

Sistemas Multiusuarios

Capitulo 7

Protocolos de Control de Enlace de Datos

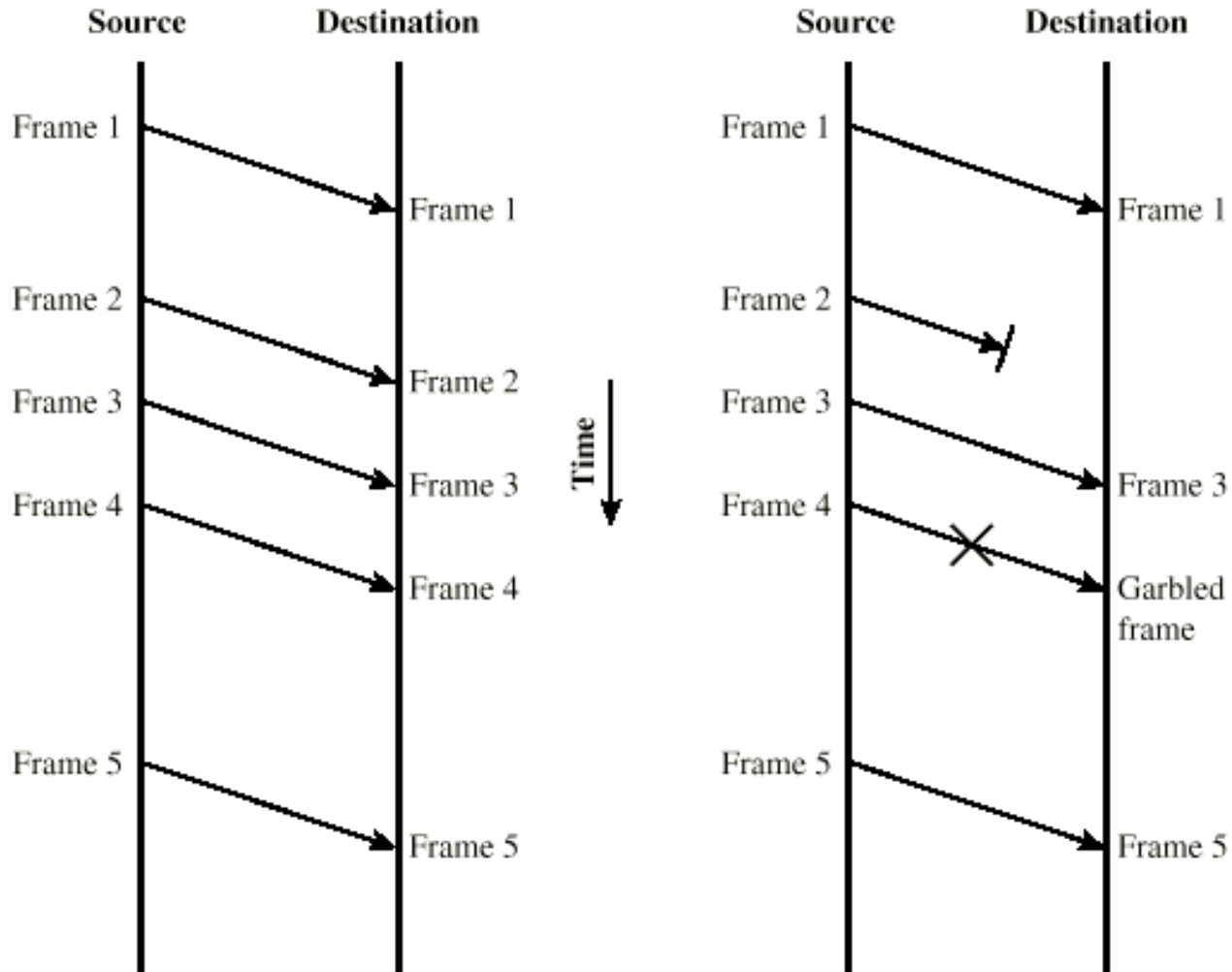
Objetivos del protocolo

- Generación de la trama
- Sincronización de la trama
- Control de flujo
- Control de errores
- Direccionamiento físico
- **Los datos y el control van por el mismo enlace**
- Gestión del enlace (inicio, mantenimiento y finalización)

Control de Flujo

- Asegura que el transmisor no sobrecargue al receptor
 - Previene el desbordamiento del buffer
- Tiempo de transmisión
 - Tiempo tomado para insertar todos los bits de una trama en el medio ($\sim |trama|$)
- Tiempo de propagación
 - Tiempo para que un bit atraviese el enlace

Modelo de Transmisión de tramas



(a) Error-free transmission

(b) Transmission with losses and errors

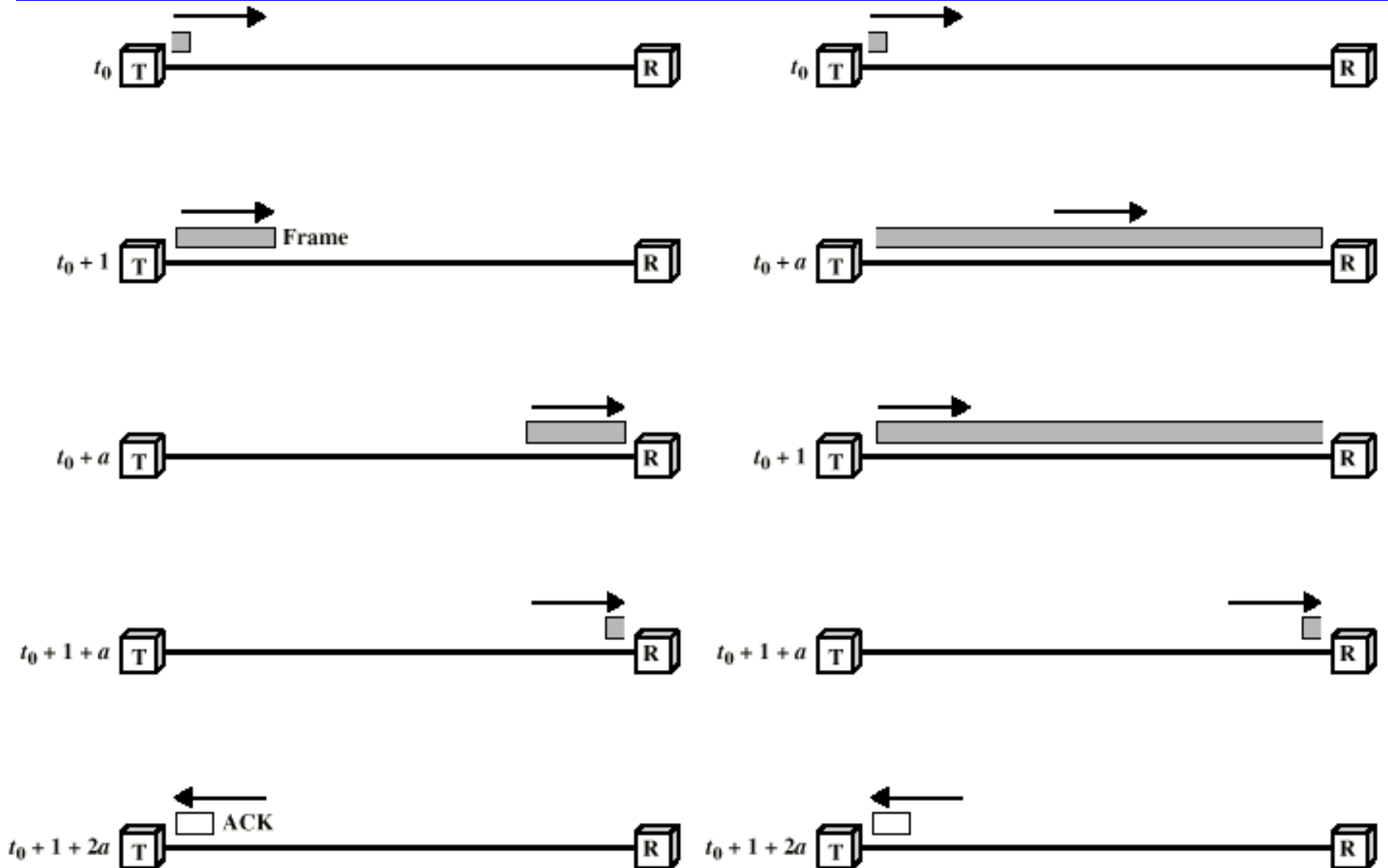
Control de flujo con Parada y Espera

- El origen transmite una trama
- El destino la recibe y responde con un reconocimiento (trama de control **ACK**)
- El origen espera un ACK antes de enviar la siguiente trama
- El destino puede detener el flujo no enviando ACK
- Trabaja bien para tramas largas y poco tráfico

Fragmentación

- Bloques de datos grandes **deben** ser divididos en tramas pequeñas porque:
 - Los tamaños de buffer son limitados
 - Errores son detectados rápidamente (cuando la trama completa fue recibida)
 - Con errores, se necesita la retransmisión de tramas pequeñas
 - Se previene que una estación ocupe el medio por períodos prolongados
- Parada y espera no es adecuada para altas velocidades y largas distancias

Utilización del enlace en Parada y Espera



(a) $a > 1$

(b) $a < 1$

Control de flujo mediante Ventana Deslizante

- Permite que varias tramas esten en tránsito
- Buffer de recepción es de longitud W
- Transmisor puede enviar hasta W tramas antes que se Reconozcan
- Cada trama está numerada
- El **Reconocimiento (RRx)** incluye el número de la proxima trama esperada
- Número de secuencia está limitado por el tamaño del campo dedicado (k)
 - Tramas numeradas como $\text{mod } 2^k$

Diagrama Ventana Deslizante

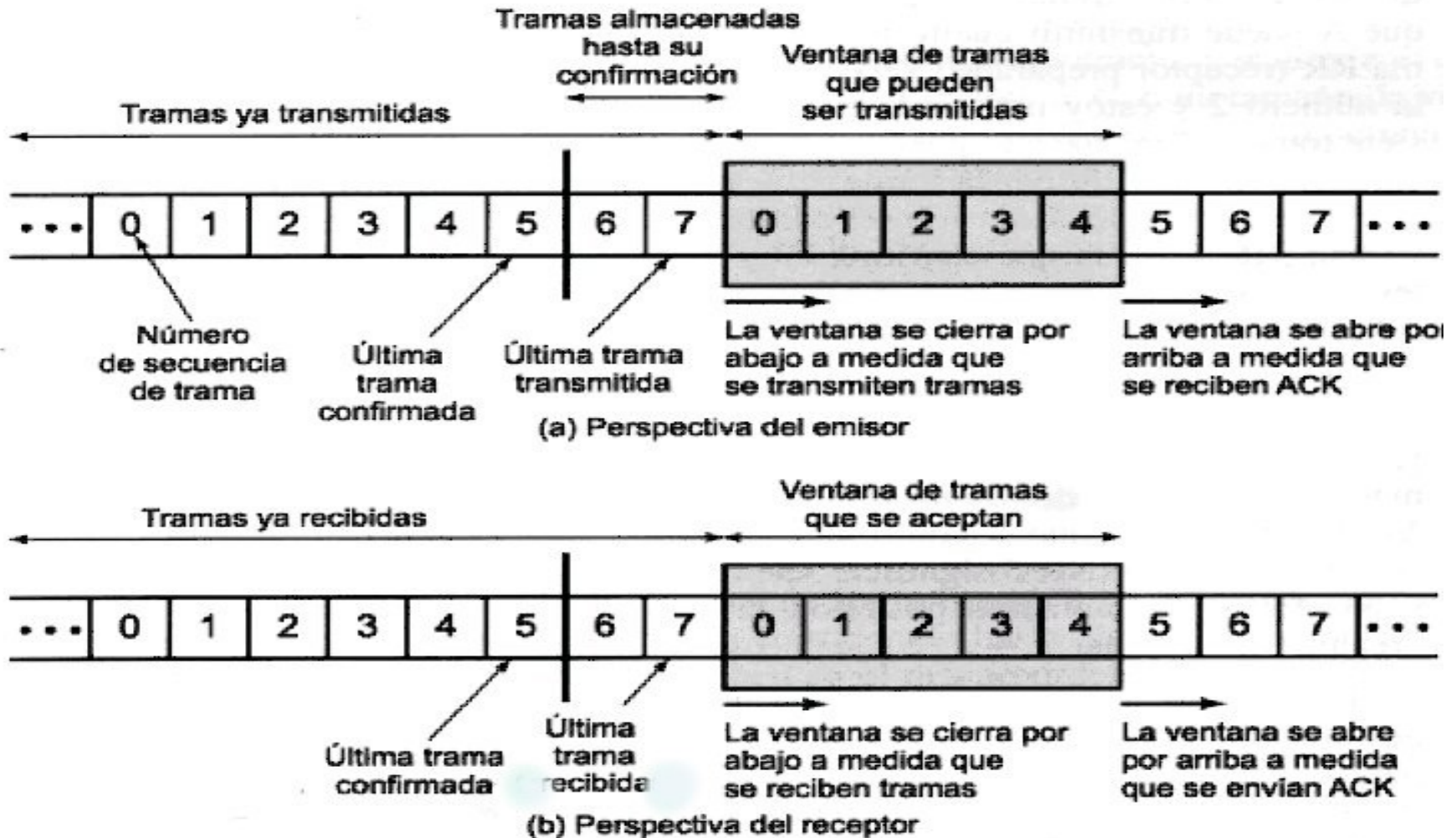
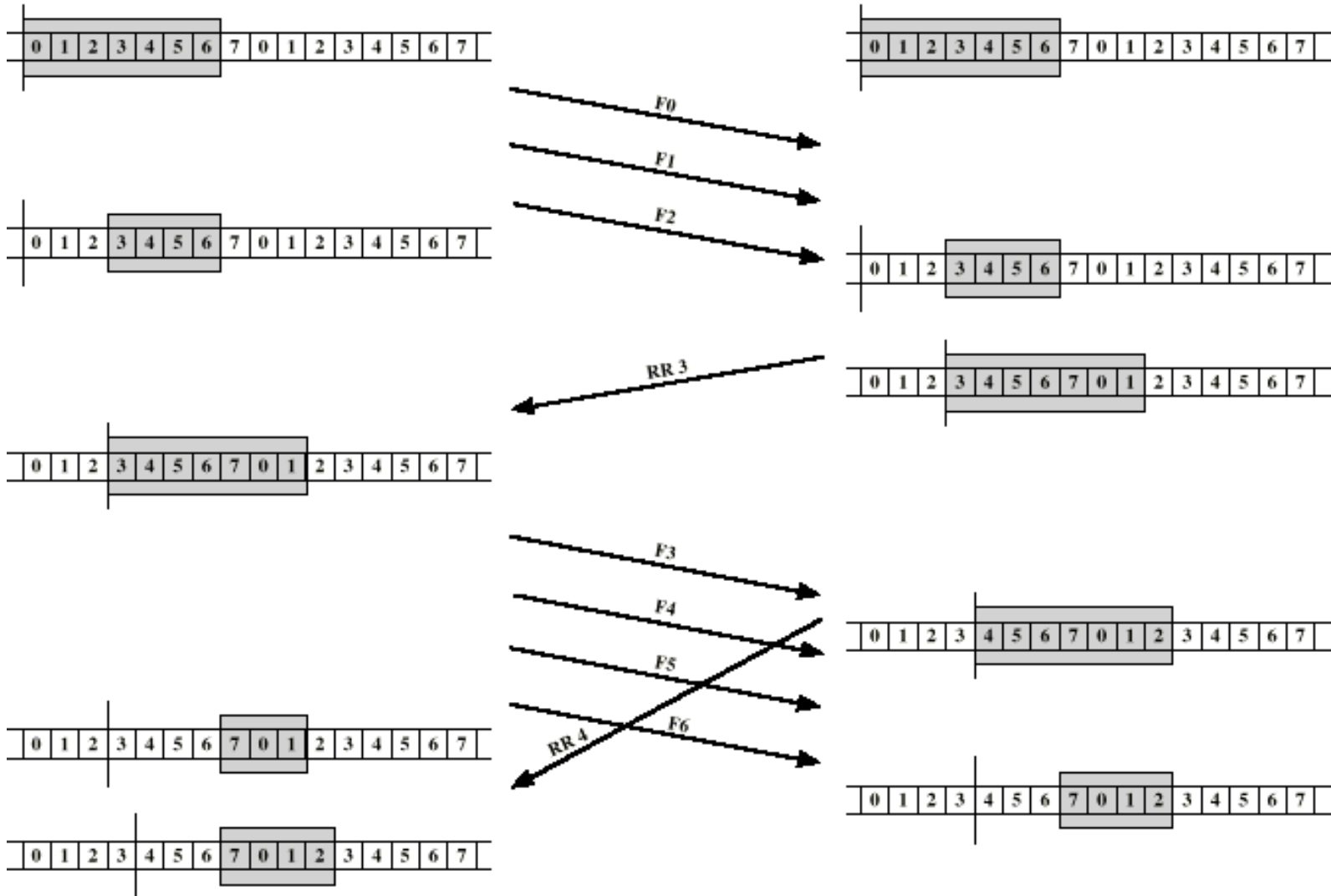


Figura 7.3. Esquema de ventana deslizante.

Ejemplo de Ventana Deslizante

Source System A

Destination System B



Mejoras en Ventana Deslizante

- Se puede interrumpir el flujo NO reconociendo tramas (Receive Not Ready o **RNRx**)
- Se envía un **RR** normal para continuar
- Duplex, usa **piggybacking** (incorporación de confirmación)
 - Incorpora un **campo** de confirmación en la trama
 - Si no hay datos para enviar, usa RR o RNR
 - Si hay datos pero no reconocimiento para enviar, repite la ultima confirmación

Control Errores

- Detección y corrección de errores
 - Tramas perdidas
 - Tramas dañadas
- Se tratan los casos:
 - Detección de Errores
 - Confirmaciones positivas
 - Retransmisión después de timeout (cronómetro)
 - Confirmación Negativa y retransmisión
- Se solicita una **repetición automática (ARQ o Automatic Repeat Request)**:

Variantes de ARQ

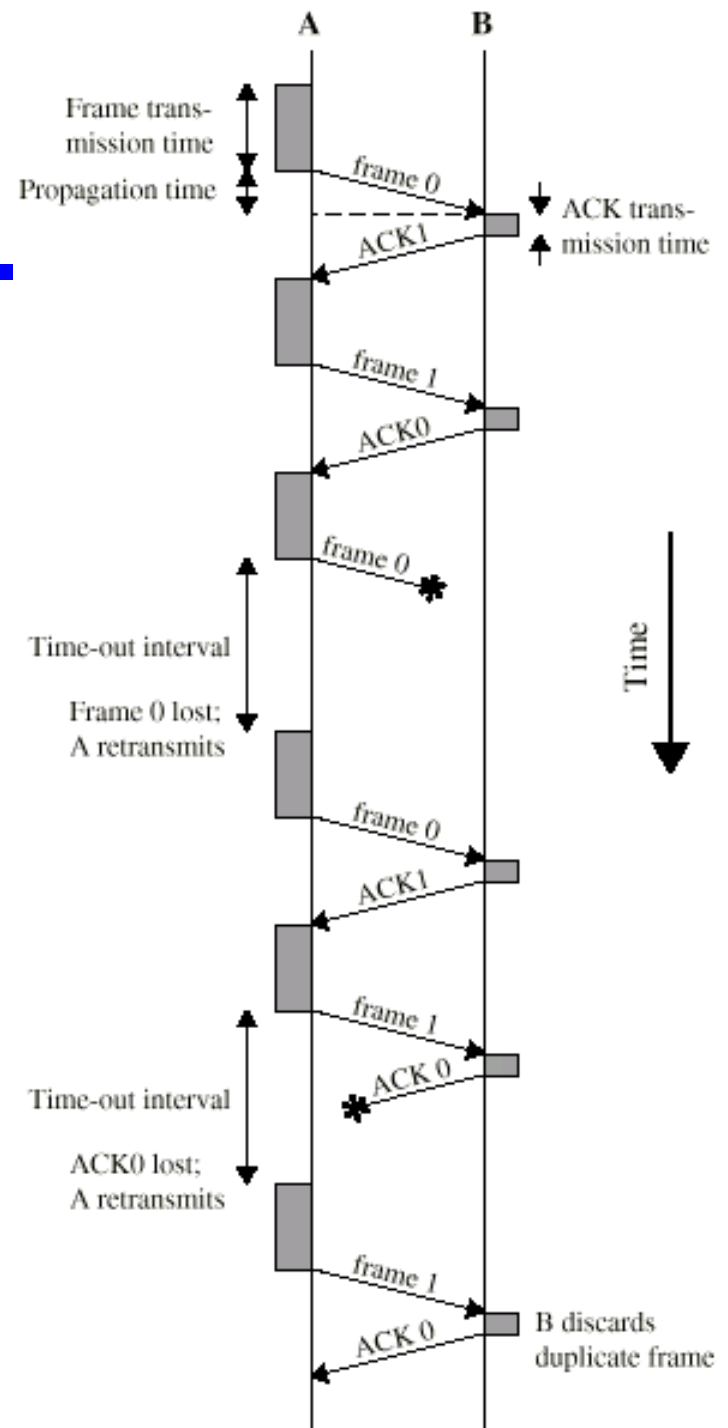
- Tres variantes normalizadas
 - Parada y Espera
 - Ventana deslizante
 - Vuelta atrás-N
 - Rechazo selectivo (retransmisión selectiva)

ARQ con parada y espera

- Fuente transmite una sola trama
- Espera ACK
- Si la trama recibida esta dañada se la descarta
 - Transmisor timeout
 - Si no ACK dentro del timeout, retransmite
- Si ACK está dañada, transmisor no la reconoce
 - Transmisor retransmitirá la última trama
 - Receptor tiene 2 copias de la trama
 - Solución: ACK0 y ACK1

Diagrama

- Simple
- Ineficiente



ARQ con vuelta atrás N (1)

- Basada en ventana deslizante
- Si no hay error, RR de forma usual con el N^o de la próxima trama esperada
- Usa la ventana para controlar el número de tramas pendientes
- En error, responde con **REJ**
 - Descarta aquella trama y todas las futuras hasta que la trama llega correctamente
 - Transmisor debe volver atrás y retransmitir aquella trama y las subsiguientes

Vuelta atrás N – Trama dañada

- Receptor detecta el error en trama i
- Descarta la trama y envía rechazo- i
- Transmisor recibe el rechazo- i
- Transmisor retransmite trama i y las subsiguientes

Vuelta atrás N – Trama perdida (1)

- Trama perdida i
- Transmisor envía $i+1$
- Receptor toma la trama $i+1$ fuera de secuencia
- Entonces, envía rechazo i
- Transmisor vuelve a la trama i y retransmite

Vuelta atrás N – Trama Perdida (2)

- Trama perdida i y no se envía ninguna posteriormente
- Receptor no envía ni RR ni REJ
- Transmisor timeout y envía RR con bit **P** puesto a 1
- Receptor interpreta esto como un comando que debe ser confirmado con el número de la próxima trama que espera (i)
- Transmisor entonces retransmite la trama i

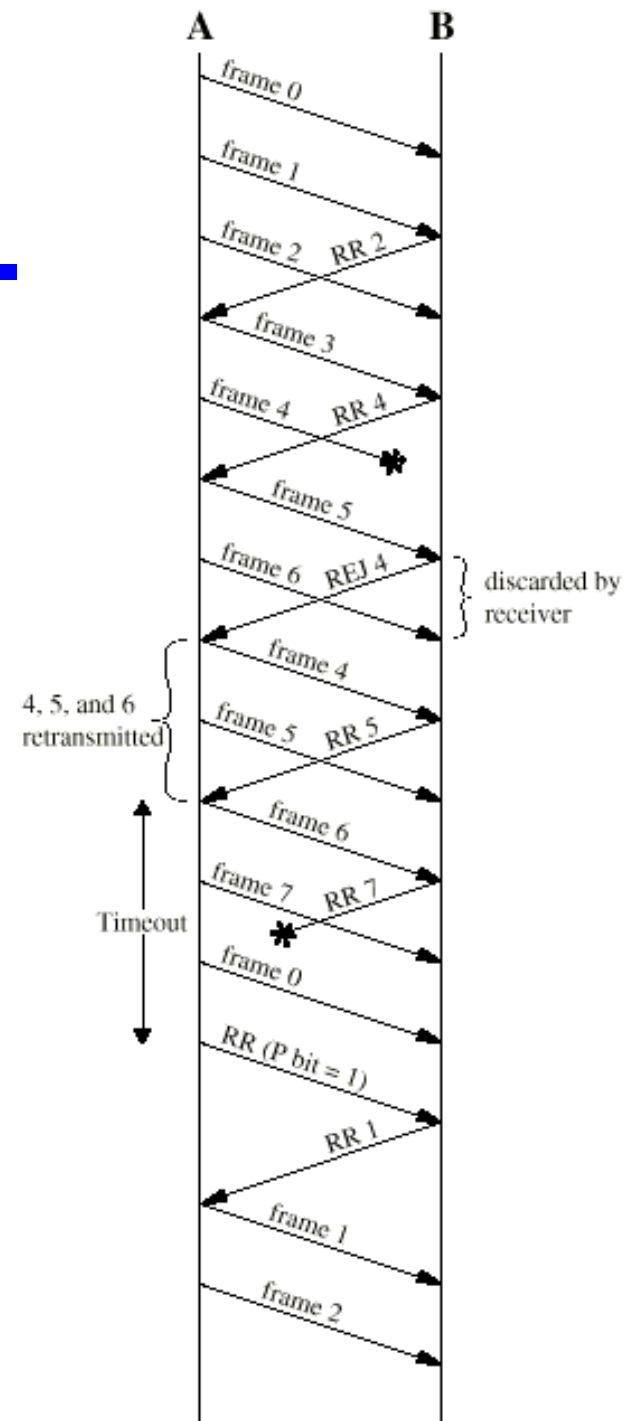
Vuelta atrás N – RR dañado

- Receptor toma la trama i y envía RR ($i+1$) el cual se pierde
- Los reconocimientos son acumulativos, entonces el próximo reconocimiento ($i+n$) puede llegar antes que el timeout en el transmisor expire para la trama i
- Si transmisor timeout, envía RR con $P=1$ como antes
- Esto puede ser repetido un número de veces antes que el procedimiento de reset sea iniciado

Vuelta atrás N – REJ dañado

- Igual que trama perdida (2)

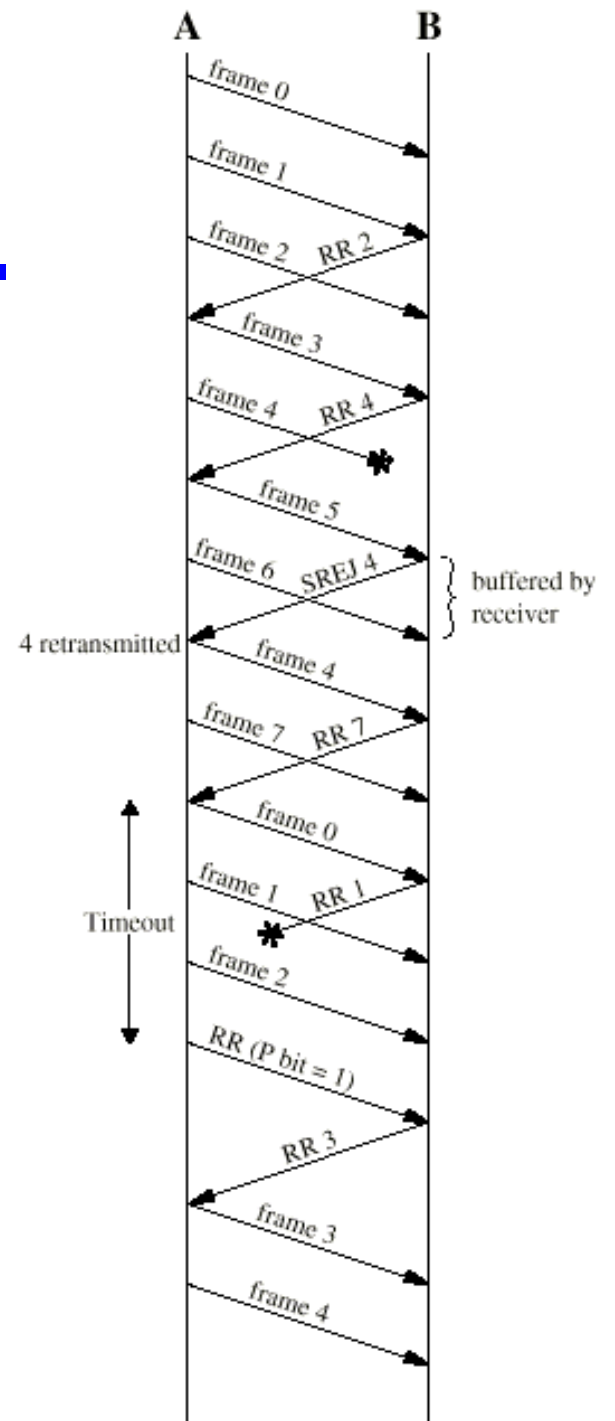
Diagrama



ARQ con rechazo selectivo

- También denominado retransmisión selectiva
- Solo tramas rechazadas son retransmitidas
- Tramas subsiguientes son aceptadas por el receptor y almacenadas en buffer
- Minimiza la retransmisión
- Receptor debe tener un buffer suficientemente grande
- Lógica mas compleja en el transmisor

Diagrama



High-Level Data Link Control

- HDLC
- ISO 33009, ISO 4335
- Define:
 - 3 tipos de estaciones
 - 2 configuraciones de enlace
 - 3 modos de operación

HDLC – Tipos de estaciones

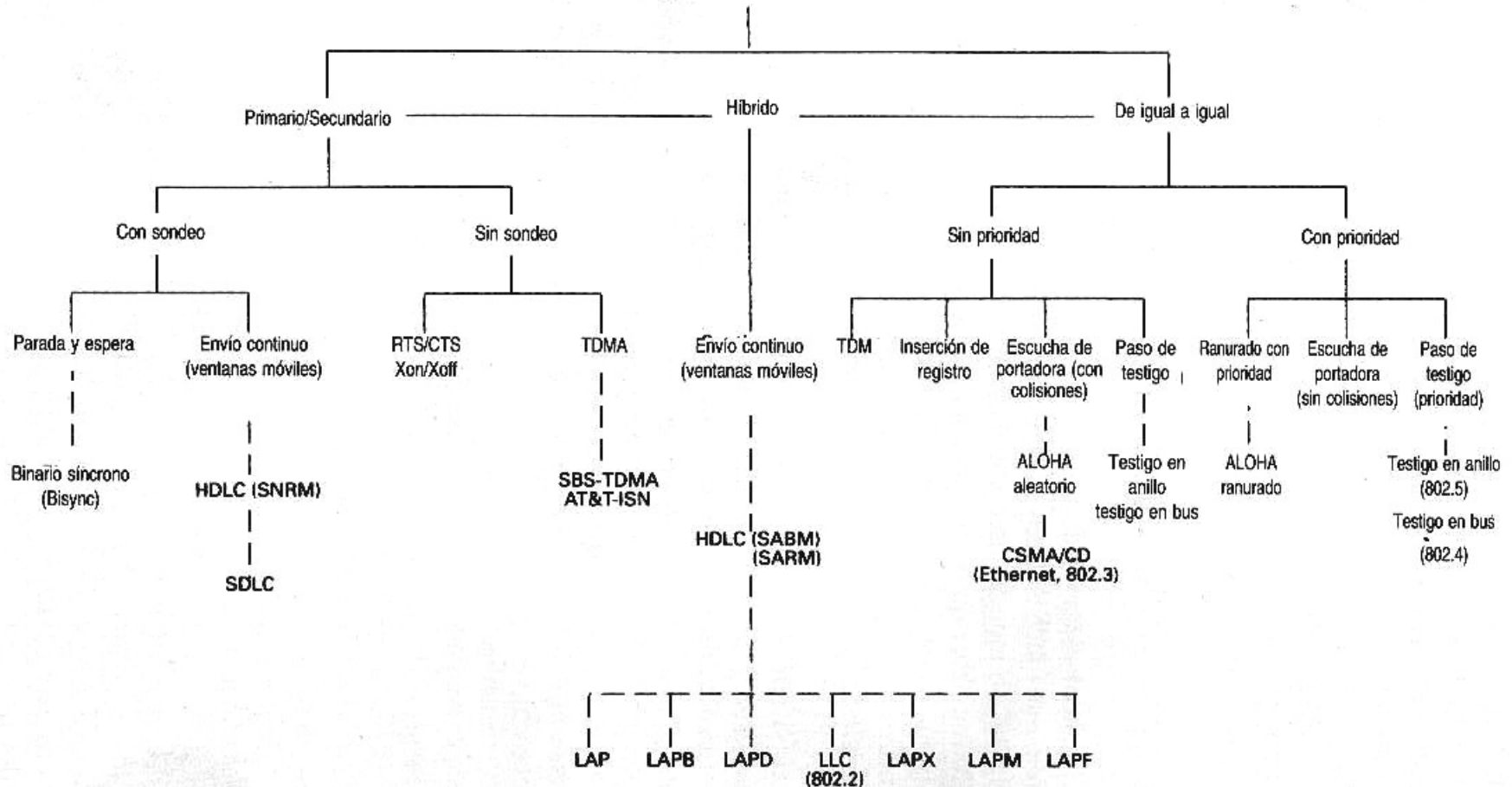
- Primaria
 - Controla la operación del enlace
 - Tramas usadas se denominan órdenes
 - Mantiene enlaces lógicos separados para cada estación secundaria
- Secundaria
 - Bajo el control de la estación primaria
 - Tramas usadas son llamadas respuestas
- Combinada
 - Usan tanto órdenes como respuestas

HDLC- Configuraciones de enlace

- No balanceada (desequilibrada)
 - Una primaria y una o mas secundarias
 - Soporta full duplex y half duplex
- Balanceada
 - Dos estaciones combinadas
 - Suporta full duplex y half duplex

Protocolos de Enlace

Métodos de comunicación de
ETD, ETCD, ECD y PAD



HDLC - Modos de Transferencia (1)

- Normal Response Mode (NRM)
 - No balanceada
 - Primaria inicia la transferencia hacia la secundaria
 - Secundaria puede solamente transmitir datos en respuesta a una orden de la primaria
 - Usada en líneas multi-drop
 - Un Host como primario
 - Varias Terminales como secundarias

HDLC- Modos de Transferencia (2)

- Asynchronous Balanced Mode (ABM)
 - Balanceada
 - Cualquier estación puede iniciar la transmisión sin recibir permiso
 - Es la más ampliamente utilizada – Full Duplex
 - No hay sobrecarga por polling

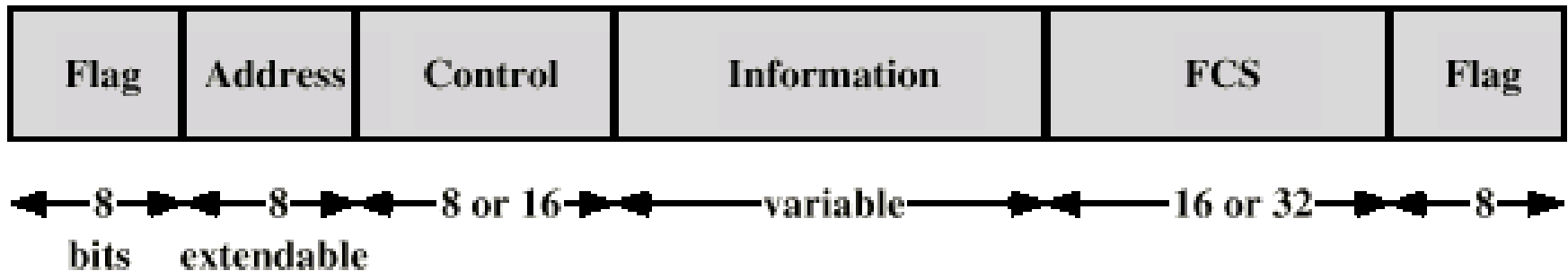
HDLC- Modos de Transferencia (3)

- Asynchronous Response Mode (ARM)
 - No balanceada
 - Las secundarias pueden iniciar la transmisión sin permiso de la primaria
 - Primaria es responsable de la línea (inicio, recuperación de errores, desconexión lógica)
 - Raramente utilizada

Estructura de Trama

- Transmisión síncrona
- Todas las transmisiones son en tramas
 - Un solo formato de trama para datos y control

Estructura de Trama - Diagrama



(a) Frame format

Campos de delimitación - Flags

- Delimitan la trama
- 01111110
- Cierran una y abren la siguiente
- El receptor busca este delimitador para sincronizar
- **Relleno de bits** es usado para impedir confusión de datos conteniendo 01111110
 - Se inserta un 0 despues de cada secuencia de cinco 1s
 - Si receptor detecta cinco 1s chequea el proximo bit
 - Si es 0, se elimina
 - Si es 1 y el septimo es 0, se acepta como flag
 - Si el sexto y septimo son 1, se indica abort

Relleno de Bits

- Ejemplo con posibles errores

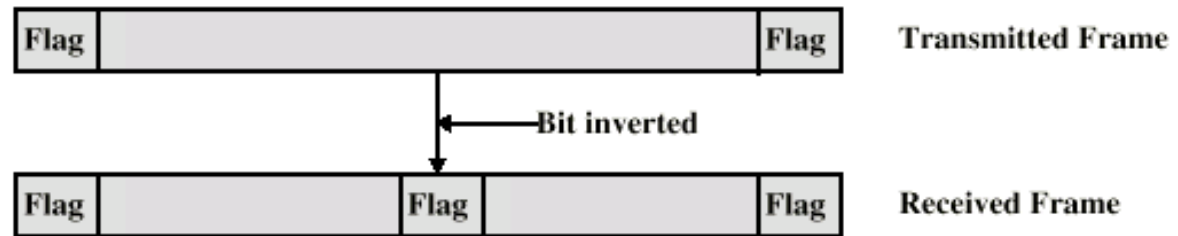
Original Pattern:

1111111111111011111101111110

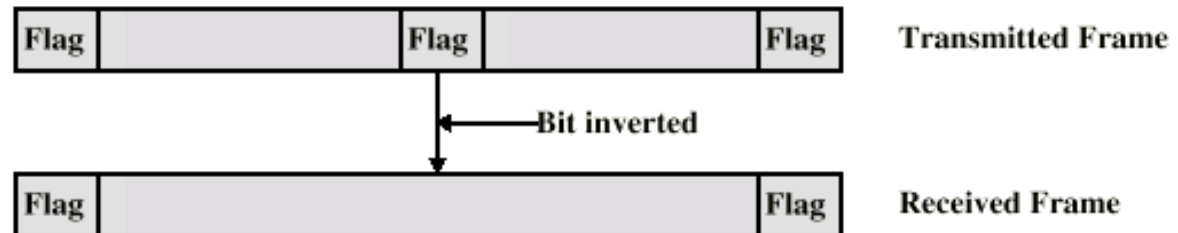
After bit-stuffing

1111101111101101111101011111010

(a) Example



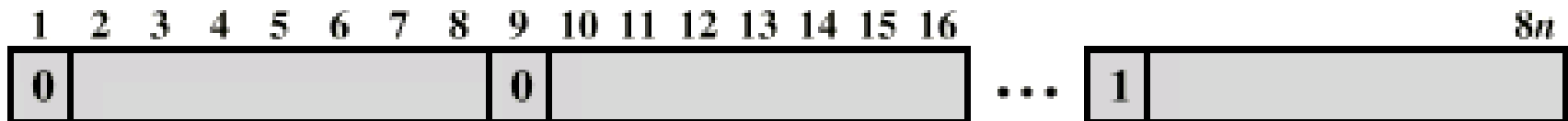
(b) An inverted bit splits a frame in two



(c) An inverted bit merges two frames

Campo de Dirección

- Identifica a la estación secundaria que envía o recibirá la trama
- 8 bits de longitud
- Se puede negociar extensiones multiples de 7 bits
 - LSB de cada octeto indica que si es el ultimo del campo (1) o no (0)
- Todos 1s (11111111) para broadcast

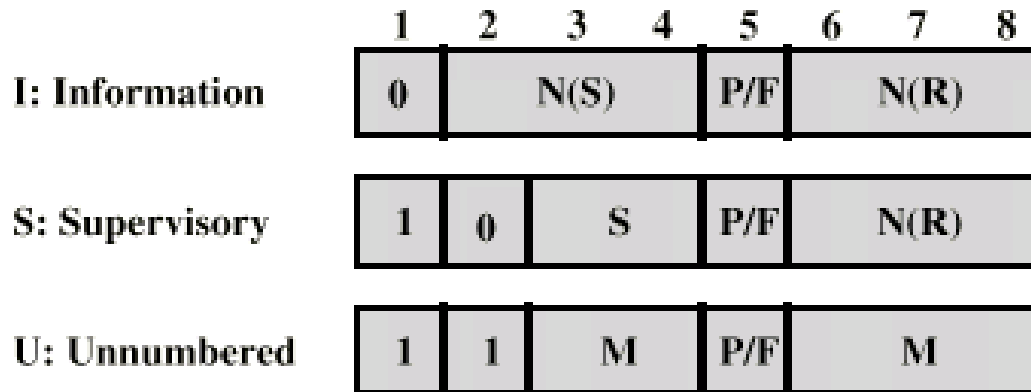


(b) Extended Address Field

Campo de Control

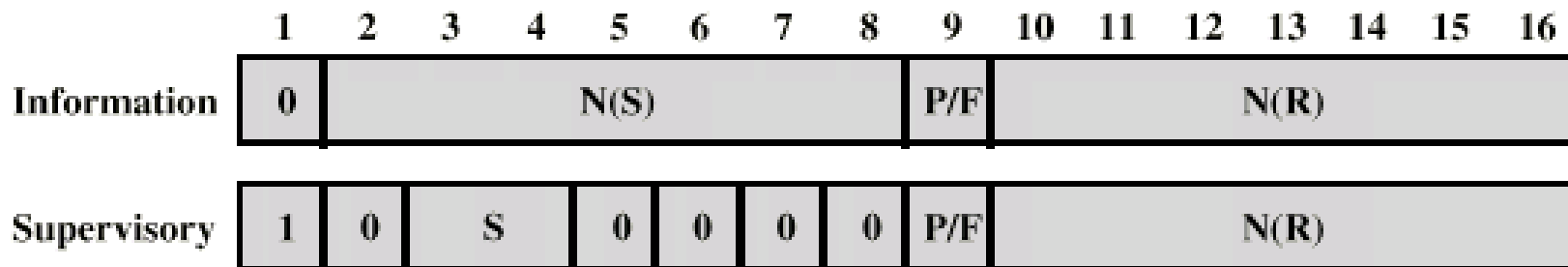
- Cambia según el tipo de trama
 - Información – datos que serán transmitidos al usuario (proxima capa)
 - Control de flujo y errores piggybacked en tramas de informacion
 - Supervisión - ARQ cuando piggyback no es usado
 - No Numeradas – suplementaria de control de enlace
- Los primeros bits del campo identifican el tipo

Campo Control - Diagrama



N(S) = Send sequence number
N(R) = Receive sequence number
S = Supervisory function bits
M = Unnumbered function bits
P/F = Poll/final bit

(c) 8-bit control field format



(d) 16-bit control field format

Bit Poll/Final (sondeo/fin)

- Su uso depende del contexto
- Trama de Comando
 - P bit
 - 1 para solicitar (poll) respuesta del par
- Trama Respuesta
 - F bit
 - 1 indica respuesta al comando solicitado

Campo de Información

- Solo en las Tramas-I y y en algunas U
- Debe contener un número entero de octetos
- Longitud variable

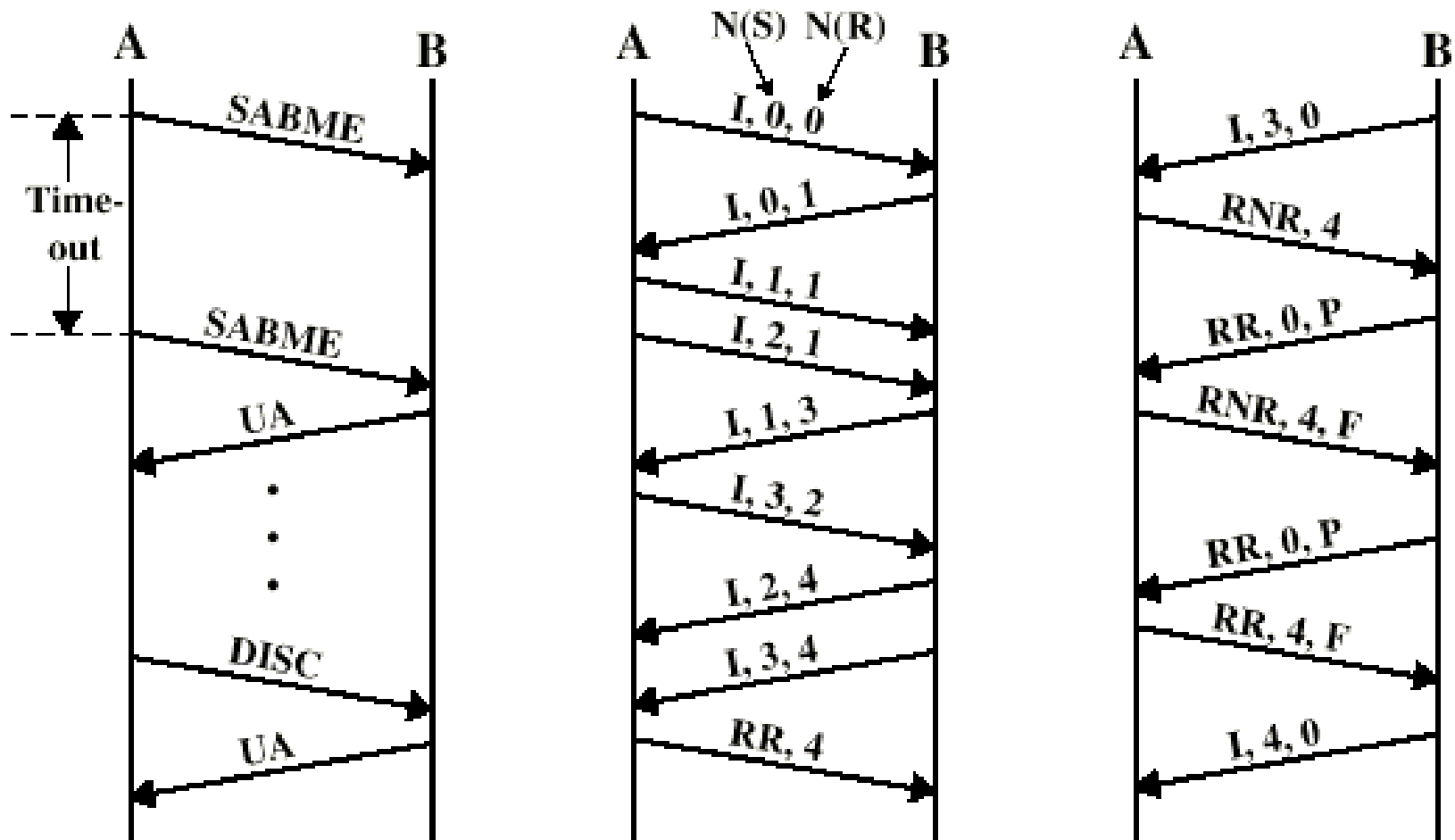
Campo Frame Check Sequence

- FCS
- Detección de errores
- 16 bit CRC
- 32 bit CRC opcional

Operación de HDLC

- Intercambio de información, tramas de supervisión y no numeradas
- Tres fases
 - Inicialización
 - Transferencia de datos
 - Desconexión

Ejemplos de Operación (1)

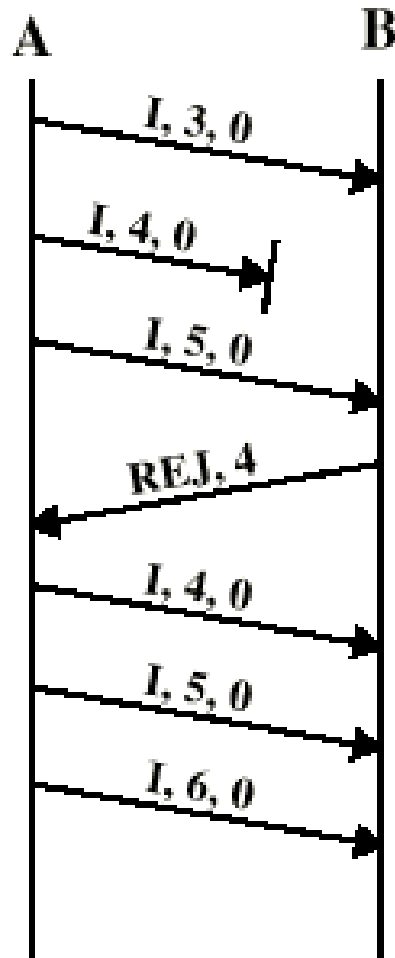


(a) Link setup and disconnect

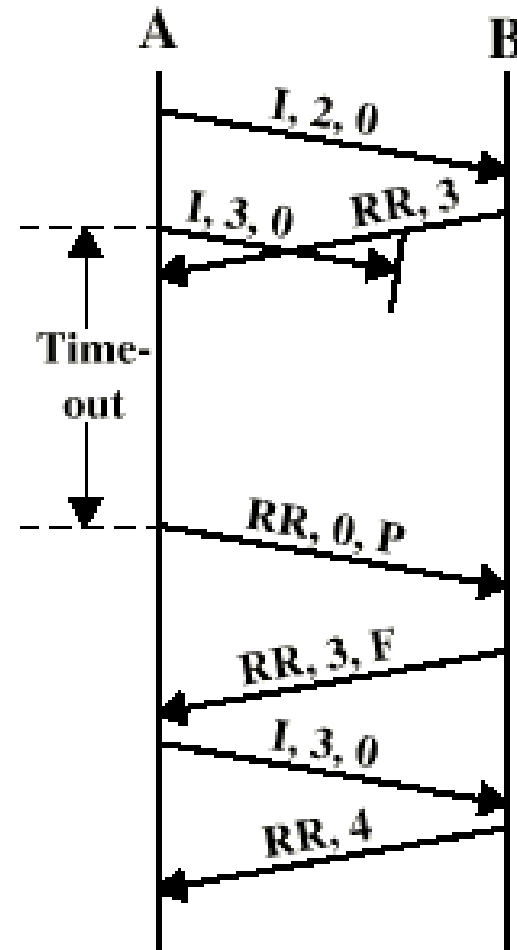
(b) Two-way data exchange

(c) Busy condition

Ejemplos de Operación (2)



(d) Reject recovery



(e) Timeout recovery

Otros protocolos DLC (LAPB, LAPD)

- Link Access Procedure, Balanced (LAPB)
 - Parte de X.25 (ITU-T)
 - Subset de HDLC - ABM
 - Enlace punto a punto entre sistema y nodo de red de conmutación de paquetes
- Link Access Procedure, D-Channel (LAPD)
 - ISDN (ITU-D)
 - ABM
 - Siempre números de secuencia de 7 bit (no 3-bit)
 - Campo dirección de 16 bit contiene dos sub-direcciones
 - Uno para el dispositivo y otro para el usuario(proxima capa)

Otros protocolos DLC (LLC)

- Logical Link Control (LLC)
 - IEEE 802 (LAN)
 - Formato de trama distinto
 - Control de enlace se divide entre capa de acceso al medio (MAC) y LLC (encima de MAC)
 - No hay primarias ni secundarias – todas las estaciones son pares
 - Dos direcciones necesarias
 - Transmisor y receptor
 - Detección de errores en la capa MAC
 - 32 bit CRC
 - Puntos de acceso Fuente y Destino (DSAP, SSAP)

Otros protocolos DLC (Frame Relay) (1)

- Utilización mas eficiente de redes de alta velocidad de conmutación de paquetes
- Reemplaza X.25(LAPB)
- Utiliza Link Access Procedure para Frame-Mode Bearer Services (LAPF)
- Básicamente 2 protocolos
 - El de Control - similar a HDLC
 - El Core – subconjunto de control

Otros protocolos DLC (Frame Relay) (2)

- ABM
- Números de secuencia de 7-bit
- 16 bit CRC
- Campo de dirección de 2, 3 o 4 octetos
 - Identificador de conexión de enlace de datos (DLCI)
 - Identifica conexiones lógicas

Otros protocolos DLC (ATM)

- Asynchronous Transfer Mode
- Diseñado para redes de alta velocidad
- No esta basado en HDLC
- Formato de trama denominado **celda**
- Fija de 53 octetos (424 bits)