

33
29



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN**



**"SINCRONIZACION DE LAS CENTRALES
TELEFONICAS DIGITALES DE LA RED
PUBLICA NACIONAL"**

T E S I S
Que para obtener el Titulo de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
p r e s e n t a

JOSE RIOS HACHA

Asesor: Ing. Ubaldo Ramirez Urizar

Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

1994

**TESIS COM
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES-CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JAIME KELLER TORRES
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLAN
P R E S E N T E .

AT'N: Ing. Rafael Rodríguez Ceballos
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la F.E.S. - C.

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS TITULADA:

"Simetrización de los Centrales Telefónicos Digitales de la Red Pública Nacional".

quien presenta el pasante: José María García
con número de cuenta: 8038193-6 para obtener el TITULO de:
Ingeniero Técnico Electricista

Considerando que dicha tesis reúne los requisitos necesarios para ser discutida en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx., a 2 de Mayo de 197 4.

PRESIDENTE	Ing. <u>Ubaldo Ramírez Urizar</u>	<u>[Firma]</u>
VOCAL	Ing. <u>Vicente Miguel Santoyo Martínez</u>	<u>[Firma]</u>
SECRETARIO	Ing. <u>Jorge Bureñía Gómez</u>	<u>[Firma]</u>
PRIMER SUPLENTE	Ing. <u>María de Lourdes Maldonado López</u>	<u>[Firma]</u>
SEGUNDO SUPLENTE	Ing. <u>Juan González Vega</u>	<u>[Firma]</u>

Con reconocimiento a mis padres:

Por el apoyo, el esfuerzo y dedicación que me brindaron para dejarme esta invaluable herencia, que dentro de mi desarrollo profesional es la culminación de la carrera y dentro de la vida la satisfacción de alcanzar una de mis metas mas anheladas.

Con cariño para todos mis hermanos:

Laura, Carolina, Gustavo, Ana, Hugo y Juan, por que cada uno y a su manera contribuyó en el logro de este objetivo que hoy les dedico.

A mi esposa Monika:

Que siempre me motivó de mil formas ayudándome y dedicándome todo el tiempo necesario para concluir este proyecto. Gracias por la comprensión, el cariño y el amor que siempre encuentro en tí.

Agradezco a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, institución que me abrió las puertas al aprendizaje y en donde conocí a grandes profesores y amigos, que con sus conocimientos me enseñaron que el esfuerzo, la constancia y el trabajo forman hombres útiles a su sociedad, a su familia y a sí mismos.

A mi profesor Ing. Ubaldo Ramirez Urizar, que además de excelente maestro ha sido un gran amigo que me ha impulsado y ayudado incondicionalmente durante la carrera y ahora en la finalización de esta etapa con la terminación de mi tesis.

A todas aquellas personas que de una u otra forma lo hicieron posible.

Gracias...

INDICE

1	GENERALIDADES	1
2	DESCRIPCION DE LOS METODOS	5
2.1	OPERACION PLESIOCRONA	5
2.2	METODO MAESTRO-ESCLAVO	5
2.3	METODO ASIMETRICO MUTUO	8
3	SELECCION DEL METODO CORRECTO	10
3.1	CONEXION INTERNACIONAL	12
3.2	SINCRONIZACION MUTUA O MAESTRO-ESCLAVO	13
3.2.1	UNA CARACTERISTICA ESPECIAL CON SISTEMA MUTUO	14
3.2.2	EN DONDE SE DEBE USAR LA RED MUTUA	15
4	OBJETIVOS DEL DESEMPEÑO DE LA RED	18
4.1	OBJETIVOS GENERALES	18
4.2	DESEMPEÑO DE LA RED	18
4.3	DESEMPEÑO DE RELOJ	20
4.3.1	CLM	21
4.3.2	RCM	21
4.3.3	RELOJES ATOMICOS	22
5	PLANES MAESTRO-ESCLAVO	25
5.1	PRINCIPIOS BASICOS Y ESTRATEGIAS	25
5.2	CREACION DEL PLAN	27
5.3	EJEMPLOS	38
5.4	GUIA PARA CAMBIOS DE RED	42
6	PLAN MUTUO TERMINACION SENCILLA	46
6.1	PRINCIPIOS BASICOS Y ESTRATEGIAS	46
6.2	CREACION DEL PLAN	48
6.3	EJEMPLOS	56
6.4	GUIA PARA CAMBIOS DE RED	60
7	CONEXIONES VIA SATELITE	64
7.1	GENERALIDADES	64
7.2	INTERACCION INTERNACIONAL	67
7.3	OPCION DE DOBLE EXTREMO	67
7.4	REDES NACIONALES VIA SATELITE	67
7.5	CONTROL UNILATERAL DE DOBLE EXTREMO	68
8	DESCRIPCION DEL METODO DE SINCRONIZACION USADO EN MEXICO	73
	CONCLUSIONES	79
	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS	81
	BIBLIOGRAFIA	84

I GENERALIDADES

Esta tesis ha sido realizada para conocer como se debe llevar a cabo un plan de sincronización de redes. El área de aplicación es única y exclusivamente la red digital pública de telefonía. Por lo tanto, el contenido de esta tesis cubre todo lo referente a sincronización de centrales de tránsito internacional, tránsito nacional y locales. Sin embargo, algunos de los procedimientos y principios aquí tratados también pueden aplicarse a redes digitales que incluyan centrales de datos PABX.

En la Fig. 1-0 se pueden observar dos centrales telefónicas digitales, cada una trabajando a su propia frecuencia de conmutación. Entre estas centrales se encuentra un buffer elástico. Los datos se escriben en el buffer a la velocidad con que trabaja la central 1, f_1 , y se leen a la velocidad con que trabaja la central 2, f_2 .

Si f_1 y f_2 difieren constantemente, es imposible evitar que se sobrepase la capacidad del buffer y por lo tanto, se produzcan deslizamientos a intervalos regulares.

Si f_2 es mayor a f_1 , entonces la lectura en el buffer es más rápida que la escritura y la misma información es leída otra vez. Si f_1 es mayor a f_2 , la escritura es más rápida que la lectura y la información es perdida.

Por lo tanto, un deslizamiento implica pérdida o duplicación de una muestra de voz o datos (esto es, 8 bits en un canal de 64Kbit/s).

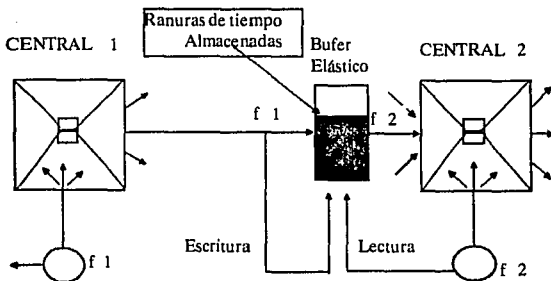


FIGURA 1-0

f_1 y f_2 son las frecuencias de los relojes que controlan la temporización de las dos centrales digitales. Dentro de cada central, los datos son leídos y enviados a la velocidad de su propio reloj.

Para reducir los deslizamientos debidos a la diferencia de frecuencia entre las centrales, se requiere hacer uso de relojes sofisticados, sin hacer a un lado la utilización de buffers elásticos para compensar las fluctuaciones de fase entre las centrales.

En el ejemplo anterior, se utilizaron únicamente dos centrales digitales interconectadas, las cuales trabajan a una frecuencia de conmutación diferente una con respecto a la otra. Obviamente, el caso ideal es cuando $f_1 = f_2$, en donde la velocidad de escritura es igual a la velocidad de lectura. Una red digital debe estar sincronizada correctamente, esto es, todas las centrales en la red deben conmutar sus datos a la misma velocidad. Para lograr esto, existen varios métodos de sincronización los cuales se utilizan para lograr una gran calidad y estabilidad en las redes telefónicas.

La compañía Teléfonos de México, S. A. de C.V. está basando el crecimiento acelerado de su red con equipos de tecnología digital, los cuales emplean técnicas de sincronización para el transporte de la información.

La operación de una red de este tipo se basa en la transferencia de pulsos en una secuencia exacta de tiempo, por esto, es importante que entre los tiempos de envío y recepción de la información exista una correspondencia mutua.

El control preciso del tiempo en una red telefónica digital es la base para una operación libre de perturbaciones.

Las normas internacionales exigen tener las redes digitales sincronizadas para cumplir con los estándares de calidad de servicio mundialmente aceptados; además las administraciones podrán proporcionar nuevos servicios que las harán más competitivas y con lo cual podrán general mayores ingresos económicos.

Por eso es importante seleccionar el método correcto que se utilizará para sincronizar toda la red y esto depende de las características de la red telefónica y de las decisiones que tome la administración que controla el desarrollo de dicha red, sin olvidar la inversión económica que también es un factor determinante en la selección del método de sincronización a utilizar.

Para estar dentro de las normas internacionales, se debe desarrollar un plan de sincronización.

El plan de sincronización se puede dividir en tres partes principales, las cuales son como sigue:

1 Plan de Sincronización de Red a largo plazo.

Este plan se debe de cubrir en un período de tres a cinco años a partir de que se autorice

2 Planes a Mediano Plazo.

Estos contemplan las diferentes etapas de desarrollo y los procedimientos para llevarlas a cabo.

3 Instrucciones de Central.

Estos documentos deberán mostrar las instrucciones operacionales para poder llevar a cabo la sincronización en cada central, así como la información para concretar los planes a mediano plazo.

Estos tres puntos anteriores no necesariamente deben ser preparados al mismo tiempo ni por la misma gente. Por el contrario, lo más apropiado es realizar el plan a largo plazo como proyecto global y empezar con los planes a mediano plazo tomando como base dicho proyecto. Las instrucciones detalladas de la central pueden prepararse posteriormente cuando exista una información más completa acerca de todos los enlaces conectados a cada central y así, seleccionar los que se tomarán para manejar las señales de sincronía.

Los conocimientos requeridos para realizar un buen Plan de Sincronización de Redes - PSR, es obviamente contar con un documento que muestre el diagrama de la red digital planeada. Si resulta imposible conseguir información suficiente acerca de la red, lo mejor es no preparar ningún plan de sincronización ya que para esta tarea no cabe suponer o hacer conjeturas.

No se requieren conocimientos detallados del equipo de sincronización, sin embargo se debe conocer qué métodos de sincronización están disponibles en las centrales y cuál es la exactitud y precisión que manejan los relojes con que están equipadas. El sistema de conmutación AXÉ de ERICSSON cuenta con tres métodos de sincronización de red los cuales son los más usados a nivel mundial, figura 1-1.

METODOS DE SINCRONIZACION DE RED

1. Plesiócrono
2. Maestro-Eslavo
3. Mutuo

} Se define en los planes

METODOS DE OPERACION DE LA CENTRAL

- a) Operación Sencilla
- b) Operación Multimodo

} Se define en la central

FIGURA 1-1

2 DESCRIPCION DE LOS METODOS

Cuando se prepara un PSR, se debe de escoger el método de sincronización que se va a establecer. Más adelante veremos una guía sobre cómo escoger el método correcto para cada parte de la red.

A continuación veremos una descripción de los métodos de sincronización Plesiócrona, Maestro-esclavo y Mutua:

2.1 OPERACION PLESIOCRONA.

La transmisión digital entre dos centrales digitales es plesiócrona si los dos relojes son independientes uno de otro, pero nominalmente tienen la misma frecuencia. Cualquier variación en frecuencia existente está restringida dentro de límites especificados.

(Plesio significa similar y crono significa tiempo). Así pues, la operación plesiócrona es un método donde la tasa de deslizamientos entre dos centrales se mantiene dentro de límites específicos.

Una central puede operar plesiócronamente hacia algunas centrales y al mismo tiempo usar operación síncrona hacia otras centrales.

Para relojes que controlen nodos en la red con terminaciones digitales de enlaces internacionales, la CCITT Rec G.811 recomienda una desviación de frecuencia no mayor a una parte en 10E11 (Referencia 7).

Esto se puede lograr con la ayuda de relojes atómicos de haz de cesio. Usando estos relojes, la tasa media de deslizamientos teóricamente deberá ser menor a un deslizamiento en 70 días por enlace internacional.

Las centrales ERICSSON AXE pueden ser equipadas con 1, 2 o hasta 3 relojes de cesio CCM (Cesium Clock Modules) cada una. Además, como alternativa se pueden conectar relojes externos a través de interfaces.

2.2 METODO MAESTRO-ESCLAVO

El método maestro-esclavo está basado en que cada reloj en cada central está "amarrado" en fase con el de otra central de tal forma que todas las centrales alcancen la misma frecuencia que tiene la central maestra seleccionada, llamada Maestro Primario (MP). Los enlaces de sincronización son establecidos para transportar sincronización unilateral.

La forma de trabajo maestro-esclavo más simple significa que una falla en cualquier enlace de sincronización provoque que la central afectada trabaje con su propio reloj libremente. Esto trae consigo un cierto deslizamiento.

Para limitar la tasa de deslizamientos en situaciones de falla y mantener un nivel aceptable, se deben usar relojes muy exactos en cada central.

El método maestro-esclavo jerárquico de operación sencilla puede mejorarse, usando enlaces de sincronización alternos, los cuales pueden ser conmutados automáticamente por la central en caso de ocurrir una falla de enlace.

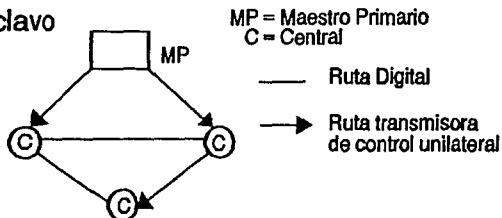
Este método es conocido como PAMS (Maestro Esclavo Preseleccionado Alternativo). AXE permite un orden jerárquico de enlaces o relojes de reserva los cuales pueden ser establecidos o cambiados por comando. Este método es del tipo asimétrico debido a que es realizado solamente por medio de señales de sincronización derivadas localmente. El calificativo asimétrico muchas veces es omitido, pero se debe de asumir cuando se menciona el método maestro-esclavo.

Existe también un método simétrico el cual utiliza señales de sincronización derivadas remotamente, aquí la central maestra realiza la medición de fase desde los relojes de las esclavas, y esta información es transmitida a las esclavas en un canal especial.

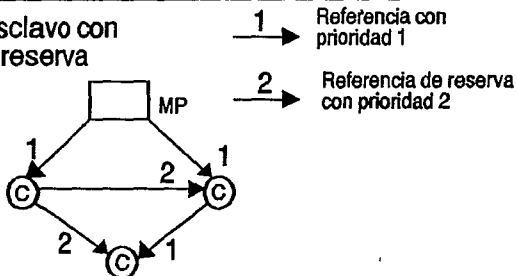
La figura 2-0 muestra los diagramas de las configuraciones del Método Maestro-Esclavo.

Métodos de Sincronización Maestro - Esclavo

Maestro-Esclavo Simple



Maestro-Esclavo con enlaces de reserva (PAMs)



Autoorganización Maestro-Esclavo Jerárquico

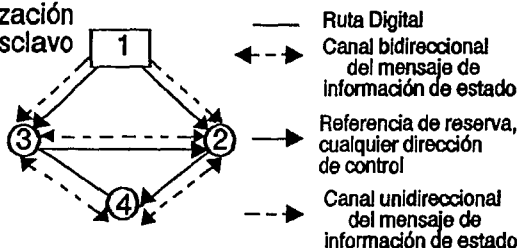


FIGURA 2-0

2.3 METODO ASIMETRICO MUTUO.

La sincronización asimétrica mutua se basa en que cada central controla su propio reloj de acuerdo al promedio de la suma de un número de enlaces entrantes. En el estado de operación normal, esto implica que la frecuencia de la central llega a ser igual a la frecuencia promedio de los enlaces medidos.

Los enlaces de sincronización entre todas las centrales sincronizadas mutuamente son establecidos para transmitir sincronización bilateral. En AXE, el número máximo de enlaces de control simultáneos es 10, cada uno de los cuales puede tener un enlace de reserva el cual es conmutado automáticamente en caso de ocurrir una falla en el primer enlace, aunque regularmente no son usados más de 5 enlaces duplicados.

El método asimétrico mutuo usado por ERICSSON se basa en que deberá existir por lo menos un nodo que no esté controlado por la red mutua pero que ejerza control sobre ésta. A este nodo se le conoce con el nombre de "Sink" o central de amarre o desagüe. La razón de la central Sink es que la frecuencia de la red entera converja con la de la sink y no ocurran desviaciones fuera de los límites establecidos y controlados por las normas internacionales de comunicaciones.

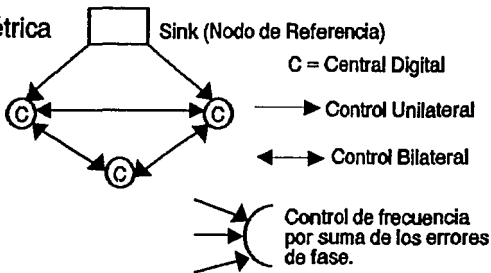
Es posible tener una red con una o varias sinks.

El método es establecido para ser del tipo asimétrico, el cual es opuesto al simétrico, debido a que es llevado a cabo solamente por medio de señales de sincronización derivadas localmente. El método simétrico utiliza señales de sincronización derivadas remotamente, es decir, la información de fase en el otro extremo del enlace tiene que ser transmitida en un canal especial.

La figura 2-1 muestra las configuraciones del método de sincronización mutua.

Métodos de Sincronización Mutua

Mutua Asimétrica con Sink



Mutua Simétrica con Sink

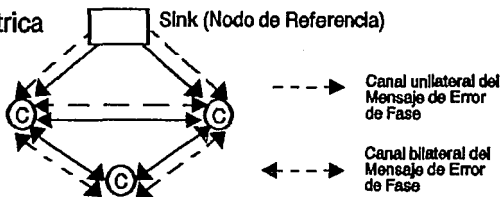
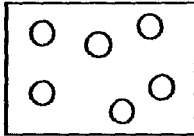


FIGURA 2-1

En una red se pueden mezclar varios métodos, esto es usando diferentes métodos para diferentes partes de la red. La siguiente información contiene una explicación de los tres métodos de sincronización más importantes, los cuales son: operación plesiócrona, sincronización maestro-esclavo y sincronización asimétrica mutua. El sistema AXE puede usar cualquiera de los tres métodos o una combinación de ellos. Una selección de métodos general, pero un tanto teórica, para cada parte del sistema sería como sigue: operación plesiócrona para enlaces internacionales; mutua para redes tipo malla; maestro esclavo para redes tipo estrella o donde por alguna razón la sincronización mutua no puede ser empleada.

Métodos de Sincronización

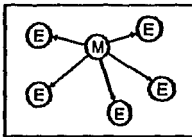
Operación Plesiócrona



CADA CENTRAL CUENTA CON SU PROPIO RELOJ
Y NINGUNO EJERCE CONTROL SOBRE OTRO

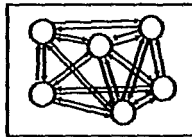
Operación Síncrona

Maestro-Esclavo



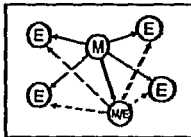
UTILIZA
UNICAMENTE EL
CONTROL
UNILATERAL.

Mutua



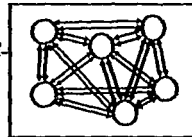
SIN CANAL
DE MENSAJE
DE ERROR
DE FASE

Maestro-Esclavo Simple



EN ESTE CASO
UNA CENTRAL
QUE ES ESCLAVA,
PUEDE SER MAES-
TRA DE OTRAS
CENTRALES.
ADEMAS EXISTEN
REFERENCIAS DE
RESERVA CON
NIVEL DE Prio-
RIDAD

Mutua Asimétrica



CON CANAL
DE MENSAJE
DE ERROR
DE FASE

Maestro-Esclavo
Preseleccionado (PAMS)
Alternativamente
M: CENTRAL MAESTRA
E: CENTRAL ESCLAVA

Mutua Simétrica

FIGURA 3-0

Los pasos de abonado remoto digitales RSS-D siempre deberán ser esclavos de la central a la que están conectados denominada central principal. Las centrales privadas PABX digitales también deben ser esclavas de su central principal o RSS-D. Sin embargo, para una red que cuenta con muchos PABX interconectados digitalmente, un plan de sincronización tiene que ser desarrollado de manera similar al de la red pública de telecomunicaciones.

Si la red PABX está conectada digitalmente a más de una central local, es de suma importancia tomar en cuenta este hecho cuando se realice el plan de sincronización de la red para la red pública: Si las centrales locales ya se encuentran sincronizadas, cualquiera o todas ellas pueden ser maestras de la red PABX; en caso de que las centrales locales no estén sincronizadas, alguna de las centrales locales puede ser sincronizada temporalmente vía la red PABX hasta que todas las centrales locales estén sincronizadas vía la red pública de telecomunicaciones.

Los pasos a seguir para la sincronización de una red son los siguientes:

- Paso 1.** Seleccionar el método correcto para cada parte de la red.
- Paso 2.** Si la red tiene conexiones vía satélite (nacionales o internacionales), se deberá leer el capítulo 7 en donde se puede seleccionar el camino correcto para sincronizar las estaciones terrestres y centrales asociadas.
- Paso 3.** Para el plan de sincronización de la red nacional se deben leer los capítulos 4 y/o 5.
- Paso 4.** Preparar los tres documentos: Plan a largo plazo; Planes a mediano plazo; Instrucciones de central.

3.1 CONEXION INTERNACIONAL

Los enlaces digitales internacionales normalmente son operados sobre una base plesiócrona. La CCITT Rec G.811 (Libro Rojo Sección 1.5) enuncia: "Es importante que las recomendaciones para operación plesiócrona no deben evitar la posibilidad de la introducción posterior de sincronización internacional".

Así pues, una selección normal es la plesiócrona para enlaces internacionales a menos que exista algún acuerdo entre los países. Sin embargo, por acuerdo entre dos o más países, existe la posibilidad de usar operación síncrona. Además, si un sistema de satélite AMDT internacional adopta un método simétrico, cualquier país puede hacer uso de la sincronización recibida en las estaciones terrestres.

3.2 SINCRONIZACION MUTUA O MAESTRO-ESCLAVO.

La pregunta usual es: ¿Cuál es el mejor método? Para contestar esto, debemos conocer las ventajas y desventajas de ambos.

La tabla 3-1 se refiere a los sistemas maestro-esclavo y asimétrico mutuo. En la columna de la izquierda se enlistan las desventajas, otros parámetros no mencionados se pueden considerar totalmente iguales para los dos métodos.

PUNTOS A EVALUAR	MAESTRO-ESCLAVO	MUTUA
Costo de relojes	medio (1)	bajo
Probabilidad de deslizamientos después de una falla de ruta	medio (1)	bajo
Administración de planes y cambios en la red	muchos	pocos
Dependencia de un nodo de referencia único	dependiente	no (2) depende
Dependencia de esquema de control idéntico en todos los nodos	no dependiente	si depende

Tabla 3-1 Comparación entre sincronización maestro-esclavo y mutua. La maestro-esclavo es del tipo PAMS, esto es que puede tener enlaces de respaldo. La mutua es asimétrica con uno o más nodos de referencia (o Sinks sincronizados desde nodos de Referencia) .

Nota 1 En este caso es "medio" y no "alto" debido a que se trata de un sistema simple maestro-esclavo sin ningún enlace de respaldo.

Nota 2 Una red mutua con sólo un nodo de referencia, tiene por supuesto, la misma dependencia que una maestro-esclavo. Sin embargo, existe la posibilidad de tener arbitrariamente muchos nodos de referencia independientes en un sistema mutuo.

De la tabla 3-1, podemos observar que el sistema mutuo tiene todas las ventajas excepto una: la dependencia de esquemas de control idénticos en todos los nodos. El algoritmo regulador no tiene por qué ser exactamente igual, pero por lo menos debe estar dentro de aproximadamente $\pm 50\%$ del nominal (De preferencia mejor). La supervisión de los enlaces también deberá estar regularmente igual para asegurar que dos centrales en cada extremo del enlace tengan aproximadamente la misma

"opinión" acerca de la calidad del enlace; esto es deseable para que ambas centrales rechacen un enlace con el mismo grado de disturbio (Esto previene que enlaces bilaterales lleguen a ser unilaterales).

La dependencia en esquemas de control idénticos en el sistema mutuo es el precio por todas las otras ventajas. Entre mayor es la red, mayores son las ventajas comparadas con el método maestro-esclavo. La fácil administración es otro punto a favor. Es incluso posible y fácil cambiar la posición de un nodo de referencia desde un extremo de la red hacia otro extremo.

Sin embargo, generalmente para redes en estrella puras, usar el control mutuo es una desventaja y puede ser inadecuado.

Por lo tanto, el método maestro-esclavo es la selección más adecuada para redes en estrella puras. Además el método maestro-esclavo es generalmente aplicado para interconectar redes que usan diferentes métodos de sincronización o en una red cuyos nodos usan diferentes esquemas de control.

3.2.1 Una Característica Especial con Sistema Mutuo.

La posibilidad de tener varios nodos de Referencia en un sistema mutuo es una característica muy especial. Esto permite una hibridación entre el control pliesícrono y mutuo; esto es ejemplificado más adelante. (Sin embargo, para diseño estándar de una red mutua con un nodo de Referencia como se ve en el capítulo 6, no es necesario leer y entender los detalles que se dan a continuación).

Considere una red nacional (tipo malla) con conexiones internacionales digitales, control mutuo y un nodo de Referencia nacional principal con relojes de cesio.

La sincronización de los países vecinos será muy parecida y también será derivada de los relojes de cesio. Por lo tanto, puede ser ventajoso hacer uso de la sincronización por razones de confiabilidad. Si la sincronización puede ser recibida en un nodo el cual no sea el nodo de Referencia, la red será capaz de mantener una sincronización precisa en el caso que el nodo de Referencia falle (o todas las conexiones desde éste). La sincronización vecina puede ser conectada unilateralmente ya sea permanentemente como un segundo nodo de Referencia (es decir como un segundo Sink) o como una reserva para un enlace desde el nodo de Referencia propio. El último es el método preferible mientras que el anterior puede ser usado si el nodo que recibe la sincronización vecina no tiene acceso directo al nodo de Referencia.

En caso de que esté conectado permanentemente, todos los nodos en la red mutua tendrán frecuencias comprendidas entre las frecuencias de los dos nodos de Referencia. En consecuencia, existirán deslizamientos en la

red pero la tasa de deslizamiento será, en la mayoría de los casos, de pocos deslizamientos por año para cualquier conexión, lo cual no tiene importancia comparado con la confiabilidad absoluta obtenida.

Se supone que la sincronización va a ser terrestres. Sin embargo, si la sincronización es recibida vía el sistema de satélite AMDT, esa sincronización no debe ser usada para sincronizar a menos que el método de doble extremo (simétrico) sea usado sobre el enlace vía satélite. (Ver el capítulo 7 para información adicional sobre esto).

Lo que se ha dicho anteriormente acerca de los dos nodos de Referencia es igualmente aplicable dentro de la red nacional, un ejemplo: Una central sincronizada mutuamente puede tener: ya sea un segundo reloj de Referencia conectado permanentemente, por ejemplo un sólo reloj de cesio, hacia una de las entradas de referencia del nodo (el reloj así llega a ser un segundo Sink hacia la red); o un reloj de referencia conectado como Sink de reserva para un enlace desde el nodo de Referencia, ejemplo un reloj de cuarzo con memoria de frecuencia o un reloj de cesio.

(Note que la central permanece sincronizada mutuamente hacia otras centrales mientras que el reloj conectado es visto como un Sink (o Sink de reserva) en la red, es decir con control unilateral desde el reloj a un nodo sincronizado mutuamente).

3.2.2 En Donde se debe Usar la Red Mutua.

Todas las redes pueden ser estructuradas en combinaciones de estrellas y mallas. (Mallas interconectadas por estrellas y viceversa). En esta etapa, no es importante hacer una división estricta y detallada de toda la red en estrellas y mallas; lo más importante es hacer sólo una división general y ordinaria.

Aquellas partes de la red las cuales tengan una estructura parecida a la estrella pura, deberán usar maestro-esclavo. Aquellas partes de la red, las cuales principalmente exhiban una estructura parecida a la malla son candidatos potenciales para la red mutua. Sin embargo, los candidatos mutuos deben cumplir un criterio adicional:

Todas las centrales dentro de la red mutua deben tener esquemas de control iguales. Si todas las centrales son AXE, todas están preparadas para control mutuo, ya sea que tengan la función o si no puede ser introducida por un cambio funcional. Para centrales que no son AXE, deben hacerse acciones especiales para asegurar un diseño el cual sea lo suficientemente parecido al sistema de control de reloj de AXE o deben ser sincronizadas usando maestro-esclavo.

Siguiendo la rutina de trabajo descrita en el capítulo 3 sólo se ha hecho el paso 1, es decir, elegir el método correcto para cada parte de la red y se deberá proceder con los pasos 2, 3 y 4. En el paso 3, se debe iniciar con la parte de la red que se crea que es donde el reloj de Referencia nacional será localizado.

La figura 3-2 muestra un ejemplo de un plan de sincronización de una red.

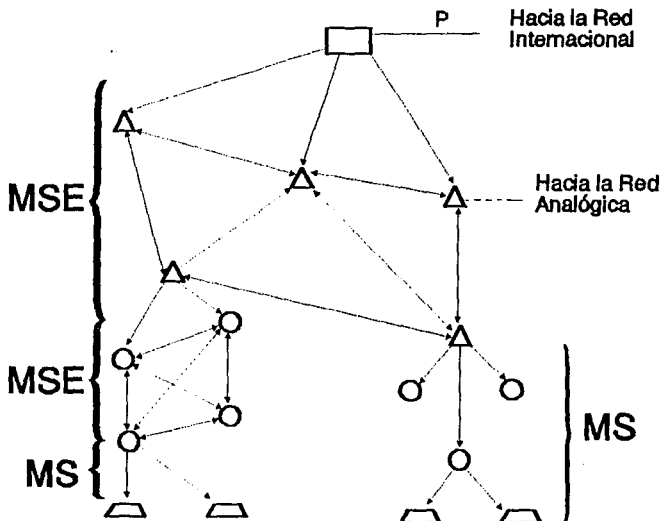
Este ejemplo de un PSR muestra que pueden ser usados diferentes métodos para diferentes partes de la red. La línea punteada hacia la red digital (nacional o internacional) es para tener en cuenta que centrales o enlaces analógicos no afectan el PSR.

La operación plesiócrona es apropiada para interactuar con la red internacional digital. Si existe tal enlace, el nodo de referencia, en este caso la central de tránsito internacional, deberá ser equipada con relojes de cesio. De otra forma, deberá ser equipado con relojes de cuarzo de alta estabilidad.

Mutua asimétrica puede ser usada en las subredes tipo malla si se desea una operación funcional excelente.

Maestro-esclavo es la selección obvia para todas las redes conectadas en estrella, sin embargo también puede ser usada en redes tipo malla, en cuyo caso el tipo PAMS es preferido.

Ejemplo de un Plan de Sincronización de una Red



CENTRAL	METODO
Tránsito Internacional	P Operación Plesiócrona
Tránsito Nacional	MS Maestro-Escravo
Local	MSE Mutua Asimétrica
Paso de Abonado	DIRECCION DE CONTROL
	→ Enlace Unilateral
	↔ Enlace Bilateral

FIGURA 3-2

4 OBJETIVOS DEL DESEMPEÑO DE LA RED

4.1 OBJETIVOS GENERALES

Algunos objetivos básicos son recomendados por CCITT: Rec G.822 que trata "Objetivos de Tasa de Deslizamiento Controlados en una Conexión Digital Internacional". La Rec G.811 trata de "Requerimientos de Sincronización en las Salidas de Relojes de Referencia y Nodos de Red Adecuados para la Operación Plesiócrona de los Enlaces Digitales Internacionales" (referencia 7 y 8).

Un objetivo es por lo tanto: que al usar esta instrucción resultará en el cumplimiento de las recomendaciones anteriores sin considerar el tamaño o estructura de la red. Además, usando esta instrucción debe resultar en una base firme para un crecimiento y evolución adicional de la red.

Para las centrales que no son AXE, los métodos son proporcionados y la instrucción es escrita también para guiar el diseño de un plan que comprenda centrales de diferentes fabricantes. Sin embargo; las descripciones de la red y desempeños de la red que se señalan a continuación, son sugeridas en toda la red telefónica.

4.2 DESEMPEÑO DE LA RED

El desempeño total de la red en términos de probabilidad para cierta tasa de deslizamiento o imprecisión del reloj es una función de dos partes: el desempeño en la disponibilidad de los sistemas de transmisión usados para transferir las señales de sincronización y el funcionamiento del reloj de las centrales.

La referencia 2 es un estudio de disponibilidad de sincronización de la red que usa modelos de la estructura de la red y los datos de disponibilidad.

El resultado es un conjunto de reglas simples y prácticas de planeación que definen el tipo y número de relojes que van a instalarse en los diferentes tipos de centrales, tomando en cuenta el número de rutas de sincronización disponibles. El cumplimiento de estas reglas garantizará que todas las intenciones de CCITT Rec G.811 y G.822 sean cumplidas o excedan con un margen suficientemente grande para todas las redes razonables. (Aunque originalmente se dirigen hacia el Libro Amarillo de CCITT, los márgenes fueron tales, que las reglas satisfagan igual que para el Libro Rojo). Las funciones de reloj mínimas sugeridas son aquellas que se presentan en la referencia 3.

Esta instrucción resultará en el equipo de relojes de acuerdo con las reglas dadas en la referencia 2. Por lo tanto, el desempeño de la red resultante puede expresarse en forma conveniente en desempeño de tasa de deslizamiento (o tiempo entre deslizamientos) después de la pérdida de todos los enlaces de sincronización del nodo específico. Los parámetros que determinan el desempeño son el tipo de central o la posición jerárquica de un nodo de reloj y el número de diferentes rutas de sincronización de las que depende el nodo.

Esto se resume en la Tabla 4-0. (La tabla toma la definición que un cambio de fase de 125 microsegundos resulta en exactamente un deslizamiento por canal).

Debe notarse que la pérdida de todos los enlaces de sincronización resultarán en deslizamientos sólo si existen restos de transmisión digital para otra central que usa sincronización de otra fuente. La tabla 4-0 asume que éste es el peor caso.

Tabla 4-0

Desempeño mínimo de la red expresado en tiempo mínimo entre deslizamientos por canal después de la pérdida de todos los enlaces de sincronización hacia el nodo específico.

TIPO DE CENTRAL/NODO	1 SOLA RUTA	MAYOR O IGUAL A 2 RUTAS DIFERENTES
Central Local	2 minutos	2 minutos
Tránsito Nacional	10 horas	2 minutos
Tránsito Internacional	3 días	3 días
Maestro Secundario	10 horas	10 horas
Maestro Terciario	-	10 horas
Sink Secundario	3 días	3 días
Sink Regional	3 días	-

Nota: El número de diferentes rutas digitales para sincronización define lo que está disponible hacia el nodo bajo las condiciones libres de falla (y en adelante asumir la pérdida).

La diversidad de rutas es vista desde el punto de vista de confiabilidad. Generalmente, una ruta de sincronización comprende por lo menos 2 enlaces PCM. Por lo tanto, una falla de un sólo enlace PCM normalmente no disminuirá todo el funcionamiento de la sincronización.

Los valores de desempeño son el peor caso, cuando existe una duración de falla de aproximadamente uno o pocos días y gran variación de temperatura en las centrales (aproximadamente 10 grados centígrados). Además, se asume que la red va a ser muy grande con rutas largas induciendo una desviación de fase y fluctuación relativamente grande.

El desempeño actual puede ser significativamente mejor que en la tabla 4-0, dependiendo del ambiente físico (temperatura, desviación de fase, etc) y las versiones de hardware y software instalados. Por ejemplo, la cifra 10 horas asume que la central no tiene memoria de frecuencia. Ver el inciso 4.3 para una descripción más detallada del desempeño logrado con cada tipo de reloj.

La interpretación del Sink Secundario para sincronización mutua difiere ligeramente de los otros tipos de nodos: Es un reloj (un RCM duplicado con memoria de frecuencia), instalado en una central de tránsito sincronizada mutuamente. El reloj actúa como un Sink de reserva que es conmutado en forma automática para reemplazar la ruta del Sink Primario cuando la ruta falla.

Así, el sink secundario puede ser conmutado después en una falla de ruta incluso si la central está sincronizada desde varias rutas diferentes. También, si sólo esa ruta crítica tiene falla, la red tendrá 2 sinks. Las frecuencias de las centrales estarán comprendidas entre los Sinks. Por lo tanto, el desempeño en este caso será mucho mejor que el de la tabla 4-0.

En caso de que se descomponga el Sink Primario o se pierda por completo debido a varias fallas de ruta, no existirán deslizamientos dentro de la red mutua, pero la cifra de 3 días en la tabla 4-0 será válida para una conexión internacional digital terminada en cualquier lado en la red mutua.

4.3 DESEMPEÑO DE RELOJ

Algunas de las especificaciones de reloj a continuación son expresadas en términos de tasa de deslizamiento correspondiente que puede ser el resultado de la salida de frecuencia causada por la pérdida de sincronización. Sin embargo, debe reconocerse que los valores son dados bajo la sugerencia de que existen restos de transmisión digital a otra central sincronizada desde otra fuente (ideal o no afectada). De otra forma, no existirán deslizamientos.

Un cambio de fase de 125 microsegundos es asumido para resultar en exactamente un deslizamiento por canal.

4.3.1 CLM

El CLM es el módulo de reloj interno de central. Todas las centrales AXE están equipadas con este reloj. El corrimiento de frecuencia anual intrínseca es 1 parte en 10E6.

3 CLMs generalmente son equipo suficiente para cada una de las centrales locales y para la mayoría de las centrales de tránsito que tienen por lo menos 2 rutas de sincronización diferentes geográficamente. La pérdida total de todas las referencias de sincronización puede causar:

Inicialmente: menor a una parte en 10E8 correspondiente a un deslizamiento en 3.5 horas.

Con ausencia persistente de sincronización por una semana y ciclo de temperatura de aproximadamente 10 grados centígrados (periodo de ciclo de 1 a 24 horas): menor a un deslizamiento en dos minutos.

4.3.2 RCM

El RCM es un módulo de reloj de referencia y es usado como una referencia de red (a menos que se use el reloj de cesio) o como una referencia de reserva.

El corrimiento de frecuencia anual es de 3 partes en 10E8.

Un RCM como referencia de reserva es lo normal para centrales designadas como "Maestro Secundario", "Maestro Terciario", "Sink Secundario" o "Sink Regional" y para las centrales de tránsito que tienen acceso a sólo una trayectoria física para sincronización. La pérdida total de todas las referencias de sincronización, excepto un RCM, puede causar:

1) Sin memoria de frecuencia:

Inicialmente: menor a 3.4 partes en 10E9 correspondiente a un deslizamiento en 10 horas. Este es el peor de los casos y asume falla justo antes de solicitar el incremento para ajuste manual. La tasa de deslizamiento asumiendo eventos de falla aleatoria es: un deslizamiento en 20 horas.

Con interrupción persistente de sincronización y ciclo de temperatura de aproximadamente 10 grados centígrados (periodo de ciclo de 1 a 24 horas): menor a 3.5 partes en 10E9 más un corrimiento de frecuencia lineal menor a una parte en 10E10 por día. (Asumiendo falla justo antes de solicitar el incremento para ajuste manual). Por ejemplo, una semana de operación libre implica menos de un deslizamiento en 8 horas.

2) Con memoria de frecuencia:

Cuando mucho un deslizamiento después de 3 días de interrupción de referencia persistente. Esto asume un ciclo de temperatura en la central de aproximadamente 10 grados centígrados (periodo de ciclo de 1 a 24 horas) y hasta 5 microsegundos de desviación en fase desde la referencia de sincronización antes de que ésta se pierda.

Con valores bajos de ciclo de temperatura y defasamiento, será hasta de 5 días antes que la fase tenga un cambio de 125 microsegundos.

4.3.3 Relojes Atómicos.

El Tiempo Atómico Internacional (TAI) (1), es una medida de horas dada por los diferentes relojes atómicos del planeta.

Estos relojes, seleccionados por la Oficina Internacional de la Hora, tienen como patrón el segundo, definido como "el tiempo que tarda un átomo de cesio en vibrar un poco más de 9000 millones de veces" (exactamente 9192631770 veces).

Antes de que entrara en vigor el TAI, para determinar la duración del segundo se dividía el día entre 24 y así se obtenía una hora. Después ésta por 60 para obtener un minuto y este último entre 60 una vez más.

El segundo correspondía así a $1/86400$ del día solar; siendo el día solar el tiempo medio transcurrido entre dos pasadas consecutivas del sol por su punto más alto.

Esto es: $60 \text{ segundos} \times 60 \text{ minutos} \times 24 \text{ horas} = 86400 \text{ segundos por día.}$

El problema de este tipo de medición es que, como el movimiento aparente del Sol alrededor de la Tierra no es uniforme, la duración del día solar no es constante.

Para corregir esto hubo que imaginar un "Sol medio" que, unas veces adelantándose al verdadero y otras atrasándose, pasara por el meridiano de una localidad cualquiera a intervalos regulares. Pero aún en este caso hay que contar con las alteraciones producidas por las pequeñas variaciones en la velocidad de rotación de la Tierra.

(1) El Tiempo Atómico Internacional es un invento del francés Bernard Guinot que consiste en una medida de tiempo dada por todos los relojes atómicos del planeta, que puede ser de tres tipos: aquellos cuyo componente principal es el cesio, los de rubidio y los máseres de hidrógeno.

Para evitar cualquier imprecisión en la medida del tiempo que pudiera ser inoperante con los avances tecnológicos de nuestra sociedad, en 1967 se estableció el Sistema Internacional de Unidades Físicas (SI) y se definió el segundo basado en las vibraciones del átomo de cesio 133.

Los aparatos que miden estas vibraciones son llamados relojes atómicos. Actualmente existen tres tipos de relojes atómicos: de cesio, de rubidio y máseres de hidrógeno atómico.

Existen dos características fundamentales para calificar un reloj atómico: la exactitud y la pureza espectral. Los de mayor pureza espectral son los máseres de hidrógeno (la palabra máser es equivalente a láser) porque generan señales de una sola frecuencia sin apenas contaminar a otras cercanas. El siguiente reloj en pureza espectral es el de rubidio, seguido por el cesio; pero a pesar de que el cesio es el de menor pureza espectral entre los relojes atómicos, es el más exacto de todos ellos y por esa razón es el patrón utilizado para medir y el que se emplea para definir el segundo.

El error relativo de frecuencia para estos relojes oscila entre $1E-12$ (relojes de cesio y rubidio) y $1E-15$ (relojes de hidrógeno). Lo que quiere decir que para que uno de estos relojes se retrase un segundo deberán transcurrir cientos de miles de años.

Dentro de los relojes de cesio el más moderno es el NIST-7, un largo cilindro recubierto con capas de metal de tres metros de largo por el que fluyen láseres y átomos de cesio y que será tan preciso como una milmillonésima de segundo, lo que quiere decir que hacia el año 3 001 990 solamente se habrá retrasado un segundo.

El NIST-7, será con toda probabilidad el reloj que mida el tiempo en esta década, fue construido por el equipo de Don Sullivan del National Institute of Standard and Technology de Boulder (Estados Unidos).

Desde que en 1948 se creara el primer reloj atómico en los Estados Unidos, el NIST-7 es el último avance en la carrera por averiguar qué es realmente el tiempo.

Por lo que respecta a las actividades que dependen del TAI, su número es elevadísimo. La gran mayoría de la tecnología militar más sofisticada necesita del tiempo atómico para ser efectivas. Y, además muchas otras áreas de nuestra sociedad no serían posibles si no contaran con la posibilidad de medir el tiempo con enorme exactitud. Una de ellas que afecta a la vida cotidiana de muchísimos ciudadanos, son las telecomunicaciones, las cuales dependen en gran parte de la capacidad de los relojes atómicos para conseguir la máxima exactitud.

En general, la mayor parte de la tecnología actual depende en gran medida de la posibilidad de medir el tiempo con enorme exactitud y casi todos los ciudadanos se defienden perfectamente con un reloj de cuarzo en su muñeca, lo cierto es que sin relojes atómicos no podríamos realizar actividades aparentemente tan sencillas como hablar por teléfono con una muy buena calidad en la transmisión y recepción de voz, así como el manejo de datos tan común e indispensable en esta época.

Resumiendo:

Existen, por lo menos, dos escalas para medir el tiempo, una de ellas está basada en la rotación terrestre y se conoce como tiempo universal, la otra es la que toma en cuenta el acontecer de los fenómenos astronómicos (fases de la luna, etc.) y es conocido como efemérico.

Sin embargo, ninguno de estos dos tiempos resulta satisfactorio para los tiempos mínimos.

La invención de los relojes atómicos que ya funcionaban muy bien a mediados de los cincuenta, creó la posibilidad de medir de manera muy precisa esa unidad temporal, básica para los científicos que es el segundo. Sin embargo el tiempo universal y el atómico se desincronizaban continuamente.

Esto llevó a que en 1958 se llegara a una definición de segundo basada en el tiempo atómico, además se decidió que cada año debería de tener el mismo número de segundos, lo que era prácticamente imposible. Para lograrlo se crearon los "segundos de hule". A partir de entonces, la duración de un segundo relativo en relación con el atómico fue alterada anualmente con la esperanza de que el año siguiente tuviera el mismo número de segundos que el anterior.

En 1967, la definición de segundo cambió y éste pasó a definirse a partir de la frecuencia de radiación emitida por un átomo de cesio, lo que hizo aparecer en el mundo del tiempo a los segundos "bisiestos".

Todo consiste en añadir o sustraer un segundo al último minuto de diciembre o de junio como lo que ocurrió recientemente en el año de 1992. Tal medida es notificada por la Oficina Internacional de la Hora con sede en París a todos los organismos que se encargan del tiempo en los diversos países.

El CCM es un reloj de cesio y por lo tanto, no tiene desviación de frecuencia.

La exactitud total (o salida de frecuencia, la cual es el término internacional adoptado) es menor a una parte en $10E11$. Esto corresponde a un deslizamiento en 144 días relativos a la frecuencia ideal.

El CCM es usado en el nodo de Referencia si la red termina en conexiones internacionales digitales.

5 PLANES MAESTRO-ESCLAVO

5.1 PRINCIPIOS BASICOS Y ESTRATEGIAS

El método maestro-esclavo puro está basado en que cada central en la red digital deberá estar "amarrada" en fase con otra central de tal forma que todas las centrales alcancen la frecuencia de la central maestra seleccionada llamada "Maestra Primaria".

El procedimiento descrito aquí también incluye métodos para seleccionar trayectorias de sincronización alternativas que se conmutan automáticamente en caso de fallas de enlace, este método es algunas veces llamado Maestro Esclavo Preseleccionado Alternativamente.

Todas las trayectorias de sincronización serán unilaterales y cada central telefónica deberá tener un orden jerárquico de enlaces y relojes en reserva.

Para ayudar al diseño de un PSR se usa el concepto de "Maestro Secundario". Esta es una central que normalmente es una esclava para la "Maestra Primaria", pero la cual puede utilizar un reloj de referencia local exacto en caso de pérdida de los enlaces de sincronización.

Sin embargo, dependiendo de la estructura de la red, podrá haber otras centrales que funcionen de manera igual o similar a una maestra secundaria y tener el mismo reloj exacto. Por lo tanto, la maestra secundaria es meramente una ayuda para obtener un buen PSR. La misma razón se aplica para usar el concepto "Maestra Terciaria" en los planes.

Si el método maestro-esclavo solo es usado en una sub-red bajo una región sincronizada mutuamente, no hay Maestro Primario y los conceptos Maestro Secundario y Terciario no son usados.

El procedimiento para desarrollar un PSR es descrito en la forma de un algoritmo. El algoritmo generará un plan para cualquier red digital y la generación del plan busca ser óptimo en los siguientes sentidos:

- i) Una falla individual de una ruta digital puede tener un impacto mínimo en el tráfico en términos de deslizamiento para enlaces libres de fallas.
- ii) Requerimientos más estrictos se utilizan para las centrales de tránsito, comparado con centrales locales, concierne a la probabilidad de disminución en el nivel de desempeño en cuanto a deslizamiento. Esto es de acuerdo con CCITT Rec. G.822.
- iii) Un número mínimo de relojes de referencia locales exactos para un determinado nivel de desempeño de la red.

Para lograr una alta confiabilidad y un alto grado de certeza para identificar y bloquear una referencia con falla, el procedimiento es basado en los siguientes principios:

- i) Si es posible, una central deberá tener por lo menos 2, o de preferencia 3 fuentes de referencia independientes (con respecto a la disponibilidad).
- ii) Si una central tiene dos o tres rutas digitales como referencias, 2 enlaces Digitales en cada ruta digital deben estar incluidos en orden jerárquico como referencias de sincronización. (Así, un par de enlaces son seleccionados en cada ruta Digital obteniendo como máximo 6 enlaces digitales. Es posible conectar más enlaces, pero el beneficio sería mínimo).
- iii) Si una central tiene solamente una ruta digital como referencia, tres enlaces digitales deberán ser seleccionados. (Esto también se aplica cuando la central tiene un RCM como reserva para la ruta digital).

Para crear un buen plan de sincronización de red, usando el procedimiento en la sección 5.2 de una red conocida, resulta algo sumamente sencillo.

Sin embargo, la mayoría de las redes son susceptibles a cambiar en cuanto a número de centrales y más particularmente, en cuanto al medio de transmisión que conecta a las centrales.

Como una red real puede estar compuesta de trayectorias tanto analógicas como digitales, la red digital puede tener una estructura, la cual es diferente de la red de enrutamiento.

Debido a estos aspectos y a el hecho que otras compañías de equipo de telecomunicaciones pudieran no tener suficientes funciones de sincronización, el que elabore el plan deberá usar su sentido común y particularmente deberá tener conocimiento de la evolución de la red.

Un cambio en el plan maestro-esclavo puede ir desde algo muy elemental a algo muy complejo. Los cambios complejos pueden ser por ejemplo, cuando dos redes digitales van a ser interconectadas en localidades diferentes (tomando en cuenta que las dos centrales maestras no deberán ser conectadas directamente).

5.2 CREACION DEL PLAN

Procedimiento.

Este capítulo comprende un algoritmo para la generación de un PSR. Se desarrollará en base a una serie de pasos, un plan, orden de prioridad de referencias y requerimientos de reloj.

Aunque el procedimiento descrito aquí puede ser aplicable a redes con centrales de cualquier tipo, una central tiene que ser responsable de la sincronización y funciones de reloj de las demás centrales.

El plan fundamental, obtenido para un procedimiento que se va a realizar por primera vez, deberá ser un plan que comprenda de 3 a 5 años a partir de la fecha de inicio. Por lo tanto, los planes a mediano plazo tienen que ser elaborados para ser usados durante la etapa de desarrollo. Estos planes provisionales pueden ser diseñados con el conocimiento de un PSR a mediano o largo plazo, la experiencia obtenida mientras éste se desarrolla, el conocimiento de la evolución de la red y un poco de sentido común.

Los cambios que tengan que ser hechos, de preferencia deberán ser mínimos.

Los procedimientos están estructurados dentro de las siguientes secciones principales para ser elaboradas en el orden que éstos aparecen:

- A Identificar la red digital
- B Maestro Primario y estructuras
- C Conexión de Mailla
- D Relojes Digitales
- E Renumeración de prioridades

A IDENTIFICAR LA RED DIGITAL.

Paso 1

Identificar todos los sistemas de conmutación digital (nodos), tanto existentes como futuros (con una perspectiva de tres a cinco años aproximadamente), los cuales tienen o tendrán transmisión digital hacia otra central.

Hacer una lista de todas las centrales anotando todos los hechos relevantes tales como el tiempo de instalación, equipo de reloj, funciones de sincronización y/o su capacidad para ser actualizada con nuevo software o hardware.

En el mapa, designar cada central como de Tránsito Internacional, de Tránsito Nacional o Central Local. (Para centrales combinadas, se debe seleccionar el nivel más alto).

Paso 2

Identificar todas las facilidades de transmisión digital tanto existentes como futuras (con una perspectiva de 3 a 5 años aproximadamente) entre todas las centrales listadas en el paso 1.

Organizar las facilidades en enlaces y rutas Digitales.

En el mapa, cada ruta digital se dibuja como una línea que conecta dos centrales.

Cierta distancia de una ruta digital puede ser común con otra ruta digital para otra central. Dichas partes comunes pueden ser dibujadas en el mapa como 2 (o más) líneas paralelas con un anillo alrededor de ellas. (En otras palabras, los enlaces digitales que están conectados semipermanentemente a través de una central, NO son rutas digitales de la propia central. Ellos deberán ser agrupados junto con el otro enlace digital hacia esa central).

Puede ser apropiado hacer una lista de todas las rutas digitales anotando todos los hechos relevantes tales como tiempo de instalación, lugar, longitud y número de enlaces digitales.

No. en el mapa	Nombre de la Central	Ubicación Geográfica	En Operación Actualmente <input type="checkbox"/>	En 2 años <input type="checkbox"/>	En 5 años <input type="checkbox"/>
Tipo de Central <input type="checkbox"/> Tránsito Intenacional		<input type="checkbox"/> Tránsito Nacional o Tránsito Local		<input type="checkbox"/> Local	
¿ Conexiones digitales hacia otras centrales? <input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No					
Si es así, ¿cuáles son?		<hr/> <hr/> <hr/>			
Designación del Tipo de Central			Año de Instalación		
Capacidad de Sincronización					
Posibilidad para actualizar Hardware					
Posibilidad para actualizar Software					
Equipo de Relej Existente					
Actualmente:					
En el futuro:					

TABLA 5-0-a

RUTAS DIGITALES

Rutas Digitales	Año de Instalación	Tipo Físico	Longitud (Km)	No. de Enlaces-D	Apropiada como Referencia de Sincronización
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					
Hacia					
Desde					

TABLA 5-0-b

Los hechos más importantes pueden ser anotados en el mapa, por ejemplo si una ruta digital tiene solamente un enlace digital. También deben ser marcados tanto en la lista como en el mapa, con una cruz aquellas rutas digitales que no sean apropiadas para tomarlas como referencias de sincronización. El criterio para decidir si una referencia es inapropiada, puede ser cualquiera de los siguientes:

- i) Conexiones vía satélite sin función de doble extremo
- ii) Trayectoria de transmisión que induzca más de un microsegundo diario de defasamiento ó 2.5 microsegundos de defasamiento anual.

A continuación se enumeran cuatro ejemplos de trayectorias máximas:

- 1. 2500Km en enlaces de radio más cualquiera de las alternativas siguientes:
 - a) 125Km en cable de fibra óptica aérea
 - b) 70Km de cable duplex de polietileno subterráneo
 - c) 25Km de cable duplex de polietileno vía aérea
- 2. 1500Km en cable coaxial normal subterráneo más 500Km de cable de fibra óptica subterráneo.
- 3. 300Km de cable de fibra óptica solamente vía aérea
- 4. 60Km de cable duplex de polietileno solamente vía aérea (2Mbit/s)

Una ruta digital, la cual es marcada así, puede ser usada como referencia (de control o de reserva) si la central correspondiente tiene pocas rutas Digitales alternas, pero los límites de supervisión pueden ser alterados en este caso. Se deberá consultar un especialista en caso de que dichas rutas sean usadas como referencias.

B MAESTRO PRIMARIO Y ESTRUCTURAS

Todas las redes pueden ser estructuradas como combinaciones de redes en estrella y malla. (Mallas interconectadas por estrellas y viceversa). Aquellas partes de la red las cuales muestran una estructura en estrella, de aquí en adelante serán llamadas secciones-estrella. Estas tienen muchos planes de sincronización obvios una vez que se conoce el nodo de referencia. Cuando todas las estrellas están sincronizadas, las mallas son vistas en la sección C CONEXION DE MALLA.

En un plan maestro-esclavo puro, el nodo de referencia es llamado nodo primario. Si un nodo sin referencia de una red mutua puede servir como maestro para una subred maestro-esclavo, se deberá saltar el paso 1 y el inciso C "CONEXION DE MALLA" no seleccionará ningún maestro secundario o terciario.

Si la subred maestro-esclavo es conectada a un nodo de referencia seleccionado en el capítulo 6, ese nodo también será un Maestro Primario.

Paso 1 Selección del Maestro Primario

Una suposición aceptada en este paso es que el maestro primario es una central. Sin embargo, se puede seleccionar un nodo de reloj especial como Maestro Primario mientras que tenga una distribución de tiempo similar a las rutas Digitales de una central de Tránsito.

Para obtener los criterios para la selección del Maestro Primario, la lista que se muestra a continuación da las propiedades deseables que puede ser usada como guía. De estas propiedades, solamente la última (v) es un requerimiento estricto, mientras que por ejemplo (iii) concerniente a las Conexiones Internacionales Digitales, solamente puede ser apropiado pero no un punto necesario para colocar un reloj de cesio. Por lo tanto, se debe seleccionar el nodo el cual tiene la combinación más adecuada de las siguientes propiedades:

- i) Tener un gran número de rutas Digitales.
- ii) Ser una central de tránsito
- iii) Tener o conseguir Conexiones Internacionales Digitales
- iv) Ser un nodo central importante en la red.
- v) Debe contar con relojes de referencia precisos.
(Ver inciso D "Relojes Digitales").

Nombre a este nodo Maestro Primario y dibuje flechas en todas las rutas digitales a todas las centrales a las que están conectadas. Establezca la prioridad uno en estas flechas.

Paso 2 Estructura en Estrella:

Todas las secciones en estrella son ahora sincronizadas en una forma demasiado obvia. Partiendo desde el maestro primario o un nodo de referencia o la malla que lo conforma, dibuje flechas sobre las rutas digitales en todas las secciones en estrella.

C CONEXION DE MALLA

Esta rutina está estructurada dentro de la selección de un maestro secundario (MS), la selección de maestro terciario (MT) y subrutina para selección de las otras centrales en la malla (subred).

La red digital puede estar compuesta de varias secciones de malla (al lado de estrellas puras), las cuales no tendrán conexiones entre ellas excepto vía secciones en estrella o vía la central maestra. Estas rutinas de conexión de malla son recurrentes de modo que llega automáticamente a todas las centrales en cada sección de la malla de la red digital.

Una simple prueba para ver si una central pertenece a la misma sección de malla como la central seleccionada previamente es: deberá tener una ruta digital que pueda dirigir hacia la central seleccionada previamente sin cruzar el nodo maestro, generalmente MP, o usando una sección de la estrella.

MS.

Si ninguna central puede ser seleccionada por esta rutina, entonces se deberá ir a la "subred". Las secciones de malla con centrales locales solamente no deberán tener maestro secundario así que para estas secciones: ir directamente a la "subred".

Seleccionar una central, previamente no seleccionada, usando la siguiente secuencia de criterios de selección:

- 1 Deberá tener una flecha desde MP. De preferencia 2 (diversas) rutas desde MP. Si existe sólo una, de preferencia no debe ir en paralelo con ninguna otra ruta digital desde MP y debe tener por lo menos dos enlaces digitales.
- 2 Deberá, si es posible, tener una ruta digital desde otra central marcada con flechas cuya flecha es recibida en una ruta diferente desde esta ruta digital.
- 3 Debe tener el menor número de flechas de rutas digitales, pero por lo menos una, la cual puede regresar a MP o a Conexiones, Internacionales Digitales, CID (vía otras centrales).
- 4 Deberá ser capaz de estar equipada con un reloj de referencia local preciso.
- 5 Si permanece la ambigüedad, considerar la calidad de los enlaces digitales. Además, una central de tránsito puede ser preferible a una central local.

Nombrar este MS y dibujar las flechas en todas las rutas digitales para todas las centrales a las que está conectada (excepto a la maestra primaria). Si tiene dos flechas diferentes desde MP, establecer la prioridad 2 en todas las flechas salientes o de lo contrario establecer la prioridad 3.

MT

Si todas las centrales que permanecen en la sección de malla son centrales locales: ir directamente a la "subred".

Seleccionar una central, previamente no seleccionada, usando la siguiente secuencia de criterios de selección:

- 1) Deberá tener una flecha entrante desde dos centrales sobre dos rutas diversas y por lo menos una flecha en la ruta digital. Si dicha central no existe, regresar a MS y seleccionar una MS más dentro de la misma sección de malla como la MS anterior.
- 2) Deberá tener el mayor número de flechas en las rutas digitales que pueda regresar hacia MP o hacia CID (vía otras centrales). Si el número de dichas rutas digitales es cero, entonces ir a la "Subred".
- 3) Deberá ser capaz de ser equipada con un reloj de referencia local preciso
- 4) Si permanece la ambigüedad, considerar la diversidad, la longitud y la calidad de las rutas. Además, una central de tránsito puede ser preferible que una central local.

Nombrar a éste como MT y dibujar flechas en todas las rutas digitales a todas las centrales a las que están conectadas (excepto a MP o MS). Si tiene una flecha desde MP, establecer la prioridad 2 en todas las flechas salientes o de lo contrario establecer la prioridad 3.

SUBRED

Las centrales restantes en la sección de malla son sincronizadas usando la siguiente subrutina:

Deje $P = 3$ (valor de estrella para prioridades en la rutina que se describe a continuación).

Dejar que N sea el número de flechas entrantes.

Realizar este bucle mientras esta rutina pueda seleccionar una nueva central:

Identificar las centrales, previamente no seleccionadas, las cuales cumplan con los siguientes criterios: (Si ninguna central cumple los criterios, esto implica que se deberá salir del bucle).

- 1) Deberá pertenecer a la misma sección de malla como la central seleccionada previamente a menos que una nueva sección de malla se introdujera sin contar con MS.
- 2) Deberá tener N máximo, de preferencia desde diversas rutas y tener por lo menos una flecha de ruta digital.

El número de flechas N, para las centrales identificadas, determina las siguientes acciones:

N = 1 Si existe más de una central, se puede hacer lo siguiente para la última selección:

- 1) La flecha debe comprender por lo menos dos enlaces digitales y no deben ir en paralelo con ninguna otra ruta.
- 2) Debe tener una ruta digital sin flecha hacia otra central marcada con flecha cuya flecha es recibida en una ruta diferente desde esta ruta digital sin flecha.
- 3) Una central de tránsito puede ser preferible a una central local.
- 4) Pocas rutas digitales sin flechas son preferibles a demasiadas.
- 5) Existe una preferencia por flechas de alta prioridad. (Uno antes de 2 y así sucesivamente).

Deje $P = P \text{ anterior} + 1$

Dibuje flechas en las rutas digitales sin flechas desde esta central. Establezca la prioridad $P + 2$ en estas flechas.

N > 1 Si existe más de una central se puede hacer lo siguiente para la última selección:

- 1) La central con la flecha de más alta prioridad debe ser seleccionada.
- 2) Considere la diversidad y calidad de las rutas. (Esto es bueno con 2 enlaces digitales en la ruta de más alta prioridad).

Deje $P = P \text{ anterior} + 1$

Dibuje flechas en las rutas digitales sin flechas desde esta central a aquellas centrales las cuales tengan menos de tres flechas entrantes. Establezca la prioridad P en estas flechas.

Fin de bucle.

Hasta ahora, esta sección de malla debe ser concluida. Si las centrales permanecen en alguna otra sección de malla sin ninguna flecha, se debe regresar a MS e iniciar nuevamente.

D RELOJES DIGITALES

La siguiente recomendación se aplica a centrales AXE y es referente a equipo de relojes de referencia local:

MP:

- a) Si la red no tiene CID, el MP deberá ser equipado con 3 RCMs (Módulos de Reloj de Referencia).
- b) Si la red tiene CID, el MP deberá ser equipado con referencia de cesio:
 - i) La recomendación general para una central que tiene una función de memoria de frecuencia precisa es: 2 CCM (Módulos de Reloj de Cesio) más 1 RCM. Esto cumplirá las altas demandas en confiabilidad y una capacidad de supervisión suficiente.
 - ii) Si la central no tiene la función de memoria de frecuencia o si los relojes de cesio independientes externos son usados en lugar de CCM, es recomendado equipar la central con 3 CCM o 3 relojes de cesio externos por razones de capacidad de supervisión.

MS: MS deberá ser equipado con 2 RCMs. Si MS incluye la función de memoria de frecuencia, ésta incrementará el desempeño en situaciones de falla.

MT: MT deberá ser equipado con un RCM. Si MT incluye la función de memoria de frecuencia, ésta incrementará el desempeño en situaciones de falla.

Relojes adicionales para otras centrales:

-Las centrales de tránsito con solamente una trayectoria de sincronización física (una flecha o flechas de acompañamiento geográfico), deberán ser equipadas con un RCM.

-Las centrales con CID deberán ser equipadas con: ya sea 2 RCMs con la función de memoria de frecuencia o un reloj de cesio más un RCM sin la función de memoria de frecuencia.

E RENUMERACION DE PRIORIDADES

Un PSR deberá ser desarrollado ahora que cada central tiene de una a tres flechas, cada una con un número de prioridad. Sin embargo, como se mencionó en la sección 5.1, es apropiado usar 2 (o algunas veces 3) enlaces digitales en cada ruta digital para minimizar el impacto de las fallas de hardware en el equipo. De ahí que, una nueva orden de prioridad deberá establecerse para cada central en donde todos los enlaces digitales son establecidos en un orden directo de prioridad jerárquica.

Es apropiado hacer una lista para cada central nombrando los enlaces digitales y los relojes los cuales deberán ser conectados y sus prioridades deberán ser establecidas por comando para proporcionar una instalación fácil y segura. Se aplica el siguiente procedimiento:

- a) Si la central tiene solamente una flecha, seleccionar, si es posible, 3 enlaces digitales en esa ruta digital y establezca las prioridades de 1 a 3 en estos enlaces.
- b) Si la central tiene más de una flecha, seleccionar, si es posible, 2 enlaces digitales en cada ruta digital. Iniciar con la ruta digital de más alta prioridad (número más pequeño) establecer las prioridades para todos los enlaces digitales en un orden ascendente directo iniciando desde la prioridad uno en adelante.

Algunas veces dos rutas digitales tienen el mismo número de prioridad y en ese caso, no importa cuál se seleccione primero. Sin embargo, es práctico seleccionar primero aquélla la cual tiene la trayectoria más corta hacia la central maestra.

- c) Los relojes adicionales son colocados al final en orden de prioridad. CCM es antes que el RCM.

Ejemplo: Una central tiene 3 flechas (rutas digitales) nombradas como A, B y C con prioridades 2, 2 y 4 respectivamente. 2 enlaces digitales son seleccionados en A y B, pero C consta sólo de un enlace digital. El orden de prioridad en la central será entonces así:

1 y 2 desde A, 3 y 4 desde B, 5 desde C.

5.3 EJEMPLOS

Esta sección da algunos ejemplos de redes maestro-esclavo figuras 5-1 (a) a (f) desarrollados usando el procedimiento de la sección 5.2. Las prioridades mostradas son previas a la reenumeración. Las redes sólo tienen el propósito de ilustrar los principios sin considerar si las redes son reales o no.

Los símbolos usados en los planes son:

Figura

Significado



Central de Tránsito Internacional



Central de Tránsito Nacional



Central Local



1 RCM con prioridad 2



1 CCM con prioridad 2



2 rutas de acompañamiento geográfico que terminan en diferentes centrales. (Acompañadas desde el punto de vista de confiabilidad).

Comentarios:

Una red de un país puede ser manejada por diferentes administraciones. El procedimiento en la sección 5.2 no puede tomar en cuenta dichos hechos en forma implícita. Sin embargo, es fácil modificar la red de modo que cada región administrativa se le asigne su propio "Maestro Regional".

El procedimiento de la sección 5.2 es compatible y completamente aceptable y puede ser una ventaja desde el punto de vista de manejo y mantenimiento. Sin embargo, el procedimiento automático es el estándar recomendado para nuevas redes cuando no existan restricciones especiales tales como regiones administrativas o centrales con funciones de sincronización muy diferentes de las que se sugieren.

Cualquier variación del estándar, generalmente es fácil de prever y manejar.

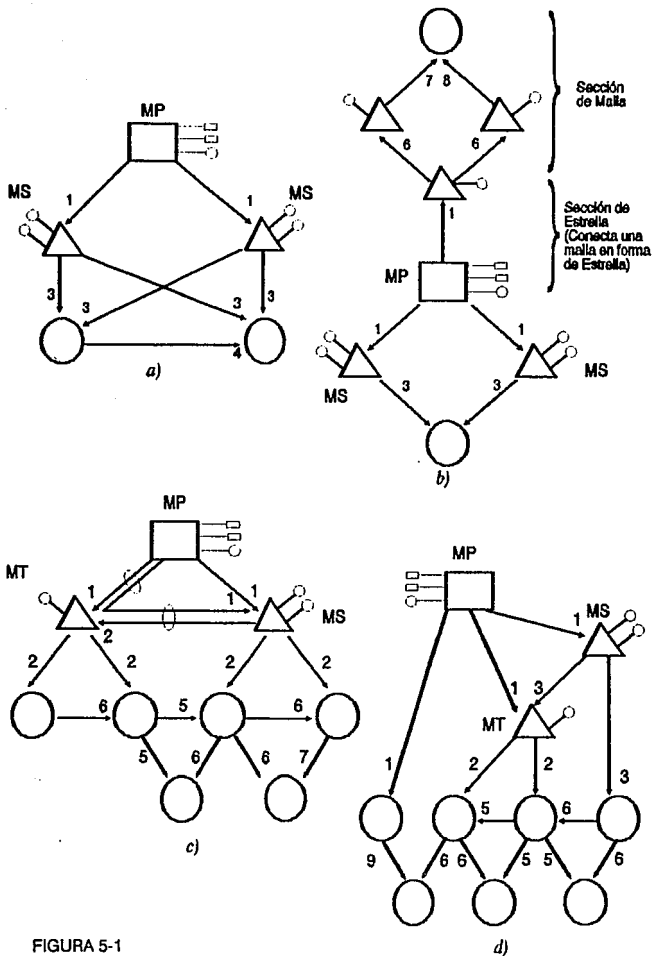
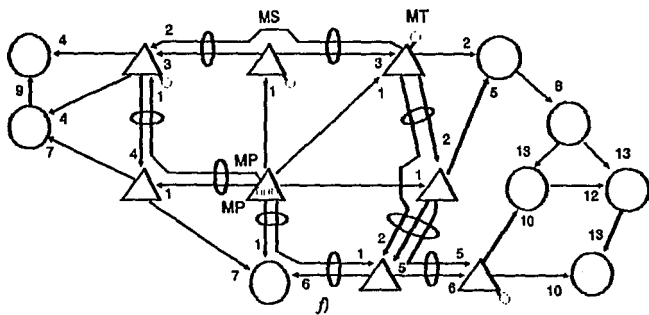
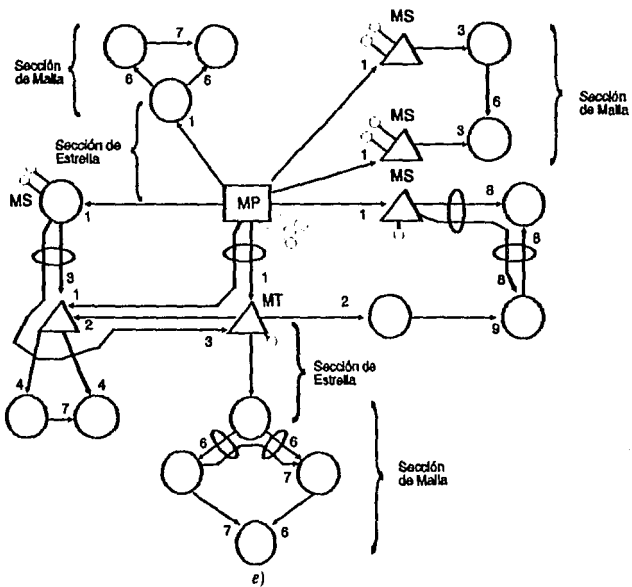


FIGURA 5-1



5.4 GUIA PARA CAMBIOS DE RED

La razón para iniciar con el PSR a largo plazo es debido a que hay que estar consciente de los cambios futuros en la red. Los cambios de sincronización necesarios que tienen que hacerse deben minimizarse y esto debe ser reflejado en los planes a mediano plazo. Junto con los planes a mediano plazo, el cambio de procedimiento debe ser descrito. Muchos cambios pueden ser muy fáciles y obvios, pero ciertos cambios pueden requerir una instrucción detallada.

La regla más importante a seguir cuando se lleva a cabo el cambio, es no permitir que ocurran enlaces bilaterales o bucles unilaterales, los cuales formarían una red mutua asimétrica con comportamiento desconocido. Cuando la operación plesiócrona durante el procedimiento de transición sea inevitable, la tasa de deslizamiento y tiempo en el modo plesiócrono deben ser considerados.

La figura 5-2 (a) muestra una red (imaginaria) con los mismos símbolos de red como en la sección 5.3. Todos los números de prioridad en la figura 5-2 son anteriores a la reenumeración, es decir ya que los números están establecidos cuando se usa el procedimiento en la sección 5.2. Los números dentro de los símbolos de la central son sólo una numeración arbitraria de las centrales.

Las redes (b), (c) y (d) son cambios imaginados en (a) y la trama de trabajo de los procedimientos de cambio son descritos a continuación.

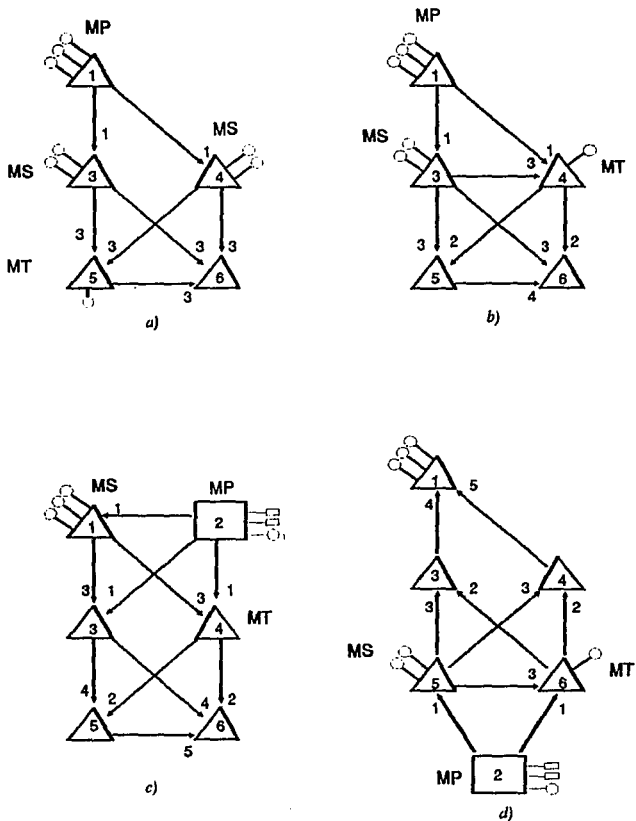


FIGURA 5-2

Figura 5-2 (b)

Una ruta digital extra ha sido instalada entre las centrales 3 y 4. Si esto se anticipó cuando el plan (a) fue hecho, sólo las centrales 4 y 5 deben necesitar nuevo cable y una nueva orden de prioridad. (El RCM en la central 5 es removido). De hecho, el plan (a) pudo haber sido modificado desde el inicio de modo que se pareciera exactamente al (b) exceptuando la ruta digital faltante. Esto haría al (a) un plan a mediano plazo efectivo y sólo la central 4 necesitaría una acción manual. El plan a mediano plazo violaría un poco el procedimiento automático en la sección 5.2 pero el sentido común nos dice que esto es una pequeña ventaja. El concepto de MT se basa principalmente en una central con acceso tanto a MP como MS. Así se obtiene un nodo en la red con una disponibilidad muy alta de sincronización, o en el caso cuando MT tenga acceso a dos MS, formará un nodo tan bueno como el MS a pesar de tener un RCM menos. Sin embargo, en esta pequeña red el nodo 6 tiene acceso a ambos MS de modo que MT no contribuye mucho en la disponibilidad total. Deben tomarse estas consideraciones cuando se realicen planes a mediano plazo. El rompimiento de las reglas estándar de la sección 5.2 no será necesariamente algo serio. Para redes pequeñas, es generalmente fácil predecir las consecuencias del rompimiento de las reglas estándar para obtener pocos cambios entre los planes a mediano plazo y los planes a largo plazo. Sin embargo, las redes grandes son más reacias a cambios de red ya que los cambios manuales casi siempre son propensos a tener errores.

Figura 5-2 (c)

Una central de tránsito internacional nueva con CID ha sido instalada. La central incluye dos relojes de cesio (CCM). Se supone que existe el deseo de hacer a esta central el nuevo nodo maestro de la red (por razones que en este momento no importan). El procedimiento de cambio puede resumirse en los siguientes pasos:

Paso 1

Deje que la central 1 sea esclava de la central 2 y remueva un RCM de la central 1 (el cual puede ser instalado en la 2). Ahora la central 1 es MS y los dos RCM deberán ser incluidos en el nuevo orden de prioridad.

Paso 2

Vaya a las centrales 3 y 4 y remueva los RCM 2 y 1 respectivamente (libres para otro uso o como una reserva). Conecte los cables hacia las nuevas rutas digitales desde MP y renueve el orden de prioridad para incluir la nueva ruta digital.

Paso 3

Vaya a la central 5 y remueva el RCM (libre para otro uso), renueve el orden de prioridad. Si el cambio en la red no fue anticipado, el orden de prioridad en la central 6 también tiene que ser renovado.

Como en el ejemplo de la figura 5-4 (b), el plan a mediano plazo (a) pudo haber sido modificado desde el inicio para así eliminar el paso 3.

Figura 5-2 (d)

Una central nueva de tránsito internacional con CID ha sido instalada. La central incluye dos relojes de Cesio (CCM). Se supone que existe el deseo para hacer a esta central el nuevo nodo maestro de la red. (La razón para esto no será considerada aquí, pero puede por ejemplo que la red se vaya a expandir desde este punto y que la red original expandida desde la central 1 era la única capaz de cumplir la función de central maestra en ese momento).

Este ejemplo ha sido escogido para mostrar que algunos cambios pueden ser mucho más difíciles que los ejemplos anteriores y esto puede ser comparado con el cambio más simple correspondiente en una red mutua (ver sección 6.4).

Un cambio de procedimiento propuesto puede ser resumido en los siguientes pasos:

Paso 1

Tome dos RCM de la central 4 e instálelos en las centrales 5 y 6 como lo muestra la figura 5-2 (d). Conecte los cables a las nuevas rutas digitales desde el nuevo MP.

Paso 2

Renueve el orden de prioridad en las centrales 5 y 6 de acuerdo con el nuevo PSR.

De ahora en adelante, la red opera plesiócronamente con respecto a la diferencia de frecuencia entre el reloj de cesio y el RCM en la central 1. Esto implica menos de un deslizamiento por hora.

Paso 3

Sincronice las centrales 3 y 4 de acuerdo al nuevo plan. (Ganancia 2 RCM libres).

Paso 4

Sincronice la central 1 de acuerdo al nuevo plan.

De ahora en adelante, la red opera en forma sincronizada de nuevo. Uno de los RCM libres puede ser instalado en la central 2.

Del ejemplo anterior puede concluirse que con un plan a mediano plazo considerado apropiadamente, los cambios en la red son procedimientos demasiado sencillos para redes de malla pequeñas. Sin embargo, las redes de malla grandes pueden requerir procedimientos administrativos considerables.

6 PLAN MUTUO TERMINACION SENCILLA (Asimétrico)

6.1 PRINCIPIOS BASICOS Y ESTRATEGIAS

En el método mutuo asimétrico, cada central controla su reloj de acuerdo a la suma de un número de enlaces entrantes. Todos los enlaces de sincronización entre todas las centrales sincronizadas mutuamente en el mismo nivel transfieren la sincronización bilateral (BL).

Con las centrales AXE, cada enlace de sincronización puede tener un enlace de reserva que es conmutado automáticamente después de una falla del primer enlace. Esta instrucción generalmente seleccionará aproximadamente de 2 a 5 rutas duplicadas para cada central.

El procedimiento descrito aquí también seleccionará por lo menos un nodo el cual no es controlado por la red mutua si no que ejerce control sobre esta. Dicho nodo es llamado Sink. El efecto del sink es que la frecuencia de la red converja con la frecuencia del sink y por lo tanto es similar (pero no igual) a un maestro en una red maestro esclavo.

Si el sink es el nodo de referencia de toda la red, este es llamado "Sink primario" - SP. La red también puede tener sinks inferiores para subredes mutuas ubicadas en un nivel inferior.

Esta instrucción automáticamente creará la estructura de la red en niveles. Aquellos sinks que están un poco "aislados" (desde el punto de vista de confiabilidad) están equipados con un RCM y son nombrados Sinks Regionales - SR.

Para proporcionar un respaldo seguro en una red de tránsito grande, en caso de que el SP se "calga" o se pierda debido a muchas fallas en la ruta, el procedimiento también seleccionará un Sink Secundario - SS. Este es un reloj (generalmente un RCM duplicado con memoria de frecuencia) instalado en una central de tránsito sincronizada mutuamente. El reloj actúa como un sink de reserva que es conmutado en forma automática para reemplazar la ruta desde el sink primario cuando la ruta falla. (Para redes que comprenden solamente centrales locales, la confiabilidad es considerada completamente satisfactoria sin el SS). Para el funcionamiento de SR y SS, ver el capítulo 4.

El procedimiento para desarrollar un PSR es descrito en la forma de un algoritmo. El algoritmo generará un plan que tenga el propósito de ser óptimo en el siguiente sentido:

- i) Una sola falla en la ruta digital deberá tener un mínimo impacto sobre el tráfico en términos de deslizamiento para enlaces libres de fallas.
- ii) Más requerimientos restrictivos existen en centrales de tránsito comparadas con centrales locales concernientes a la probabilidad de disminución del nivel de funcionamiento de deslizamientos. Esto es de acuerdo con la recomendación G.822 de la CCITT.
- iii) Un número mínimo de relojes de referencia locales precisos para un determinado nivel de funcionamiento de la red.

Para llevar a cabo un alto grado de confiabilidad y de habilidad para identificar y bloquear una referencia con falla, el procedimiento es basado en los siguientes principios:

- i) Si es posible, una central debe tener cuando menos 2 o de preferencia 3 fuentes de referencia independientes (con respecto a la disponibilidad).
- ii) Si una central tiene dos o más rutas digitales como referencias, dos enlaces digitales en cada ruta digital deben ser seleccionados. Cada ruta digital así tendrá un enlace digital de control y uno en reserva. (Es posible conectar más enlaces, pero los beneficios serán muy pocos).
- iii) Si una central tiene sólo una ruta digital como referencia, tres enlaces digitales deberán ser seleccionados (además de cualquier RCM).

El crear un buen plan de sincronización de red, usando el procedimiento de la sección 6.2 de una red conocida, resulta sumamente sencillo. Sin embargo, la mayoría de las redes son susceptibles a cambiar en cuanto a número de centrales y más particularmente, en cuanto al medio de transmisión que conecta a las centrales. Como una red real puede estar compuesta de trayectorias tanto analógicas como digitales, la red digital puede tener una estructura, la cual es diferente de la red de enrutamiento. Debido a estos aspectos, el que elabore el plan deberá usar su sentido común y particularmente deberá tener: conocimiento de la evolución de la red.

La sección 6.4 contiene información adicional relacionada con los cambios.

6.2 CREACION DEL PLAN.

Procedimiento.

Esta sección comprende un algoritmo para la generación de un PSR. Se desarrollará un plan a través de una serie de pasos, una orden de prioridad de referencias y requerimientos de reloj.

Antes de pasar al procedimiento es recomendable leer el capítulo 7 (Conexiones vía Satélite) si dichas conexiones están incluidas.

Todas las centrales dentro de la red mutua deben tener la función mutua con esquemas de control iguales. Si todas las centrales son AXE, todas están preparadas para el control mutuo; ya sea que tengan la función o que pueda ser introducida por un cambio funcional.

Para aquéllas que no son AXE, deben tomarse acciones especiales para asegurar un diseño que sea lo suficientemente similar al sistema de control de reloj de AXE o deben ser sincronizadas usando el método maestro-esclavo.

El plan fundamental obtenido llevando el procedimiento por primera vez, será un plan de aproximadamente 3 a 5 años, a partir de la fecha de inicio. Por lo tanto, tienen que elaborarse planes a mediano plazo para ser usados durante la etapa de desarrollo. Estos planes a mediano plazo pueden ser designados con el conocimiento del PSR a mediano o largo plazo y la experiencia obtenida mientras se desarrolla el plan, el conocimiento de la evolución de la red más el uso del sentido común. Los cambios que tienen que ser hechos de preferencia deben ser mínimos. Si se anticipan cambios más grandes, ver la sección 6.4 para algunas sugerencias.

El procedimiento está estructurado en las siguientes secciones principales que son elaboradas en el orden en que aparecen.

- A Identificación de la red digital
- B Sink Primario
- C Conexión de Mallas
- D Relojes Digitales
- E Establecimiento de Prioridades

A IDENTIFICACION DE LA RED DIGITAL.

Paso 1

Identificar todos los sistemas de conmutación digital (nodos), tanto existentes como futuros (con una perspectiva de tres a cinco años aproximadamente), los cuales tienen o tendrán transmisión digital hacia otra central. Hacer una lista de todas las centrales anotando todos los hechos relevantes tales como el tiempo de instalación, equipo de reloj, funciones de sincronización y/o su capacidad para ser actualizada con nuevo software o hardware. En el mapa, designar cada central como de Tránsito Internacional, de Tránsito Nacional o Central Local. (Para centrales combinadas, se debe seleccionar el nivel más alto).

Paso 2

Identificar todas las facilidades de transmisión digital tanto existentes como futuras (con una perspectiva de 3 a 5 años aproximadamente) entre todas las centrales listadas en el paso 1. Organizar las facilidades en enlaces y rutas Digitales.

En el mapa, cada ruta digital se dibuja como una línea que conecta dos centrales. Cierta distancia de una ruta digital puede ser común con otra ruta digital para otra central. (Por ejemplo un enlace de micro-ondas común o una ruta via cable, la cual tiene ramificaciones que geográficamente están en cables separados). Dichas partes comunes pueden ser dibujadas en el mapa como 2 (o más) líneas paralelas con un anillo alrededor de ellas. (En otras palabras, los enlaces digitales que están conectados semipermanentemente a través de una central, NO son rutas digitales de la propia central. Estas deberán ser agrupadas junto con los otros enlaces digitales hacia esa central).

Puede ser apropiado hacer una lista de todas las rutas digitales anotando todos los hechos relevantes tales como tiempo de instalación, lugar, longitud y número de enlaces digitales.

Las tablas de la sección 5-2, pueden ser usadas para este propósito.

Los hechos más importantes pueden ser anotados en el mapa, por ejemplo si una ruta digital tiene solamente un enlace digital. También se deben marcar con una cruz, tanto en la lista como en el mapa, aquellas rutas digitales que no sean apropiadas para tomarlas como referencias de sincronización. El criterio para decidir si una referencia es inapropiada, puede ser cualquiera de los siguientes:

- i) Conexiones vía satélite sin función de doble extremo
- ii) Trayectoria de transmisión que induzca más de un microsegundo diario de defasamiento ó 2.5 microsegundos de defasamiento anual.

Para ayudar a determinar esto, cuatro ejemplos de trayectorias máximas son dados:

1. 2500Km en enlaces de radio más cualquiera de las alternativas siguientes:
 - a) 125Km en cable de fibra óptica aérea
 - b) 70Km de cable duplex de polietileno subterráneo
 - c) 25Km de cable duplex de polietileno vía aérea
2. 1500Km en cable coaxial normal subterráneo mas 500Km de cable de fibra óptica subterráneo.
3. 300Km de cable de fibra óptica solamente vía aérea
4. 60Km de cable duplex de polietileno solamente vía aérea (2Mbit/s)

Una ruta digital, la cual es marcada así, puede ser usada como referencia (de control o de reserva) si la central correspondiente tiene pocas rutas Digitales alternas, pero los límites de supervisión pueden ser alterados en este caso.

Se deberá consultar un especialista en caso de que dichas rutas sean usadas como referencias.

B SINK PRIMARIO

En un plan mutuo puro, el nodo de Referencia es llamado Sink Primario. Si un nodo esclavo de una red maestro-esclavo servirá como Sink para una subred mutua, se deberá ir directamente al punto "SR" en el inciso C "Conexión de malla". Si la red mutua es conectada a un nodo de referencia seleccionado en el capítulo 5, ese nodo también será un SP.

Opción especial: En una red mutua, es posible tener dos nodos de referencia simultáneamente. En este caso, se tendrán dos Sinks Primarios y se puede entonces pasar al Sink Secundario. Si se está interesado en tales características de sincronización especial, se deberá leer la Sección 2.3 dentro del capítulo de descripción de los métodos.

Selección del Sink Primario SP.

Una consideración que se debe de asumir en este paso es que el SP es una central. Sin embargo, se puede seleccionar un nodo de reloj especial como SP siempre y cuando tenga una distribución de sincronización similar al de las rutas digitales de una central de tránsito.

Para tener los criterios para la selección del Sink Primario, puede ser usada la lista siguiente, que contiene las propiedades deseables.

De esas propiedades, solo la (v) es un requerimiento estricto, mientras que por ejemplo (iii), concierne a las conexiones internacionales digitales (CID), puede ser solamente un punto adecuado pero no necesario para colocar un reloj de cesio. Por lo tanto, se debe seleccionar el nodo que tenga la combinación más adecuada de las siguientes propiedades:

- (i) Tenga un gran número de rutas digitales.
- (ii) Sea una central de tránsito.
- (iii) Que tenga o que vaya a tener CID.
- (iv) Que sea un nodo central importante en la red.
- (v) Debe estar provista para conexión de relojes de referencia precisos. (Ver inciso D "Relojes Digitales").

Nombrar este como "SP" y dibujar flechas unilaterales en todas las rutas digitales para todas las centrales a las que estén conectadas. Designar a estas rutas como UL (enlace unilateral).

C CONEXION DE MALLA

Esta rutina es estructurada en: selección de Sink Secundario (SS); estructura de la red para selección de sinks regionales (SR); rutina para todas las rutas de sincronización bilaterales (BL).

La red digital puede estar compuesta de varias secciones de malla (al lado de estrellas puras), las cuales no tienen conexión entre ellas excepto vía un Sink. Esas secciones de malla pueden ser tratadas, ya sea juntas o separadas; el resultado debe ser el mismo.

SS (Sink Secundario).

Si ninguna central puede ser seleccionada por esta rutina, entonces se deberá ir a "SR". Las secciones de malla que tengan solamente centrales locales, no deberán tener SS.

Seleccionar una central usando las siguientes secuencias de criterios de selección:

- 1 Deberá tener una flecha desde SP. De preferencia 2 rutas (diferentes) desde SP. La(s) flecha(s) debe(n) consistir por lo menos de dos enlaces digitales.
- 2 Una central con CID es preferible a una de tránsito nacional.
- 3 Existe preferencia por un número mayor de rutas digitales sin flechas que puedan dirigirse a SP o a una CID (vía otras centrales).
- 4 Si permanece la ambigüedad, considerar la calidad de los enlaces digitales.

Nombrar a esta como "SS". La central estará equipada con dos Relojes Digitales RCMs. El nombre "SS" generalmente se refiere a esos relojes. Las flechas hacia y desde la central serán dibujadas en la rutina "BL" (enlace bilateral).

Repita la rutina SS una vez para cada sección de malla separada conectada a SP hasta que no puedan ser seleccionados más SS.

SR (Sink Regional).

Se inicia desde la parte superior de la red, analizando toda la red mutua por medio de los pasos que se enumeran a continuación.

(Si esta rutina seleccionará varios Sinks Regionales en una cadena, esta parte de la red puede también tener forma de estrella que se puede igualar usando maestro-esclavo en su lugar).

Paso 1 Si la eliminación de un grupo de rutas digitales acompañadas geográficamente aislarán a la subred desde el nodo de referencia y si la eliminación del grupo de las rutas digitales no comprende rutas digitales de un SS o SR ya seleccionado, dibujar flechas unilaterales en todas aquellas rutas digitales hacia la subred. Designar a estas rutas como "UL". Si no se encontró potencialmente la subred, ir al paso 2.

Seleccionar una central en la subred usando los siguientes criterios de selección:

- 1) Que tenga por lo menos una flecha.
- 2) Existe una preferencia para un menor número de rutas digitales diferentes.
- 3) Una central de tránsito es preferible que una central local.

Nombrar a éste "SR" y dibujar flechas unilaterales en todas las rutas digitales desde esta central. Designar estas rutas como "UL".

Repita el paso 1 hasta que no puedan encontrarse más subredes aisladas potencialmente.

Paso 2 Si la eliminación de una central aísla una subred desde el nodo de Referencia y si la subred todavía no está identificada por el paso 1 ó 2, dibujar flechas unilaterales en las rutas digitales desde la central hacia la subred. Designar a estas rutas como "UL".

Repita el paso 2 hasta que no puedan encontrarse más subredes aisladas potencialmente.

BL

Las rutas digitales restantes, no designadas como "UL", ahora deberán ser bilaterales, es decir, una flecha es dibujada en cada extremo de cada ruta digital. Sin embargo, no es necesario usar todas las rutas digitales en la red para sincronización:

Ninguna central puede recibir más de 10 flechas y reservar la asignación para la evolución de la red, es apropiado limitar intencionalmente el número de rutas de sincronización de modo que ninguna central reciba más de 5 flechas aproximadamente. El procedimiento que se muestra a continuación puede ser usado para dibujar el "número adecuado de flechas".

Paso 1 Para todas las subredes mutuas:

Dibujar flechas bilaterales en todas las rutas digitales no designadas como "UL".

Para asegurarse de que ninguna ruta llegue a ser unilateral por error, siempre dibuje ambas flechas en cada extremo de la ruta "simultáneamente".

Paso 2 Identificar la central con el número más grande de flechas. Si ésta tiene 5 flechas o menos, se concluye con el punto "BL" (ir a "Relojes Digitales"); además:

Se debe empezar a borrar flechas de AMBOS extremos de las rutas en el siguiente orden:

Iniciar con la ruta que conecta aquellas dos centrales que tengan el mayor número de flechas, pero con una restricción: Si una de las centrales recibe solamente 2 ó 3 flechas, no borre las flechas en esa ruta (a menos que la otra central tenga más de 10 flechas).

Repetir el paso 2 hasta que el mayor número de flechas recibidas en una central sea 5 o hasta que ya no sea posible borrar más flechas.

D RELOJES DIGITALES

Para ejemplos de cómo los relojes y grupos de relojes pueden ser dibujados y designados, ver la Sección 6.3 en donde se tienen algunos ejemplos. El grupo de relojes junto con ciertas rutas indican que todos ellos pertenecen al mismo grupo de prioridad. Así, dentro del grupo, solamente una de las referencias es la que controla.

La siguiente recomendación se aplica a centrales AXE concernientes a equipo de relojes de referencia locales:

SP:

- a) Si la red no tiene CID, SP deberá ser equipado con 3 RCM's
- b) Si la red tiene CID, SP deberá ser equipada con referencia de cesio:
 - i) La recomendación general para una central que tiene una función de memoria de frecuencia precisa es: 2 CCM más un RCM. Esto cumplirá con las mayores demandas en confiabilidad y una función de supervisión eficiente.
 - ii) Si la central no tiene la función de memoria de frecuencia o si los relojes de cesio independientes externos son usados en lugar de CCM, se recomienda equipar la central con 3 CCM ó 3 relojes de cesio externos por razones de funciones de supervisión.

SS:

SS deberá ser equipado con 2 RCM's. Agrupar estos RCMs junto con todas las rutas unilaterales entrantes desde SP.

SR:

SR deberá ser equipado con un RCM. Agrupar el RCM junto con todas las rutas unilaterales entrantes.

CID:

Las centrales con CID deberán ser equipadas con 2 RCM. Agrupe estos RCM's junto con todas las rutas unilaterales entrantes. Si no existen dichas rutas, elegir una ruta bilateral principal en su lugar.

Opción especial:

En lugar de usar RCM's, puede ser posible usar una sincronización del país vecino, lo cual es sugerido para tener precisión de cesio. Si se está interesado en dichos arreglos de sincronización, leer la sección 3.2.1.

E ESTABLECIMIENTO DE PRIORIDADES

El PSR ahora deberá haber desarrollado que cada central tenga un número de flechas. Sin embargo, como se mencionó en la sección 6.1, es adecuado usar 2 (o algunas veces 3) enlaces digitales en cada ruta digital para minimizar el impacto de las fallas de hardware en el equipo. De aquí que, un orden de prioridad deberá ser establecido para cada flecha (o grupo de flechas y relojes) en donde los enlaces digitales son ordenados con prioridad jerárquica. Cada orden de prioridad es llamado un "grupo de prioridad".

Es apropiado hacer una lista para cada central nombrando los enlaces digitales y los relojes que deberán ser conectados y sus prioridades deberán ser establecidas por comando para proporcionar una instalación fácil y segura. Se aplica el siguiente procedimiento:

- a) Si la central tiene sólo una flecha, seleccione, si es posible, 3 enlaces digitales en esa ruta digital y establezca prioridades de 1 a 3 en estos enlaces.
- b) Si la central tiene más de una flecha, seleccione, si es posible, 2 enlaces digitales en cada ruta digital.

Para cada flecha no agrupada junto con un reloj local: Establezca prioridades 1 y 2 respectivamente en los pares de enlaces digitales.

Para flechas que están agrupadas junto con uno o dos relojes: Establezca prioridades en aquellos enlaces digitales que pertenecen al grupo en un orden ascendente directo desde uno en adelante.

- c) Los relojes adicionales son colocados al final en ese grupo de prioridad al cual pertenecen. (Cualquier CCM deberá preceder al RCM).
- d) Los relojes en SP son ordenados de 1 a 3 con cualquier CCM colocado primero. Si todos los relojes son iguales, es posible establecer la prioridad 1 en todos los relojes y así obtener un promedio de las tres referencias. Sin embargo, el logro en el desempeño haciendo esto no es dramático y no debe ser usado si los relojes son de diferente calidad.

Ejemplo

Una central tiene 3 flechas (rutas digitales) nombradas como A, B y C. 2 enlaces digitales son seleccionados en A y B pero C tiene sólo un enlace digital. El orden de prioridad en la central será entonces: 1 y 2 en A; 1 y 2 en B, 1 en C.

Ejemplo

Una central tiene 2 flechas (rutas digitales) nombradas A y B agrupadas junto con 1 RCM. 2 enlaces digitales son seleccionados en A y B. El orden de prioridad en la central será entonces: 1 y 2 desde A; 3 y 4 desde B, 5 desde el RCM.

6.3 EJEMPLOS

Esta sección da algunos ejemplos de redes mutuamente desarrolladas en la figura 6.1 (a) a (f) usando el procedimiento en la sección 6.2. Las prioridades son omitidas para todas las flechas no agrupadas junto con los relojes. Las redes sólo tienen el propósito de ilustrar los principios sin considerar si las redes son reales o no.

Los símbolos usados en los planes son:



Tránsito internacional



Transito nacional



Central local



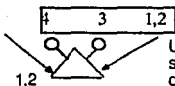
1 RCM con prioridad 2



1 CCM con prioridad 2



2 rutas digitales que se acompañan geográficamente con círculo que terminan en diferentes centrales (Acompañadas desde el punto de vista de confiabilidad).



Una central con 2 grupos de prioridad. Los números son prioridades y lo encerrado indica a cuál grupo de prioridad pertenece el RCM.

Comentarios.

Todos los ejemplos, excepto (e), son las mismas redes que las de la sección 5.3 para maestro-esclavo. (La red (e) fue modificada para ilustrar dos selecciones un poco diferentes de Sinks Regionales). Como se vió en (e), un SR también será seleccionado y equipado con un RCM cuando sirve solamente en centrales locales. (Las centrales correspondientes en la sección 5.3 no tienen RCMs). La razón lógica es que es redituable equipar con un RCM estas centrales, ya que son muy pocas. Con maestro-esclavo, existen muchísimas más centrales locales con solamente una trayectoria de sincronización física y todas tendrían que ser equipadas con RCM para obtener un desempeño parecido a estas redes mutuas.

De aquí que, el desempeño en términos de probabilidad por deslizamiento, es significativamente menos para estas redes mutuas comparadas con los ejemplos maestro-esclavo en la sección 5.3. Sin embargo, ambos métodos cumplen los requerimientos de las recomendaciones de CCITT como se explicó en el capítulo 4.

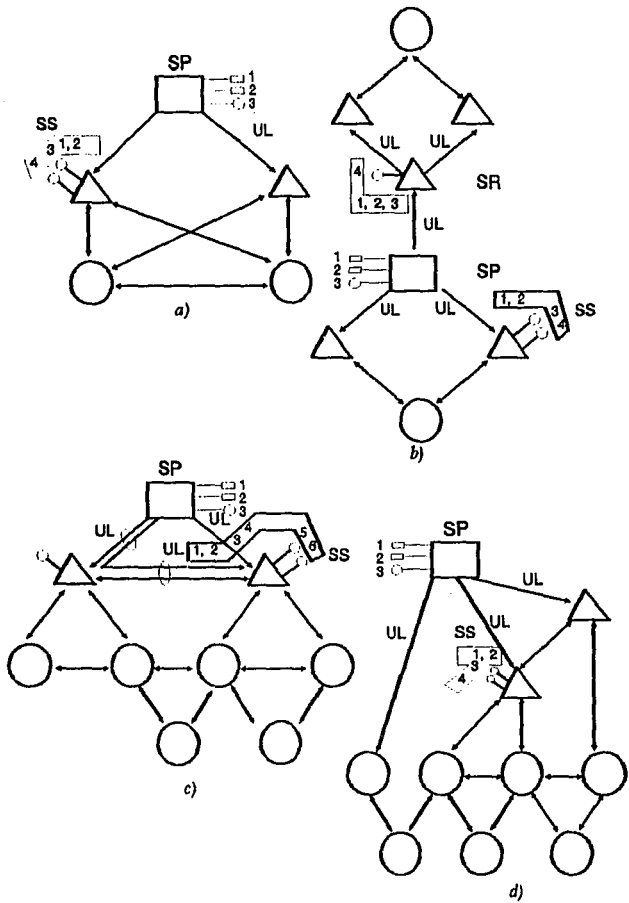
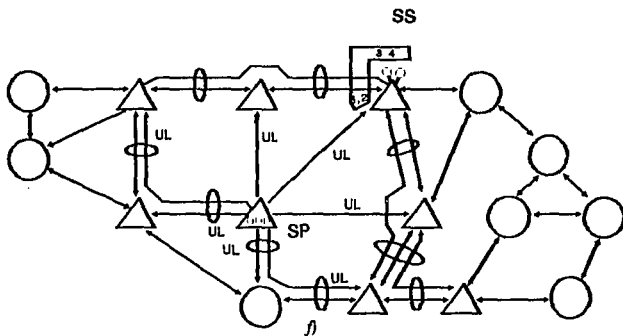
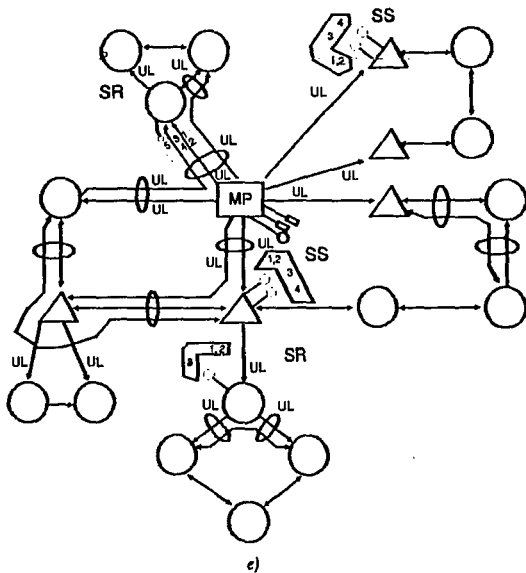


FIGURA 6.1



La razón para iniciar con el PSR a largo plazo es que uno debe estar conciente de los cambios futuros en la red. Los cambios de sincronización necesarios que tienen que hacerse deben ser minimizados y esto debe reflejarse en los planes a mediano plazo. Junto con los planes a mediano plazo, el procedimiento de cambio debe ser descrito. Algunos cambios pueden ser muy fáciles y obvios, pero ciertos cambios pueden requerir de una instrucción detallada.

La regla más importante a seguir cuando se haga el cambio es no permitir que ocurran bucles unilaterales, lo cual formaría un red mutua altamente asimétrica con comportamiento desconocido. Cuando la operación plesiócrona durante el procedimiento de transición es inevitable, la tasa de deslizamiento y tiempo en el modo plesiócrono deben ser considerados.

La figura 6-2 (a) muestra una red (imaginaria) con los mismos símbolos de la red como en la sección 6.3. Los números dentro de los símbolos de la central sólo son una numeración arbitraria de las centrales. Las redes (b), (c) y (d) son 3 cambios diferentes imaginados en (a) y la infraestructura de los procedimientos de cambio son descritos más adelante. (Las redes son idénticas con aquéllas de la sección 5.4 para maestro-esclavo).

Figura 6-2 (b)

Una ruta digital extra ha sido instalada entre las centrales 3 y 4. Generalmente, no es siempre necesario usar cada nueva ruta digital para sincronización, si no cambia la estructura de la red digital y si las centrales ya tienen muchas referencias (muchas flechas). En este caso, la estructura de la red no cambia y todas las centrales tienen 3 referencias diferentes. De aquí que, ningún cambio es requerido realmente, excepto que la nueva ruta digital deba ser indicada en el plan, pero dibujada sin flechas.

Sin embargo, supongamos que la nueva ruta digital deberá ser usada para la sincronización. Los pasos a continuación resumen el procedimiento de cambio:

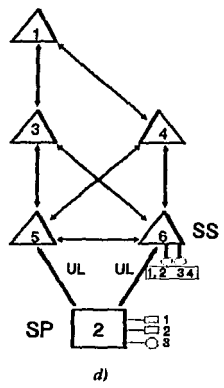
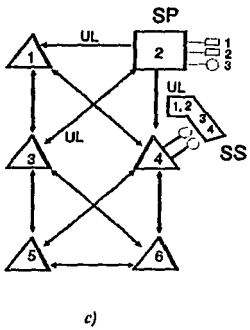
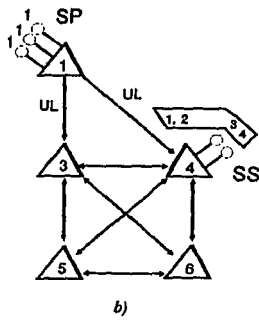
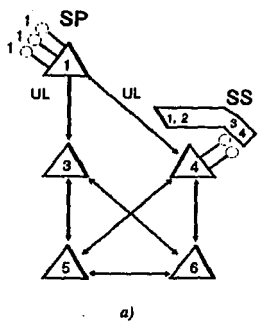


FIGURA 6-2

Paso 1 En las centrales 3 y 4, conectar cables hacia la nueva ruta digital y definir nuevos datos de prioridad en el área de datos pasiva en donde la nueva ruta digital es añadida y se le da su propio grupo de prioridad.

Paso 2 Ejecutar el cambio de sincronización activando los nuevos datos de prioridad en ambas centrales simultáneamente (o a más tardar en el transcurso de una hora).

El requerimiento de tiempo proviene de que es deseable preservar la simetría de una red mutua. Lo más sencillo puede ser haciendo esto vía un centro de operación y mantenimiento (AOM), pero también puede hacerse llamando simplemente al personal de mantenimiento de una de las centrales para realizar dicho cambio.

Si el cambio hecho fuera para sincronizar mutuamente una central completamente nueva, se aplica un procedimiento similar. Imagine que la central 6 es nueva. Los siguientes tres pasos la sincronizarán correctamente sin interrupciones en la red:

Paso 1 Sincronizar la central 6 para sus tres rutas digitales las cuales llegarán a ser unilaterales. (Las prioridades son establecidas de acuerdo con la sección 6.2).

Paso 2 En las centrales 3, 4 y 5, conectar cables hacia las nuevas rutas digitales y definir nuevos datos de prioridad en el área de datos pasiva, la cual ahora deberá incluir el nuevo grupo de prioridad.

Paso 3 Cuando la central 6 haya alcanzado su estado de sincronización estable (en menos de aproximadamente 15 minutos después del paso 1), las rutas digitales son hechas bilaterales por medio de: la activación de los nuevos datos de prioridad en las centrales 3, 4 y 5 simultáneamente (o por lo menos dentro de una hora).

Figura 6-2 (c)

Una nueva central de tránsito internacional con CID ha sido instalada. La central incluye dos relojes de cesio (CCM). Se supone que existe el deseo de hacer en esta central la nueva Referencia de la red (por razones que no se tomarán en cuenta aquí). El procedimiento de cambio puede ser resumido en los siguientes pasos:

Paso 1 Sincronizar la central uno en sus tres rutas digitales y remover los 3 RCM (libres para otro uso, por ejemplo para ser instalados en la central 2).

La central uno ahora es un nodo mutuo normal con una ruta unilateral desde el nuevo SP.

Paso 2 Sincronizar las centrales 3 y 4 de acuerdo con el nuevo plan. Ya que las nuevas rutas para estas centrales son unilaterales, no existe requerimiento de tiempo para hacer los cambios simultáneamente.

Figura 6-2 (d)

Una central de tránsito internacional nueva con CID ha sido instalada. La central incluye 2 relojes de cesio (CCM). Se supone que existe el deseo de hacer en esta central la nueva Referencia de la red. (Las razones para esto no son consideradas aquí, puede por ejemplo ser que se espere que la red se expanda desde este punto, pero que originalmente se expandió desde la central uno, la cual fue la única capaz de cumplir la función de Referencia en ese momento). El procedimiento de cambio puede resumirse en los siguientes puntos:

Paso 1 Tomar 2 RCM de la central 4 e instalarlos en la central 6. Sincronizar la central 6 de acuerdo con el nuevo plan.

Ahora la red tiene 2 SP y opera plesiócronamente correspondiendo a la diferencia de frecuencia entre el CCM en la central 2 y el RCM en la central uno. Esto implica menos de un deslizamiento por hora.

Paso 2 Sincronizar la central uno de acuerdo con el nuevo plan.

De ahora en adelante, la red opera síncronamente de nuevo. Uno de los RCMs libre puede ser instalado en la central 2.

Paso 3 Sincronizar la central 5 de acuerdo con el nuevo plan.

7 CONEXIONES VIA SATELITE

7.1 GENERALIDADES

Los sistemas vía satélite que transmiten canales de habla en forma analógica no tienen que ser considerados del todo en un plan de sincronización. Con dicho sistema, cualquier transmisión de PCM hacia la estación terrestre deberá ser sincronizada exactamente de la misma forma que con un multiplexor PCM normal, es decir la sincronización es establecida en el multiplexor PCM en la estación terrestre.

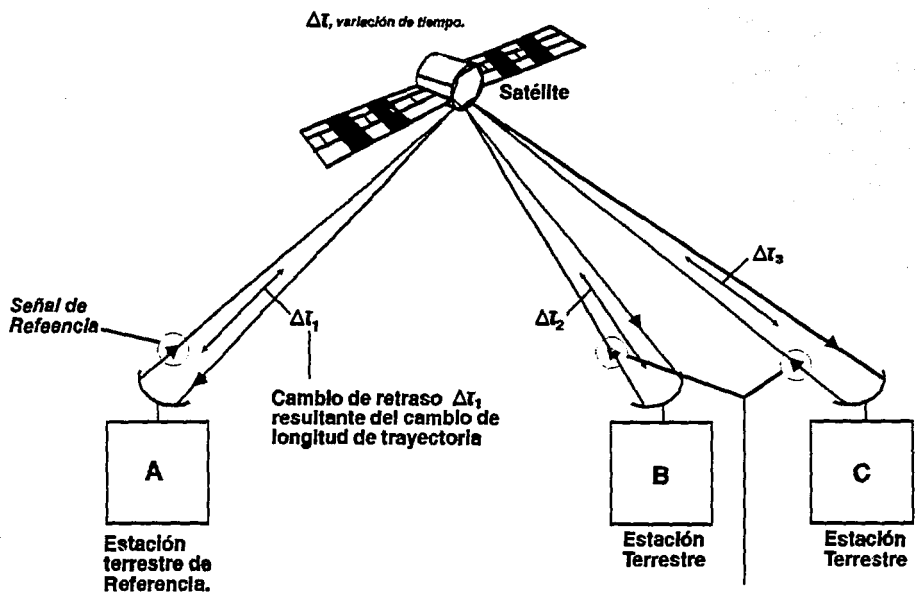
Sin embargo, los sistemas vía satélite que transmite los canales de habla en forma digital, deben ser sincronizados cuidadosamente e incluirse en el plan de sincronización. Existen diferentes métodos para transmitir canales digitales vía satélite. Sin embargo, el método más dominante en sistemas modernos es llamado AMDT - Acceso Múltiple por División de Tiempo. De aquí en adelante, las descripciones se referirán solamente a este método aunque los principios principales permanecen para otros métodos ya que se considera la interacción entre las estaciones terrestres y la red terrestre.

La figura 7-1 muestra los principios principales de la sincronización dentro del sistema de satélite AMDT. Toda la transmisión es hecha en incrementos en donde una "estación terrestre de referencia" dicta la sincronización en el satélite en ambas direcciones. Las otras estaciones terrestres ajustan sus incrementos automáticamente y así son llamadas "estaciones terrestres sin referencia".

Manteniendo la posición imperfecta de un satélite en una órbita geostacionaria causa efecto doppler y la variación de tiempo correspondiente (equivalente a "defasamiento"). Se recomienda que dichos satélites estén dentro de ± 1 grados en longitud y ± 0.5 grados en latitud desde sus posiciones normales. Con estos límites en la estación, el corrimiento doppler máximo puede ser 40 ns/s (4 partes en 10^8) y el pico máximo de desviación de fase puede ser 1.2 ms (Referencia 5 y 6).

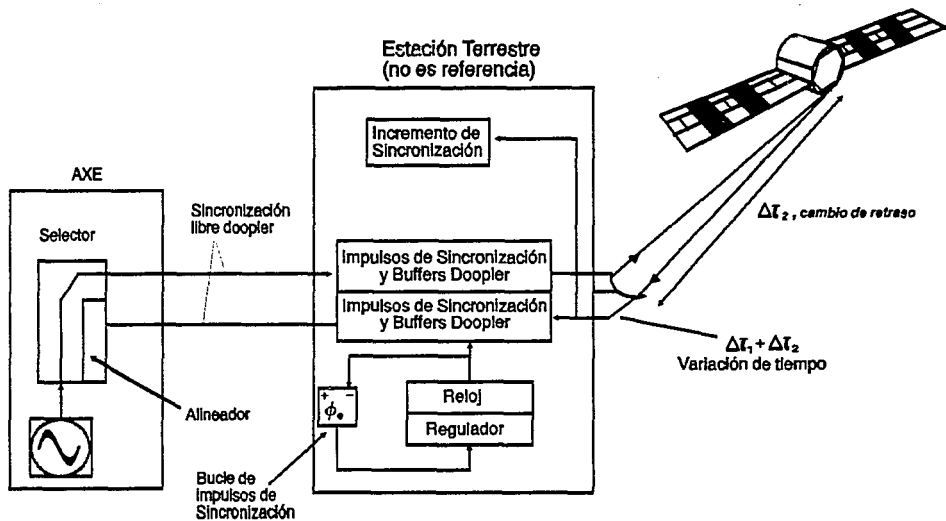
Un sistema de satélite AMDT es, desde el punto de vista de sincronización, estrictamente una red en estrella con control unilateral (UL) desde la referencia hacia las estaciones terrestres sin referencia. Una variante, doble unilateral (DUL) es también posible. Esta característica especial será descrita posteriormente ya que es considerada como opcional y actualmente, no es el método de sincronización estándar.

FIGURA 7-1
Sistema de Satélite AMDT



Los impulsos de sincronización transmitidos son ajustados en la siguiente ventana de tiempo en el satélite.

FIGURA 7-2
Interacción plesiónrona con una estación terrestre AMDT



7.2 INTERACCION INTERNACIONAL

El método de interacción "estándar" normal para conexiones internacionales vía satélite es una operación plesiócrona. Con esto, cada estación terrestre sin referencia será sincronizada y conectada a la red terrestre de acuerdo a la Figura 7-2.

Los buffers doppler en la estación terrestre absorberán todas las variaciones grandes de retraso. También, deberán ser capaces de hacer los deslizamientos que sean necesarios (deslizamientos causados por la diferencia de frecuencia entre la estación terrestre de referencia y la referencia de la red nacional). El buffer de alineación en la central solamente tendrá que absorber la desviación en fase inducida en el enlace entre la estación terrestre y la central.

7.3 OPCION DE DOBLE EXTREMO

Si el sistema vía satélite está equipado con función de doble extremo, es posible usar la sincronización recibida en la estación terrestre como una referencia de la red nacional. Más información de esto es dado en la sección 7.5 "Control Unilateral de Doble Extremo".

7.4 REDES NACIONALES VIA SATELITE

Para sistemas vía satélite no equipados con la función de doble extremo, se aplica lo siguiente:

Cada vez que sea posible, la red terrestre debe ser usada para sincronización, dejando los circuitos de satélite solamente para la transmisión. Cada estación terrestre sin referencia en dicha red deberá ser conectada a la red terrestre de acuerdo con la Figura 7-2, es decir como para la operación plesiócrona. La estación terrestre de referencia debe ser sincronizada hacia la red nacional (a menos que ella misma sea el nodo de Referencia de la red).

Sin embargo, si las trayectorias digitales terrestres o cualquier otra distribución de sincronización no existen entre las estaciones terrestres, se recomienda lo siguiente:

a) Las centrales con CID no deben ser sincronizadas vía satélite. Esto significa que si existen dos (o más) centrales conectadas digitalmente a diferentes estaciones terrestres (sin sincronización terrestre), éstas formarán redes aisladas digitales separadas con operación plesiócrona entre las islas e internacionalmente. Se deben conectar las estaciones terrestres sin referencia de acuerdo con la figura 7-2.

b) Las centrales que no tienen CID pueden ser sincronizadas vía satélite usando el método maestro-esclavo. Sin embargo, los sistemas de regulación de reloj de las centrales deben ser lo suficientemente rápidos para seguir los corrimientos doppler causados por el satélite. De otro modo, el llenado del buffer en las centrales variará demasiado, lo cual resultará en deslizamientos. Con AXE, los relojes son capaces de seguir los corrimientos doppler.

La figura 7-3 muestra el principio de un sistema maestro-esclavo simple. (La palabra "simple" es para distinguirlo del otro más complejo, llamado "doble extremo"). La figura 7-5 muestra más detalladamente cómo las sincronizaciones y conexiones pueden ser arregladas para los extremos maestro y esclavo respectivamente.

7.5 CONTROL UNILATERAL DE DOBLE EXTREMO

La necesidad de buffers elásticos que siempre puedan absorber las variaciones de retraso (respiración) es inevitable. Sin embargo, usando "control de doble extremo", uno puede arreglar que la frecuencia en una estación terrestre sin referencia llegue a ser independiente de las variaciones de retraso. Este método incluye la medición de los estados del buffer en la estación terrestre de referencia y transmite estos valores en algún canal común hacia otros circuitos de control de reloj de las estaciones terrestres.

La función de doble extremo está confinada al sistema vía satélite. El control normal (un solo extremo) es usado para interconectar las estaciones terrestres con las centrales ya que los retrasos terrestres son pequeños.

La figura 7-4 muestra el principio de un sistema de doble extremo maestro-esclavo. La figura 7-6 muestra más detalladamente cómo las sincronizaciones y conexiones pueden ser establecidas para los extremos maestro y esclavo respectivamente.

Con este método de sincronización, la trayectoria del satélite puede ser usada para cualquier control unilateral dentro o entre redes digitales como por ejemplo: trayectorias vía satélite o terrestres alternas para sincronización maestro-esclavo; cualquiera de las rutas unilaterales en algún otro sistema mutuo (por ejemplo las rutas de los Sinks Primarios o Regionales). También, si la función de doble extremo es usada en una red vía satélite internacional, la sincronización recibida puede ser usada ya sea permanentemente o como reserva para la referencia nacional.

En la actualidad, no existe una decisión general para operar sistemas vía satélite de acuerdo con el método AMDT. Sin embargo, algunos sistemas (por ejemplo Intelsat) ya están preparados para una posible introducción de dicha opción. Se tendrá que consultar al diseñador del sistema vía satélite para descubrir la utilidad de implementar un control unilateral de doble extremo.

FIGURA 7-3
Maestro-esclavo simple vía un Sistema de Satélite AMDT

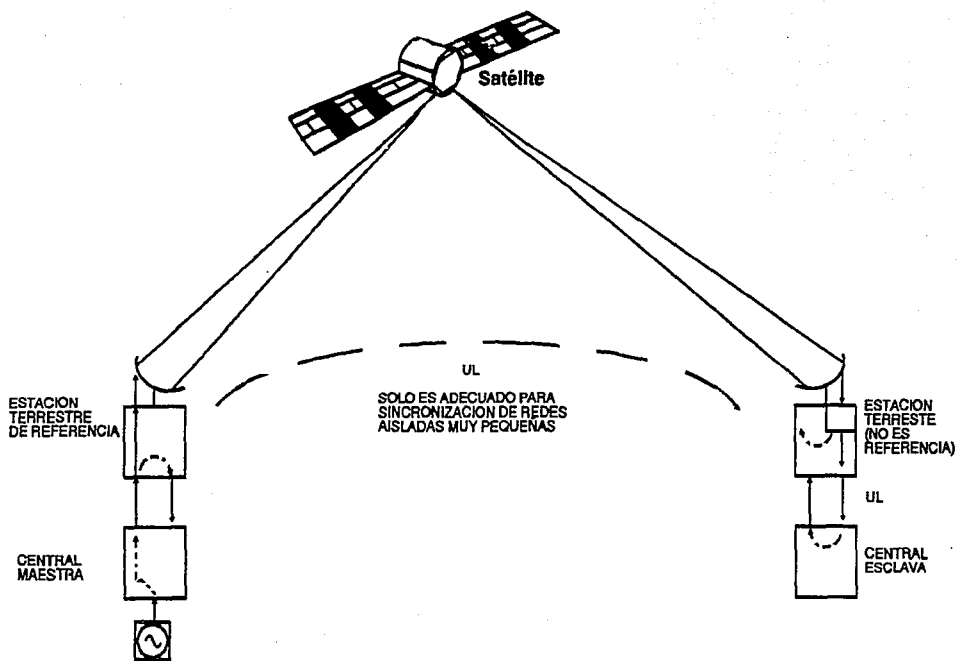
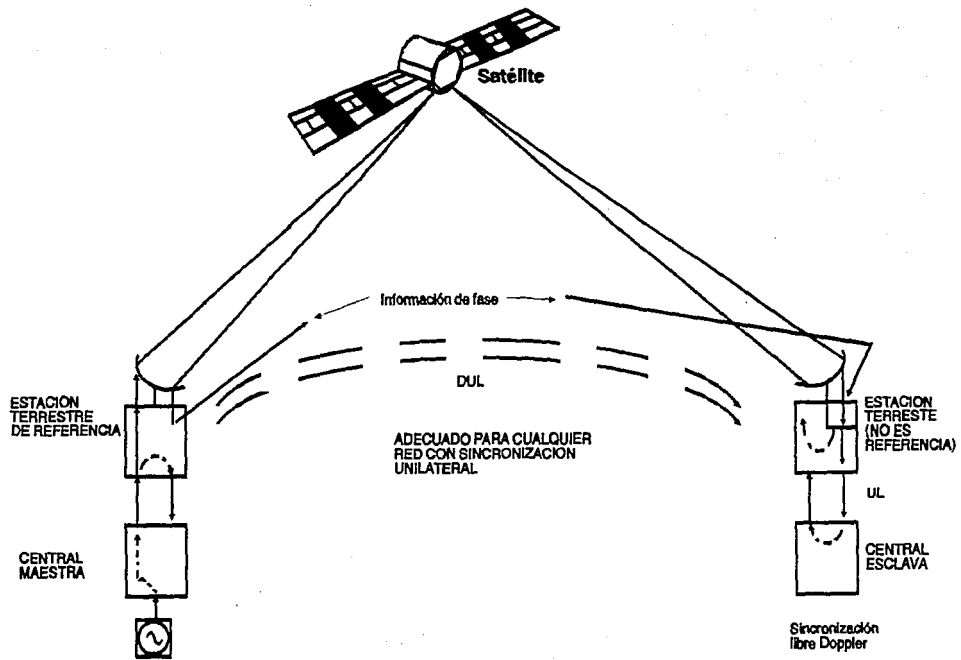


FIGURA 7-4
Maestro-Escravo doble-extremo en un sistema de satélite AMDT



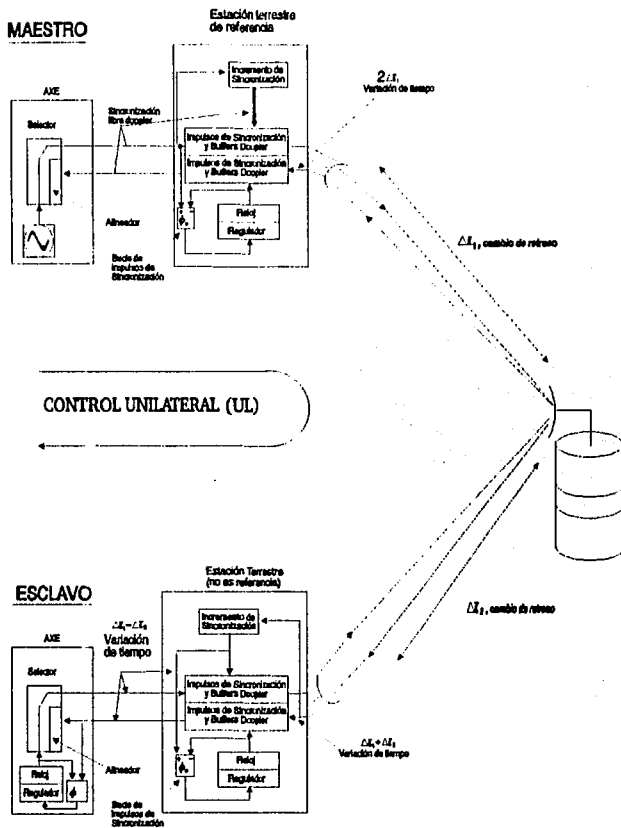


FIGURA 7-5
Maestro-esclavo simple vía Sistema de Satélite AMDT

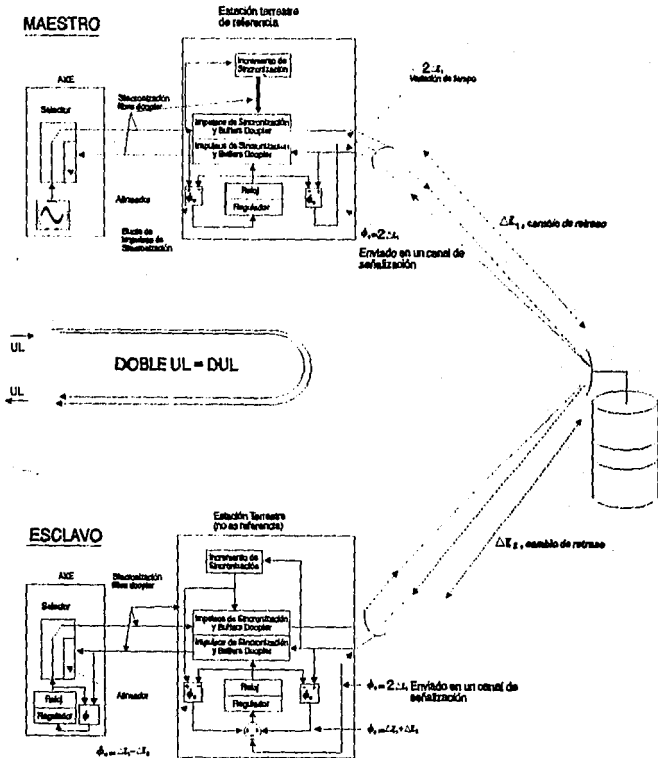


FIGURA 7-6
Maestro-Eslavo doble extremo en un sistema de Satélite AMDT

Teléfonos de México (TELMEX) se planteó un objetivo general bien definido para llevar a cabo el Plan de Sincronización de la red telefónica de México, el cual establece lo siguiente:

- Sincronizar la red digital de telecomunicaciones de TELMEX ajustando la operación de los relojes internos en los nodos de conmutación digital, así como en los medios de transmisión que los enlazan, para obtener una cadencia común en la transferencia de información a fin de garantizar un funcionamiento libre de perturbaciones y soportar eficientemente la infraestructura que permita ofrecer nuevos servicios tales como: voz, datos, fax, señalización No. 7 y red inteligente.

Para lograr esto, se ha trazado un plan técnico que permita asegurar la operación síncrona a largo plazo de la red digital de Teléfonos de México, amarrando la operación síncrona a corto plazo basada en relojes de cuarzo de alta exactitud y estabilidad -utilizados por el equipo de transmisión y conmutación-, a las fuentes primarias de referencia ultraestables y ultraexactas en el largo plazo (relojes atómicos de cesio). Para proporcionar servicios de telecomunicaciones públicos y privados, vocales y no vocales, con la calidad de servicios exigida por las recomendaciones del CCITT.

De lo anterior podemos observar que el plan de sincronización a nivel nacional pensado por TELMEX es muy ambicioso, así como un factor importante para su crecimiento, ya que de ello depende en gran medida la implementación de la señalización por canal común CCITT No. 7 así como la introducción de nuevos servicios.

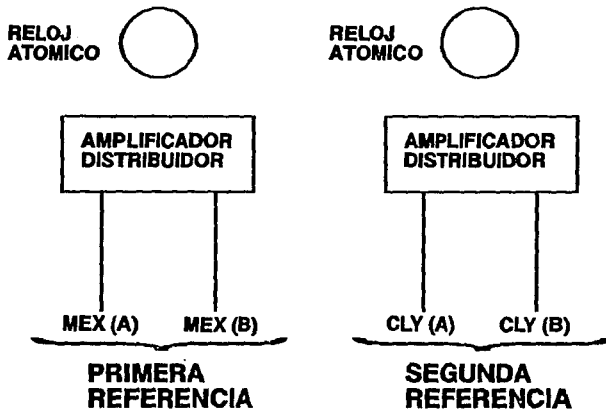
Este plan está basado en la sincronización jerárquica, siendo las centrales de larga distancia las que operan como "maestras" y el resto (tandem y locales), como "esclavas". Para evitar posibles confusiones, adoptaremos la terminología de TELMEX para referirnos a estas centrales. Así pues las centrales maestras son llamadas "SECUNDARIAS" y las esclavas "PRIMARIAS".

Para lograr la sincronización, TELMEX ha adquirido dos módulos de reloj atómicos de Cesio que son los encargados de proporcionar la señal de referencia. Estos relojes son de alta precisión y estabilidad y operan a una frecuencia de 5 MHz. También ha adquirido dos equipos Amplificador/Distribuidor para dar la referencia de los relojes a todas las centrales secundarias. Estos distribuidores tienen 48 salidas, cada uno puede entregar tanto señales G.703.06 (2.048 Mb/seg) y/o G.703.10 (2.048 MHz) de acuerdo a CCITT.

En el plan estratégico de TELMEX para la sincronización de la red digital de Larga Distancia, las centrales que reciben la señal de referencia directamente de los relojes atómicos de cesio instalados en México y Celaya son las siguientes:
Tijuana, Mexicali, Tulancingo, México C I San Juan, Hermosillo, Monterrey Mayo, Guadalajara, Chihuahua, Celaya, Puebla Fuertes, Nogales, Reynosa y Cd. Juárez.
En total trece centrales o Centros Secundarios.

Como se mencionó anteriormente, los relojes atómicos con sus respectivos distribuidores se encuentran físicamente uno en el Centro Telefónico San Juan y el otro en Celaya Aztecas.

Se ha definido que México sea la primera señal de referencia y Celaya la segunda en caso de que existan fallas. Más aún, TELMEX ha hecho estos enlaces por duplicado y ha dejado dos RCM en los centros secundarios para asegurar la sincronización. Así pues, la configuración básica y simplificada se puede observar en la figura 8-0.



- PRIMERA REFERENCIA: MEXICO
 - * MEX (A) : REFERENCIA DESDE MEXICO PRIORIDAD 1
 - * MEX (B) : REFERENCIA DESDE MEXICO PRIORIDAD 2

- SEGUNDA REFERENCIA: CELAYA
 - * CLY (A) : REFERENCIA DESDE CELAYA PRIORIDAD 3
 - * CLY (B) : REFERENCIA DESDE CELAYA PRIORIDAD 4

FIGURA 8-0

Dado que el distribuidor de la señal de sincronía de los relojes atómicos cuenta con salidas tanto a 2.048 Mb/seg como con salidas a 2.048 MHz, la interconexión desde este distribuidor hacia los centros secundarios internacional y mundial mencionados anteriormente se realizará de la siguiente manera:

Por lo que toca a la 1a. y 2a. referencia, que en todos los casos corresponde a México, la sincronía para el Centro Internacional San Juan se conectará vía los dispositivos ICM utilizando la referencia de 2.048 MHz. La 3a. y 4a. del tren de 2.048 Mb/seg proveniente directamente del reloj atómico instalado en la ciudad de Celaya.

Para el caso del CALD de Celaya, la situación es a la inversa. Es decir, Celaya recibirá su 1a. y 2a. referencia de México y su 3a. y 4a. referencia vía ICM directamente del reloj instalado en Celaya.

Para el resto de los CALD's que recibirán la sincronía directamente de los relojes atómicos, en todos los casos estas referencias se recibirán utilizando la señal de 2.048 Mb/seg proveniente de los relojes atómicos de México y Celaya.

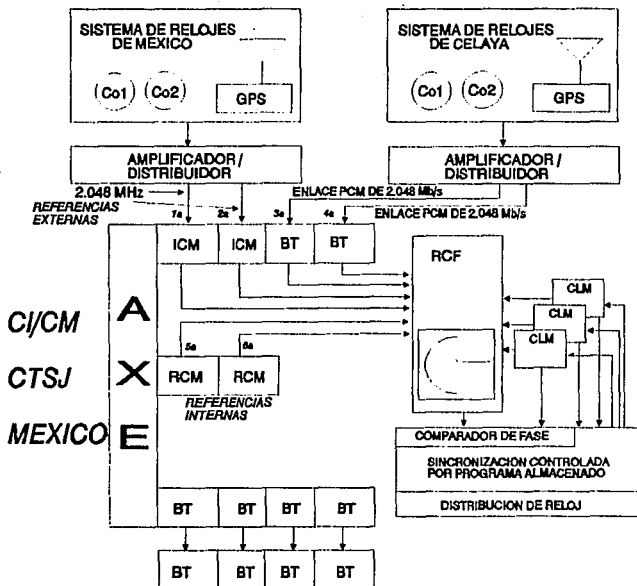
La 5a. y 6a. referencia de todas estas centrales será siempre obtenida de los relojes RCM de la propia central.

En resumen, se requieren dos dispositivos ICM en el CALD Internacional de San Juan y dos ICM en el CALD de Celaya. Para el resto de las sincronías externas se utilizará exclusivamente dispositivos denominados troncales bidireccionales.

A fin de facilitar la administración de la sincronía, en todos los casos se utilizará como 1a. y 2a. referencia externa la referencia proveniente de la ciudad de México, como 3a. y 4a. referencia la de la ciudad de Celaya y como 5a. y 6a. referencia relojes RCM de la propia central.

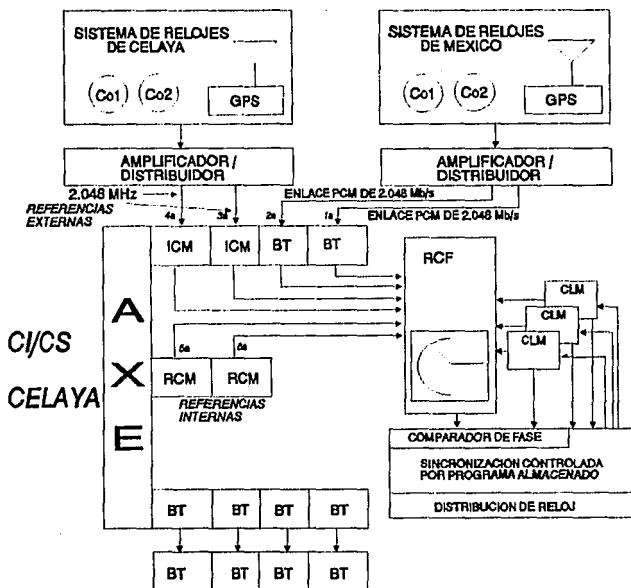
Por lo que respecta a todos los centros primarios, centrales tandem y locales, la sincronización se derivará de su centro superior utilizando exclusivamente enlaces digitales vía dispositivos BT (Troncales Bidireccionales), en estas centrales solo se requiere un RCM.

Las figuras 8-1 y 8-2 muestran la configuración del caso México y Celaya respectivamente.



- Co1 Reloj Atómico de Cesio 1
- Co2 Reloj Atómico de Cesio 2
- GPS Sistema de Posición Global
- BT Troncal Bidireccional
- ICM Módulo de Reloj Entrante
- RCF Campo de Conexión de Referencia

FIGURA 8-1



- Co1 Reloj Atómico de Cesio 1
- Co2 Reloj Atómico de Cesio 2
- GPS Sistema de Posición Global
- BT Troncal Bidireccional
- ICM Módulo de Reloj Entrante
- RCF Campo de Conexión de Referencia

FIGURA 8.2

CONCLUSIONES

En el mundo análogo, el énfasis es sobre la amplitud de las señales y la linealidad del equipo. El porcentaje de ruido tiende a ser muy alto y la falta de linealidad causa fenómenos tales como distorsión armónica e intermodulación.

En el mundo digital, la amplitud y linealidad no son de mucha importancia debido a que la amplitud es de naturaleza discreta para estas señales. En vez de eso el énfasis se incrementa en el dominio del tiempo y la frecuencia. La transmisión digital requiere un amplio ancho de banda respecto a la señal analógica correspondiente; el dominio del tiempo requiere que las señales sean segmentadas en espacios de tiempo.

La segmentación en espacio de tiempo es una nueva propiedad comparada con transmisión analógica. Esto es debido al hecho de que la información es representada por un "cuanto" (tal como un voltaje de amplitud específica) en una posición específica en relación a otro "cuanto" en el dominio del tiempo.

Para lograr que la conmutación y transmisión de las señales digitales cumpla con los requerimientos nacionales e internacionales, se deba de introducir la SINCRONIZACION a las redes de voz y datos.

En general la sincronización comprende dos factores diferentes llamados:

- Reconocimiento de Patrón
- Control de Frecuencia

El reconocimiento de patrón es normalmente especificado junto con el protocolo de señalización. La designación de este patrón es para determinar el inicio y el fin de todos los mensajes para que así puedan ser identificados apropiadamente.

El control de frecuencia está dado para dos diferentes niveles:

- 1.- Extracción directa de la frecuencia de reloj en el código de línea.
- 2.- El control de las frecuencias en una red de relojes

Esta Tesis sólo trata con el complejo problema de como controlar las frecuencias en una gran red digital de nodos de conmutación en donde cada nodo es controlado por su propio reloj, pero con posibilidad de ser sincronizado por medio de referencias externas, a este problema se le da el nombre de SINCRONIZACION de la RED.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

Es bien sabido que a ningún país le gusta ser esclavo de otro, en cuanto a llevar la temporización de sus telecomunicaciones tanto nacionales como internacionales. Así pues, cada país debe o deberá tener sus propios relojes atómicos para este propósito si no quiere estar a expensas de un país que controle la precisión de sus telecomunicaciones.

Para garantizar que toda la Red Digital de Larga Distancia opere bajo una misma sincronía con total exactitud, libre de errores y perturbaciones, TELMEX instaló y puso en operación en septiembre de 1991, un complejo sistema de relojes atómicos en el Distrito Federal y en la Ciudad de Celaya, Guanajuato.

De tal forma que estas dos referencias atómicas, ofrecen una señal de muy alta estabilidad y precisión. -Las variaciones de tiempo de los relojes atómicos se ubican en el rango de un segundo cada 31 mil 709 años-, para ser distribuida a todo el país, con el fin de que todas las centrales digitales marchen con la misma sincronía al mismo ritmo.

Telefonos de México ha seleccionado el método Maestro-Escavo Jerárquico, el cual consiste en enviar una señal de reloj de mayor estabilidad y precisión desde una central digital de mayor jerarquía dentro de la Red Síncrona de TELMEX, denominada Central MAESTRA, hacia la central digital a sincronizar, identificada comunmente como Central ESCLAVA.

El envío de la señal de referencia externa se hace a través de enlaces digitales de 2.048 Mb/seg entre las centrales maestra y esclava, los cuales pueden ser "dedicados" o bien con tráfico telefónico, lo cual dependerá de la jerarquía de la central a sincronizar. Dicha señal de referencia llega al módulo de troncal digital de la central esclava de donde se extrae y divide para obtener una frecuencia de referencia de 8000 Hz, la cual sincronizará al sistema de reloj interno el cual distribuye pulsos de reloj al equipo de conmutación.

La selección de la frecuencia de la referencia externa por la central esclava se realiza en una secuencia fija definida por software, esto es, el equipo selecciona la primera referencia definida (prioridad 1) y en caso de que falle, se selecciona la segunda referencia definida (prioridad 2) y así sucesivamente hasta la última referencia definida.

Llevando a cabo este PSR, TELMEX podrá garantizar una buena calidad de servicio además de poder ofrecer nuevos servicios de comunicación de voz y datos para poder estar al nivel de los países que ya cuentan con una Red Digital Integrada (RDI), la cual es la base para poder llegar a tener una RDSI (Red Digital de Servicios Integrados) que es una meta que Telefonos de México piensa alcanzar en un futuro cercano.

DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

Conceptos Generales.

AMDT: Acceso múltiple por división de tiempo

BL: Bilateral. La frecuencia de reloj en cada extremo del enlace es influenciado por el reloj en el otro extremo. (Representado por una flecha en cada extremo).

CID: Conexión Internacional Digital entre dos centrales digitales.

Enlace digital: Una trayectoria digital que conecta dos centrales y la cual finaliza en un Circuito Terminal de Central (ETC). El concepto de enlace digital puede ser generalizado para también incluir otras distribuciones de sincronización entre dos nodos.

ICM: Módulo de Reloj Entrante. Acepta frecuencias de entrada de 2048 KHz, 5MHz y 300KHz desde fuentes externas y entrega a la salida una frecuencia de 8KHz.

Nodo: Un reloj o punto de sincronización en un PSR. Este es generalmente equivalente a una central.

Nodo de Referencia: Un nodo el cual genera una frecuencia de referencia a ser usada en la red. Este nodo puede ser un Maestro Primario (MP) en una red maestro-esclavo pura o un Sink Primario (SP) en una red mutua. En un plan combinado, puede ser un MP o un SP.

PSR: Plan de Sincronización de Red.

Red Digital: Una red de centrales digitales interconectadas con trayectorias digitales. Una subred es una parte de la red digital.

Ruta Digital: Una ruta en cable u otro medio de transmisión que comprende todos los enlaces que acompañan geográficamente a los enlaces digitales conectando dos centrales. Así, una ruta digital es una variedad de enlaces digitales que son diferentes (desde el punto de vista de confiabilidad) de otros enlaces digitales entre dos centrales. El concepto de ruta digital puede ser generalizado para incluir cualquier sincronización entre dos nodos los cuales no tienen que ser necesariamente centrales.

UL: Unilateral. La frecuencia de reloj en solamente un extremo del enlace es influenciado por el reloj en el otro extremo. (Representado por una flecha).

Conceptos de Reloj:

CCM: Módulo de Reloj de Cesio. Un tipo de reloj de referencia local que comprende un haz de cesio estándar. Los CLMs pueden ser sincronizados por un CCM en la misma forma que por otras fuentes de referencia.

CLM: Módulo de Reloj: Una AXE siempre está equipada con 3 CLM's. Cada CLM cuenta con un oscilador de cuarzo controlado por voltaje que oscila a 24.576 MHz.

Memoria de frecuencia: Una función la cual tiene el propósito de preservar la fase y frecuencia de una fuente de referencia con falla. Existen dos tipos de memoria de frecuencia, una para el CLM mismo y una para el RCM.

La memoria de frecuencia del CLM implica la supervisión del oscilador con un valor promedio de control cuando todas las referencias han fallado.

La memoria de frecuencia del RCM implica que la desviación de frecuencia de un RCM en reserva, relativa a la frecuencia de la central, es compensada con software. Esto se logra midiendo el cambio de fase en intervalos de 5.5 horas y de ahí en adelante llevar a cabo el proceso en forma inversa añadiendo cambios de fase. Así, un RCM de reserva que (automáticamente) es conmutado para reemplazar una fuente con falla, no causarán ningún cambio brusco de frecuencia.

RCM: Módulo de Reloj de Referencia. Un tipo de reloj de referencia local que comprende un oscilador altamente estable. Los CLM pueden ser sincronizados por un RCM en la misma forma que por otras fuentes de referencia. Sin embargo el RCM no puede ser controlado directamente por otras fuentes.

Conceptos Maestro-Esclavo

MP: Maestro Primario. (Note que este nombre no es usado para el nodo de Referencia en la red mutua).

MS: Maestro Secundario

MT: Maestro Terciario

Conceptos Mutuos

Red Asimétrica: Una red mutua (o subred) en donde todos los enlaces de control que conectan centrales dentro de la red (o subred) mutua, son unilaterales (UL).

Red Simétrica: Una red mutua (o subred) en donde todos los enlaces de control, que conectan centrales dentro de la red (o subred) mutua, son bilaterales (BL). Además, las centrales de la subred mutua también pueden tener enlaces unilaterales (UL) entrantes desde afuera de la subred mutua, pero estos no deben provenir de una central que es afectada por la subred mutua (ver "Sink").

Sink: Una fuente de frecuencia (un reloj o una central) que ejerce control en la frecuencia de una subred mutua, pero la cual no es afectada por la subred mutua.

(El nombre Sink se debe a que actuará como un "desagüe" para cualquier exceso de bits o una escasez de bits en la red mutua, lo cual significará que absorberá todas las variaciones de retraso en la red mutua).

SP: Sink Primario: Un reloj que actúa como Sink Principal dentro de toda la red.

SR: Sink Regional: Una central que es el Sink para una subred inferior mutua y la cual está equipada con un RCM como reserva para sus enlaces de sincronización.

SS: Sink Secundario: Un reloj que actúa como un Sink de reserva el cual es conmutado en forma automática para reemplazar la ruta desde el SP cuando esa ruta falla.

BIBLIOGRAFIA

- 1 XF/Sd 82 041: "Vagabundeo en Redes Digitales"
H. Brandt.
- 2 XF/SD 83 001: "Disponibilidad de Sincronización de Red"
H. Brandt.
- 3 XF/SD 83 186: "Relojes y Funciones de Sincronización en AXE
10" H. Brandt.
- 4 XF/SD 81 021: "Asignación de Requerimientos de Desempeño de
Promedio de Deslizamiento para cada Centro Junto con una
Conexión Internacional". H. Brandt.
- 5 "Enlaces vía Satélite en la Red Digital de Servicios Integrados",
Quinta Conferencia Internacional en Comunicaciones Digitales
vía Satélite, Génova, Italia, Marzo 1981. A G
Gatfield.
- 6 "Conexión Internacional de Red Plesiócrona vía Enlace de
Satélite AMDT", Conferencia Internacional en Comunicaciones
(ICC 82), Filadelfia, 1982. K Inagaki, Y Hirata, F Takahata,
A Ogawa, K Niwa.
- 7 CCITT Rec G.811 "Requerimientos de Temporización en las
Salidas de Relojes de Referencia y Nodos de Red Adecuados
para Operación Plesiócrona de Enlaces Digitales Internacio-
nales". (Libro Rojo).
- 8 CCITT Rec G.822 "Objetivos de Tasa de Deslizamiento Control-
ados en una Conexión Digital Internacional". (Libro Rojo).
- 9 Networks and Telecommunications
Martin P. Clark
Editorial John Wiley & Sons
- 10 Network Management Problems, Standards and Strategies
Franz-Joachim Kauffels
Editorial Addison-Wesley Publishing Company
- 11 Data and Computer Communication
William Stallings
Editorial Maxwell Macmillan Internacional Editions