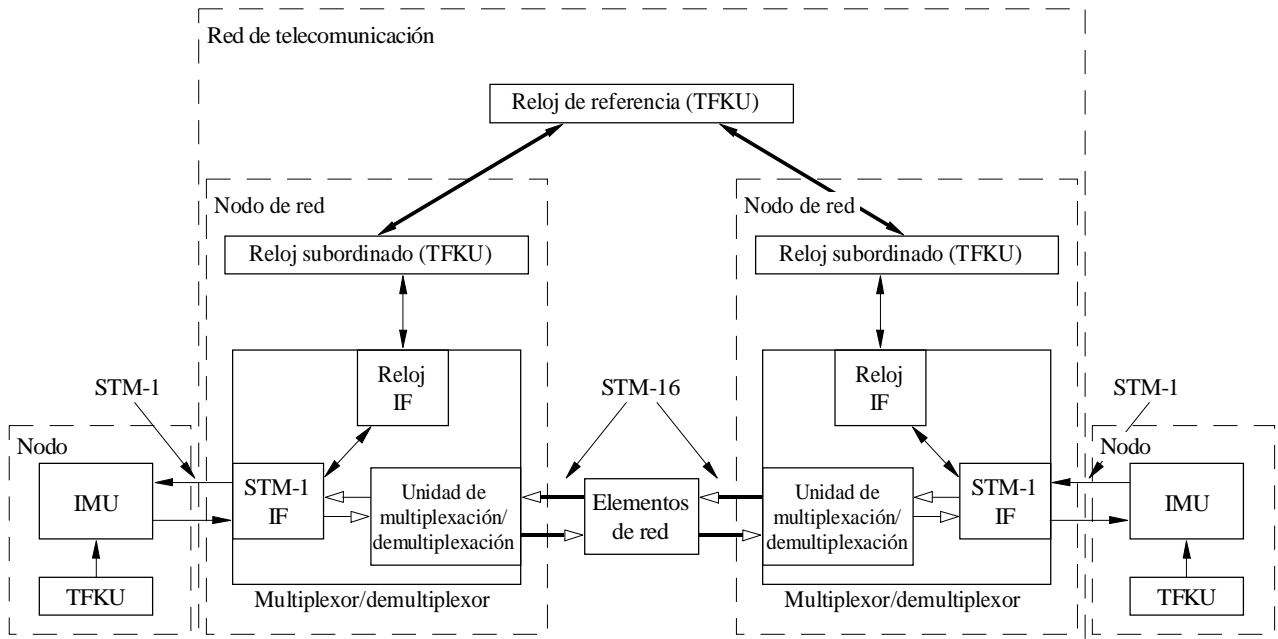
En el ejemplo de configuración común indicado en la Fig. 5a), la señal de tiempo y frecuencia se genera en la TFKU, denominada reloj de referencia en el UIT-T, y se distribuye a los multiplexores/demultiplexores a través de la TFKU, denominada reloj subordinado en el UIT-T. La señal de tiempo y frecuencia se transfiere inmediatamente a la TFKU en nodos conectados a través del reloj IF y STM-1 IF desde el reloj subordinado. Cada multiplexor/demultiplexor añade señales STM-1 generales a la STM-16 y las segrega de ésta, añadiendo también la señal de tiempo y frecuencia al STM-1.

### 5.2 Ejemplo bidireccional

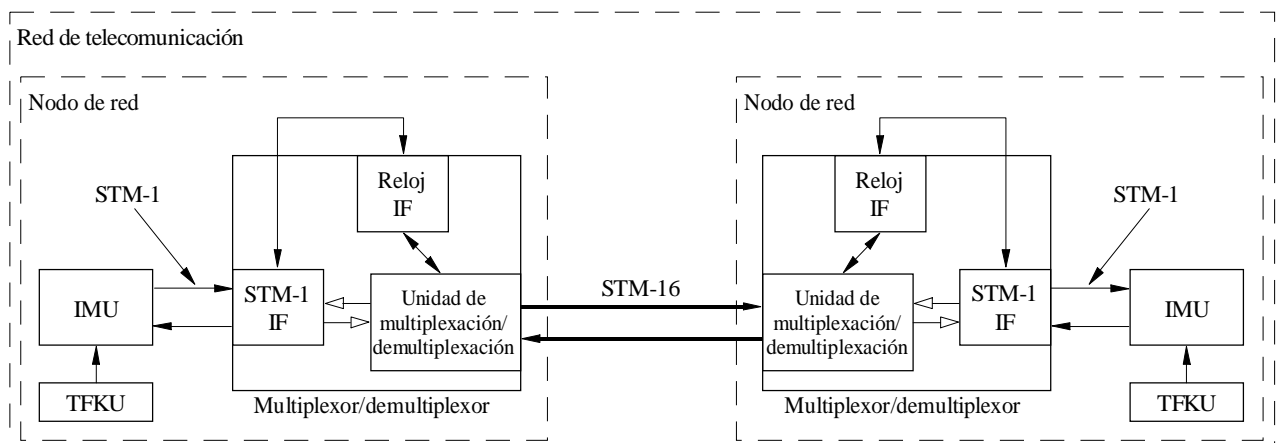
La Fig. 5b) muestra el ejemplo bidireccional. Cada multiplexor/demultiplexor añade la señal de tiempo y frecuencia al STM-1 y las segrega del STM-16 dejando las señales STM-1 generales. La información impuesta a la MSOH que se describe en el § 4.2 tiene terminación al final de una sección. Esto significa que la información de la MSOH puede transmitirse únicamente entre multiplexores/demultiplexores y entre multiplexor/demultiplexor y el nodo. La información de la MSOH del STM-1 no puede generalmente transportarse a la MSOH en el STM-16 ni tampoco puede

transportarse la información de la MSOH en el STM-16 a la MSOH del STM-1. En este ejemplo, la señal de tiempo y frecuencia generada por la TFKU se extrae en el STM-1 IF, se transfiere a la unidad mux./demux. a través del reloj IF y se impone a la MSOH en el STM-16. En el otro nodo de la red, la señal de tiempo y frecuencia se extrae de la unidad mux./demux. y se transfiere al STM-1 IF a través del reloj IF, imponiéndose a continuación en la MSOH del STM-1 IF de nuevo. De esta manera, la señal de tiempo y frecuencia puede transferirse directamente al otro nodo por esta configuración.

FIGURA 5  
Ejemplos de configuración de transferencia de señales de tiempo y frecuencia construidos mediante sistemas de línea de STM-16 y mediante sistemas locales de STM-1



a) Ejemplo de configuración común



b) Ejemplo bidireccional

↔ Señal de tiempo y frecuencia

◁▷ Señal de datos

↔ Señales de tiempo y frecuencia y de datos

TFKU: Unidad de mantenimiento de la señal de tiempo y frecuencia

IMU: Unidad de interfaz y medición

En este ejemplo no hay ningún elemento de red tal como los multiplexores/demultiplexores entre nodos de red. El STM-16 puede transmitirse a través de otros multiplexores/demultiplexores si no se ha cambiado el reloj original del STM-16; no obstante, puede haber errores de tiempo y frecuencia debidos a la asimetría del retardo de transmisión.

En este ejemplo, la TFKU se sitúa en el nodo de red, al igual que el multiplexor/demultiplexor. No obstante, puede utilizarse un sistema de circuito de abonado para conectar la TFKU al multiplexor/demultiplexor si dicha TFKU está situada en un nodo distinto del nodo de red.

## 6. Directrices para la especificación de la calidad

Las especificaciones relativas a los errores de tiempo y frecuencia tales como la estabilidad y la exactitud requieren nuevos debates. Este aspecto queda para estudios ulteriores.

## 7. Documentos importantes

A continuación se indican las Recomendaciones UIT-T importantes relacionadas con este Ruego:

- «Velocidades binarias de la jerarquía digital síncrona», UIT-T G.707.
  - «Interfaz de nodo de red para la jerarquía digital síncrona», UIT-T G.708.
  - «Estructura de multiplexación síncrona», UIT-T G.709.
  - «Consideraciones sobre aspectos de temporización y sincronización», UIT-T G.810.
  - «Requisitos de temporización en las salidas de relojes de referencia primarios para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales», UIT-T G.811.
  - «Requisitos de temporización de las salidas de relojes subordinados adecuados para la explotación plesiócrona de enlaces digitales internacionales», UIT-T G.812.
  - «Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basada en la jerarquía de 2 048 kbit/s», UIT-T G.823.
  - «Control de la fluctuación de fase y de la fluctuación lenta de fase en las redes digitales basadas en la jerarquía de 1 544 kbit/s», UIT-T G.824.
  - «Características de temporización de los relojes subordinados adecuados para el funcionamiento con equipo SDH», (Proyecto de Recomendación UIT-T G.81s).
-