

1. Introducción:

*“Un protocolo de línea o protocolo de **control de enlace de datos** (DLC-“Data Link Control”), es el conjunto de especificaciones técnicas que definen las condiciones físicas y los procedimientos lógicos que deben cumplirse para lograr la transferencia de datos de extremo a extremo (es decir entre ETD corresponsales) de una red de comunicaciones.”*

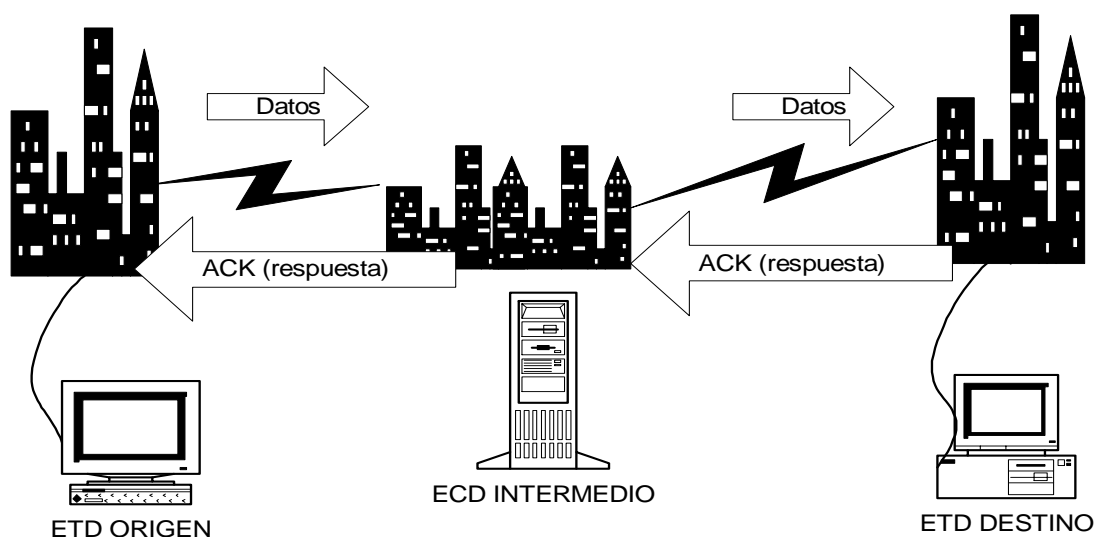


Ilustración 1 : Enlace de datos extremo a extremo

Este conjunto de reglas está destinado especialmente a normalizar las interfaces entre el equipo terminal de datos (ETD) y la red a la cual se encuentra conectado.

Los datos, en la Ilustración 1, se encaminan desde el ETD origen hacia el ETD destino. Para garantizar la integridad de los datos al origen, el destino debe enviar una conformidad (**ACK**- en inglés, abreviatura de “*acknowledge*”, acuse de recibo), teniendo así la seguridad de que los datos han llegado a destino sin errores. Debido a la existencia de canales con errores, se requieren protocolos de control de enlace, que garanticen superar los problemas de secuenciamiento, corrección de errores y de sincronismo.

1.1. Principales objetivos de los protocolos DLC:

- Utilizar con la mayor eficiencia posible el canal de comunicaciones.
- Asegurar la secuencia correcta e integridad de los datos.
- Permitir la operación de instalaciones punto a punto y multipunto.
- Ser independiente del modo de operación del canal de comunicaciones y de las características de transmisión.
- Presentar condiciones de transparencia, ante cualquier secuencia de bits que se transmitan por el canal.

1.2. Principales tareas de los protocolos DLC:

- Control de flujo de datos hacia la estación receptora, para no saturarla con un volumen de datos superior al que puede procesar.



- Garantizar que los bloques de datos lleguen a su destino libre de errores, sin pérdidas u omisiones, y sin duplicados indeseados.
- Control de la actividad en el canal de comunicaciones para identificar la siguiente estación que realizará una intervención.
- Enviar bloques de datos en forma transparente, es decir, en forma independiente del código que se utiliza en la transmisión.

2. Clasificación de los protocolos de enlace:

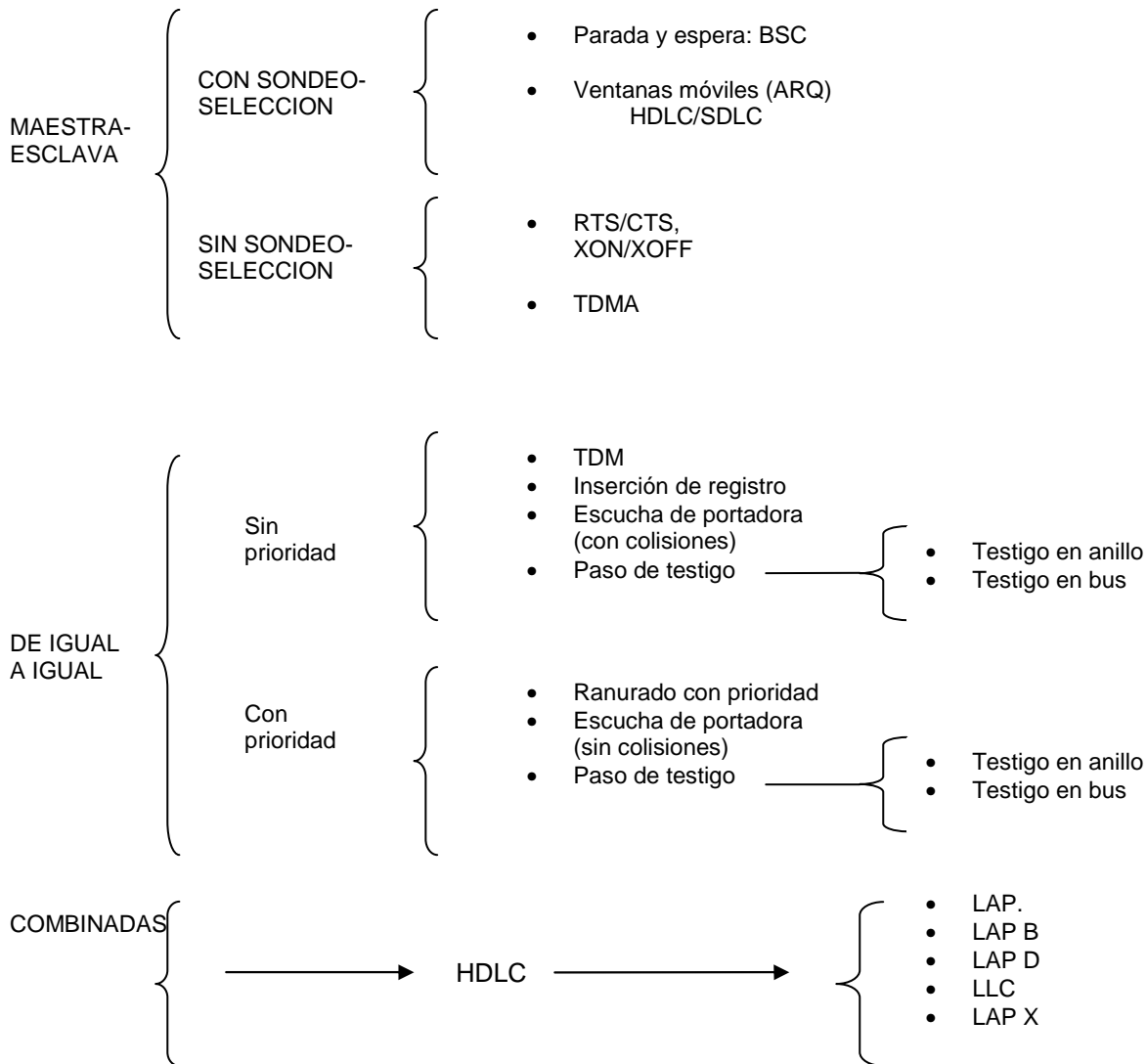


Ilustración 2: Clasificación general de los protocolos de control de enlace de datos.

Una primera forma de clasificar los protocolos de línea, es en base a las jerarquías de los equipos implicados en los enlaces:

- **Protocolos primario/secundario (maestro-esclavo):** un ETD, ETCD o ECD (en general un computador), actúa como estación primaria controlando a todas las estaciones secundarias, decidiendo que dispositivo se puede comunicar y en qué momento podrá hacerlo.
- **Protocolos de igual a igual:** todas las estaciones tienen igual jerarquía, y no habiendo un nodo primario, tienen todas igualdades de oportunidad de acceso a los recursos de la red (aunque sea posible establecer prioridades). Estos protocolos son típicos de las LAN en anillo, en bus y en malla.

- **Protocolos combinados:** o híbridos, en los que las estaciones combinadas adoptan el carácter de maestras o esclavas dependiendo de la configuración del enlace.

Las estaciones que operan en un esquema maestro/esclavo, (posteriormente se explican en detalle) pueden clasificarse a su vez, de acuerdo a su funcionamiento en:

- **Estaciones con sondeo/selección**
- **Estaciones sin sondeo/selección.**

Las estaciones que operan entre sí con igual jerarquía, tienen la posibilidad de funcionar mediante dos procedimientos alternativos de *acceso al medio de transmisión* con la finalidad de transmitir sus datos:

- **Acceso contencioso:** todas las estaciones que deben transmitir datos compiten en igualdad de condiciones por conseguir el acceso al medio de transmisión, que es único y compartido por las mismas.
- **Acceso determinístico:** cada estación puede acceder al medio compartido de transmisión toda vez que reciba determinada trama llamada “testigo” (“token”) que está circulando por la red.

3. Sistemas con sondeo/selección:

Orden de sondeo: transmitir datos del centro secundario al primario.

Orden de selección: transmitir datos del centro primario al secundario.

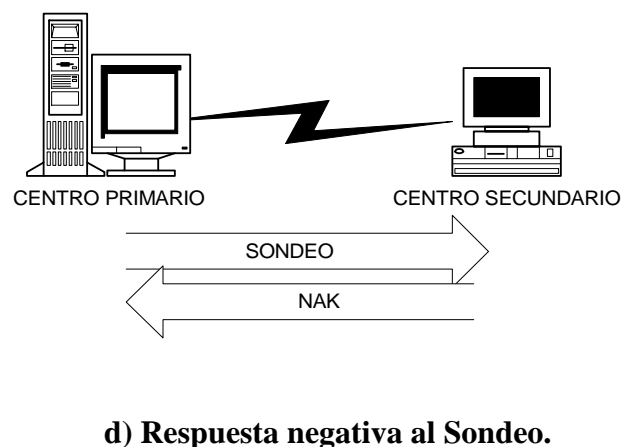
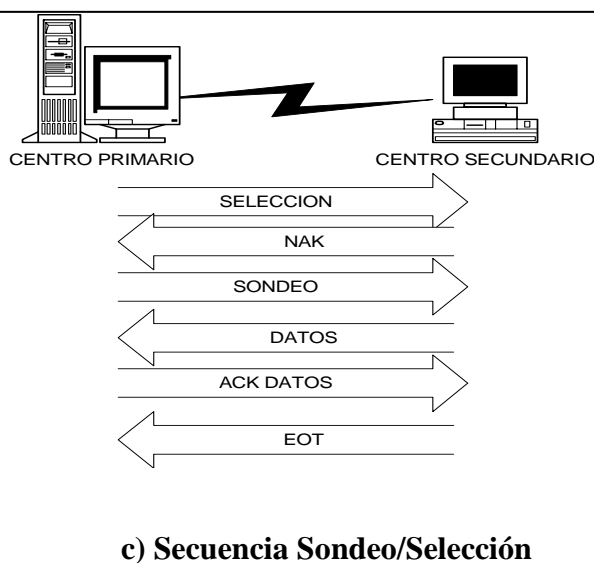
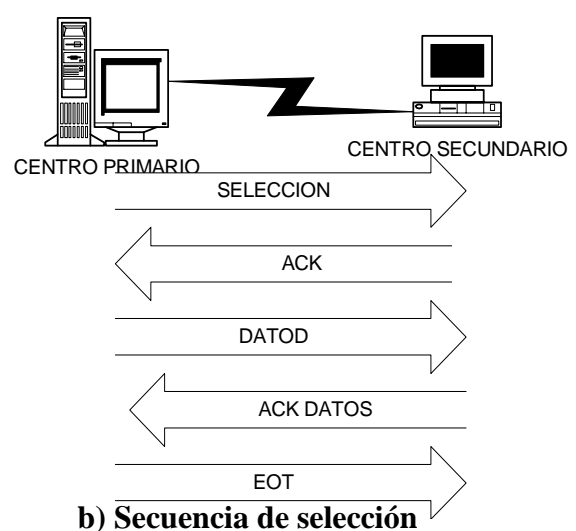
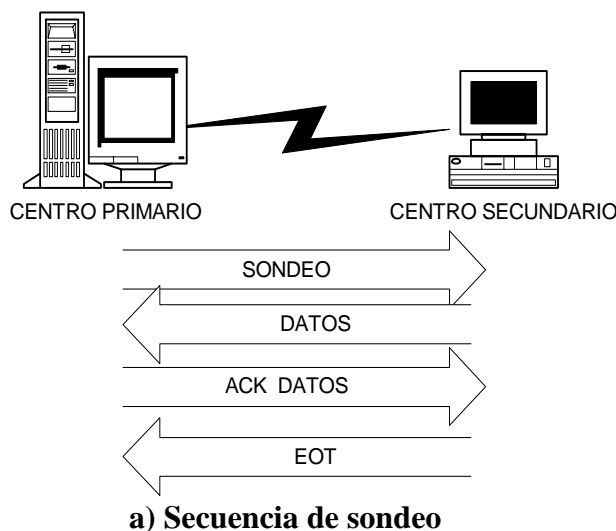


Ilustración 3: Distintas secuencias en sistemas de Sondeo/Selección

En muchos casos, no se requiere la “selección”, ya que al establecerse el enlace, el receptor reserva en ese momento recursos como para poder aceptar datos del centro primario.

En la secuencia c) de la Ilustración 3, hay un NAK a una selección, lo que puede ocurrir si el centro secundario está ocupado en otra tarea o no tiene suficiente memoria disponible (espacio insuficiente en los buffers) para recibir los datos. El sistema con Sondeo/Selección, puede entonces mandar un sondeo para descargar los buffers del secundario. El principal inconveniente del sistema de sondeo/selección es la gran cantidad de NAK ante sondeos, lo que consume valiosos recursos del canal (especialmente críticos en sistemas sin multiplexores y controladores de terminales, que si pueden aceptar un sondeo para cualquiera de los dispositivos a ellos conectados y encaminar la respuesta).

Para reducir éste problema, se diseñan “tablas dinámicas” con prioridad de sondeo para las estaciones que respondieron con un ACK ante sondeos anteriores, a diferencia de las que respondieron negativamente, que descienden en las prioridades de sondeos futuros. (Sondeo/selección *dinámico* a diferencia del sondeo/selección *estático*, más ineficiente).

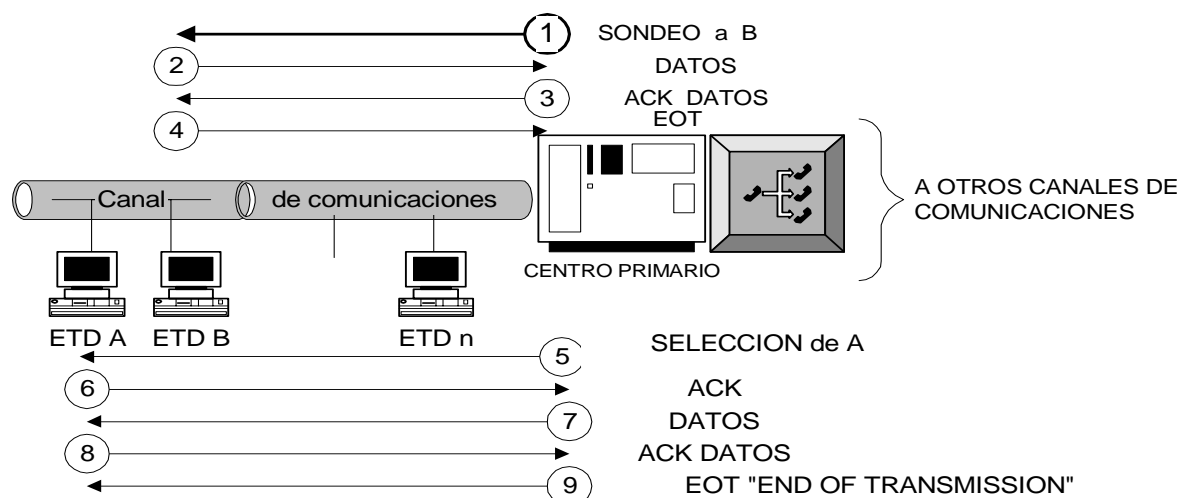


Ilustración 4: Secuencia de sondeo/selección en un sistema multipunto

En un sistema multipunto, en que un ETD B desea comunicarse con un ETD A, el sistema de sondeo/selección funciona como se indica en la

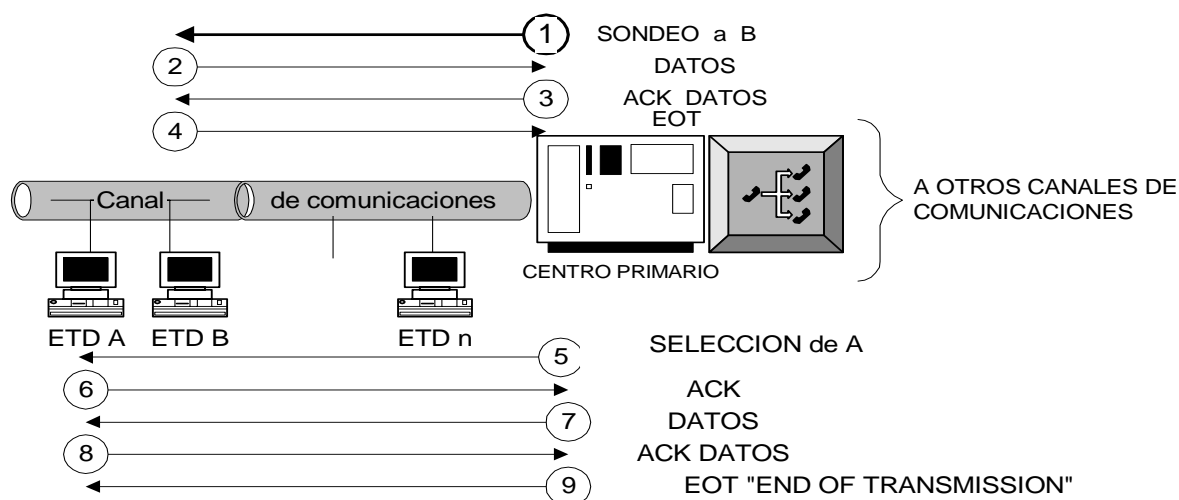


Ilustración 4. Los datos del evento 7 son los mismos del evento 2. Se remarca el carácter jerárquico del sistema primario/secundario (todo el tráfico pasa por el centro primario), por lo que puede haber cuellos de botella. Del mismo modo, puede haber problemas de confiabilidad (si el nodo primario falla y no hay uno de relevo, la red no funciona y queda fuera de servicio). Todo el análisis previo corresponde a la técnica de sondeo/selección del llamado “sondeo selectivo” (un nodo primario

sondeando una determinada estación secundaria), siendo muy común en enlaces multipunto, especialmente en topologías en bus.

En multipunto de anillo, es más común el “sondeo de grupo” (el nodo primario sondea una estación secundaria, que o bien transmite sus datos o retransmite el sondeo a la estación siguiente).

3.1. Sondeo/selección con control de flujo mediante parada y espera (“Stop and wait”)

El control de flujo es la técnica por la que se consigue que el emisor no sobrecargue al receptor, al no enviarle más datos de los que pueda procesar.

El receptor tiene un buffer de una cierta capacidad para ir guardando los datos recibidos y tras procesarlos, enviarlos a capas superiores. Existen varias técnicas para implementar el control de flujo, entre las que se destaca la de “parada y espera”, según **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

El emisor envía una trama y al ser recibida por el receptor, el mismo confirma al emisor (enviándole un mensaje de confirmación- ACK-) la recepción de la trama. Este mensaje recibido por el emisor es el que le indica que puede enviar otra trama al receptor. De esta forma, cuando el receptor esté colapsado (el buffer a punto de llenarse), no tiene más que dejar de confirmar una trama y entonces el emisor esperará hasta que el receptor decida enviarle el mensaje de confirmación (o sea, una vez que tenga espacio).

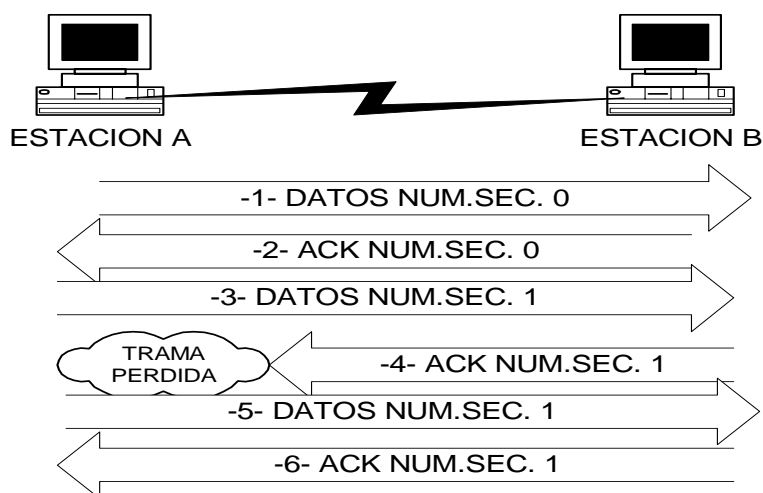


Ilustración 5: Secuenciamiento en "parada y espera"

En el ejemplo, en el evento 4 se produce la pérdida de una confirmación. El transmisor luego de agotar un “time out” (tiempo de espera cronometrada) sin recibir confirmación, interpreta que hubo un inconveniente y retransmite la última trama, (los datos de los eventos 3 y 5 son idénticos).

El receptor confirma nuevamente la misma trama, para adecuar el secuenciamiento, pero descarta la copia de la trama retransmitida.

Es un sistema semiduplex (bidireccional alternado) que generalmente utiliza secuenciamiento para mantener la contabilidad y el control del flujo de las tramas.

En general, el secuenciamiento se obtiene con un contador de un BIT en la cabecera de la trama, que alterna entre 0 y 1 para individualizar a dos tramas consecutivas en el canal.

El secuenciamiento se requiere, ya que se pueden perder tramas por:

- Complejidad del tráfico.
- Problemas del software.
- Componentes del hardware que fallan.
- Problemas en el canal (p.ej. tormenta en un enlace por micro-ondas).

Este sistema es el más simple, antiguo y económico para control de flujo.

Es el más utilizado cuando se transmiten tramas muy grandes y a distancias no muy grandes entre el transmisor y el receptor, ya que se obtiene buen aprovechamiento del canal, dado que en éste caso la *velocidad de propagación* α de la trama es menor a la *velocidad de transmisión* l en el medio físico). (Ilustración 6.b). Pero es normal que el emisor fragmente las tramas en otras más pequeñas para evitar que al ser las tramas de larga duración, aumente la probabilidad de que se produzca algún error en la transmisión. (Ilustración 6.a) En este caso, si la distancia entre el transmisor y el receptor es considerable, será $\alpha > l$ lo que se traduce en un bajo aprovechamiento del medio físico. En ambos casos, el tiempo total hasta recibir el ACK es:

$$t_T = t_0 + l + 2\alpha$$

Siendo crítica la relación entre los valores de las velocidades de transmisión y propagación. También, en LAN, no se suele permitir que un emisor acapare la línea durante mucho tiempo (al transmitir una trama grande).

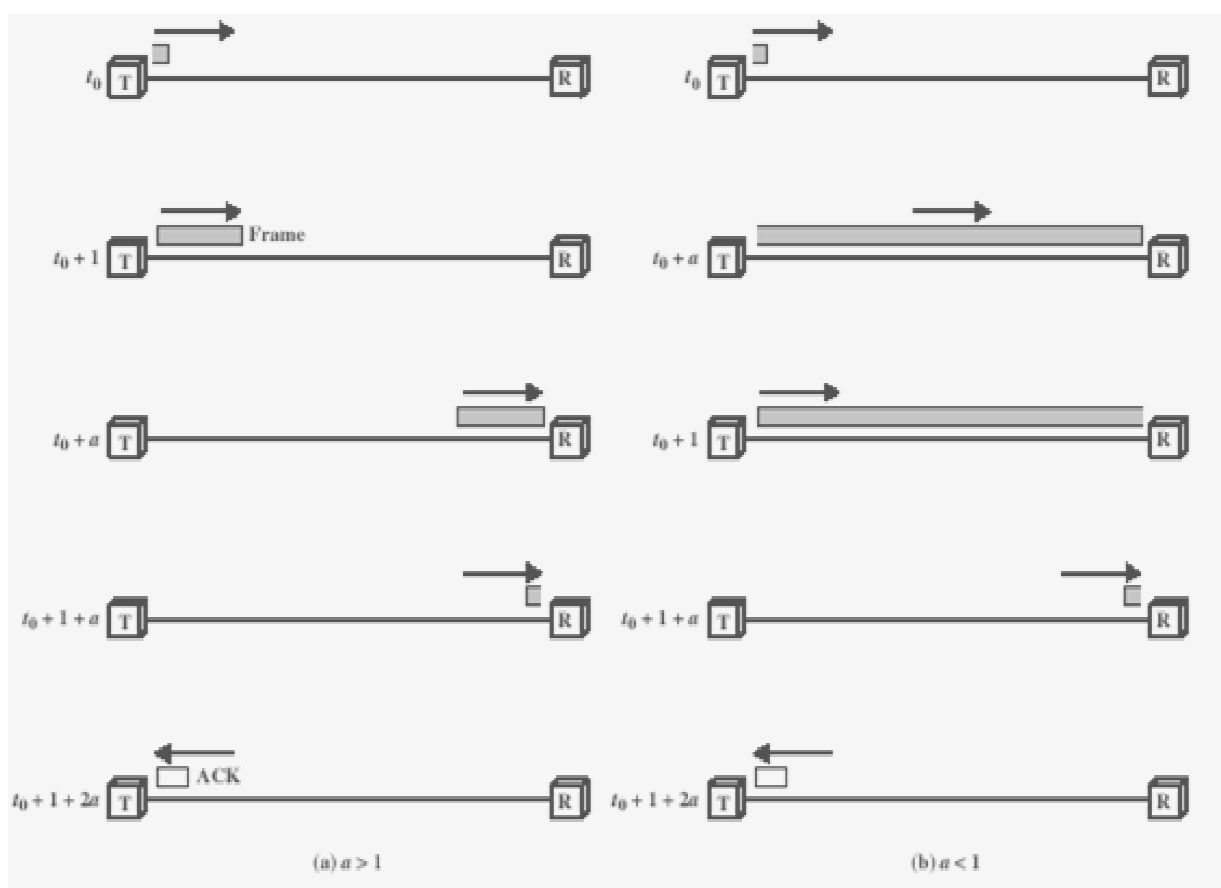


Ilustración 6: Grado de "utilización del enlace" en técnica de Parada y Espera (tiempo de propagación = α ; tiempo de transmisión = 1)

3.2. Control del flujo mediante ventanas deslizantes ("Sliding-windows")

El problema de bajo aprovechamiento del medio en la técnica de "stop and wait", en que sólo hay una trama cada vez en tránsito (de datos o de ACK), se soluciona con el sistema de **ventanas deslizantes**. En este sistema, la estación primaria debe gestionar con cada estación secundaria (pueden ser centenares) una "ventana", que ambos dispositivos deberán abrir y mantener activa para atender la comunicación.

Una ventana es una reserva de recursos: se ponen de acuerdo en el número de tramas que puede guardar el receptor sin procesar (depende del tamaño del buffer). También se ponen de acuerdo en el



número de bits a utilizar para secuenciar cada trama (al menos hay que tener un número de bits suficientes para distinguir cada una de las tramas que caben en el buffer del receptor). Por ejemplo, si en el buffer del receptor caben 7 tramas, habrá que utilizar una numeración con 3 bits ($2^3 = 8 > 7$).

El ejemplo de la Ilustración 7 grafica como el emisor transmite tramas por orden (cada trama va numerada módulo $2^{\text{número de bits}}$) hasta el número máximo de tramas que acepta el buffer del receptor. El receptor irá procesando las tramas que le lleguen y confirmándolas a partir de una dada pero hasta un máximo de tramas pendientes, 7 en el ejemplo).

El transmisor va cerrando su ventana de números de tramas transmitidas desde el extremo izquierdo, mientras lo vuelve a expandir desde el extremo derecho, en la misma cantidad que las tramas confirmadas desde el receptor. En el ejemplo, RR3 (“receipt ready”–receptor listo) indica con un “reconocimiento inclusivo” que se recibió correctamente hasta el “frame” F2 inclusive y se espera recibir la trama 3 (es decir, confirmó las anteriores). El receptor también va ajustando su propio contador, desplazando los límites de la ventana deslizante de acuerdo al intercambio de tramas y confirmaciones enviadas y recibidas.

Las perspectivas desde el transmisor y desde el receptor, se representan en la Ilustración 8.

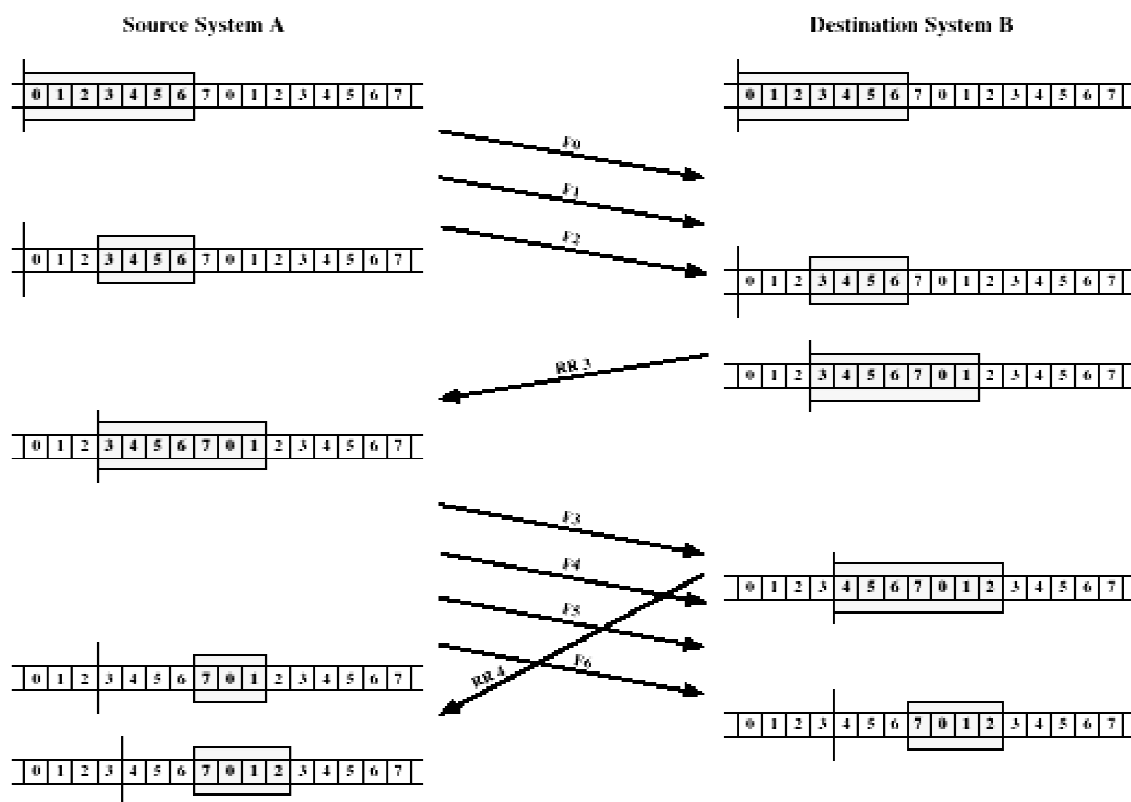


Ilustración 7: Ejemplo de protocolo de ventana deslizante,

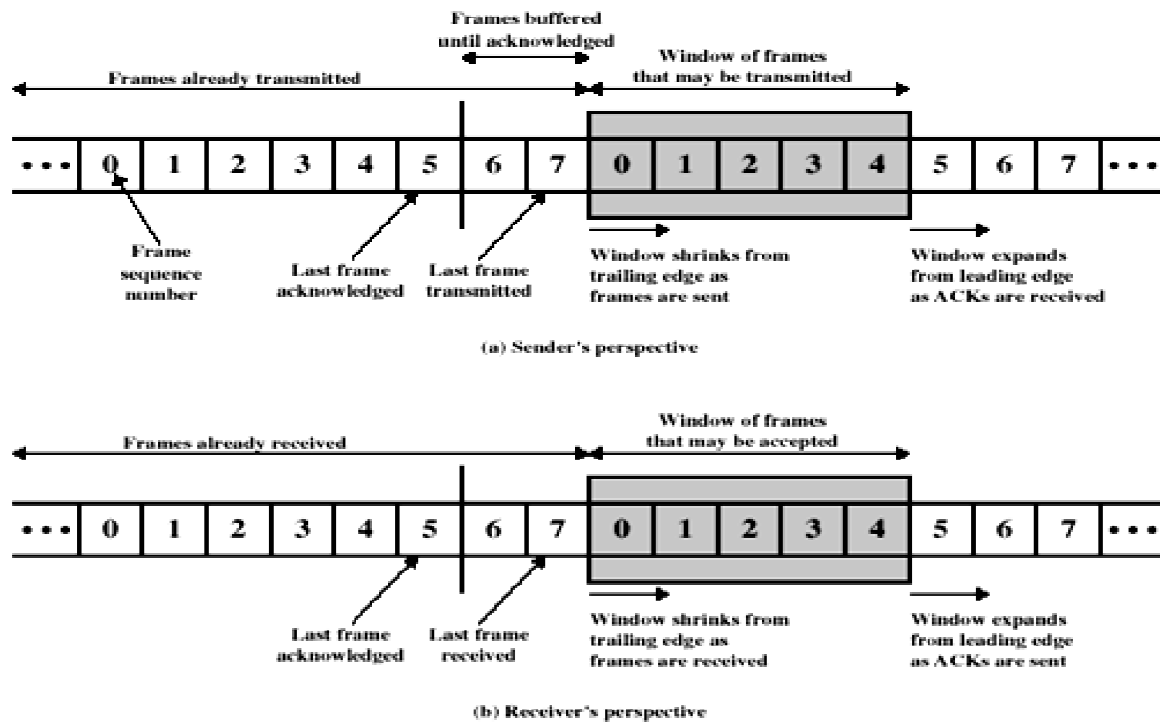


Ilustración 8: Descripción de la ventana deslizante en el Tx y el Rx.

Existe la posibilidad de indicarle al emisor la confirmación de tramas recibidas hasta cierto número de *frame*, pero prohibirle el envío de nuevas tramas (con el mensaje de RNR-“Receipt not ready”-Receptor No Preparado), por ejemplo si los buffers del receptor se llenaron. Ésta situación provoca el “cierre de la ventana” del receptor, lo cual evita la pérdida de datos por saturación del receptor y permite al emisor atender otras estaciones del canal. El reconocimiento inclusivo alivia notablemente la sobrecarga de tráfico que origina la técnica de parada y espera, que envía un ACK para cada trama recibida.

El tamaño de la ventana, es un criterio de diseño:

- Mayor ventana: hay menor cantidad de ACK transmitidos, lo que reduce el tráfico, pero incrementa los recursos a destinar por los equipos (tamaños de los buffers). También aumentan las tramas a retransmitir, en caso de errores.
- Menor ventana: mayor tráfico improductivo por las confirmaciones, pero menores recursos reservados y menor cantidad de tramas a retransmitir.

La técnica de control de flujo de *parada y espera* utiliza una ventana (“window”) tamaño $W = 1$. La mayoría de los sistemas de *ventana deslizante* usan una ventana $W = 7$ (se numeran las tramas del 0 al 7, mediante tres bits, lo que permite tener simultáneamente hasta siete tramas sin confirmación). Eventualmente se usa $W = 127$ (se enumeran los “frames” del 0 al 127, mediante 7 bits, lo que permite tener simultáneamente hasta 127 tramas sin confirmación).

Cuando las dos estaciones son emisoras y receptoras, se puede utilizar dos ventanas por estación, una para el envío y otra para la recepción. Se puede utilizar la misma trama para enviar datos y también confirmaciones, mejorando así la utilización del canal.

Este sistema de transmisión es mucho más eficiente que el de parada y espera, ya que pueden haber más de una trama a la vez en las líneas de transmisión (en el de parada y espera sólo puede haber una trama a la vez).

3.3. Control de errores mediante ARQ (“Automatic ReQuest”-Solicitud de repetición automática-)

Se trata en este caso de detectar y corregir errores aparecidos en las transmisiones, mediante repetición de las tramas erróneas. Puede haber dos tipos de errores:

- ✓ Tramas perdidas: cuando una trama enviada no llega a su destino.
- ✓ Tramas dañadas: cuando llega una trama con algunos bits erróneos.

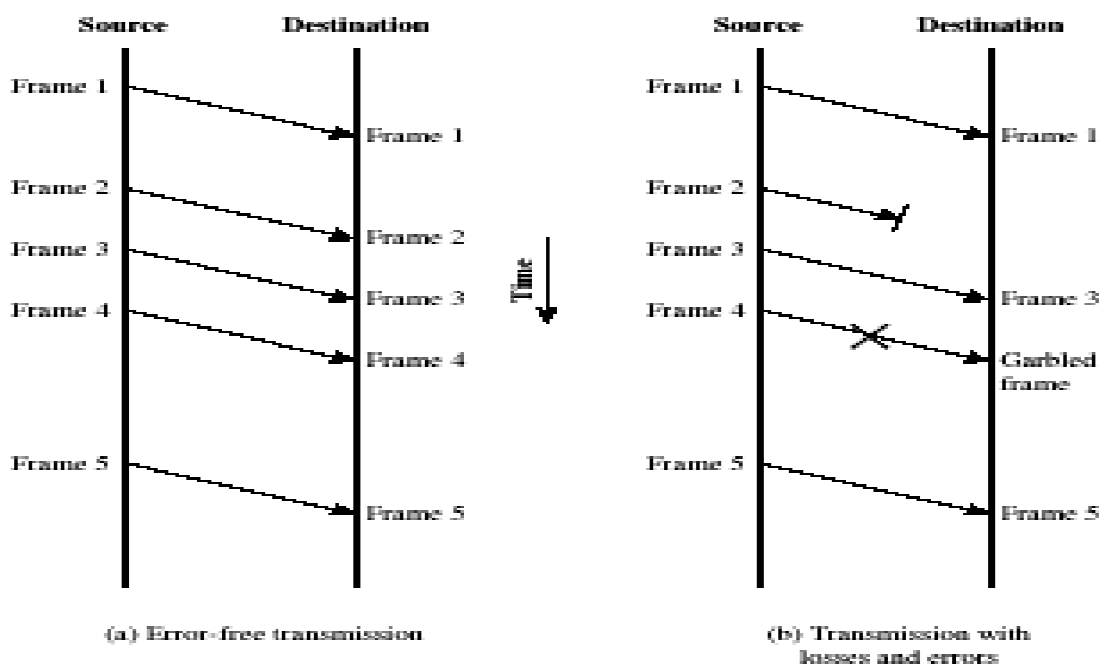


Ilustración 9: (a) Transmisión sin errores; (b) Transmisión con pérdidas y con errores.

Hay varias técnicas para corregir estos errores, que se agrupan en lo que se llama **ARQ (solicitud de repetición automática)**. Entre las más utilizadas, se destacan:

- A. Detección de errores: Cuanto mayor es la trama que se transmite, mayor es la probabilidad de que contenga algún error. Para detectar errores, se añade en la trama un código en función de los bits de la misma, de forma que este código señale si se ha cambiado algún BIT en el camino de transmisión. Este código debe de ser conocido e interpretado tanto por el emisor como por el receptor. Se efectúa:
- a. *Comprobación de paridad*: se añade un BIT de paridad al bloque de datos (por ejemplo, si hay un número par de bits 1, se le añade un BIT 0 de paridad y si son impares, se le añade un BIT 1 de paridad). Pero puede ocurrir que el propio BIT de paridad sea cambiado por el ruido o incluso que más de un BIT de datos sea cambiado, con lo que el sistema de detección fallará.
 - b. *Comprobación de redundancia cíclica (CRC)*: Dado un bloque de n bits a transmitir, el emisor le sumará los k bits necesarios para que $n+k$ sea divisible (resto 0) por algún polinomio conocido tanto por el emisor como por el receptor. Este proceso se puede hacer bien por software o bien por un circuito de hardware con registros de desplazamiento (más rápido).

B. ARQ con parada-y-espera

Se basa en la técnica de control de flujo de parada-y-espera. Consiste en que el emisor transmite una trama y hasta que no recibe confirmación del receptor, no envía otra.

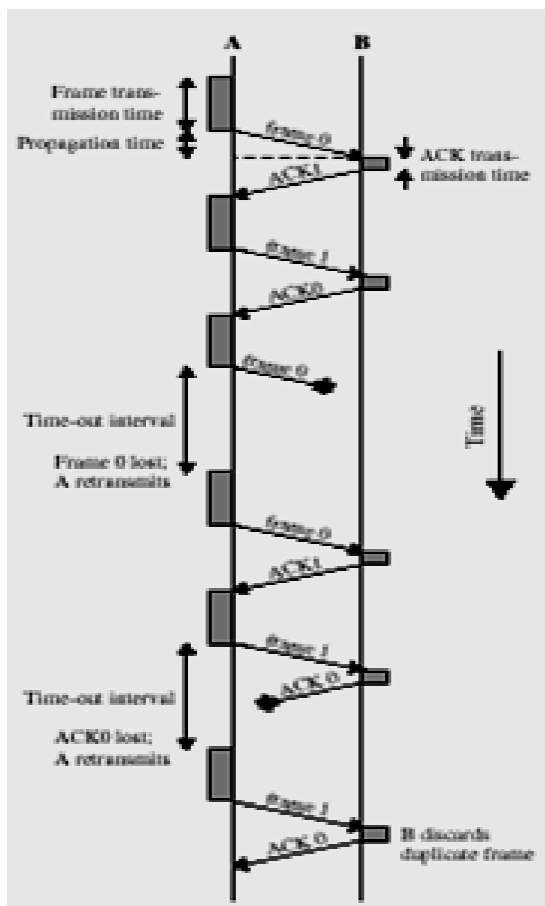


Ilustración 10: ARQ con parada y espera.

Pueden ocurrir dos condiciones de error, analizadas en la Ilustración 10:

- La trama no llegue al receptor, en cuyo caso, como el emisor guarda una copia de la trama y además tiene un reloj, cuando expira un cierto plazo de tiempo sin recibir confirmación del receptor, reenvía otra vez la trama (“time-out”)

- La trama llegue al receptor dañada, en cuyo caso no es confirmada como buena por el receptor. Pero puede ocurrir que el receptor confirme una trama buena, pero sea la confirmación la que llegue al emisor con error; el emisor enviaría otra vez la trama. Para solucionar esto, las tramas se etiquetan desde 0 en adelante y las confirmaciones igual.

Es una técnica sencilla y barata, pero poco eficiente.

C. ARQ con adelante-atrás-N (“Go-back N ARQ”)

Se basa en la técnica de control de flujo con ventanas deslizantes. Cuando no hay errores, la técnica es similar a las ventanas deslizantes, pero cuando la estación destino encuentra una trama errónea, devuelve una confirmación negativa y rechaza todas las tramas que le lleguen hasta que reciba otra vez la trama antes rechazada, pero en

buenas condiciones. Al recibir la estación fuente una confirmación negativa de una trama, sabe que tiene que volver a transmitir esa trama y todas las siguientes. Si el receptor recibe la trama i y luego la $i+2$, sabe que se ha perdido la $i+1$, por lo que envía al emisor una confirmación negativa de la $i+1$. La estación emisora mantiene un temporizador para el caso de que no reciba confirmación en un largo periodo de tiempo o la confirmación llegue errónea, y así poder retransmitir otra vez las tramas.

Se ejemplifica en la Ilustración 11.a)

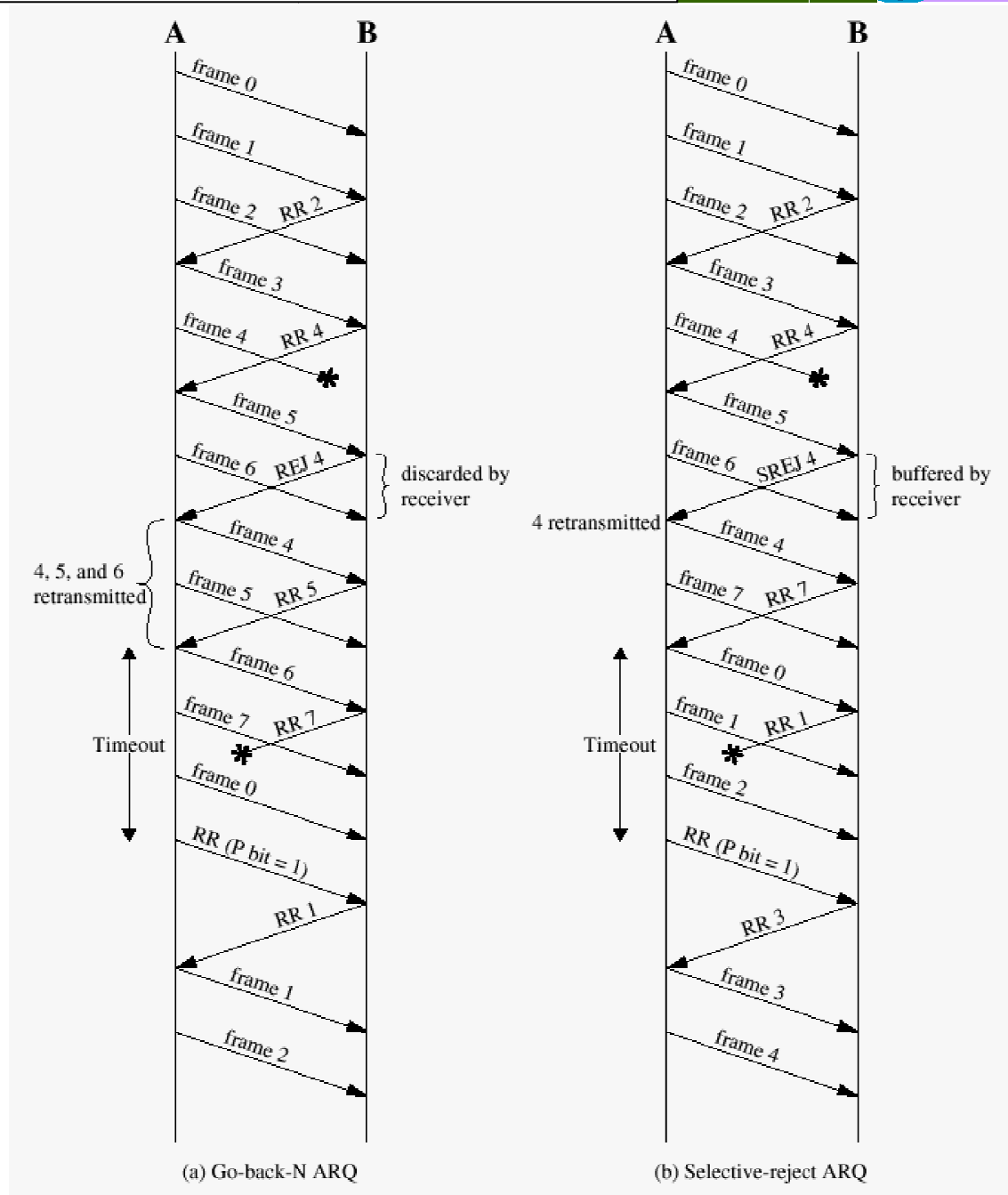


Ilustración 11: Protocolos ARQ con ventanas deslizantes.

D. ARQ con rechazo selectivo ("Selective-reject ARQ")

Con este método, las únicas tramas que se retransmiten son las rechazadas por el receptor o aquellas cuyo temporizador expira sin confirmación. Este método es más eficiente que los anteriores. Para que esto se pueda realizar, el receptor debe tener un buffer para guardar las tramas recibidas tras el rechazo de una en particular, hasta recibir de nuevo la trama rechazada y debe de ser capaz de colocarla en el lugar correcto (ya que deben estar ordenadas). Además, el emisor debe ser capaz de reenviar tramas fuera de orden. Estos requerimientos adicionales hacen que este método sea menos utilizado que adelante-atrás-N. Se ejemplifica en la Ilustración 11.b)

La ilustración 12 grafica el **porcentaje de utilización** de un medio de transmisión, en función de α (velocidad de propagación), al utilizar ARQ de parada y espera ($W = 1$), y los ARQ adelante-atrás N y de rechazo selectivo, con tamaños de ventana $W = 7$ y $W = 127$ respectivamente. (Todas las mediciones se hicieron para un B.E.R = 10^{-3}).

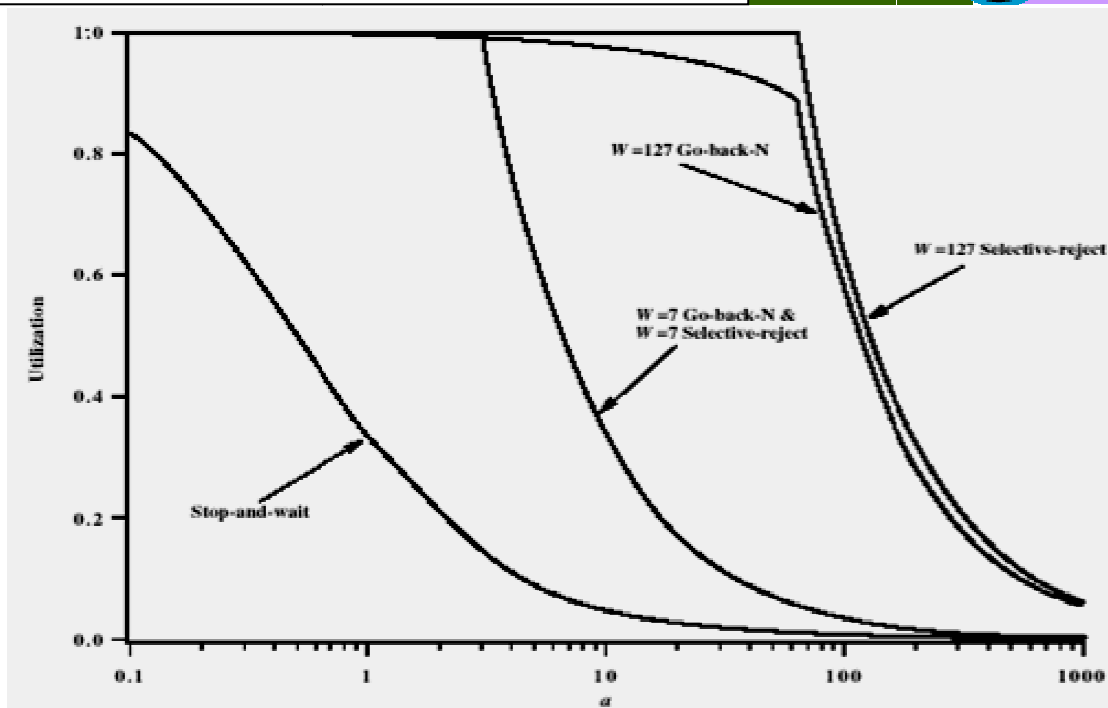
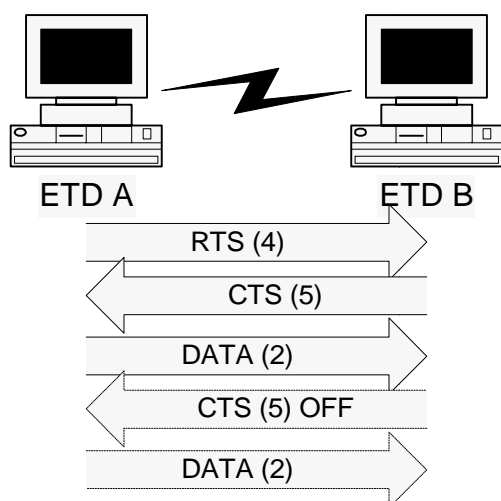


Ilustración 12: Utilización del medio para distintos ARQ en función de α (B.E.R. = 1/1000)

4. Sistemas sin Sondeo/Selección: segundo gran grupo de los protocolos en la clasificación general de la Ilustración 2.

4.1. RTS/CTS (“Request to send/Clear to send”- Solicitud de transmisión/Permiso de transmisión)



Es un protocolo de bajo nivel, muy común en entornos locales (canales de pocos centenares de metros de longitud). Generalmente los ETD se conectan por la interface física EIA/TIA RS-232.

ETD A solicita envío (patilla 4)

ETD B concede permiso (patilla 5)

Los datos se transmiten por patilla 2.

ETD B retira permiso de transmisión (off patilla 5)

ETD A detiene la transmisión por falta de permiso.

Ilustración 13: Secuencia en RTS/CTS

4.2. Xon/Xoff.

Muy utilizado en el control de tráfico de periféricos (impresoras, plotters, modems, multiplexores, etc.), por su sencillez y bajo costo. Las interfaces físicas son en general RS-232 o V.24.

Los dispositivos gráficos son muy lentos en comparación con la velocidad binaria del computador y la capacidad del canal, por lo que los buffers de la impresora podrían llenarse. Se requieren entonces las órdenes de “suspender la transmisión” y de “reanudar la transmisión”.

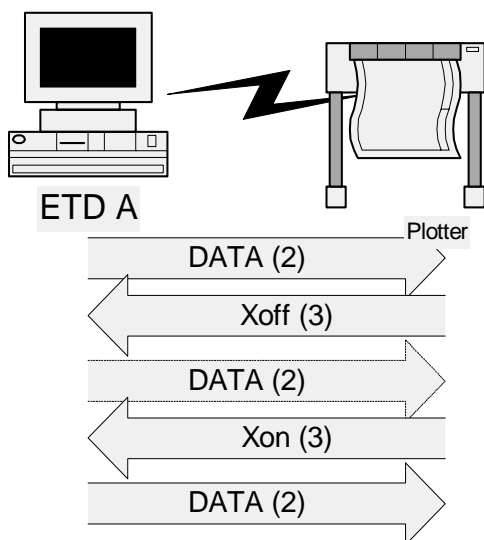


Ilustración 14: Secuencia Xon/Xoff

Xon: carácter ASCII con el código DC1
Xoff: carácter ASCII con el código DC3.

Los datos se transmiten por el circuito (2)

ETD B envía “suspender transmisión” (por circuito 3)

ETD A suspende transmisión de datos. (por circuito 2)

ETD B envía “reanudar transmisión” (por circuito 3)

ETD A reanuda transmisión de datos. (por circuito 2)

RTS/CTS y Xon/Xoff son tan simples, que en rigor muchos autores no los consideran protocolos, pero al ser tan ampliamente utilizados, es bueno ubicarlos en ésta clasificación.

4.3. TDMA (“Time division multiple access”- Acceso múltiple por división temporal)

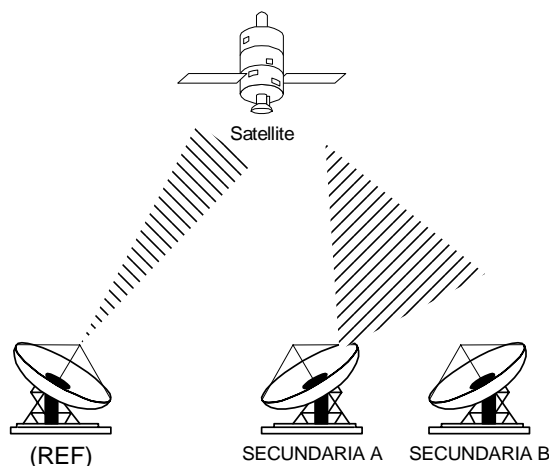


Ilustración 15: Red satelital TDMA.

Es una forma sofisticada de TDM (“Time division multiplexing”). En el ejemplo, la estación primaria o REFERENCIA acepta solicitudes de las secundarias, y les asigna tiempos preestablecidos para usar el canal. Las solicitudes y las asignaciones de permisos se ubican en un campo de control de la trama.

Las estaciones secundarias ajustan sus temporizadores para el “time slot” asignado por la primaria. En la Ilustración 15 se grafica la transmisión desde la REF hacia las estaciones secundarias.

5. Sistemas sin prioridad: es el primer grupo dentro de las técnicas de igual a igual.

5.1. TDM (“Time division multiplexing”- Multiplexación por división del tiempo)

Cada estación puede utilizar el canal de comunicaciones durante un intervalo, que tiene igual duración para todos los usuarios (“time slot”- ranura temporal).

Es una simplificación del TDMA, ya que en éste esquema no hay una estación primaria por encima de las secundarias decidiendo quien y cuando transmitir. Se usa en redes LAN y WAN, tanto en bus como en anillo.

5.2. Inserción de registro.

Este sistema se emplea en redes en anillo, como una forma de controlar el flujo de datos. Cualquier estación puede transmitir siempre que el enlace se encuentre en estado de *desocupado*. Si se recibe una trama mientras se está transmitiendo, la misma se guarda en un registro y se transmite luego a continuación de la propia transmisión. Se puede así ir encadenando múltiples tramas en la transmisión por el anillo.

5.3. Sistemas con escucha de portadora (con colisiones).

La técnica más utilizada en comunicaciones en LAN en bus. (Estándar de la UIT/TIA 802.3 conocido comercialmente como Ethernet)

Los ETD se conectan al bus a través de la *unidad de interfase de bus* (BIU “bus interface unit”), comúnmente llamada “placa de red”.

Todas las estaciones compiten de igual a igual para transmitir, debiendo esperar a que el canal esté libre. Los extremos del bus tienen “terminadores” que son impedancias que disipan en forma de calor la energía de la señal propagada al llegar al extremo del bus, para evitar el retorno de la misma hacia el transmisor y producir distorsión (R.O.E = relación de onda estacionaria)

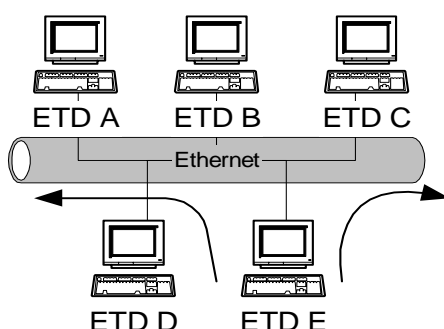


Ilustración 16: ETD E transmite y los demás escuchan

En el medio de transmisión no puede haber en cada instante más de una señal siendo transmitida. Todas las demás estaciones deben “escuchar” el canal y detectar el BIU si es la dirección destino. Si se produce una colisión entre dos o más estaciones que desean el control del canal, los BIU’s de los ETD’s involucrados inician una espera aleatoria antes de intentar capturar nuevamente el enlace, como forma de bajar las probabilidades de nuevas colisiones.

Toda colisión es una circunstancia indeseable, que se traduce en una oportunidad de transmisión desperdiciada, lo que implica un desaprovechamiento del medio. La técnica de acceso, al ser contenciosa, y requerir un tiempo de propagación de la señal, determina que una estación pueda llegar a iniciar una transmisión sin haber detectado que otra estación también lo hizo en otra parte del bus. Se tiene entonces el concepto de “dominio de colisión”, dependiente del tiempo de propagación en la red y de la distancia entre los ETD que colisionan.

5.4. Paso de testigo (sin prioridad)

Utilizado en sistemas de igual a igual, tanto sin prioridad como con prioridad, especialmente en redes LAN.

5.4.1. Paso de testigo en anillo (“Token ring”)

Estándar UIT 802.4. Cada estación tiene su RIU (“ring interface unit”) o placa de red, que escucha el paso de datos en el anillo, buscando reconocer su propia dirección como destino. Si así fuera, pasa los datos al ETD a él conectado, y de lo contrario, retransmite los datos a la estación siguiente a ella.

Las estaciones escuchan el anillo y cuando la que desea transmitir recibe la trama “testigo libre”, cambia ésta al formato “testigo ocupado” y a continuación la transmite junto con sus propios datos a la estación siguiente. La estación siguiente recibe y analiza el conjunto, detectando que ella no es la dirección destino, por lo que retransmite todo hacia la estación siguiente, la que repite la operación. La estación destino es la única que copia los datos recibidos, y que vuelve a retransmitir junto con su ACK para el transmisor, a la siguiente estación. La estación transmisora recibe el conjunto, con el ACK, absorbe los datos que generó y cambia el token al formato “desocupado”, pasándolo a la estación siguiente. Se evita así el monopolio del anillo por una sola estación, ya que otra podrá ahora recibir el testigo para transmitir (si la que había transmitido anteriormente recibe de nuevo el token libre, luego de una vuelta completa libre, podría volver a controlar el anillo, ya que ninguna otra quiso transmitir).

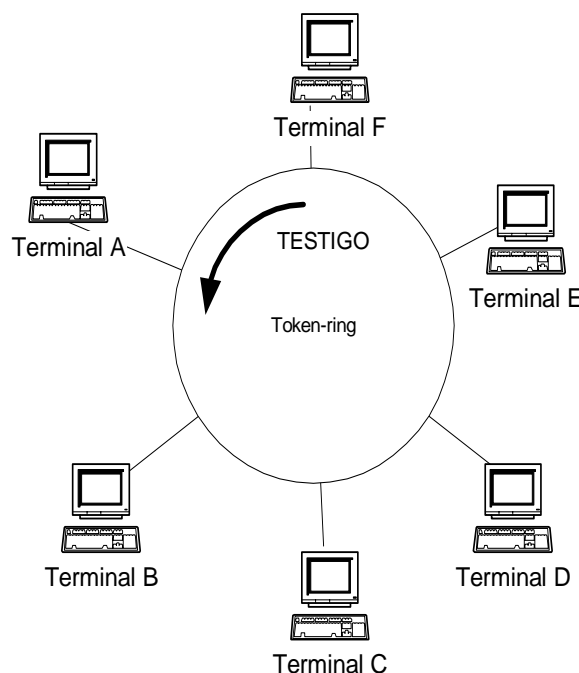
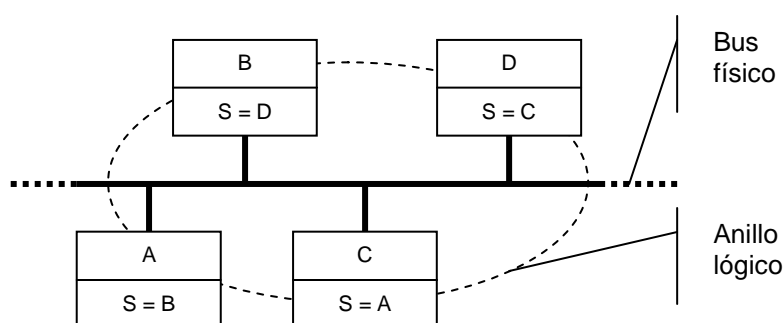


Ilustración 17: Testigo libre circulando en el anillo

5.4.2. Paso de testigo en bus (“Token bus”)



Estándar UIT 802.5, éste sistema utiliza un canal horizontal (bus), pero lógicamente se controla como un anillo. Todas las estaciones reciben el testigo y escuchan en simultáneo, pero sólo puede transmitir y recibir la estación designada, durante el tiempo que le corresponda.

Ilustración 18: Token bus.

6. Sistemas con prioridad.

Segundo grupo dentro de los sistemas de igual a igual.

6.1. Ranurado con prioridad.

Los sistemas son similares al TDM, pero la diferencia es que el tiempo de uso del canal (ranura) se asigna mediante un esquema con prioridades.

Ejemplos de criterios de prioridades para el uso del canal:

- Propiedad anterior del intervalo temporal (ranura)
- Requisitos de tiempo de respuesta de las estaciones.
- Cantidad de datos a transmitir.
- Transmisión según la hora del día.

Las prioridades no son manejadas por una estación maestra, sino por los parámetros de prioridades cargados en cada estación por el administrador.



6.2. Sistema de escucha de portadora (sin colisiones).

Muy semejante al sistema de escucha de portadora con colisiones, pero con una lógica adicional para evitar las colisiones (temporizador o árbitro).

La temporización se realiza en cada estación (sin maestro), fijándose el umbral de tiempo de las mismas para transmitir, transcurrido el cual el árbitro fija el instante de transmisión. Si una estación prioritaria no transmitió, una de menor prioridad que esté aún en su umbral temporal podrá usar el canal. En las redes con rasurado convencional, el tiempo desocupado son oportunidades de transmisión desperdiciadas, mientras que en las sin colisiones, el árbitro permite el acceso a estaciones de menor prioridad, utilizando mejor la capacidad del canal.

6.3. Sistema de paso de testigo (con prioridades).

Cada sistema de la red (típicamente un anillo) tiene una prioridad asignada (en general entre 8 posibles –campo de 3 bits-).

El testigo y los datos circulan por el anillo, pudiendo ser examinados por cada nodo.

El testigo tiene un campo de reserva, donde una estación que desea transmitir en la próxima vuelta, ubica su código de prioridad, desplazando al que hubiera de otra estación de menor prioridad.

La estación que toma el testigo debe almacenar el valor previo que tenía el campo de reserva, en un registro propio, para reinstalarlo al momento de liberar el testigo.

Fueron muy usadas en redes LAN.