



La Capa de Enlace Control de errores, flujo y transmisión de datos





Índice del Tema

- Siguiendo con las funciones de la Capa de Enlace.
- Manejo de Errores
 - ¿Por qué se producen errores?
 - ¿Cómo podemos detectarlos?
 - ¿Cómo podemos corregirlos?
- Control de Transmisión y Flujo
 - ¿Cómo evitar que un emisor rápido sature a un receptor lento?
 - ¿Cómo evitar errores de secuenciación de tramas?
 - Tramas perdidas
 - Tramas duplicadas
 - Veremos protocolos ARQ (*automatic repeat request*), con varias opciones diferentes
 - Protocolos de ventana deslizante
- Resumen



Manejo de Errores

- Origen de los errores
 - Errores estáticos (distorsión de la señal)
 - Errores transitorios (ruido electromagnético)
- Detección de Errores
 - Paridad Horizontal y Vertical
 - Chequeo por suma: Checksum
 - Códigos de Redundancia Cíclica: CRC
- Corrección de Errores


Universidad de Oviedo
Control de Errores y Flujo


Paridad Horizontal y Vertical

	TRANSMITIDO		RECIBIDO	
	Mensaje	Error en dos bits de una fila	Error dos bits en dos filas	Error en dos bits de dos filas
C	11000011	11000011	11000011	11000011
f	01100110	01100110	01100110	01100110
y	11111001	11100001	11100001	11100001
U	01010101	01010101	01010101	01010101
Cód.	00011001	00011001	00011001	00011001
El receptor calcula		00010001 (error detectado)		00001001 (error no detectado)

Bits



1							
2							
3		X			X		
4							
5		X			X		
6							
7							
8							
	1	2	3	4	n-1	n

Bits de paridad vertical

<- Bits paridad horizontal

caracteres



noviembre de 2007 4


Universidad de Oviedo
Control de Errores y Flujo


Chequeo por suma (checksum)

	TRANSMITIDO		RECIBIDO	
	Mensaje	Error en dos bits de una fila	Error dos bits en dos filas	Error de un bit en dos columnas
C	1000011	1000011	1000011	1000010
f	1100110	1100110	1100110	1100111
y	1111001	1100001	1100001	1100001
U	1010101	1010101	1001101	1001101
Cód.	10111011	10111011	10111011	10111011
El receptor calcula		10101111 (error detectado)	10101011 (error detectado)	10111011 (error no detectado)

noviembre de 2007 5


Universidad de Oviedo
Control de Errores y Flujo


Códigos de Redundancia Cíclica (CRC)


Información a enviar: 10110101101 $x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^3 + x^2 + 1$
Polinomio generador: 10011 $x^4 + x + 1$
Polinomio a dividir: 101101011010000 $x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^4$


División en módulo 2:

101101011010000	10011	$x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^4 \mid x^{14} + x + 1$
...	10101010010	$x^{10} + x^8 + x^6 + x^4 + x$
.....		
0110			$x^2 + x$

Resto obtenido: 0110 $x^2 + x$
Trama transmitida: 101101011010110 $x^{14} + x^{12} + x^{11} + x^9 + x^7 + x^6 + x^4 + x^2 + x$

noviembre de 2007 6


 Universidad de Oviedo





Control de Errores y Flujo

Corrección de Errores

- **Esencia:** No sólo detectar la presencia de errores, sino corregirlos.
- **Una Idea:** Detectarlos y, si existen, descartar la trama y provocar su retransmisión (protocolos ARQ).
- En algunos casos esto puede ser costoso (¿cuáles?). Hay otra aproximación:
 - Incluir información redundante que permita corregirlos en el receptor.

noviembre de 2007
7


 Universidad de Oviedo




Control de Errores y Flujo


Códigos Hamming

- La Distancia Hamming (HD) entre dos códigos mide el número de cambios (errores) que hay que realizar al primer código para obtener el segundo.
- **Observación:** La paridad es un código Hamming de distancia 2.
- Por ejemplo:

La distancia Hamming entre 1011101 y 1001001 es 2
- Es posible utilizarlos para corregir errores de ráfaga, pero añade una cantidad importante de información adicional: los bits de verificación.

noviembre de 2007
8


 Universidad de Oviedo

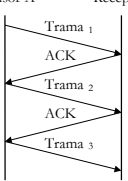


Control de Errores y Flujo

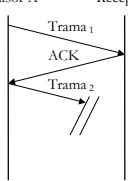
Control de Transmisión (I)

Protocolo ARQ de parada y espera simple


Emisor A Receptor B



Emisor A Receptor B

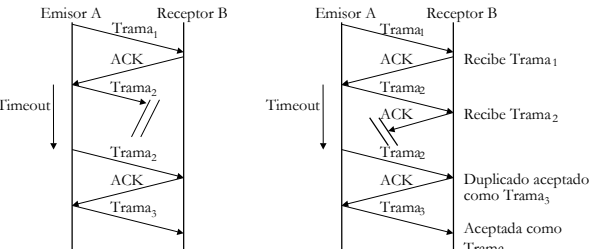


noviembre de 2007
9


Universidad de Oviedo **Control de Errores y Flujo** 

Control de Transmisión (II)

Protocolo ARQ de parada y espera simple con *timeout*

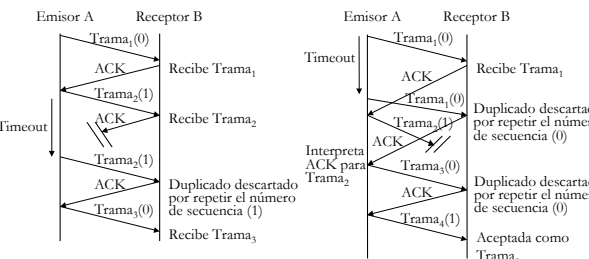


noviembre de 2007 10


Universidad de Oviedo **Control de Errores y Flujo** 

Control de Transmisión (III)

Protocolo con numeración de tramas

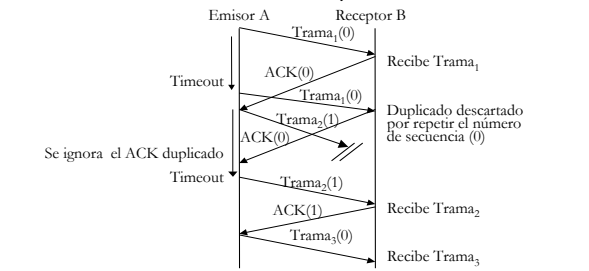


noviembre de 2007 11

Universidad de Oviedo **Control de Errores y Flujo** 

Control de Transmisión (y IV)

Protocolo con numeración de tramas y ACKs



noviembre de 2007 12



Protocolos de Ventana Corrediza (I)

- **Esencia:** Si las tramas se numeran en módulo N, es posible enviar hasta N-1 tramas antes de esperar por confirmaciones sin ambigüedad.
- (Es decir, si utilizamos n bits para el número de secuencia, podemos enviar hasta 2^n-1 tramas).
- Este valor es el tamaño de la **ventana** del emisor.
- Para controlar el flujo el destino debe tener un búfer que le permita contener al menos 2^n-1 tramas. Sino hay que reducir la ventana.
- **Observación:** Si se tiene en cuenta el retardo de propagación y los tiempos de procesamiento, es posible elegir el tamaño de la ventana para conseguir envío continuo de datos: **canalización**.

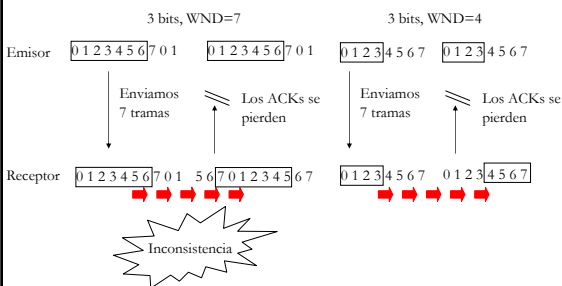


Protocolos de Ventana Corrediza (II)

- ¿Qué hacer cuándo NO llega el ACK para una trama?
- Hay dos opciones:
 - Retransmitir lo que quede de la ventana desde la trama no confirmada en adelante: **ARQ Retroceso-N**. Hay retransmisiones múltiples.
 - Retransmitir sólo las tramas para las que no ha llegado el ACK: **ARQ con Repetición Selectiva**.
 - El receptor debe almacenar las tramas llegadas en desorden.
 - El tamaño máximo de ventana se reduce, para n bits a $2^{n/2}$.



Repetición Selectiva





Protocolos de Ventana Corrediza (y III)

- Aún se pueden hacer nuevas optimizaciones, aunque no cambian sustancialmente lo dicho anteriormente.
- Permitir que un ACK con número N asienta todas las tramas recibidas hasta la N.
- Utilizar una trama especial NAK para indicar que una trama se ha recibido con errores y provocar su retransmisión inmediata (sin esperar a que expire el temporizador).



Control de Flujo: un par de cosas más

- Los protocolos ARQ permiten controlar la transmisión y el flujo, es decir, evitan que un receptor lento sea saturado.
- Si se usan ventanas es necesario que su tamaño se adapte a los recursos del receptor. Si estos recursos varían a lo largo de una transmisión, la ventana debería ajustarse, pero esto no es una situación típica en la capa de enlace (sí lo será en la de transporte).
- Hay otros métodos, menos utilizados actualmente, como los protocolos XON/XOFF.
- También se podría hacer por Hardware, usando líneas adicionales (como hace RS-232 con las líneas RTS/CTS).



Sincronización y Supervisión del Enlace de datos.

- En ocasiones la capa de enlace debe, además de lo anterior, ocuparse de:
 - El establecimiento de la conexión: llamadas por módem, detección del interlocutor activo, negociación de parámetros de la comunicación, etc.
 - El mantenimiento de la conexión: chequeo periódico del estado del enlace, recuperación y resincronización de la comunicación tras errores o fallos temporales, etc.
 - La liberación de la conexión: liberación del enlace, desactivación de llamadas por módem, etc.



Resumen

- Hemos completado el estudio de las principales funciones de la capa de enlace.
- El **manejo de errores**, tanto su **detección** (paridad, checksum, CRC), como de su **corrección** (códigos Hamming).
- El **control de flujo y transmisión**, mediante el estudio de los protocolos **ARQ**:
 - Parada y espera
 - Numeración de tramas y asentimientos
 - Protocolos de ventana corrediza
- Por último esta capa, en ocasiones, debe ocuparse de la **supervisión y sincronización** del enlace.
- **Una nota:** muchas de estas funciones deberán ser realizadas de nuevo en capas superiores (transporte). Esto hace que la tendencia actual sea a simplificarlas en esta capa lo más posible.
