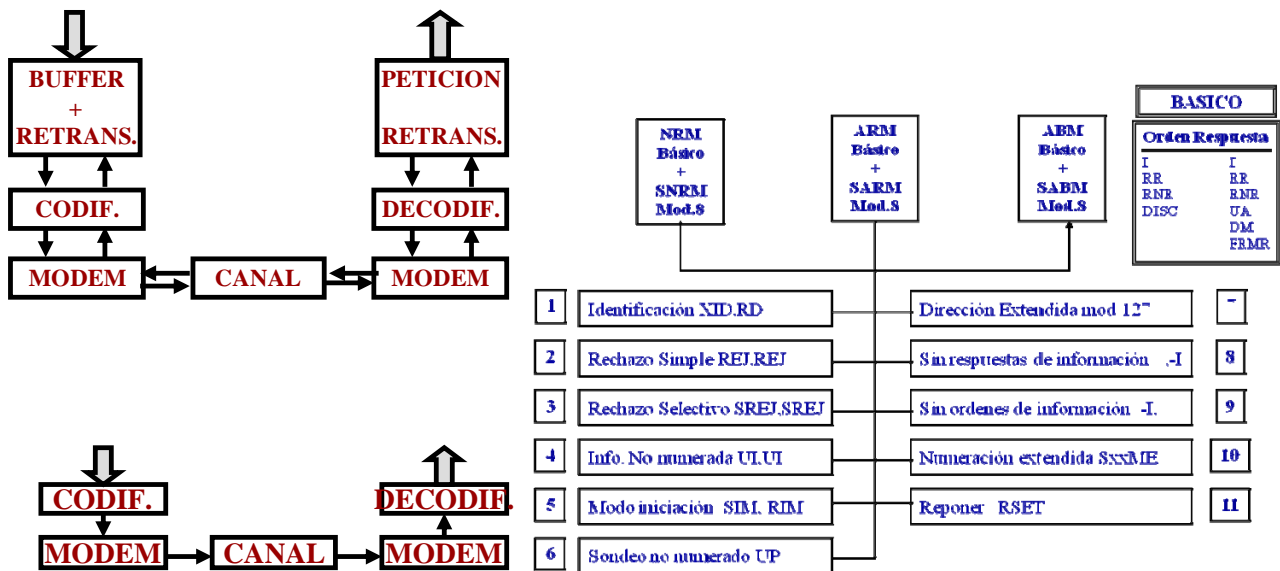


Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido

Grado en Ingeniería de Sistemas de Comunicaciones



Actividades Propuestas

Tema 3: Nivel de Enlace

Dr. José Ignacio Moreno Novella (Coordinador)

joseignacio.moreno@uc3m.es



Universidad
Carlos III de Madrid

Versión 3

17 de Septiembre 2011



Tema 3: Nivel de Enlace

1. Objetivos del Tema

El objetivo del Tema 3: Nivel de Enlace consiste en analizar y profundizar en las funciones proporcionadas por el nivel de enlace: delimitación de trama, transparencia, control de errores, control de flujo y direccionamiento. En este tema se prestará especial énfasis en el análisis de prestaciones de enlaces con a sin errores, así como en las técnicas basadas en ARQ para recuperación de errores. Junto a la adquisición de conocimiento conceptuales, el tema revisará en detalle protocolos de nivel de enlace ampliamente utilizados como el protocolo HDLC , PPP o SLIP. En particular al finalizar el tema se pretende:

- Conocer el objetivo y funciones a soportar por el nivel de enlace tanto en accesos dedicados como compartidos.
- Conocer las técnicas de detección y recuperación de errores utilizadas ampliamente en los protocolos de comunicaciones
- Determinación del cálculo de CRC.
- Profundizar en las técnicas de nivel de enlace evaluando las prestaciones y grado de aplicación de las mismas.
- Calcular la eficiencia y cadencia eficaz de un sistema de comunicación de datos bajo distintos modos de operación.
- Conocer el funcionamiento de los protocolos de enlace: HDLC, PPP, SLIP.

2. Material Docente

Se propone el estudio de los capítulos 10 y 11 de Foruzan. Alternativamente se propone el estudio del temas 6 (secciones 6.2 y 6.3) así como del tema 7 completo incluyendo el Apéndice 7.A del Libro de Stallings.

3. Actividades y Problemas propuestos

Dentro de las actividades a desarrollar en los foros y en clase se plantean las siguientes cuestiones y problemas:

CUESTIONES:

- Q.3-1 Defina el objetivo del nivel de enlace y enumere las funciones que debe proveer.
- Q.3-2 ¿Para qué sirve el control de flujo?
- Q.3-3 ¿Qué es una MTU de una red? ¿Cuál es la razón por la que un fichero se divide en tramas más pequeñas a la hora de transmitirlo?
- Q.3-4 ¿Qué ventaja presenta el control de flujo mediante ventana deslizante frente al control de flujo mediante parada y espera? ¿Que inconvenientes?
- Q.3-5 ¿Qué mecanismo se utiliza en un enlace punto a punto semiduplex para coordina el enlace?
- Q.3-6 ¿Qué es un bit de paridad?

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

- Q.3-7** ¿Para qué escenarios de red puede utilizarse el protocolo HDLC? ¿Que escenarios no soporta?
- Q.3-8** ¿Para qué sirve el campo de delimitación? Indique al menos dos mecanismos de delimitación habitualmente utilizados.
- Q.3-9** Que tipos de trama se definen en HDLC. Indique ejemplo de uso de cada uno de ellos.
- Q.3-10** ¿Qué ventaja presenta el protocolo PPP frente a HDLC?
- Q.3-11** ¿Identifique las relaciones entre la capacidad de un enlace, la longitud de la trama y la longitud de un enlace para sistemas basados en parada y espera y ventana deslizante con o sin errores?. Justifique la respuesta.

PROBLEMAS:

- P 3-1** Dado el mensaje a transmitir $M=1010001101$ y el polinomio generador $x^5+x^4+x^2+1$. Cuantos bits contiene el CRC. Determinar el CRC a enviar. Indique los bits que se transmiten como consecuencia del envío de dicho mensaje.
- P 3-2** Se desea diseñar un sistema de comunicaciones basado en transmisión síncrona, en el que cada trama está formada por 16 bits de delimitadores y 2 bits de control. Para conseguir una eficiencia superior al 80%, ¿cuál debe ser la longitud de la trama?
- P 3-3** Dada la secuencia de bits $M=111011101$ y el divisor $P=110011$, ¿Cuál será la longitud del CRC?. Determine dicho CRC.
- P 3-4** ¿Cuál debe ser el valor mínimo del timeout que emplea un protocolo de control de flujo?
- P 3-5** Usando el polinomio RC-CCITT, genere el código de CRC de 16 bits para u mensaje que contiene un 1 seguido de quince 0's.
- P 3-6** Indique el tamaño ideal del timeout de retransmisión en el caso de un enlace punto a punto dúplex donde el tiempo de transmisión de la trama sea 1 ms, el tiempo de propagación sea 0,5 ms y los tiempos de procesamiento 0,25 ms. Considere que la ventana de transmisión es 1. Justifique cualitativamente el efecto del timeout sobre la eficiencia del enlace en el caso de que este se fije a 2 ms o a 5 ms.
- P 3-7** Realice un estudio comparativo del caudal eficaz obtenido aplicando las técnicas de parada y espera, rechazo simple y rechazo selectivo siendo:

- Numero de bits de información por cada trama de datos: **1000 bits**
- Número de bits de control por cada trama de datos: **48 bits**
- Tramas de ACK: **48 bits**
- Velocidad de línea: **1200 bps**
- Probabilidad de error en 1 bit: **$5 \cdot 10^{-6}$**
- Retardo de propagación: **100 ms**

Solución:

	PyE	REJ	SREJ
C_{ef}	893	1137	1139
U	74 %	94,7 %	94,9 %

- P 3-8** Realice un análisis de prestaciones de un protocolo de bit alternante. Los datos del enlace físico y de las tramas son:

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

- Retardo de propagación: **10 ms**
- Caudal **2400 bps**
- Probabilidad de error en 1 bit **10^{-4}**
- Tiempo de giro de los módems: **65 ms**
- Numero de bits por trama de información: **1024 bits**
- Número de bits por trama de ack: **24 bits**
- Número de bits por trama de NACK: **16 bits**
- **Número de bits de control por trama de datos: 40 bits**

Solución:

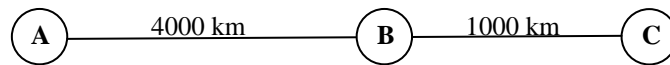
	PyE	REJ	SREJ
C_{ef}	1515	2010	2082
U	63 %	84 %	87 %

- P 3-9** Un canal tiene un caudal de 4 kbps y un retardo de propagación de 20 ms. ¿Para qué rango de tamaños de tramas se conseguirá un esquema con parada y espera con eficiencia de al menos el 50%?
- P 3-10** Utilizando números de secuencia de 5 bits, ¿Cuál es el tamaño máximo de la ventana de envío y recepción para cada uno de los siguientes protocolos?:
- ARQ con parada y espera
 - ARQ con rechazo simple
 - ARQ con rechazo selectivo
- P 3-11** Un sistema de transmisión de 1Mbps utiliza el protocolo ARQ con parada y espera. Si cada paquete transporta 1000 bits de datos, ¿Cuánto tiempo costará enviar un millón de bits considerando que la distancia entre el emisor y el receptor es 5000 km y la velocidad de propagación es de $2 \cdot 10^8$ m/s. Ignore los retrasos debidos a transmisión, espera y procesamiento. Se asume que no existen errores en la línea.
- P 3-12** Repita el ejercicio 3.10 para el caso de utilizar el protocolo ARQ con rechazo simple y ventana 7. No considere bits suplementarios de control.
- P 3-13** Repita el ejercicio 3.10 para el caso de utilizar el protocolo ARQ con rechazo selectivo y ventana 4. No considere bits suplementarios de control.
- P 3-14** Considere un enlace vía satélite de 1 Mbps con un retardo de propagación de 270 ms. Sabiendo que las tramas de información tienen un tamaño de 1000 bits, determine la máxima utilización de la línea para:
- Un control de flujo basado en parada y espera
 - Un control de flujo continuo basado en ventana de tamaño 7
 - Un control de flujo continuo basado en ventana de tamaño 127
 - Un control de flujo continuo basado en ventana de tamaño 255

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

P 3-15 En la figura, en el nodo A se generan tramas que se envían al nodo C a través del nodo B. Determinar la mínima velocidad de la línea entre los nodos B y C de tal manera que la memoria temporal del nodo B no se sature, teniendo en cuenta que:



- La razón de datos entre A y B es 100 Kbps.
- El retardo de propagación es $6 \mu\text{s}/\text{km}$ para ambas líneas.
- Hay líneas full-duplex entre los nodos.
- Todas las tramas de datos tienen 1000 bits, las tramas de ack son independientes y de longitud despreciable.
- Se usa entre A y B un protocolo de ventana deslizante de tamaño 3.
- Se usa entre B y C un protocolo de parada y espera.
- No hay errores.

P 3-16 Un canal tiene un caudal de R bps y un retardo de propagación de t segundos por kilómetro. La distancia entre el nodo emisor y el receptor es de L kilómetros. Los nodos intercambian tramas de longitud fija igual a B bits. Encontrar la expresión del tamaño de secuencia mínimo en función de R , t , B y L , considerando utilización máxima. Suponer que las tramas de ack tienen un tamaño despreciable y el procesamiento en los nodos es instantáneo.

P 3-17 Dos nodos vecinos (A y B) usan un protocolo con ventana deslizante con 3 bits para los números de secuencia. Se utiliza un mecanismo de rechazo selectivo para control de errores con un tamaño de ventana igual a 4. Supóngase que A transmite y B recibe, mostrar las distintas posiciones de las ventanas para la siguiente sucesión de eventos:

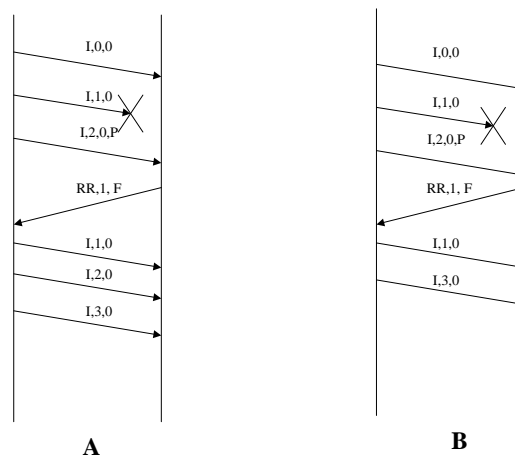
- antes de que A envíe ninguna trama
- después de que A envíe las tramas 0, 1, 2 y B confirme la 0 y 1 y las confirmaciones se hayan recibido en A.
- después de que A envíe las tramas 3, 4 y 5 y B confirma la trama 4 y la confirmación es recibida por A.

P 3-18 Dos estaciones se comunican vía satélite a 1 Mbps con un retardo de propagación de 270 ms. El satélite únicamente lo que hace es retransmitir los datos recibidos de una estación a otra, con un retardo de conmutación despreciable. Si se usan las tramas HDLC de 1024 bits con números de secuencia de 3 bits. ¿Cuál es el rendimiento máximo posible (sin contar con los bits suplementarios)?

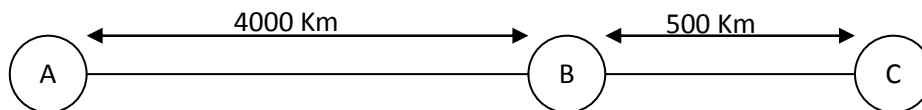
P 3-19 Un canal de 64 Kbps de capacidad tiene un retardo de propagación de 20 mseg. Determine el rango del tamaño de las tramas para obtener una eficiencia de al menos 50 % utilizando un protocolo basado en parada y espera. Considere que el retardo de procesamiento de tramas de datos y control es de 1 μseg en cada sistema.

P 3-20 La siguiente figura ilustra dos posibles formas de recuperarse de errores de transmisión en una comunicación semiduplex que usa HDLC Modo Normal Respuesta (MNR). ¿Podrían ser válidas las dos en contextos diferentes? Explique el uso del bit P/F.

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:
Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61



P 3-21 Considere la figura adjunta en la cual el nodo A genera tramas con destino al nodo C a través del nodo B.



Sabiendo que:

- La velocidad de transmisión entre A y B es 128 Kbps
- La velocidad de transmisión entre B y C es 64 Kbps
- El retardo de propagación es 5 micro-seg/km en ambos enlaces
- Hay líneas semi-duplex entre los nodos.
- Las tramas de información contienen 1000 bits de datos mas 20 bits de cabeceras
- Las tramas de información que transportan las confirmaciones (ACKs) tienen una longitud total de 100 bits.
- Se usa un protocolo de ventana deslizante entre A y B de tamaño 6.
- Se usa un protocolo de ventana deslizante entre B y C de tamaño 3.
- No hay errores.

Se pide:

- Dibuje un esquema de intercambio de tramas entre los nodos con la información más relevante.
- Determine el cuello de botella del sistema. Explique el comportamiento del sistema debido a dicho cuello de botella.
- Determine la velocidad mínima entre los nodos B y C para eliminar dicho cuello de botella.
- Determine el retardo medio por bit de datos transmitidos entre el nodo A y el nodo C considerando la velocidad mínima entre los nodos B y C calculada en el apartado anterior y siendo el retardo de conmutación del nodo B despreciable. Redondee la velocidad entre los nodos B y C al millar más cercano.

P 3-22 La empresa NOVEL S.A. está analizando la utilización de un protocolo HDLC para la interconexión de dos de sus sucursales. Para ello ha decidido realizar pruebas mediante el envío de un fichero de 16000 bits desde una sucursal a otra. Las máquinas conectadas en ambas sucursales disponen de un tamaño de buffer de 2000 bits cada una.

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

El protocolo a analizar es un HDLC BA 2,8 en el que, si se transmite una trama y vence el temporizador correspondiente, se sigue la estrategia de volver a retransmitir la trama cuando vence dicho plazo. En dicho protocolo se utilizarán direcciones de un solo octeto, campo de control no extendido (con tres bits para numerar las tramas, CRC de 16 bits y dos guiones por trama.

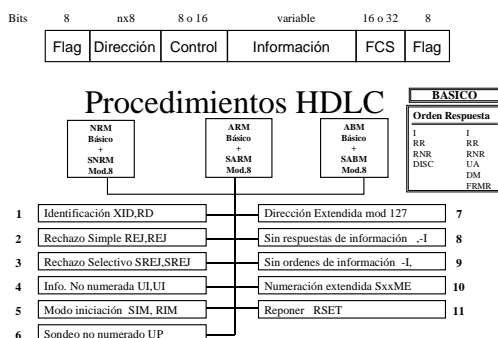
Suponer además que:

1. Se genera un asentimiento cada vez que se produzca un desplazamiento de la ventana de recepción.
2. Si una trama se recibe con error, se considera que dicha trama no ha llegado a todos los efectos.
3. El envío de dos tramas consecutivas ha de estar separado por una unidad de tiempo (u.t.)
4. El tiempo de propagación es de 3 u.t..
5. Un asentimiento se genera 3 u.t. después de haber recibido la trama de información que lo genera. Los asentimientos no numerados se generan inmediatamente.
6. Las peticiones de retransmisión se generan cuando se detecta un salto en el número de secuencia.
7. Las peticiones de retransmisión se generan inmediatamente
8. El temporizador para retransmisiones es de 10 u.t.

Se pide:

- a. ¿Cuál es el tamaño máximo del campo de información de las tramas del protocolo?
- b. Mostrar en un diagrama el intercambio de tramas entre las sucursales suponiendo que la séptima trama de información llega con error (mostrar también el establecimiento y liberación del enlace).
- c. Hacer lo mismo que en el apartado b) pero utilizando HDLC BA 3,8. Suponer, en este caso, que los asentimientos de tramas de información se generan y transmiten inmediatamente después de haber recibido la correspondiente trama de información (no se espera 3 u.t.)

NOTA: Contestar en la plantilla



P 3-23 La empresa NOVEL S.A. desea instalar un enlace punto a punto de comunicaciones entre dos de sus sucursales que opere a 10Mbps. Para ello dispone de dos opciones:

- a) Instalación de una línea caracterizada por retardo de propagación 50 microsegundos, con mecanismo de control de flujo basado en parada y espera
- b) Instalación de una línea caracterizada por retardo de propagación 250 microsegundos, con mecanismo de control de flujo basada en ventana deslizante. El numero de bit utilizados para numeración de tramas es 3 bit.

Las tramas de información y control requieren una cabecera de 48 bits de control. Las tramas de datos contienen 1000 bits de datos.

Se desea determinar el criterio de utilización de un enlace u otro para distintos escenarios. Para ello, considerando despreciable la probabilidad de error de bit en ambas líneas, determine:

1. La eficiencia de la línea basada en parada y espera. Considere despreciable el número de tramas erróneas en la red.
2. El tamaño de la ventana para la cual existe envío continuo considerando la segunda opción.
3. Criterio de utilización de una línea u otra que maximice la eficiencia de transmisión de tramas sobre el enlace.
4. Considerando el criterio anterior y suponiendo que comparamos ambos enlaces para tamaño de ventana 3, represente el intercambio de 7 tramas, considerando que la 4 trama se pierde en la primera transmisión. Represente el intercambio de tramas únicamente para el enlace más eficiente. Elija un mecanismo de recuperación frente a errores en función del enlace considerado. Represente únicamente el intercambio de tramas de datos y control hasta transmitir las tramas indicadas, sin necesidad de representar tramas de control para el establecimiento y liberación del enlace.

P 3-24 Después de eliminar los delimitadores de trama, su interfaz de red recibe la siguiente trama: 0010 1000 0000 1100 1111 0000 0010 1000. Sabiendo que para realizar la comprobación de errores se emplea CRC-16 ($x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$)

- a) ¿Cuántos bits de información contiene la trama (excluyendo el CRC)?
- b) ¿Se ha transmitido correctamente dicha trama?

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61

P 3-25 Determine:

- Dado el polinomio generador $P = X^a + X^b + X^2 + 1$, calcule los valores de 'a' y 'b' para que al calcular el CRC del mensaje $M = 11111111$ dicho CRC tenga seis bits, todos ellos iguales entre sí.
- Suponga que la secuencia transmitida por el emisor tras calcular y añadir el CRC es $S' = 11111111111111$ y que durante la transmisión sufre un ruido aditivo $R = 10100000100001$; ¿cuál sería la secuencia recibida por el receptor?
- Suponga que la transmisión recibida por el receptor es $T = 10011101011111$ y que el polinomio generador utilizado es $P' = X^5 + X^3 + X^2 + 1$; indique si el receptor detectaría un error en la transmisión o no y qué mensaje supondría que envió el receptor.

P 3-26 Dadas dos estaciones interconectadas por una línea semiduplex con una capacidad de 1 Mbps y un tiempo de propagación de 5 ms. Dichas estaciones utilizan para comunicarse un protocolo HDLC BA 3 con el máximo tamaño posible de la ventana de transmisión (campo de control no extendido y CRC de 2 bytes), y un temporizador de 10 ms.

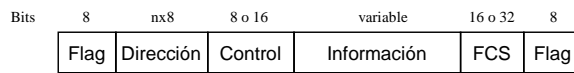
Para los cálculos se considerara que las tramas de control son de longitud despreciable y tiempo de procesamiento despreciable. Considere que el tiempo de transmisión mínimo de una trama de control es de 1 mseg y ajuste el tiempo mínimo de transmisión de una trama de datos al milisegundo mas próximo. Determinar:

- Determine la MTU del protocolo sabiendo que la eficiencia de la trama es del 96% respecto a los datos útiles (excluyendo los flags de delimitación).
- Represente el intercambio de tramas para el caso del envío de 5 tramas de una estación a otra.
- Represente el intercambio de tramas para el caso del envío de 5 tramas de una estación a otra, teniendo en cuenta que se produce un error en la cuarta trama transmitida por primera vez.

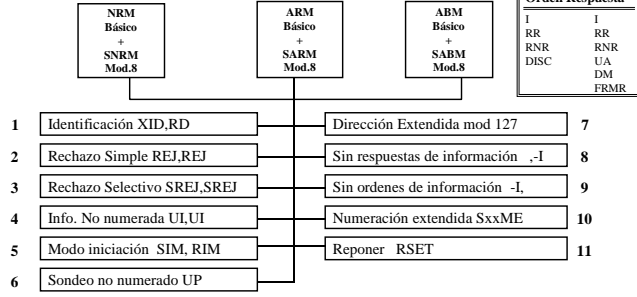
(NOTA: Considere que la separación de las líneas en las plantillas es de 1 ms. Suponga que las estaciones en caso de vencer el temporizador reenvían las tramas pendientes en vez de interrogar el estado del receptor)

Arquitectura de Redes de Acceso y Medio Compartido:

Grado Ing. Sistemas de Comunicaciones. Grupo 61



Procedimientos HDLC



BÁSICO	
Orden Respuesta	
I	I
RR	RR
RNR	RNR
DISC	UA
	DM
	FRMR