

1. Señalización Intercentral e Internacional

La señalización intercentral es el proceso mediante el cual el número de destino e información de control se envía entre centrales, con el objeto de establecer una conexión. Después de una larga evolución, en la actualidad se dispone de muchos tipos diferentes de señalización intercentral y el tipo que emplea una red particular depende de la naturaleza de los servicios que proporciona, el equipo que emplea, sus circunstancias históricas y la longitud y tipo del medio de transmisión. Por ejemplo, las redes locales pequeñas pueden usar sistemas de señalización relativamente lentos y baratos. Por el contrario, en redes extensas internacionales públicas se necesita considerar las demandas mayores en señalización más rápida, números más largos y mayor sofisticación. A continuación estudiaremos los sistemas de señalización recomendados por el CCITT (Tabla 1) con particular énfasis en el sistema CCITT R2. Este es un sistema de señalización intercentral de código multifrecuencia (CMF), de alguna manera similar al sistema MFDT para la marcación de abonado, pero mucho más complejo.

Todos los sistemas de la Tabla 1 son para uso intercentral. De hecho, todos son estándares del CCITT diseñados para el empleo internacional. Estos sistemas se han desarrollado a través del tiempo, con la idea de que el más reciente se adapte mejor que el anterior a las tecnologías de conmutación y transmisión que se desarrollan. El más avanzado de los sistemas de señalización del CCITT es el número 7. Un sistema de señalización por canal común que presenta muchas características poderosas de control de red y que es capaz de soportar un amplio rango de servicios avanzados.

Tipo de señalización	Descripción
CCITT 1	Para uso manual de circuitos internacionales. Un tono de 500 Hz se interrumpe a 20 Hz por seg. Es un sistema obsoleto.
CCITT 2	Sistema de dos tonos a frecuencia de voz. Emplea 600 Hz y 750 Hz para la "señalización de línea" y para los pulsos de marcación respectivamente. Nunca se instrumentó.
CCITT 3	En obsolescencia
CCITT 4	Sistema Intra-Europeo aún en empleo para uso automático y semiautomático. La señalización de línea emplea el código de 2040/2400 de 2 frecuencias. La señalización inter-registro emplea los mismos tonos de 2 frecuencias, cada dígito comprende 4 elementos que se transmiten a 28 baud. (2040Hz = binario 0, 2400 = binario 1)
CCITT 5	Sistema para la operación intercontinental vía satélite que emplea equipo de multiplicación de circuito. La señalización de línea emplea el código 2400/2600 de dos frecuencias. Señalización inter-registro de multifrecuencia (MF), cada dígito se representa mediante una permutación de dos de seis tonos disponibles. (Aún se emplea).
CCITT 6	Sistema de señalización por canal común para el uso internacional entre central de CPA. Velocidad del enlace de señalización típica de 2.4 Kbit/s.
CCITT 7	Sistema de señalización para empleo extenso entre centrales de CPA digitales. Velocidad de enlace 64 Kbit/s.
CCITT R1	Sistema regional algo parecido al CCITT 5 y primeramente usado para la señalización de la red troncal de E.U.A.
CCITT R2	Sistema regional ampliamente usado en Europa. Se describe en este trabajo.
CCITT R2D	La versión digital del R2. Adaptado particularmente para su uso después del satélite europeo de comunicaciones (ECS ó Eutelsat).

Tabla 1. Sistemas de señalización CCITT

Los sistemas normalizados por el CCITT son sólo un pequeño grupo del total de sistemas disponibles, pero son los más apropiados para la conexión internacional de redes telefónicas públicas, pues están muy

ampliamente disponibles. Otros sistemas han surgido ya sea como normas nacionales o han sido desarrollados especialmente para aplicaciones particulares.

En general, los sistemas de señalización se pueden clasificar en uno de cuatro clases diferentes, de acuerdo a como la información de señalización se envía sobre el medio de transmisión, como sigue:

- i) **Sistemas de señalización de corriente directa (c.d.).** Emplean un pulso de corriente prendido/apagado o varían la magnitud y polaridad del circuito de corriente para representar las diferentes señales; interrupción de bucle es un ejemplo. Presenta la desventaja de que sólo trabajará cuando existe un grupo distinto de conductores para cada canal y, por lo tanto, sólo está disponible para cortas distancias. La señalización de c. d. no es posible en la planta de líneas MDF (Multiplexación por División de Frecuencia) ni MDT (Multiplexación por División de Tiempo), si bien los estados prendido/apagado pueden ser imitados empleando tonos de frecuencia vocal sobre MDF (o MDT) (por ejemplo, pulso prendido/apagado = tono prendido/apagado) o de otra manera sobre MDT mediante la conversión del pulso prendido/apagado a secuencias de 1's y 0's binarios. La ventaja de la señalización de c.d. es su bajo costo.
- ii) **Sistemas de señalización a frecuencia de voz (FV).** La señalización FV es el nombre que se da a los sistemas de 1 ó 2 tonos. Como se estableció antes, éstos son similares a los sistemas de señalización de c. d., simulando el pulso de prendido y apagado (y variando las longitudes y combinaciones del mismo) con condiciones de tono prendido/tono apagado. Los principales problemas de la señalización FV se deben a la dificultad de mantener las frecuencias de voz y los tonos de señalización lógicamente separados entre sí, mientras comparten el mismo circuito. El CCITT 4 es un ejemplo de sistema de doble tono (2 FV).
- iii) **Sistemas de señalización de código multifrecuencia (MFC).** Emplean tonos dentro o fuera de las frecuencias que se escuchan en la voz normal, para representar la información de

señalización. La ventaja de la señalización MFC consiste en que puede ser fácilmente transportada sobre la planta de líneas MDF o MDT, los tonos se procesan en el multiplexor exactamente de la misma manera que las frecuencias de voz. Debido a su compatibilidad con la planta de líneas MDF y MDT, este tipo de sistema se ha hecho muy común en las redes troncales e internacionales. Ejemplos de sistemas de señalización MFC son el de CCITT 5 y el de CCITT R2.

- iv) **Sistemas de señalización digital.** Codifican su información de señalización en un formato de codificación binaria eficiente, teniendo cada byte de información un significado particular. Este tipo de señalización es, por lo tanto, ideal para transportarse sobre planta de líneas MDT. Típicamente, la ranura de tiempo 16, en el sistema de transmisión digital europeo de 2 Mbit/s, se reserva para la señalización digital, mientras que el sistema de 1.5 Mbit/s se emplea, ya un canal de 64 kbit/s completo o un canal con "robo de bit". Alternativamente, las señales se pueden codificar usando un modem para hacerla apropiada para su transporte sobre la planta de líneas MDF. Ejemplos de sistemas de señalización digital son el CCITT 6, el CCITT 7 y, en parte, el CCITT R2D.

El sistema CCITT R2 es típico de los sistemas de señalización que se emplean en la actualidad en las redes analógicas. Como permite la introducción útil a los principios de la señalización multifrecuencia y de control de llamada entre centrales, lo estudiaremos a continuación.

2. Sistema de Señalización CCITT R2

R2 es uno de los dos sistemas CCITT regionales y se emplea ampliamente dentro y entre los países europeos. Se compone de dos partes funcionales: un sistema de señalización de línea fuera de banda, junto con un sistema de señalización entre registros MFC(Multi-Frecuencia) a secuencia obligada dentro de banda. Estos términos se estudiarán en breve.

El CCITT R2 se puede emplear en conexiones tanto internacionales como nacionales, pero como existen diferencias significativas entre estas dos

aplicaciones, es normal hacer referencia a las variantes como si fuesen dos sistemas independientes, R2 Internacional y R2 Nacional.

El R2 es un sistema de señalización asociada al canal (SAC). Con esto, se quiere decir que toda la información de señalización correspondiente a un canal particular (o circuito) se pasa a través del mismo circuito (es decir, está asociado a él). Por el contrario, los sistemas de señalización más modernos de canal común (SCC) emplean un enlace de señalización dedicado para transportar la información de señalización de un gran número de circuitos portadores de tráfico de voz. Estos circuitos toman una ruta separada de modo que la voz y la señalización no viajan juntos. La figura 1 ilustra la diferencia entre los sistemas SAC y SCC.

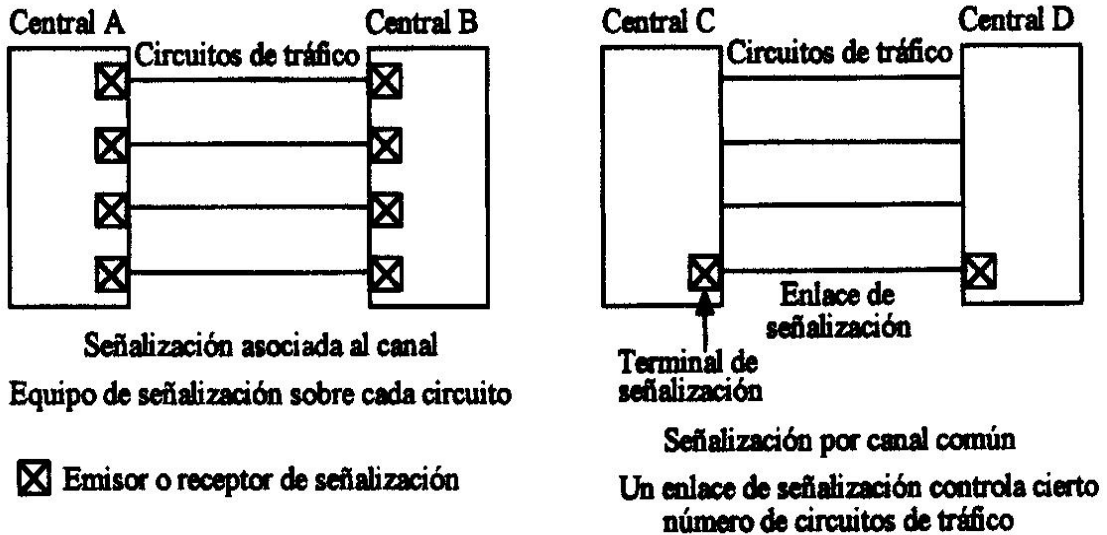


Figura 1. Sistemas de señalización asociada al canal y de canal común.

En los sistemas SAC (centrales A y B de la figura 4.8) se necesita un gran número de emisores y receptores de código, uno por circuito. En contraste, en los sistemas de canal común (centrales C y D de la figura 1) se necesita un número más pequeño de las llamadas terminales de señalización. Ejemplos de sistemas SAC son el sistema de desconexión de bucle (DB) y el R2 (CCITT R2). Los sistemas SCC incluyen al CCITT 6 y al CCITT 7.

2.1. Señalización de Línea R2

Los sistemas SAC de multifrecuencia casi siempre tienen 2 partes, la de señalización de línea y la de señalización entre registros, cada una con función distinta. La parte de señalización de línea, controla la línea y el equipo común, también se encarga de enviar las señales de toma de línea y otras señales de supervisión, como por ejemplo, la señal de liberación. La parte de señalización entre registros, se encarga del transporte, entre centrales, de la información referente a los dígitos que se marcan. Esta división en 2 partes de la SAC ayuda a minimizar el número total de emisores y receptores de código de señalización en una central, como se verá más adelante. En R2, la parte de señalización de línea es un sistema fuera de banda de tono único. Fuera de banda significa que la frecuencia que se emplea está fuera de la banda de 3.1 KHz que se emplea para la conversación; sin embargo, la frecuencia cae dentro del ancho de banda total de 4 KHz del circuito. La figura 2 ilustra los rangos dentro y fuera de banda de un canal telefónico normal de 4 KHz.

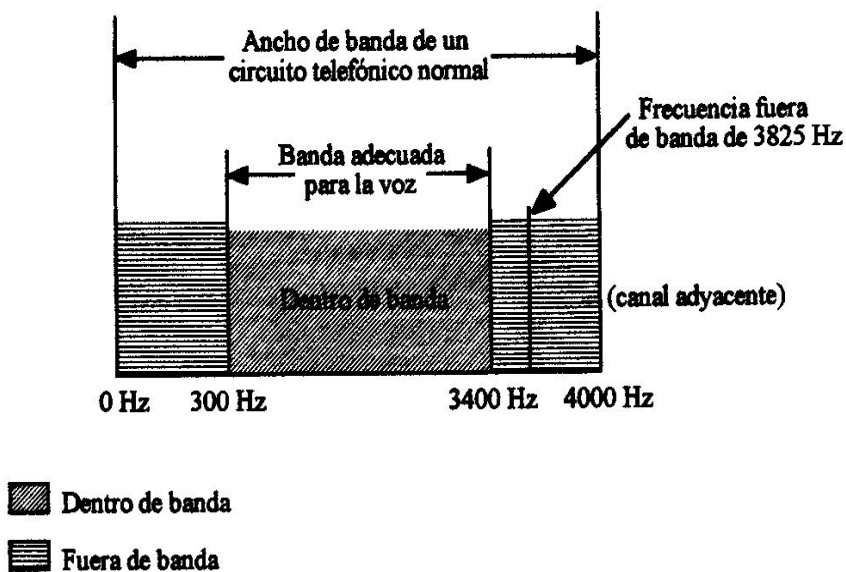


Figura 2. Señales dentro y fuera de banda.

La figura 2 ilustra la relación, mostrando el ancho de banda total de 4 KHz realmente asignado al circuito telefónico y el rango de 3.1 KHz de 300 Hz a 3400 Hz que está disponible para la voz. Los rangos de 0-300 Hz y de 3400-4000 Hz normalmente se eliminan con el filtraje de la conversación y

constituyen la separación de banda entre canales adyacentes. En resumen, fuera de banda significa frecuencias en el rango de 0-300 Hz o de 3400-4000 Hz y dentro de banda, frecuencias en el rango de 300-3400 Hz.

El empleo de una señal fuera de banda para el R2 tiene dos ventajas:

- ✚ Primero, no perturba la conversación (sin afectar la separación de canal);
- ✚ Segundo, las señales de línea no se pueden enviar de manera fraudulenta por un abonado telefónico pues la región fuera de banda no es accesible al abonado terminal. La ventaja de emplear tonos dentro de banda consiste en que se simplifica la configuración de circuitos a través de los multiplexores MDF.

La parte de señalización de línea siempre está activa, pues es la que realmente controla al circuito. Estando desocupado el circuito, esta parte es la que lo ocupa (ó toma) (haciendo que la central distante entre en acción) y después de esto se activará la parte de señalización entre registros. La toma implica poner un registro a la disposición en la central distante (de entrada), así como activar a los emisores y receptores de código apropiados de señalización entre registros. La toma será seguida por una fase de señalización entre registros, para enviar el número marcado e información adicional de establecimiento de llamada entre las centrales; al final de esta fase el equipo de señalización entre registros y el propio registro se liberarán para emplearse en otros circuitos, pero la señalización de línea seguirá activa. La señalización de línea tiene más trabajo pues debe detectar la condición de respuesta (para el cobro del abonado) y, al final de la llamada, debe transportar las señales necesarias para liberar la conexión y parar el medidor de cobro. Aún cuando la llamada se haya liberado, ambas centrales deben continuar monitoreando la señalización de línea para detectar tomas subsecuentes de llamada.

Como la señalización de línea siempre está activa, se diseña como sistema de una o dos frecuencias para reducir su complejidad y costo. La parte de señalización entre registros sólo se usa durante un período comparativamente corto en cada llamada, durante su establecimiento. Es necesariamente más complicado el equipo, debido a la clase de información que debe manejar, pero se puede compartir entre varios circuitos un número pequeño de dispositivos comunes (emisores de código, receptores de código y

registros). Esto es más barato que emplear un emisor y receptor inter-registro en cada circuito. Como ya se dijo, el equipo se conmuta a un circuito activo en respuesta a una toma de señalización de línea. La figura 3 ilustra la relación entre las partes de señalización de línea y entre registros.

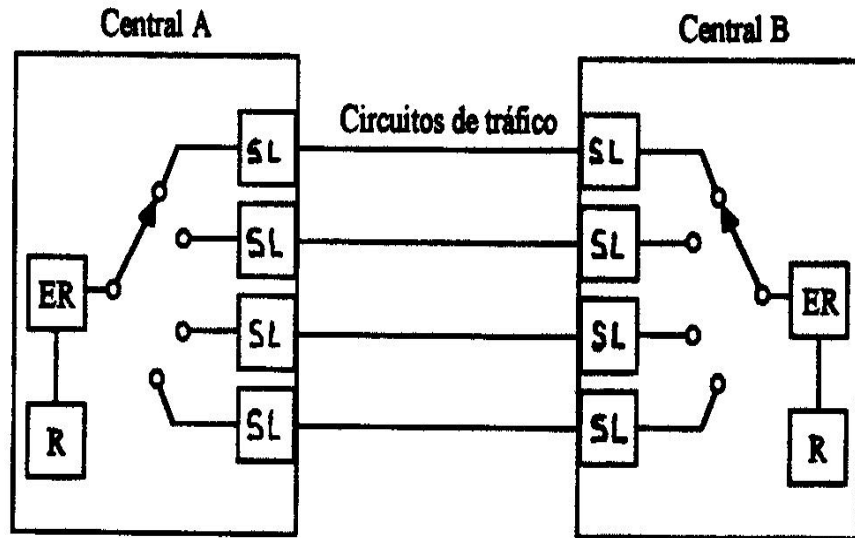


Figura 3. Señalización asociada al canal: partes de señalización de línea y entre registros; ER emisores y receptores de código de señalización entre registros (compartidos); R, registro (para almacenar y analizar la información de destino) (compartido).

La parte de señalización de línea del R2 opera cambiando el estado de la frecuencia única (3825 Hz) de prendido a apagado y viceversa. Cuando el circuito no se usa, un tono de 3825 Hz se puede detectar en ambos canales de transmisión y de recepción del circuito.

Cuando la señalización R2 se emplea directamente en circuitos de audio (por ejemplo circuitos analógicos sin multiplexor) el emisor y receptor de tono de señalización de línea se localiza en la terminación de central. Cuando se emplea el MDF (multiplexación por distribución de frecuencia) en los circuitos, los propios tonos comúnmente se generan en el **Equipo de Translación de Canal (ETC) MDF**, de otra manera estos tonos sería eliminados por filtraje junto con otras señales que están fuera de la voz normal.

Dos hilos adicionales conectan la central con el ETC y posibilitan a la central para controlar y monitorear el estado de los tonos sobre los canales de entrada (recepción) y de salida (transmisión), si están en prendido o apagado. Estos conductores adicionales se conocen como hilos E y

M (de ahí el nombre de **señalización E y M**). Por lo tanto, en total, cada circuito entre la central y el ETC incluye 6 alambres: un par de transmisión, un par de recepción, más el hilo E y el hilo M. El hilo M controla el estado del tono sobre el canal de transmisión, activando al ETC para enviar su tono cuando el hilo M tiene potencial alto y no enviarlo cuando el hilo M está a tierra.

De igual manera, el ETC envía información concerniente al estado del tono sobre el canal de recepción empleando el hilo E; alto voltaje significa que hay un tono sobre el canal de recepción, tierra (cero voltaje) significa que no lo hay. Además de los 72 hilos (12x6) que se necesitan para los 12 canales, se suministra un hilo adicional para el control de interrupción (CI), para que si la portadora MDF falla, el ETC no tome inmediatamente los 12 canales. La figura 4 muestra el arreglo típico de central y ETC en donde se emplea el R2 junto con la planta de línea MDF.

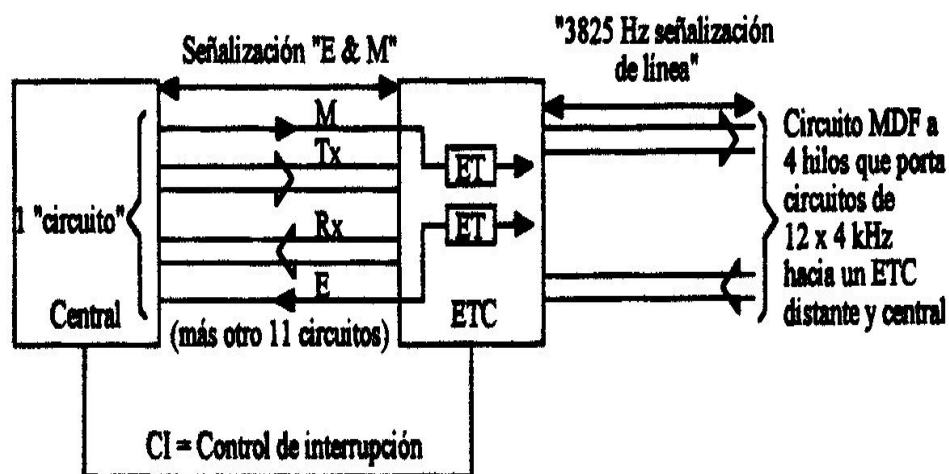


Figura 4. Configuración típica para la señalización R2. Tx, par de transmisión; Rx, par de recepción; CI, hilos de control de interrupción; ET; emisor de tono de 3825 Hz; RT; receptor de tono de 3825 Hz; ETC, equipo de translación de canal.

A partir de tono puesto para estado desocupado (el circuito no se emplea, con tonos de 3825 Hz circulando en ambas direcciones de ida y regreso), los tonos se pueden apagar y prender en secuencia para indicar las diferentes etapas de la llamada: establecimiento, conversación y liberación. La descripción de la secuencia de señalización es como sigue: la

central que origina la llamada (central de salida) realiza la toma de un circuito libre apagando el tono hacia adelante como se ilustra en la figura 5 La central de entrada responde asignando el equipo común, incluyendo un registro y el equipo de señalización entre registros.

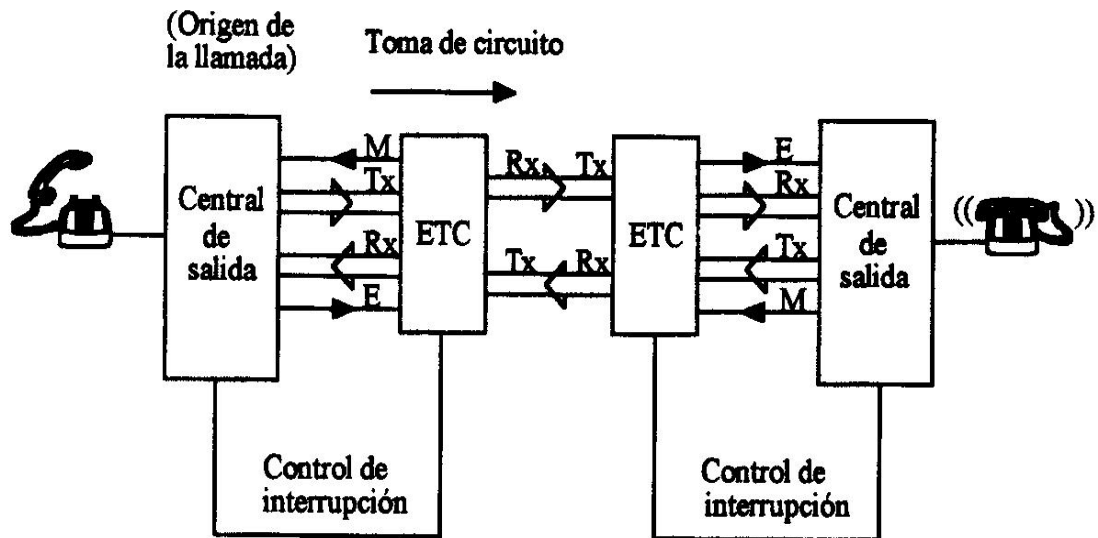


Figura 5. Centrales de entrada y de salida de un circuito R2 controlado.

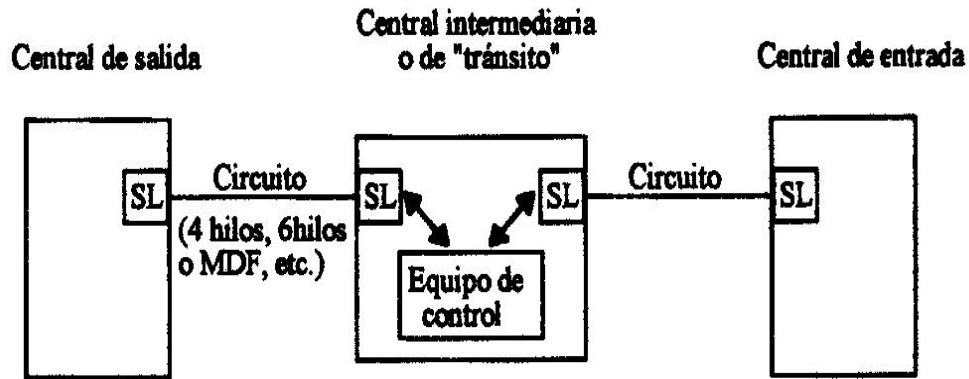
Estado No.	Tono hacia delante	Tono hacia atrás	Significado de la señal de línea	Cambio de estado
1	Tono prendido	Tono prendido	Circuito libre	2 ó 6
2	Tono apagado	Tono prendido	Toma (por extremo de salida)	3 ó 5
3	Tono apagado	Tono apagado	Respuesta-conversación	4 ó 5
4	Tono apagado	Tono prendido	Liberación hacia atrás	3 ó 5
5	Tono prendido	Tono prendido ó tono apagado	Liberación hacia delante	1
6	Tono prendido	Tono apagado	Bloqueo (en el extremo de entrada)	1 (sin bloqueo)

Tabla 2. Secuencia de la señalización de línea R2.

En otros sistemas, la disponibilidad para recibir los dígitos se indica en esta etapa regresando una **señal de proceda a enviar (SPE)**. Al recibir la SPE, la central de salida envía los dígitos del número marcado mediante el cambio a señalización entre registros. Como R2 no tiene SPE, el cambio a señalización entre registros no se promueve, pero el dígito se envía de todas maneras. Su envío continúa hasta su reconocimiento por parte de la central de entrada; técnica que se conoce como señalización a secuencia obligada. El establecimiento de la llamada continúa con intercambios similares de señales entre registros y de línea. La Tabla 2 ilustra la secuencia completa de la señalización de línea.

Cuando la señalización entre registros ha enviado el número necesario de dígitos para permitir que la central de entrada decida su acción, entonces se establece la conexión a través de la central de entrada. Si se necesita un enlace más hacia adelante (por ejemplo hacia otra central de tránsito troncal o internacional), entonces la central de entrada asume el papel de central de salida (para propósitos de señalización) o, de otro modo, la central de salida retiene su papel y señala de manera transparente a través de la central de entrada previa (ahora con conmutación sobre ella) hacia la nueva central de entrada (enlace siguiente). **El primer método se conoce por señalización enlace por enlace y el segundo como señalización extremo a extremo.**

La señalización de línea del sistema R2 trabaja en el modo de enlace por enlace. En otras palabras, en una conexión que incluye varios enlaces en serie, la señalización de línea sobre cada enlace trabaja de un modo independiente y secuencial. Por ejemplo, la señal de liberación no pasa directo desde un extremo de la conexión al otro; sino que pasa ,enlace por enlace y es interpretada por el equipo de control de cada central y enviada conforme se necesita. Por lo tanto, se requiere equipo de señalización de línea independiente en cada enlace de una conexión en serie, como se ilustra en la figura 6.



SL = Equipo de señalización de línea (Emisor y receptor)

Figura 6. Operación enlace por enlace de la señalización de línea R2.

La operación de enlace por enlace de la señalización de línea contrasta con la operación extremo a extremo de la señalización entre registros, como pronto veremos.

2.2 Señalización de secuencia obligada o de confirmación

Se dice que la señalización de línea R2 es un sistema de secuencia obligada, significando con esto que cada señal se envía y continúa siendo enviada, ya sea hacia adelante o hacia atrás, hasta que se recibe una señal desde el extremo opuesto, señal que actúa como confirmación y promotor de la siguiente acción. Esto asegura la recepción de la señal y disponibilidad para la siguiente. Así, la confirmación del primer dígito enviado en la dirección hacia adelante, apronta a la central de salida para enviar el siguiente. La central de salida continúa enviándolo hasta que recibe la señal de confirmación. La señalización de secuencia obligada es mucho más confiable que las otras. Pero la ventaja de estos otros sistemas (sin secuencia obligada) es su habilidad para emitir toda una serie de señales en un sólo envío, reduciendo así potencialmente el tiempo que se necesita para establecer la llamada. Esto puede ser particularmente valioso si el tiempo de propagación del circuito es muy grande. Pues si cada señal tiene que ser confirmada sobre un circuito de satélite, entonces el retardo del bucle para la transmisión de señal y confirmación sobre el circuito, significa que la cantidad máxima de alrededor de una señal (o dígito) por segundo es todo lo que se puede conseguir.

La **señalización de confirmación** es ligeramente diferente de la señalización de secuencia obligada, es ligeramente menos gravosa. Mientras que los sistemas de señalización de secuencia obligada son siempre sistemas de confirmación, lo inverso no es necesariamente cierto. En un sistema de confirmación (pero no de secuencia obligada) se pueden enviar secuencias cortas de señales y se pueden repetir si no se confirman, pero no se envían de manera continua. Pueden ser confirmadas mediante una sola señal. El CCITT 4 es un buen ejemplo de señalización de confirmación, cada dígito hacia adelante es impulsado y confirmado por una confirmación impulsada.

2.3. Señalización R2 de código multifrecuencia entre registros

En la sección anterior aprendimos que la señalización de línea del R2 controla al propio circuito, enviando la toma del circuito, la respuesta, la liberación, así como otras señales de supervisión de circuito. No puede enviar la información decisiva para el establecimiento real de la llamada, incluyendo el número marcado, etc. Esto es función de la señalización entre registros, que se activa después de la señal de toma en la señalización de línea, como se ha visto.

La parte de señalización entre registros del R2 (R2-MFC, o código multifrecuencia) trabaja entre registros R2 en el modo extremo a extremo. En la central de salida, un sistema de señalización de bucle de acceso (como el DB o el MF4) tendrá almacenada en un registro la información que se requiere para el establecimiento de la llamada. Como ya hemos visto, el análisis de los dígitos permite entonces la selección de una ruta de salida hacia el destino. Si esta ruta es vía otra central, entonces la señalización entre registros se necesitará para relevar la información hacia el registro localizado en la central subsecuente (de entrada o de tránsito). La figura 3 mostró la forma de configurar el equipo de señalización entre registros para enviar información de llamada desde el registro en la central A hasta el de la central B, durante el establecimiento de una llamada. Si se agregara un enlace más, vía la central C, a la conexión (como se ilustra en la figura 4.14) entonces la información que requiere el registro de la central B se podría derivar directamente del registro de la central de salida A. Siendo así, el registro de la central B se puede liberar después de que el enlace B-C ha sido tomado y la trayectoria de conmutación a través de B se ha establecido. Este método de señalización se conoce como señalización de extremo a extremo. El registro de origen en una configuración de

señalización de extremo a extremo (en nuestro ejemplo, el de la central A) a menudo se conoce como registro principal.

La operación de extremo a extremo de la señalización entre registros es común entre las redes nacionales o internacionales, pero en la frontera entre tales redes (en la central de acceso internacional por ejemplo) es normal llevar a cabo la regeneración de señales. Con esto se quiere significar que una nueva función de registro principal se asume en la central de acceso. Así, no se espera que una central troncal en un país trabaje sobre la base de extremo a extremo como una central de salida con una central troncal de entrada en algún otro país. En lugar de esto la regeneración de señales se lleva a cabo en los accesos internacionales de salida y quizá también en los de entrada. De hecho, el R2 se diseña para trabajar de extremo a extremo desde un registro R2 internacional de salida hacia la central local distante.

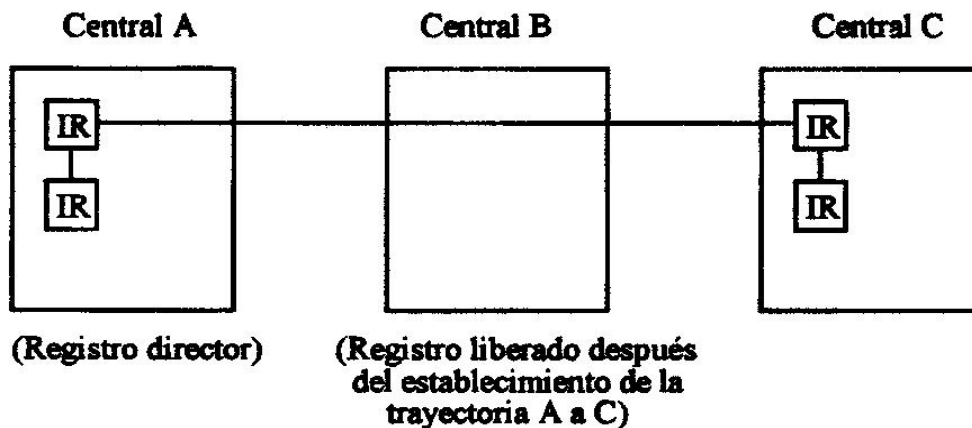


Figura 7. Señalización entre registros de extremo a extremo. R1, emisores y receptores de código de señalización entre registros, R, registro.

La regeneración en el acceso internacional de entrada se necesita cuando R2 nacional es incompatible, o en casos en donde se emplea algún otro sistema de señalización nacional. El principio de la regeneración se ilustra en la figura 8. El diseñador de redes tiene cuando menos dos razones para decidir, regenerar la señalización R2:

- ✚ querrá reducir la probabilidad de tiempos de retención excesivos de los registros principales, que pueden causar congestión.

- ✚ o estará ansioso por arreglar las diferencias entre las variantes nacional e internacional del R2.

Como las conexiones internacionales generalmente requieren un número mayor de enlaces de transmisión y centrales conectadas en serie, se deduce que las conexiones internacionales generalmente requieren más tiempo para su establecimiento. El tiempo de retención de los registros principales que controlan el establecimiento de las conexiones internacionales será por lo tanto mayor que el de sus equivalentes nacionales y se requerirá, en consecuencia, mayor número de registros. Por lo tanto, para evitar el congestionamiento de los registros de la red nacional que puede resultar de un manejo grande de llamadas internacionales, es normal suministrar un grupo separado de registros R2 internacionales en los accesos internacionales (como la central B de la figura 8). El número de registros internacionales R2 que se suministra en la central B puede responder por el tiempo de retención mayor. Además, estos registros pueden adecuar o interoperar las pequeñas diferencias entre las diferentes versiones nacional e internacional del R2. Similares necesidades de interoperación exigen la regeneración adicional de la versión nacional del R2 en la central D.

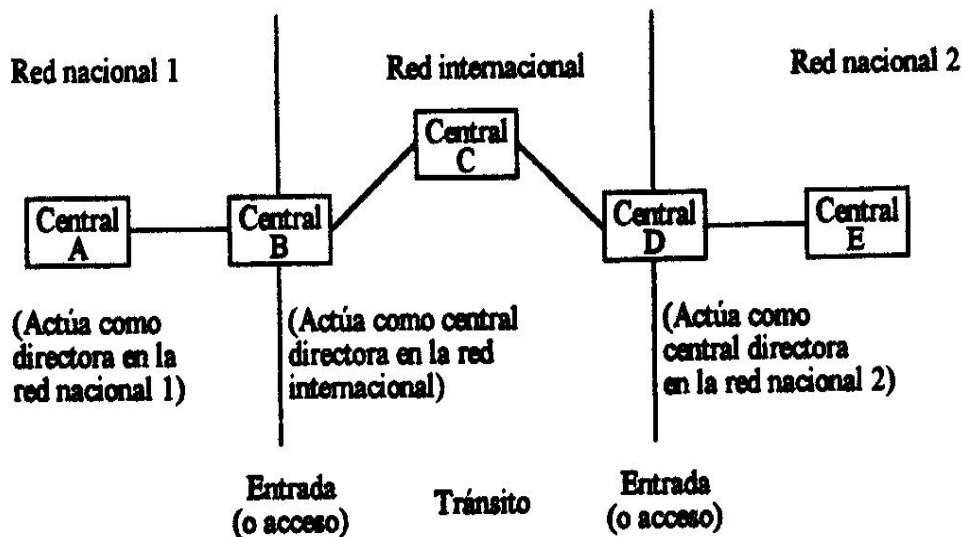


Figura 8. Regeneración del MFC R2.

Como la señalización de línea, la [señalización entre registros \(SER\)](#) en el MFC R2 se lleva a cabo por medio de señales hacia adelante y hacia atrás de secuencia obligada. Las señales subsecuentes (que esperan para ser enviadas en la misma dirección (hacia adelante o hacia atrás) sólo se envían en la dirección relevante como resultado de peticiones y confirmaciones desde el otro extremo y de la señal anterior suprimida en este momento. Las

señales SER-MFC consisten de 2 de 6 frecuencias dentro de banda que se envían juntas. El empleo de dos frecuencias hace que la señalización sea más confiable y menos sujeta a la interferencia de línea, ya que antes de reaccionar a la señal el receptor debe detectar dos y sólo dos frecuencias. En esta forma, las frecuencias únicas espúreas no provocan operación falsa, es decir, conexión de números equivocados.

Se dispone de 15 señales hacia adelante y 15 señales hacia atrás, conformadas de la manera que se ilustra en la Tabla 3. Cuando el R2 se emplea sobre circuitos de 4 hilos o su equivalente, el empleo de grupos de frecuencia separados en las dos direcciones no presenta beneficio alguno, pero sobre circuitos de 2 hilos permite la señalización simultánea en ambas direcciones sin interferencia.

Las Tablas 4 y 5 ilustran las señales que se emplean en el MFC R2 internacional. La primera señal entre registros que se envía es una señal hacia adelante, comúnmente el primer dígito marcado. Esta es reconocida por la señal A-1 que solicita el siguiente dígito. Las señales se envían en turno en las direcciones hacia adelante y hacia atrás, el registro de entrada controla el envío de dígitos empleando la señal enviar siguiente dígito, Al o solicitando el reenvío de ciertos dígitos mediante el empleo de cualquiera de las señales A2, A7 o A8.

<i>Frecuencia de la señal</i>			<i>Número de señal</i>														
Adelante	Atrás	Valor de la señal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1380	1140	0	*	*		*			*				*				
1500	1020	1	*		*		*			*				*			
1620	900	2		*	*			*			*				*		
1740	780	4				*	*	*				*				*	
1860	660	7							*	*	*	*					*
1980	540	11											*	*	*	*	*

Tabla 3. Frecuencias del MFC R2.

Una vez que se ha recibido suficiente información en el registro de entrada, se puede llevar a cabo, en la forma normal, el análisis de dígitos, la selección de ruta y la conexión de la trayectoria sobre el conmutador. El

MFC R2 internacional es más complicado que el MFC R2 nacional, en el sentido de que se requieren más señales para transportar la información que pertenece a las redes internacionales, incluyendo las señales que:

- ☀ indican el país de destino
- ☀ controlan la selección del tipo de sistema de transmisión (por ejemplo satélite o cable).
- ☀ solicitan la asistencia de operadora internacional (si se requiere), y el idioma de preferencia que se empleará para tal asistencia.
- ☀ controlan equipos específicos, como supresores de eco.

Grupo I: Información de destino, etc.			Grupo II: Categoría de la parte de llamada
Número de señal	Ia: Primera señal sobre un circuito internacional	Ib: Señales subsecuentes sobre un circuito internacional	
1	Dígito de lenguaje	Dígito 1	Señales para uso nacional. Si se reciben en un acceso internacional se convierte a una de las señales 11-7 a 11-10.
2	Inglés	2	
3	Alemán	3	
4	Ruso	4	
5	Español	5	
6	Reserva (Dígito de idioma)	6	
7	Reserva (Dígito de idioma)	7	Abonado(u operadora) sin facilidad de transferencia hacia adelante
8	Reserva (Dígito de idioma)	8	Llamada de Tx de datos
9	Reserva (Dígito de idioma)	9	Abonado con prioridad
10	Dígito de discriminación	0	Operadora con facilidad de transferencia hacia adelante
11	Código indicador de país; se requiere medio supresor de salida de eco.	Código 11: llamada a operadora de entrada	Señales de reserva para uso nacional
12	Código indicador de país; no se requiere medio supresor de salida de eco.	a) Código 12: llamada a operadora para servicio con retardo. B) no se acepta solicitud	Señales de reserva para uso nacional

13	Código 13: Llamada por equipo de prueba automático	Código 13: Llamada por equipo de prueba automático	Señales de reserva para uso nacional
14	Código indicador de país; se requiere medio supresor de salida de eco.	Se requiere medio supresor de eco de entrada.	Señales de reserva para uso nacional
15	Reserva	Código 15: fin de pulsos	Señales de reserva para uso nacional

Tabla 4. Señales hacia delante del MFC R2 internacional.

Número de señal	Grupo A: señales de control	Grupo B: Condición de la línea del abonado que llama
1	Enviar siguiente dígito (n+1)	Señal de reserva para uso nacional
2	Enviar último dígito (n-1)	Abonado transferido
3	Enviar categoría de la parte que llama y cambiar a recepción de señales B	Línea de abonado ocupada
4	Congestión de la red nacional	Congestión
5	Enviar categoría de la parte llamada	Número no válido
6	Establecer condiciones de voz	Línea de abonado libre, cobro
7	Enviar los últimos dos dígitos (n-2)	Línea de abonado libre, no cobro
8	Enviar los últimos tres dígitos (n-3)	Línea de abonado fuera de servicio
9	Señales de reserva para uso nacional	Señales de reserva para uso nacional
10		
11	Enviar código indicador de país	Señales de reserva para uso internacional
12	Enviar dígito de idioma o discriminador	
13	Enviar código de identidad (localización) de registro R2 internacional de salida	
14	¿Se requiere medio supresor de eco de entrada?	
15	Congestión en una central internacional o a su salida	

Tabla 5. Señales hacia atrás de MFC R2 internacional.

Las señales que se emplean en los sistemas internacionales de señalización como el R2, están normalizadas y detalladas en las recomendaciones del CCITT. Sin embargo, cuando se emplean dentro de la red de un solo operador existe cierto espacio para el empleo de un rango más sofisticado de señales o uno más simple.

3. Sistemas Digitales de Línea y señalización asociada al Canal

En la primera parte de este trabajo vimos cómo, en los sistemas de señalización asociada al canal (tales como el CCITT 1, 2, 3, 4, 5, R1, R2), la información de establecimiento y de control se transporta sobre el canal mismo. Éste es el caso en donde los circuitos se transportan sobre equipo de transmisión analógico, pero en casos en donde los circuitos se transportan sobre sistemas de línea digitales, es común codificar aún la señalización de línea asociada al canal dentro de un canal único. En la práctica de transmisión digital (europea) de 2.048 Mbit/s, el canal que normalmente se emplea para este propósito es la RT16 y todas las señales de línea para los 30 circuitos útiles (canales 1-15y 17-31) se codifican sobre este canal único. De igual manera, en la transmisión digital de 1.544 Mbit/s se puede emplear ya sea un canal completo de 64 Kbit/s para señalización, o más comúnmente, el canal 9 de señalización de robo de bit.

Aún cuando la señalización de línea se puede concentrar en un canal digital único, siempre es correcto referirse al CCITT 1, CCITT 2, CCITT 3, CCITT 4, CCITT 5, CCITT R1 y CCITT R2 como sistemas de señalización asociada al canal. En todos ellos, la señalización entre registros de multifrecuencia aún se envía dentro del mismo canal. Sin embargo, la concentración de la señalización de línea sobre un canal único, permite que se logre una pequeña economía en el número de emisores y receptores de señalización de línea.

Un tipo especial de señalización de línea R2 se desarrolló para emplearse sobre sistemas de línea digitales. El sistema se conoce como R2D (R2 Digital). La señalización de línea del R2D es idéntica a la versión analógica. De igual manera, variantes digitales especiales de las partes de señalización de línea se van a encontrar en otros sistemas de señalización.

4. Interoperación de Señalización

La elección del sistema de señalización para una red se determina en base a cierto número de factores que incluyen la topología de la red, la longitud y retardo de propagación de los enlaces de transmisión, de los servicios que se van a suministrar, de los medios de transmisión que se van a emplear y, por supuesto, de la naturaleza de la red. Las inversiones en sistemas de señalización obsoletos a menudo significa que todas las prácticas de equipo antiguo y moderno y los sistemas de señalización tienen que coexistir. El trabajo de diseño y operación de redes económicas y efectivas contra tal base evolutiva es un reto que perdurará.

La figura 9 ilustra la situación típica en donde la señalización R2 opera sobre el enlace entre las centrales A y B y la señalización CCITT 5 sobre el enlace B-C de la misma conexión. La configuración requiere que ambos sistemas de señalización puedan transportar información similar de establecimiento de llamada y de liberación y aún transferirla de uno al otro a través de alguna forma de interoperación de señalización. Así, la central B debe entender los protocolos de ambos sistemas de señalización y ser capaz de interoperar con los dos.

El suministro de la interoperación de señalización requiere la apreciación cuidadosa por parte de los diseñadores de centrales de las secuencias lógicas y los flujos de información de los dos sistemas de señalización. La central misma, o el dispositivo de conversión de señalización, necesita poder interpretar correctamente las señales de ambos sistemas y enviar el mismo significado cuando se convierta entre los dos. Las complejidades de la interoperación llegan a su pico cuando dos sistemas de señalización que van a interoperar tienen diferentes vocabularios de señales (por ejemplo, un sistema sólo puede tener una señal de ocupación de red mientras que el otro puede tener varias señales para determinar si la central o el abonado llamado están ocupados). Bajo estas circunstancias, bien se puede perder algo de información.

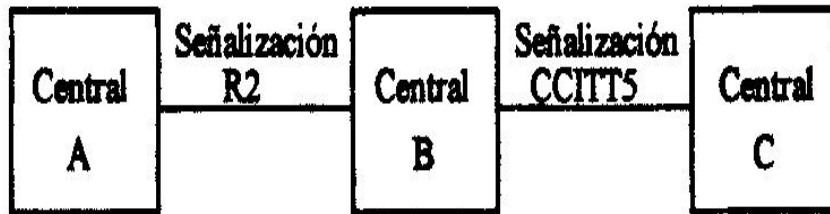


Figura 9. Interoperación de señalización.

La pérdida de información puede o no provocar que la red opere de una manera impredecible. Por ejemplo, en el CCITT 5 sólo hay una señal hacia atrás para indicar que la llamada no se puede completar por alguna razón, incluyendo congestión de abonado de extremo lejano, número invalidado, etc. La señal se llama de indicación de ocupado. Sin embargo, en el R2 diferentes señales hacia atrás permiten que la causa de la conexión incompleta también se regrese, por ejemplo A4, congestión de la red nacional; A15, congestión de la red internacional; B3, línea de abono ocupada; y B4, congestión. Así, en la figura 9, si la central B recibe una señal de indicación de ocupado en CCITT 5 desde la central C, ¿qué señal de mensaje sin éxito se debe enviar en la señalización R2 de regreso hacia la central A?. No existe la respuesta perfecta: sin embargo, existe una respuesta estándar, como lo define el conjunto de recomendaciones de interoperación de señalización de la serie Q.600 del CCITT, a efecto de que se regrese la señal A4 (congestión de red nacional) o el canal de voz se conecte con el "tono de ocupado".

10. Aplicaciones de Señalización Avanzada

Una vez que se han cubierto los principios básicos de la señalización para el establecimiento de conexiones sobre las redes de conmutación de circuitos, es posible estudiar los métodos sofisticados de control de red que son viables gracias a los sistemas más avanzados de señalización. Éstos incluyen el control del tráfico de la red, el enrutamiento de llamadas y la calidad total de transmisión.

11. Diagramas de Secuencia de Señalización

Para el diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de señalización resulta sumamente útil entender las secuencias correctas de las señales. Esto simplifica la tarea de comprender y localizar las respuestas de central a las señales y permite conocer la interacción de los diferentes

sistemas de señalización, haciendo así más fácil el diagnóstico de las fallas. La forma más simple de ilustrar las secuencias de señalización y la que comúnmente se emplea en los documentos de especificación es el diagrama de secuencia de señalización, un ejemplo del cual se muestra en la figura 10.

La figura 10 ilustra la conexión hipotética entre dos teléfonos, A y B, interconectados por medio de las centrales C, D y E. La señalización del abonado A hacia la central C es mediante señalización de descuelgue y MFDT. Desde la central C hacia D, se emplea R2, y de D a E se emplea CCITT 5.

En realidad, es altamente improbable que los abonados serían conectados a las centrales internacionales de la manera que se ilustra en la figura 10; sin embargo, es teóricamente posible. A manera de ilustración, se han escogido las secuencias de señalización internacional ya que son ligeramente más complejas. Los sistemas de señalización internacional generalmente necesitan enviar más información y aquí se muestra el envío de información concerniente a las necesidades de código de país de destino, dígito de idioma y supresor de eco. Los sistemas de señalización intercentral nacional no siempre necesitan estas complicaciones y generalmente son más simples, de modo que si se quiere entender la secuencia de señales que aquí se describe, hay que estar bien dispuesto a asimilar otros diagramas de secuencia de señalización nacionales.

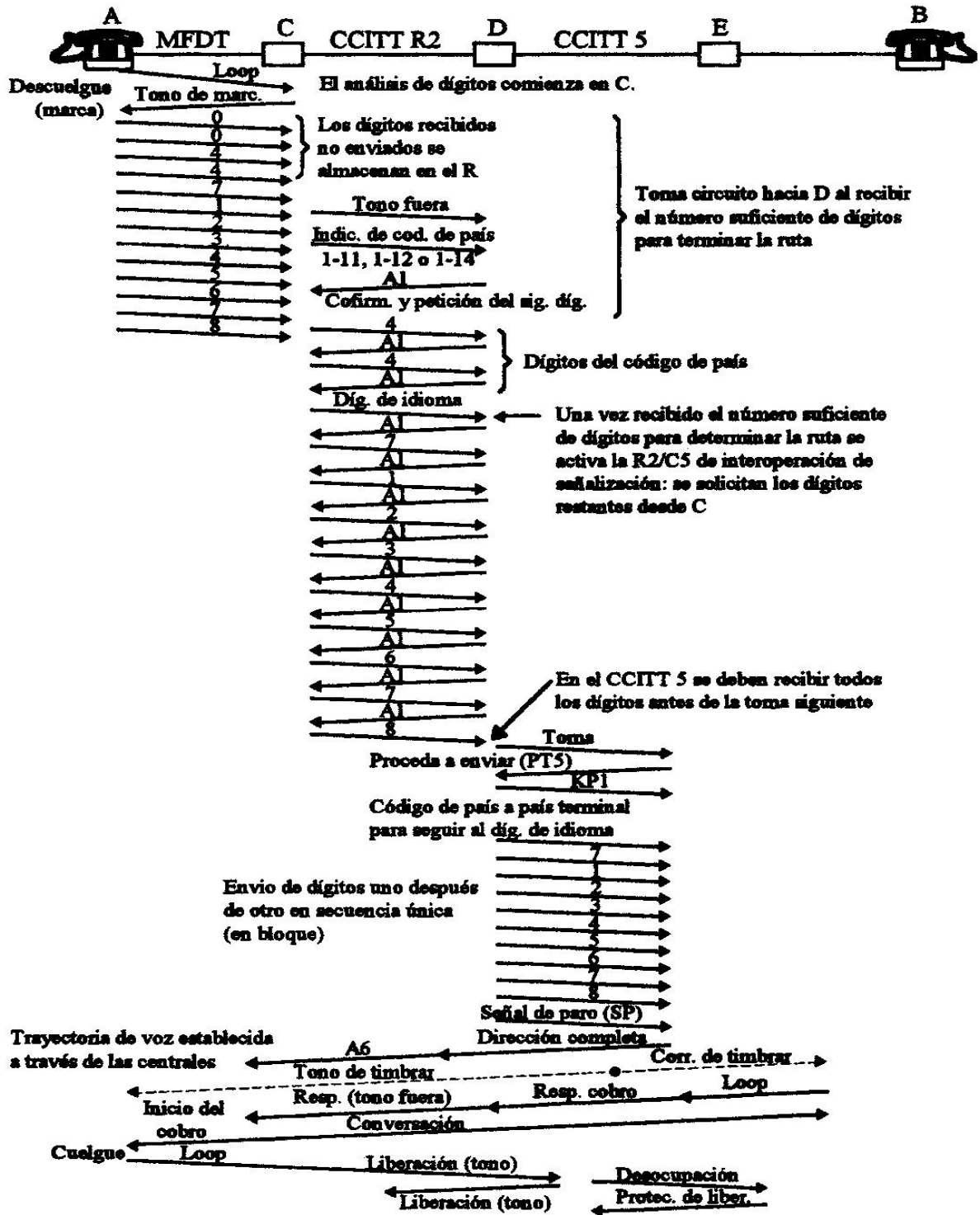


Figura 10. Ejemplo de diagrama de secuencia de señalización

La corriente de timbrado y la señalización de bucle proporcionan los recursos finales para avisar al abonado B y él señalizar su respuesta.

El diagrama de secuencia de la figura 10 ilustra las interacciones de señalización que deben ocurrir para establecer la llamada y liberarla después. Una ilustración de este tipo permite ver justo con cuantas interacciones tienen que enfrentarse las centrales. Al lado del diagrama están anotadas las diferentes etapas del establecimiento de la llamada, como se describió anteriormente, es decir, descuelgue, tono de marcar, dígitos marcados, etc. La razón de ilustrar el empleo de diferentes sistemas de señalización sobre los enlaces C-D y D-E es para comparar sus diferentes métodos de operación y la interoperación entre ellos que debe realizar la central D. Se notarán 2 principales diferencias.

Primero, algunas de las señales no tienen significados idénticos en los dos sistemas de señalización, de modo que ocasionalmente se debe usar el método que mejor se adapte.

Segundo, el secuenciamiento de las señales es muy diferente en los dos sistemas. R2 opera en el **modo de señalización translape**. Con esto, se quiere decir que la central C retransmite los primeros dígitos marcados hacia la central D aún antes de que el último dígito ha sido recibido desde el solicitante, A. Así, la señalización sobre los enlaces AC y CD se translapa. Pero, por el contrario, la central D no da comienzo a la señalización sobre el enlace DE hasta que todos los dígitos se han recibido desde C. Esto se debe a que la señalización CCITT 5 requiere la operación de modo en bloque, en la que todos los dígitos se envían juntos.

Históricamente, la señalización de modo translape se empleó en las primeras centrales electromecánicas, ya que permitía a las centrales comenzar tarde en la conexión sus acciones relativamente lentas de conmutación tan pronto como era posible, minimizando así el tiempo total que se requería para el establecimiento de la llamada. El análisis de dígitos y la conmutación mucho más rápidos en las centrales CPA y digitales, favorece el empleo de la señalización en bloque, debido a que el tiempo de procesador de central no se gasta en esperar a que los dígitos se reciban desde la central anterior.

Bibliografía:

Herrera Pérez, Enrique. "Introducción a las Telecomunicaciones Modernas". Limusa. 2000. México

Cuestionario

- 1.- Defina la función de control de establecimiento y liberación de llamadas en una red de conmutación de circuitos.
- 2.- Defina la función de señalización.
- 3.- Diga a qué se le llama número de directorio y número de central.
- 4.- Diga a qué se le llama receptor de código y registro.
- 5.- Describa la técnica de señalización por desconexión de bucle (DB).
- 6.- Diga qué es la señalización de multifrecuencia de doble tono.
- 7.- Explique cómo se realiza el enrutamiento de una llamada en base a los dígitos de destino
- 8.- Explique en qué consiste la "señal de liberación" y cómo actúa.
- 9.- Explique el concepto de traducción numérica.
- 10.- Diga qué es la liberación forzada y en qué casos se emplea.
- 11.- Diga qué es la señalización intercentral.
- 12.- Diga qué es un sistema de señalización con código multifrecuencia.
- 13.- Diga qué tipo de sistema de señalización es el CCITT R2 y dónde de se aplica.
- 14.- Explique el concepto de señalización asociada al canal.
- 15.- Explique el concepto de señalización por canal común.
- 16.- Diga cuál es la función de la señalización de línea R2 y qué señales emplea.
- 17.- Diga en qué caso se emplea los hilos E y M de señalización.
- 18.- Explique en qué consiste la operación enlace por enlace de la señalización de línea.
- 19.- Explique el concepto de señalización de secuencia obligada.
- 20.- Explique qué es la señalización de registros del R2 y diga en qué modo trabaja.
- 21.- Explique en qué consiste la señalización de extremo a extremo.
- 22.- Diga cómo se configuran las señales que se emplean en la SER-MFC.
- 23.- Diga qué es un sistema de señalización digital y cuántos tipos hay.
- 24.- Diga en qué consiste la señalización digital asociada al canal.
- 25.- Diga en qué consiste la señalización digital por canal común.
- 26.- Explique los métodos de señalización digital europeo y americano.

Problemas

- 1.- Definir la numeración para 200 abonados conectados a una central local. El cero y el nueve se emplean para servicios especiales y de larga distancia, respectivamente.
- 2.- Definir la numeración para 9500 abonados conectados a una central local. No se puede emplear el cero ni el nueve como primer dígito para los números de abonado. Determinar la capacidad final del sistema de numeración del área.
- 3.- Determinar el sistema de numeración para un área multicentral que debe arrancar con 12 centrales de 10000 líneas cada una, sabiendo que sólo se le han asignado los dígitos 1 y 2 para el comienzo de sus números de directorio. Determinar la capacidad final del sistema de numeración.
- 4.- Determinar el sistema de numeración para un área multicentral, con el mínimo número de dígitos para sus números de directorio, sabiendo que contará con 50 centrales de 10000 líneas cada una y que no se puede emplear 0, 8 y 9 como primer dígito de estos números. Determinar la demanda telefónica máxima que se puede atender con el esquema de numeración propuesto. Explicar el enrutamiento que efectúa la central local utilizando el 0,8 y 9.
- 5.- Para las comunicaciones de larga distancia, un país se ha dividido en 50 áreas multicentral. De éstas, una es de alto tráfico, seis de mediano tráfico y el resto es de bajo tráfico. Estructurar el plan de numeración nacional que debe consistir en un sistema de numeración cerrado de 10 dígitos.
- 6.- Estructurar el plan de numeración para un país que requiere 99 áreas multicentral repartidas en la siguiente forma:
1 área de alto tráfico
78 áreas de mediano tráfico
20 áreas de bajo tráfico
sabiendo que 18 áreas de mediano tráfico y las 20 de bajo pertenecen a dos regiones con densidad de población no uniforme.
- 7.- Dar la estructura del código de selección nacional de la red telefónica mexicana de conmutación pública. Distinguir cada una de sus partes y explicar la forma de realizar el enrutamiento de las llamadas en base a él.
- 8.- Calcular el tráfico en Erlang que 2000 abonados ofrecen a una central local, sabiendo que cada uno mantiene ocupada su línea (con llamadas) en promedio 6 minutos durante una hora (a la hora pico). Determinar el número

de enlaces que se deberán establecer en la central para cursar todo el tráfico.

9.- En la central urbana "A" de la figura P.9. están conectados 6000 abonados. Cada uno hace 6 llamadas locales con promedio de duración de 3 minutos, 2 llamadas urbanas con promedio de 2 minutos y 1 llamada de larga distancia con promedio de duración de 1 minuto en la hora cargada. Calcular el número de troncales que se necesitan para cursar sin bloqueo el tráfico de larga distancia y urbano, así como el número total de enlaces internos.

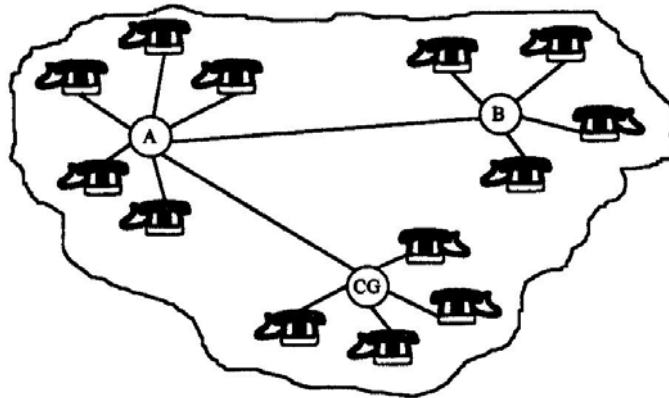


Figura P.9.

10.- Con referencia a la señalización de "desconexión de bucle" de la figura 4.5, los tiempos de "abre" de los pulsos de c.d. son de 60 ms y los de "cierre" de 40 ms. Calcular la velocidad de pulsos que produce el disco dactilar.

11.- Construir el árbol de la tabla de enrutamiento para el análisis del código de área de 3 dígitos, cuando el abonado ha marcado 5321874.

12.- En el diagrama de la figura 5 explicar el enrutamiento de la llamada A hasta B mediante el número de directorio 5432167.

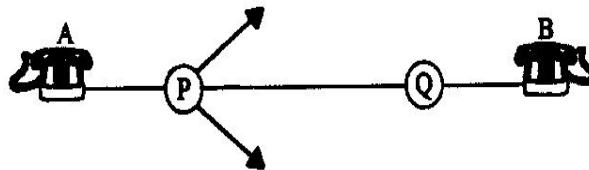


Figura P.12.

13.- En el diagrama de la figura P.13 explicar el enrutamiento de la llamada desde A hasta B mediante el código de selección nacional.

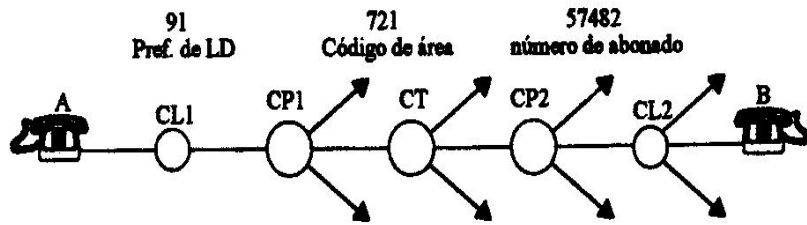


Figura P.13.

14.- En el sistema múltiplex de primer orden europeo, en la RT10 de cada trama se envían 8 bits para fines de señalización. Calcular la velocidad de información de señalización en este sistema.

15.- En un enlace entre 2 centrales se emplea un equipo múltiplex de 60 canales con señalización R2. Calcular el número de conductores que deberán existir entre una central y su terminal múltiplex (ETC) para suministrar la señalización E y M para los 60 canales.