

## **ESTÁNDAR IEEE 802.5: TOKEN RING**

Los primeros productos comerciales de Token Ring aparecieron en 1986. Existen tres variantes de Token Ring: a 1, 4 y 16 Mb/s; las de 4 y 16 Mb/s son las más utilizadas (la de 1 Mb/s ha sido suprimida del estándar).

El cableado utilizado es STP o UTP de categoría 3 o superior para 4 Mb/s, y STP para 16 Mb/s. La señal se representa usando codificación Manchester diferencial, con señales de +3,0 y -4,5 voltios.

La rotura del anillo en un punto impide la comunicación. Para evitar este problema en Token Ring lo que se hace es colapsar el anillo en un hub o concentrador, también llamado centro de cableado, al cual se conectan los cables de entrada y salida de cada estación. El cableado sigue siendo lógicamente un anillo, aún cuando físicamente sea una estrella. En el concentrador se instalan relés de derivación (bypass) alimentados por la estación correspondiente, de forma que si la conexión de ésta falla el relé cortocircuita la conexión correspondiente restaurando así el anillo. Una red Token Ring puede estar formada por varios concentradores interconectados, lo cual permite reducir apreciablemente la cantidad de cable necesario. También es posible constituir dobles anillos para tener mayor fiabilidad, pues en caso de corte por un punto el doble anillo puede cerrarse sobre sí mismo superando el problema. Aunque la topología física de cableado pueda estar formada por varios anillos o estrellas interconectadas, desde el punto de vista del protocolo una red Token Ring está formada siempre por un único anillo lógico.

### **El protocolo de subcapa MAC Token Ring**

Los bits se transmiten en un determinado sentido dentro del anillo. Cada bit y cada trama transmitida da la vuelta completa, por lo que a efectos prácticos la red funciona como un medio broadcast.

Cada estación de la red puede funcionar en uno de los dos modos siguientes:

**Modo a la escucha:** cada bit que se recibe del ordenador anterior se transmite al siguiente. En algunos casos que luego veremos un ordenador a la escucha puede modificar algún bit de la trama que pasa por él.

**Modo transmisión:** el ordenador emite una secuencia de bits propia (trama) hacia el siguiente; paralelamente recibe y procesa los bits que le llegan del ordenador anterior en el anillo.

El protocolo Token Ring funciona de la siguiente manera:

Cuando ningún ordenador desea transmitir todos están en modo escucha y se envía por el anillo una secuencia especial denominada *token*. El token va pasando de un ordenador a otro indefinidamente.

Cuando algún ordenador desea transmitir debe en primer lugar esperar a que pase por él el token; en ese momento modifica un bit de éste, con lo que el token se convierte en el delimitador de inicio de trama; a partir de ese momento el ordenador pasa a modo transmit y envía la trama al siguiente.

Todos los demás ordenadores del anillo (incluido aquel para el que va destinada la trama) siguen en modo escucha, el ordenador destinatario además de retransmitirla retiene una copia de la trama que pasará al nivel de red para su proceso.

Pasados unos instantes desde el inicio de la transmisión el ordenador emisor empieza a recibir su misma trama, que le es enviada desde el ordenador anterior; el transmisor puede optar entonces por descartar los bits recibidos o compararlos con la trama enviada para verificar si la transmisión ha sido correcta.

Cuando el ordenador ha terminado de transmitir el último bit de su trama pueden ocurrir dos cosas: que restaure el token en el anillo inmediatamente (redes de 16 Mb/s), o que espere a recibir de la estación anterior toda su trama y solo entonces restaure el token (redes de 4 Mb/s).

Si el ordenador transmisor tiene varias tramas listas para emitir puede enviarlas una tras otra sin liberar el token, hasta consumir el tiempo máximo permitido, Una vez agotadas las tramas que hubiera en el buffer, o el tiempo permitido (lo que ocurra primero) el ordenador restaura el token en el anillo. Bajo ninguna circunstancia debe un ordenador estar en modo transmit durante un tiempo superior al token-holding time; Esta condición establece un tamaño máximo para la trama que nunca podrá ser mayor de 5.000 bytes.

Cada estación que se integra en la red añade una cierta cantidad de 'jitter' en la retransmisión de la información, lo cual limita el número máximo de estaciones que pueden estar presentes en una red Token Ring. En las redes de 4 Mb/s con cable UTP el máximo de estaciones es de 72, mientras que en las de 16 Mb/s con cable STP el máximo es de 250 estaciones.

Veamos cual es la estructura de una trama de datos Token Ring:

Campo	Longitud (bytes)	Formato o significado
SD (Start Delimiter)	1	JK0JK000
AC (Access)	1	PPPTMRRR

Control)		
FC (Frame Control)	1	FFZZZZZZ
Dirección de destino	2 ó 6	IEEE 802
Dirección de origen	2 ó 6	IEEE 802
Datos	Sin límite	Cualquiera
Checksum	4	CRC
ED (End Delimiter)	1	JK1JK1IE
FS (Frame Status)	1	AcrrACrr

Los símbolos J y K utilizados en el campo SD son símbolos inválidos, es decir que no pueden ocurrir en la codificación manchester diferencial. Esto permite una fácil identificación del inicio de la trama.

El byte de control de acceso (AC) contiene tres bits de prioridad P, el bit de token T (un 1 indica una trama, un 0 un token), el bit monitor (M) y tres bits de reserva (R).

Las direcciones tienen el mismo formato que en 802.3. Normalmente sólo se utilizan las de 6 bytes.

El campo datos puede tener cualquier longitud, sin más limitación que la impuesta por el token-holding time como se ha explicado.

El campo checksum es un CRC que se calcula de la misma forma que en 802.3.

El campo ED (end delimiter) marca el final de la trama. Sus seis primeros bits forman una secuencia inválida en la codificación Manchester diferencial, ya que contiene los símbolos J y K. El séptimo bit (I) se utiliza para indicar la última trama cuando lo que se transmite es una secuencia de tramas (vale 1 en todas excepto en la última). El octavo bit (E) indica si se ha producido un error en la transmisión de la trama entre dos ordenadores del anillo. Si alguno detecta un error en la trama al pasar por su interfaz (por ejemplo una secuencia de símbolos inválida en la codificación Manchester diferencial, o un error en el campo checksum) pondrá a 1 este bit.

El campo FS (frame status) contiene dos bits denominados A y C (Address-recognized y frame-Copied) que están siempre a cero en la trama enviada. Cuando la trama pasa por el ordenador de destino, éste pone a 1 el bit A; si además la interfaz de red ha podido copiar la trama en su buffer pondrá también a 1 el bit C (un ordenador podría no poder copiar una trama por carecer de espacio en su buffer, por ejemplo). Los dos bits siguientes están reservados. La estructura de los cuatro primeros bits se repite idéntica en los cuatro siguientes, de forma que

los bits A y C están repetidos. Esto da una mayor seguridad ya que por su posición en la trama el byte FS no es comprobado en el checksum.

La estructura de un token es una versión simplificada de la de una trama. Contiene únicamente los campos SD, AC y ED. En el campo AC el bit de token está siempre puesto a 0. En el campo ED los bits I y E están siempre a 0.

El campo AC dispone de tres bits para prioridad, lo cual permite establecer hasta 8 niveles distintos de prioridad, que funcionan de la siguiente manera: cuando un ordenador desea transmitir una trama con prioridad  $n$  debe esperar a que pase por el un token de prioridad menor o igual que  $n$ . Además, los ordenadores pueden aprovechar una trama en tránsito para solicitar al emisor un token de una determinada prioridad; estas solicitudes se escriben en los bits de reserva del campo AC.

### **Mantenimiento del anillo**

Hasta ahora hemos supuesto que los tokens están permanentemente 'flotando' en la red cuando no hay tramas de datos viajando. Pero que ocurre si por ejemplo se pierde una trama, o si sencillamente la estación encargada de regenerar el token desaparece de repente?. En toda red Token Ring hay una estación denominada *monitor* que se ocupa de resolver estas situaciones y garantizar el normal funcionamiento del protocolo. En caso de problemas restaurará un token en el anillo para que el tráfico pueda seguir circulando normalmente. Cualquier estación de una red token ring está capacitada para actuar como monitor en caso necesario. Veamos en detalle como sucede.

Cuando un ordenador se añade a la red (bien porque se conecte a ella o porque se encienda estando ya previamente conectado) escucha la red en busca de tokens o tramas de datos. Si no detecta actividad emite una trama de control especial denominada *claim token*. Si existe ya un monitor éste responderá con un token a la petición. Si no, el ordenador recién incorporado a la red recibirá su propio claim token, momento en el cual pasará a constituirse en monitor.