

11

RED LAN IEEE 802.5 - TOKEN RING

11.1 INTRODUCCIÓN

Esta red se usa principalmente en ambientes técnicos y de oficinas. Consiste en un lazo cerrado (anillo) de repetidores con las estaciones ligadas a estos. Los datos circulan a lo largo del anillo en una serie de enlaces punto a punto. A continuación presentamos la manera en que opera.

11.2 NIVEL FÍSICO DEL TOKEN RING

Utiliza para sus conexiones cable UTP, STP o cable coaxial. Su velocidad de transmisión es de 4 ó 16 Mbps. Las especificaciones del cableado empleadas se muestran en la tabla 11.1.

CABLE	TIPO	LONGITUD	IMPEDANCIA	DESCRIPCIÓN
Tipo 1	STP	100 m	150 ohmios	2 pares calibre AWG 22
Tipo 2	STP	100 m	150 ohmios	4 pares calibre AWG 22 (2 para datos)
Tipo 3	UTP	45 m	100 ohmios	2, 3 ó 4 pares de calibre AWG 22 ó 24. Dos torsiones por pie
Tipo 5	Fibra	1 km	ninguna	Generalmente usado para backbone
Tipo 6	STP	66 m	150 ohmios	2 pares calibre AWG 26
Tipo 8	STP		150 ohmios	2 pares planos calibre AWG 26. Uso debajo de alfombras
Tipo 9	STP	66 m	150 ohmios	2 pares sólidos calibre AWG 26

11.3 PROCEDIMIENTO DE OPERACIÓN

Tabla 11.1 Especificaciones del cableado del *Token Ring*

La operación del *Token Ring* se basa en el uso de un solo *token* que circula por el anillo, y al llegar a una estación le da la oportunidad de transmitir. La estación que desea transmitir espera la llegada del *token*. Entonces transmite su trama. La trama de datos en el anillo dará la vuelta completa y será purgada por la estación que la emitió. Tras esta acción, la estación transmisora verificará si acabó su tiempo de transmisión o tiene otra trama para transmitir. De no ser así, insertará un nuevo *token* en el anillo, para dar oportunidad de transmitir a la siguiente estación. Su principio de operación se muestra en la figura 11.1.

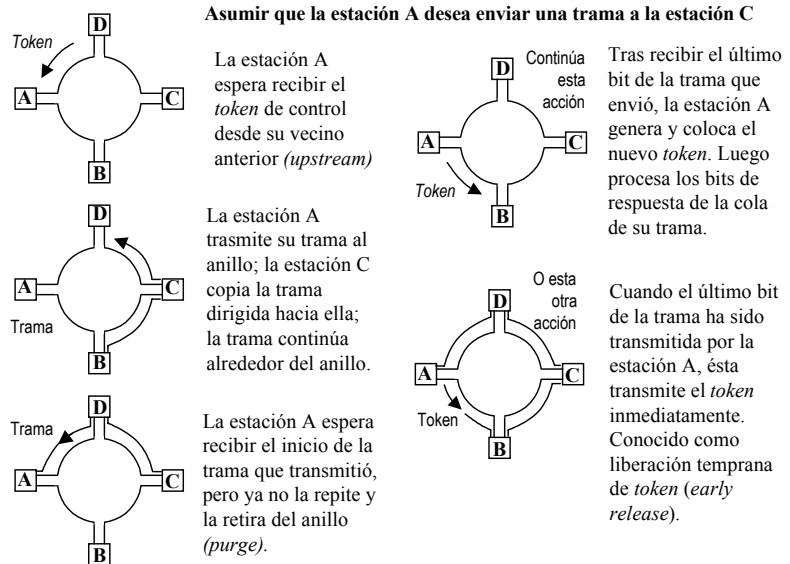


Figura 11.1 Principio de operación de la red *Token Ring*

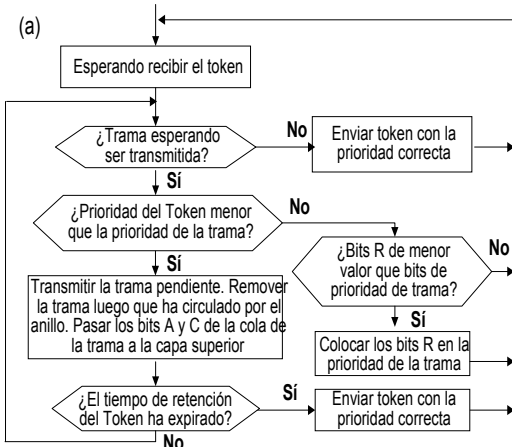


Figura 11.2a Operación del Token Ring - Transmisión

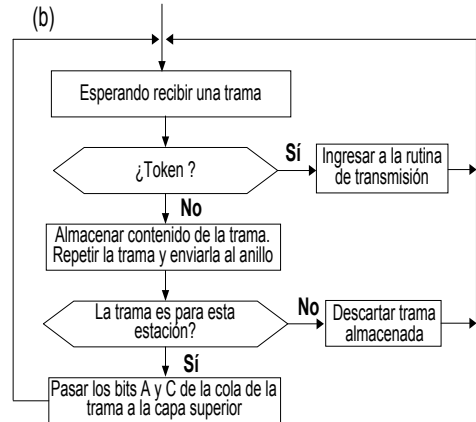


Figura 11.2b Operación del Token Ring - Recepción

En las figuras 11.2 a y 11.2 b se presentan los procedimientos de las operaciones de transmisión y de recepción de la subcapa MAC del Token Ring.

Para operar el Token Ring se requiere dos tipos de las tramas, que son presentadas en la figura 11.3.

11.4 DESCRIPCIÓN DE LOS CAMPOS DE LA TRAMA TOKEN RING

Seguidamente describimos los campos de la trama del Token mostrada en la figura 11.3a.

11.4.1 SD: START DELIMITER / ED: END DELIMITER – DELIMITADORES INICIO-FIN

Cuando una estación recibe el campo ED de una trama entrante, sabrá que ha llegado una trama. La composición de esta trama es la siguiente, en conjunto con la trama ED (End Delimiter).

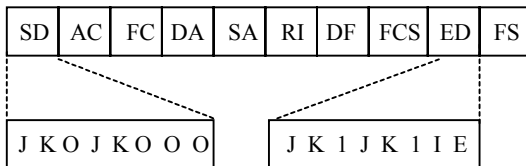


Figura 11.4 Detalle de los campos Delimitador de inicio - SD y Delimitador de final - ED

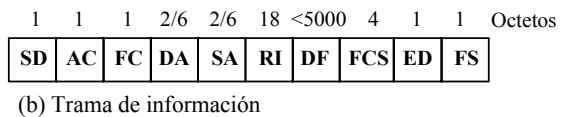
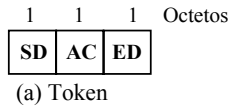


Figura 11.3 Formatos del Token y la trama del Token Ring

- SD** (Start Delimiter) Delimitador de inicio.
- ED** (End Delimiter) Delimitador final.
- J** Tiene la misma polaridad que el pulso precedente, pulso de nivel constante.
- K** Tiene polaridad opuesta al pulso precedente - nivel constante de pulso. Los demás bits están codificados en Manchester diferencial.

Los últimos dos bits del ED representan lo siguiente:

- IE = 00 La trama es un Token.
- I = 1 Indica que es la trama de información primera o intermedia en secuencia.
- I = 0 Indica que es la última trama de información de la secuencia.
- E Bit usado para control de errores. El DTE fuente pone E = 0 al inicio.

NOTA: Si alguna estación recibe una trama que tiene un error FCS, inmediatamente coloca el bit E = 1 para indicar a la estación que lo generó que se ha detectado un error.

11.4.2 AC: CONTROL DE ACCESO – ACCESS CONTROL

Esta trama tiene cuatro tipos de bits: el de prioridad, el de *token*, el monitor y los de reserva.

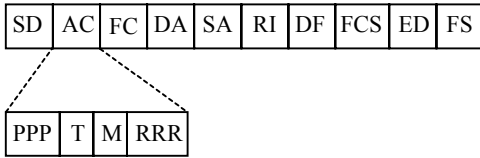


Figura 11.5 Detalle del campo de control de acceso – AC

Este octeto controla el acceso al anillo.

- PPP** Son los bits de prioridad (Baja'000 a alta B'1111).
- T** Bit de *Token* B'0 = *Token* b'1 = trama ordinaria.
- M** Este bit monitor es utilizado por el monitor activo para prevenir que el *token* de prioridad o una trama circule incesantemente por el anillo.
- RRR** Son bits de reserva de prioridad que permiten a las estaciones con alta prioridad pedir que el próximo *token* que vaya a ser emitido tenga la prioridad que éstas requieren.

11.4.3 FC: CAMPO DE CONTROL DE TRAMA - FRAME CONTROL FIELD

Define el tipo de trama, la cual puede ser trama de administración (trama MAC) o trama de información (trama LLC). La MAC se emplea para la administración del anillo, como por ejemplo: para reportar errores de las estaciones, para probar si una dirección está duplicada (*Duplicate Address Test*), o para corroborar la presencia del monitor activo (*Active Monitor*) o del monitor de respaldo (*Stand -By Monitor*).

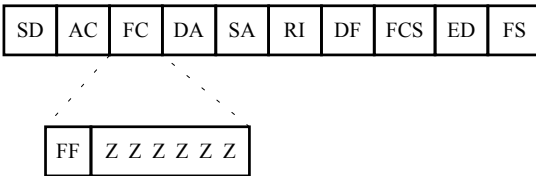


Figura 11.6 Detalle del campo de control de Trama - FC

- FF** B'00" = trama de control de acceso al medio MAC (administración de red). B'01' = trama tipo LLC
- ZZZZZZ** Son bits de control de trama MAC o trama LLC

11.4.4 DA : DIRECCIÓN DE DESTINO - DESTINATION ADDRESS

Ésta es la dirección de la estación o estaciones a la(s) cual(es) está dirigida la trama.

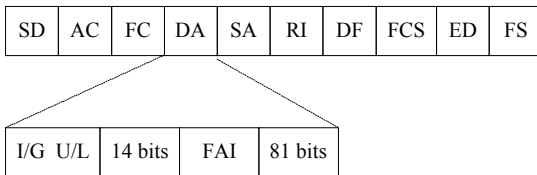


Figura 11.7 Detalle del campo de dirección – DA

- I/G-U/L** Especifica la dirección del adaptador de destino.
- I/G** Dirección Individual (bit = 0) o Grupal (bit = 1).
- U/L** Administrada Universalmente (bit = 0) o Localmente (bit =1). Se dice que una estación es administrada universalmente cuando su dirección es asignada por el IEEE y es grabada en memoria ROM en cada tarjeta adaptadora *Token Ring (Burned in Address)*. Se dice que una estación es administrada localmente cuando las direcciones individuales se establecen al momento de la apertura del adaptador y normalmente es definida por el administrador de la red LAN.
- FAI** Indicador funcional de dirección (*Functional Address Indicator*) Direcciones de: Monitor activo, *bridge*, concentrador de alambrado, etc. Si DA = todos # 1 es una dirección en *broadcasting*.

11.4.5 SA : DIRECCIÓN DE ESTACIÓN FUENTE – SOURCE ADDRESS

Tiene siempre la dirección individual de la estación que genera la trama. Longitud: 2 / 6 octetos.

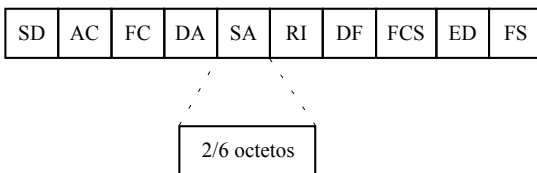


Figura 11.8 Detalle del campo de dirección de fuente - SA

11.4.6 RI: INFORMACIÓN DE ENRUTAMIENTO – ROUTING INFORMATION

Es opcional. Controla el enrutamiento a través de los *bridges*. Su longitud máxima es de 18 octetos.

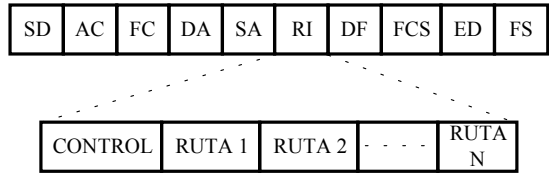


Figura 11.9 Detalle del campo de información de ruta o enrutamiento – RI

11.4.7 DF: CAMPO DE DATOS – DATA FIELD

Este campo contiene los datos de usuario (LLC) o Información de administración si es una trama MAC.

11.4.8 FCS: CONTROL DE ERRORES DE TRAMA – FRAME CHECK SEQUENCE

Es un control cíclico de errores de 32 bits que comprende desde el campo AC hasta el campo DF.

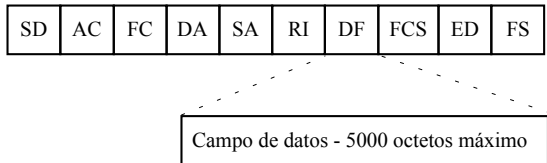


Figura 11.10 Detalle del campo de datos – DF

11.4.9 FS: ESTADO DE TRAMA – FRAME STATUS

Este campo tiene dos bits muy importantes: el bit A y el bit C.

- A** Bit de dirección reconocida
- C** Bit de trama copiada
- RR** Bits reservados para uso ulterior

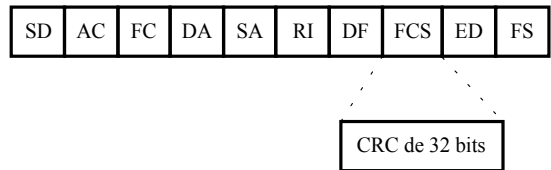


Figura 11.11 Detalle del campo de control de errores- FCS

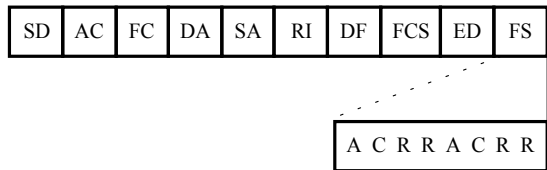


Figura 11.12 Detalle del campo de estado de trama – FS

11.5 TOPOLOGÍAS DEL TOKEN RING

En la figura 11.13 presentamos la topología del *Token Ring* y en las figuras 11.14 y 11.15 mostramos dos configuraciones posibles.

11.6 ADMINISTRACIÓN DEL ANILLO

Hasta aquí nuestro objetivo ha sido la transmisión de tramas de información y tramas *token* durante el funcionamiento normal del anillo.

Sin embargo, antes de que pueda darse tal funcionamiento normal es preciso inicializar el anillo. Si una estación desea unirse a un anillo que ya está operando, deberá efectuar primero un procedimiento de iniciación para no interferir el funcionamiento correcto del anillo.

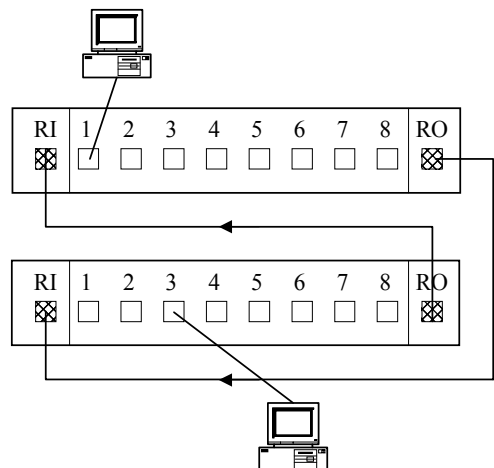


Figura 11.13 Topología física del *Token Ring*

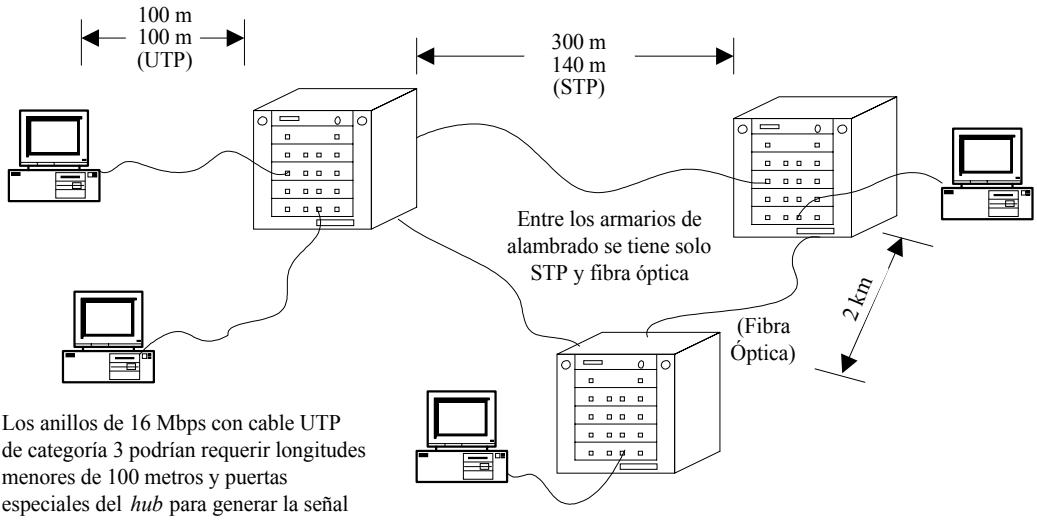
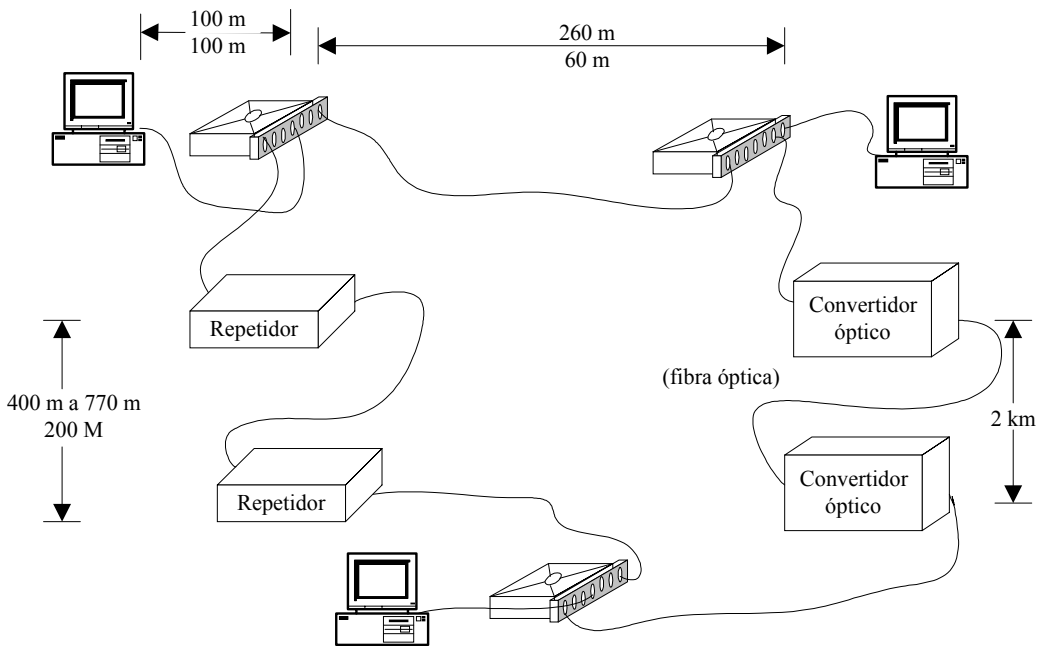


Figura 11.14 Configuración de redes *Token Ring* interconectadas con cables STP



La cantidad de armarios de alambrado y unidades de multiacceso entre los convertidores/repetidores podrían afectar las distancias .

* El límite de longitud del lóbulo es de 100 metros o menos.

Figura 11.15 Configuración de redes *Token Ring* interconectadas con fibra óptica

Además, durante la operación normal es necesario que cada uno de las estaciones activas del anillo supervise continuamente el funcionamiento correcto de éste y, si surgiera una avería, debe tomar las medidas correctivas para restablecerlo. En conjunto, a estas funciones conforman la **administración del anillo**.

La tabla 11.2 muestra una lista de los diversos tipos de trama de MAC asociados a dichas funciones.

TIPO DE TRAMA	FUNCIÓN
Prueba de dirección duplicada (<i>Duplicate Address Test - DAT</i>)	Esta trama se emplea durante el procedimiento de inicialización y permite a una estación determinar que no hay otras estaciones que se encuentren usando su dirección
Monitor de respaldo presente (<i>Stand by Monitor Present - SMP</i>)	Esta trama se utiliza durante el procedimiento de inicialización y permite a una estación determinar la dirección de su vecino en el anillo (flujo hacia arriba)
Monitor activo presente (<i>Active Monitor Present - AMP</i>)	Esta trama se transmite a intervalos regulares por el monitor activo actual y cada estación la monitoriza.
Petición de token (<i>Claim Token - CT</i>)	Esta trama se emplea para establecer un nuevo monitor activo si el monitor activo actual falla.
Purgado (<i>Purge - P</i>)	Esta trama es usada por un nuevo monitor activo para inicializar a todas las estaciones colocándolas en estado de reposo
Trama de señalización (<i>Beacon - BCN</i>)	Esta trama se emplea en el procedimiento de señalización.

Tabla 11.2 Tipos de tramas de administración del anillo

11.6.1 INICIACIÓN

Cuando una estación desea formar parte del anillo después de haber estado apagada o al tratar de reincorporarse al anillo, ésta empieza una secuencia de inicialización que sirve para garantizar que ninguna otra estación esté usando la misma dirección y para informar a su vecino inmediato flujo abajo que está tratando de reingresar en el anillo.

El procedimiento de iniciación comienza cuando la estación transmite una trama de prueba de dirección duplicada (*DAT - Duplicate Address Test*) con los bits A del campo de estado de trama (*Frame Status - FS*) puestos a cero. Al recibir esta trama de dirección duplicada (*DAT*), cada una de las estaciones activas en el anillo examina el campo de dirección DA y, si detecta que ese campo es idéntico a su propia dirección, pone los bits A igual a 1. De este modo, cuando la trama *DAT* regresa a la estación que la originó con los bits A puestos a 1, esta estación informará de ello a la subcapa de administración de la red y volverá al estado de reposo (*stand by*).

La subcapa de administración de la red, determinará entonces si la estación debe reintentar otra vez formar parte del anillo. Alternativamente, si los bits A todavía tienen cero en la trama *DAT* que regresa la estación que lo originó, ésta empezará la secuencia de iniciación transmitiendo una trama de monitor en espera presente (*Standby Monitor Present - SMP*). Una estación que recibe una trama *SMP* con los bits A y C puestos a 0 da por hecho que dicha trama se originó en su vecino inmediato flujo arriba, así que registra la dirección de esta estación (*Source Address - SA*) como la dirección del vecino flujo arriba (*Upstream Neighbor Address - UNA*). Esta trama *UNA* se utiliza para la detección de fallas y de control. Con esto termina la fase de iniciación.

11.6.2 MONITOR DE RESPALDO (STANDBY MONITOR)

En esta fase, la estación puede comenzar a transmitir y recibir tramas normales y *tokens*. Además, la estación ingresa en el estado de monitor de respaldo (*Standby Monitor*), controlando continuamente el correcto funcionamiento del anillo, para lo cual supervisa el paso de tramas *tokens* y de tramas especiales de monitor activo presente (*Active Monitor Present - AMP*), transmitidas periódicamente por el monitor activo vigente. Si en algún momento no se detectan tramas *tokens* o tramas *AMP*, se producirá la expiración de uno de los dos temporizadores del monitor de respaldo, con lo cual éste ingresa en el estado de petición de la trama *token*.

En este estado, la estación transmite continuamente tramas de petición de *Token (Claim Token CT)* y examina la dirección fuente (*Source Address - SA*) de todas las tramas de petición de *tokens* que recibe. Cada una de estas tramas contiene, además de la dirección de la estación que la generó, la última trama de dirección del vecino flujo arriba.

Si una estación recibe una trama de petición de *token* con una dirección de fuente coincidente con su propia dirección y con la dirección del vecino flujo arriba coincidente con la dirección de vecino de flujo arriba que tiene almacenada, sabrá que su trama de petición logró recorrer todo el anillo. En consecuencia, esta estación se convierte en el nuevo monitor activo del anillo. En caso que una estación reciba una trama de petición de *token* con una dirección de fuente mayor que su propia dirección, sabrá que otra estación está intentando, antes que ella, de convertirse en el nuevo monitor activo. En este caso, la estación volverá a su estado de monitor de respaldo.

11.6.3 MONITOR ACTIVO

Si una estación logra convertirse en el nuevo monitor activo, lo primero que hará será insertar su *buffer* de latencia en el anillo y habilitará su propio reloj. Es importante notar que en todo momento solo habrá un monitor activo en el anillo.

A continuación, el monitor activo inicia la transmisión de una trama de purgado (PRG) para asegurarse de que no haya otros *tokens* o tramas de información en el anillo antes de iniciar la transmisión de un nuevo *token*. Cuando esta estación recibe una trama PRG que contiene una dirección de fuente (SA) igual a su propia dirección, sabrá que el anillo ha sido purgado. A continuación la estación iniciará el proceso de notificación de vecinos, difundiendo una trama de monitor activo presente (*Active Monitor Present – AMP*). Después de un corto tiempo, esta estación, como monitor transmitirá un nuevo *token*.

La estación que está inmediatamente flujo abajo del monitor activo detecta que los bits A de la trama de monitor activo están puestos igual a 0, la cual es una trama de dirección de vecino flujo arriba, actualizará su información de dirección de vecino flujo arriba y pondrá en 1 los bits A y C y retransmitirá la trama. Las estaciones subsecuentes del anillo detectarán que los bits A no son 0 y se limitarán a registrar el paso de la trama de monitor activo presente, reiniciando su temporizador de monitor activo presente.

Además, la estación que está inmediatamente flujo abajo del monitor activo, después de retransmitir la trama de monitor activo presente (AMP), continuará el proceso de notificación de vecinos difundiendo una trama de monitor de respaldo presente. Todas las estaciones del anillo efectuarán este procedimiento.

El monitor activo transmite una trama de monitor activo presente a intervalos regulares. Al dejar de fluir tramas de monitor activo presente por el anillo, el temporizador de monitor activo presente de las demás estaciones expira, y se inicia entonces la transmisión de tramas de petición de *token* (*Claim Token – CT*). Si la avería persiste, todas las estaciones iniciarán un procedimiento de diagnóstico de averías llamado procedimiento de señalización o de balizaje (*beaconing*).

11.6.4 PROCEDIMIENTO DE SEÑALIZACIÓN O DE BALIZAJE (BEACONING)

Si ocurre una avería grave en el anillo, tal como la ruptura de un cable, se inicia un procedimiento de señalización o de balizaje con el cual se informa a cada uno de las estaciones que se ha suspendido el proceso normal de retransmisión de tramas *token*, hasta que se repare el dominio de avería. Al respecto, un dominio de avería esta conformado por:

- La estación de señalización o de balizaje: es la estación que informa la avería.
- La estación flujo arriba de la estación de señalización.
- El medio del anillo entre ellos.

Como ejemplo, en la figura 11.16 ilustra un dominio de avería asumiendo que hay una ruptura del anillo entre las estaciones F y G. En este ejemplo, G es la estación de

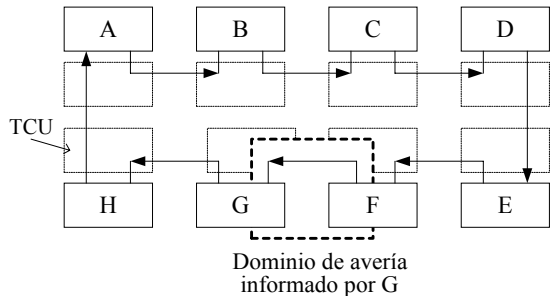


Figura 11.16 Detección de una avería y formación de un dominio de avería

señalización y F es su vecino flujo arriba. Por lo regular, se ingresa a este estado de balizaje, si expiran tanto el temporizador de monitor activo presente o el temporizador de paso de tramas *token*. En este estado, se transmiten continuamente tramas de señalización (*Beaconing - BCN*) hasta que se reciba una trama de señalización o expire un temporizador.

Si expira un temporizador, se notifica la subcapa de administración de la red y cesan las transmisiones. Si una estación recibe una trama de señalización con una dirección de fuente (*Source Address - SA*) igual a su propia dirección, ésta asume que la avería ha sido reparada e ingresa en el estado de petición de *token*. Si la estación recibe una trama de señalización con una dirección de fuente (*Source Address - SA*) distinta a su propia dirección, ésta ingresará en el estado de monitor de respaldo en espera.

Si la red consta de un solo anillo, si se presenta una avería, habrá que reparar el segmento defectuoso antes de reanudar las transmisiones por la red. Una opción de este tipo de red consiste en la inclusión de un segundo anillo redundante, que opera en sentido opuesto al primer anillo. Esta configuración de red se ilustra en la figura 11.17.

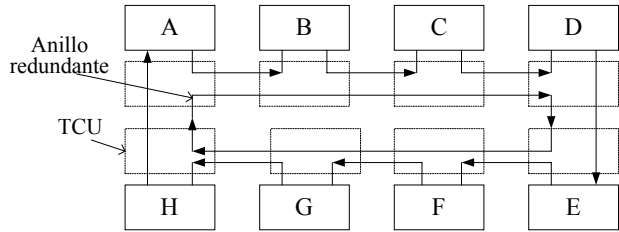


Figura 11.17 Configuración de anillo redundante

En tales redes, la unidad de acoplamiento a la troncal (*Trunk Coupling Unit - TCU*) puede servir para aislar un segmento interrumpido de anillo o una estación defectuosa. Por ejemplo, en la figura 11.18 se muestra cómo se aísla el segmento de anillo defectuoso (dominio de avería) que se ilustró previamente en la figura 11.15.

En esencia, una vez que se localiza el dominio de avería, los relés de la TCU de F y G se activan a fin de restablecer la continuidad del anillo. Si el aislamiento del segmento defectuoso no elimina la avería, el siguiente paso consiste en aislar a la estación G, tal como se ilustra en la figura 11.19.

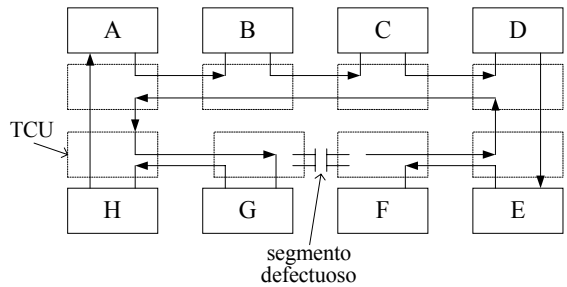


Figura 11.18 Aislamiento de segmento defectuoso

Como apreciamos, los procedimientos de una red de anillo con *token* son bastante complicados. Sin embargo, recordemos que casi todos los procedimientos se implementan dentro de la unidad MAC en circuitos integrados especiales, de modo que su funcionamiento es transparente para el usuario. Además, muchos de estos procedimientos de administración del anillo sólo se invocan cuando se dan averías, con lo que el tráfico generado por éstos es mínimo.

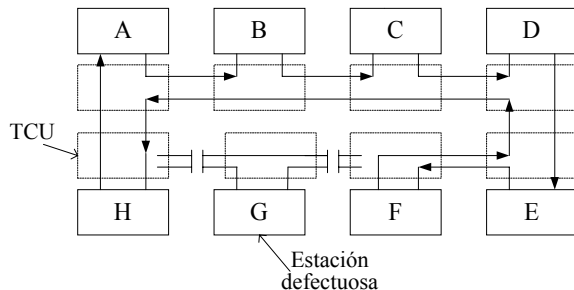


Figura 11.19 Aislamiento de estación defectuosa