

Enlaces Punto a Punto

Contenido

Codificación

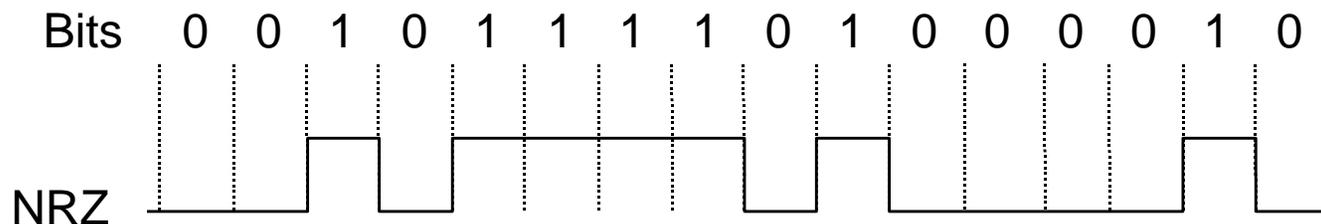
Tramado (Framing)

Detección de Errores

Algoritmo Ventana Deslizante
(Sliding Window Algorithm)

Codificación

- Las señales se propagan sobre un medio físico
 - Ondas electromagnéticas moduladas
 - Variaciones de voltaje
 - Referirse a Medios [de transmisión](#)
- Codificación de datos binarios en señales
 - Ej. 0 como señal baja y 1 como alto, también 0 como f_0 y 1 como f_1 (FSK)
 - Se conoce como codificación Non-Return to zero (NRZ)



Problema: 1s 0s Consecutivos

- Señal baja (0) podría ser interpretada como ausencia de señal
- Señal alta (1) podría conducir a pérdida del nivel de referencia de señal
- Incapacidad para recuperar el reloj si no hay cambios garantizados
- Ejemplo: [RS232](#)

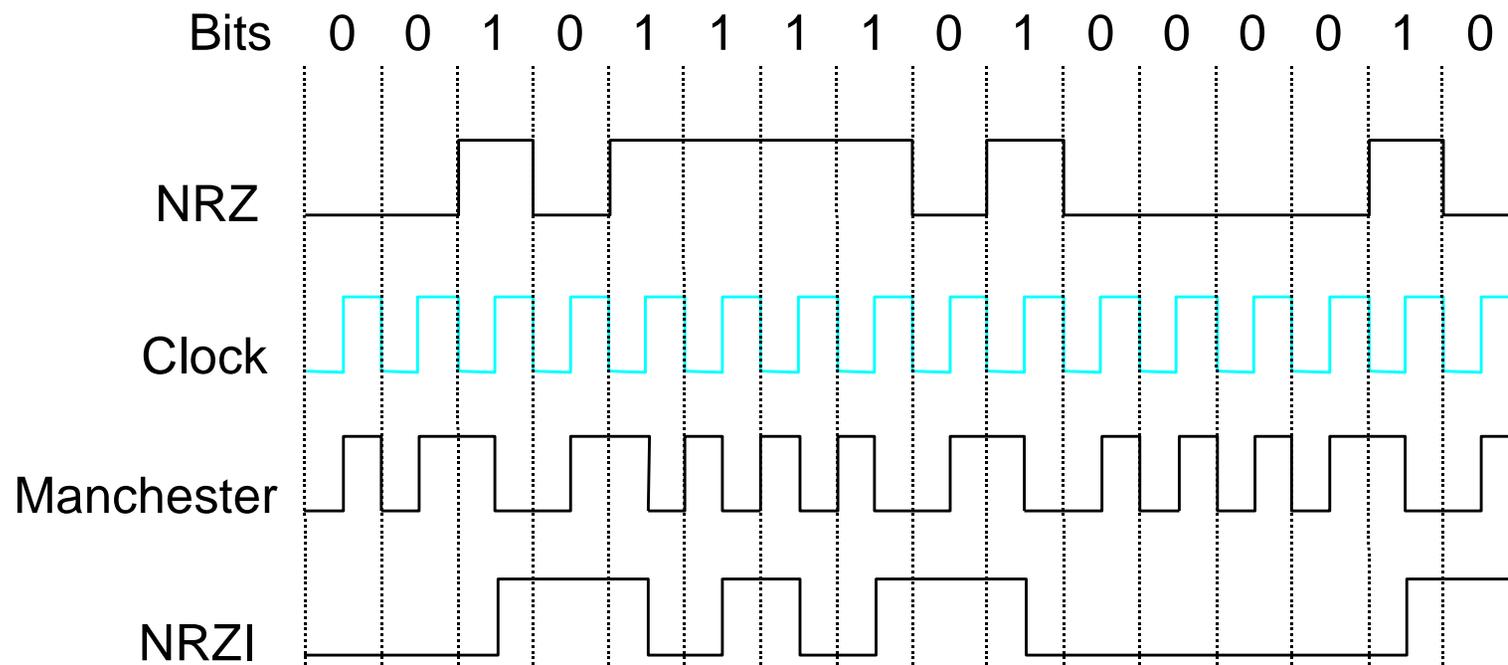
Codificaciones Alternativas

- Non-return to Zero Inverted (NRZI)
 - Genera una transición de la señal para codificar un uno; mantiene la señal sin cambio para codificar un cero.
 - Resuelve el problema de unos consecutivos.
- Manchester
 - Transmite el XOR de los datos codificados NRZ y el reloj
 - Solo alcanza 50% de eficiencia en términos de bit por ancho de banda. En otras palabras ocupa el doble ancho de banda (o tasa de bits = $1/2$ tasa de baudios)

Codificación (cont)

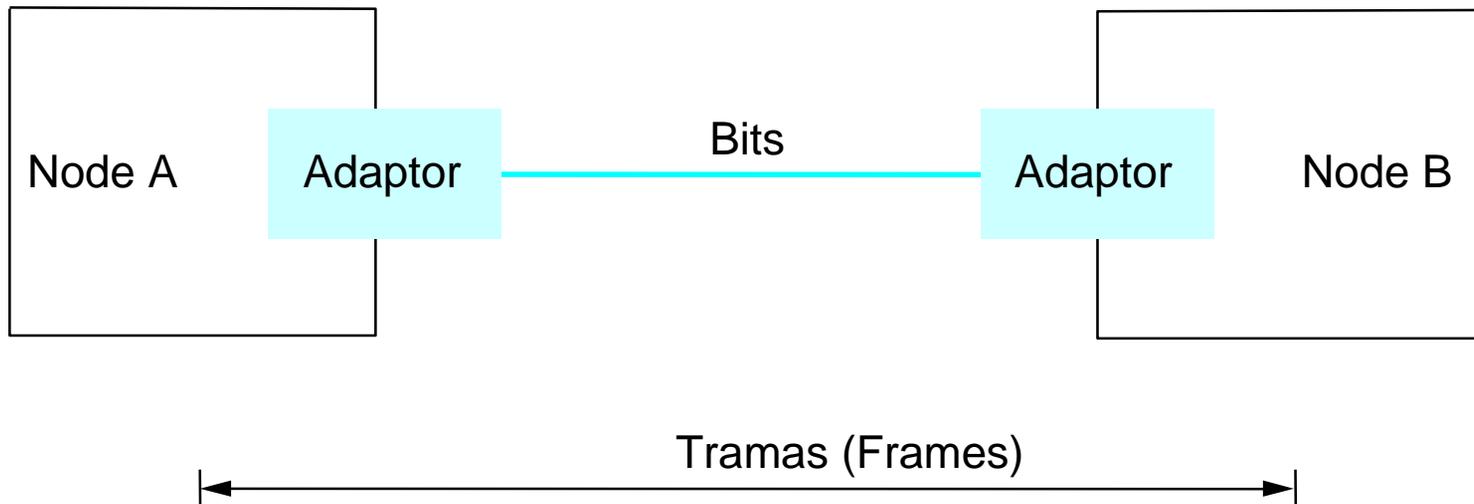
- 4B/5B
 - Cada 4 bits de datos se codifica en códigos de 5-bit
 - los códigos de 5 bits son seleccionados para tener no mas de un 0 inicial y no mas de dos 0s finales.
 - Así, nunca se tienen mas de tres 0s consecutivos
 - La palabra de código de 5 bit son transmitidas usando NRZI
 - Se logra 80% de eficiencia

Codificación (cont)



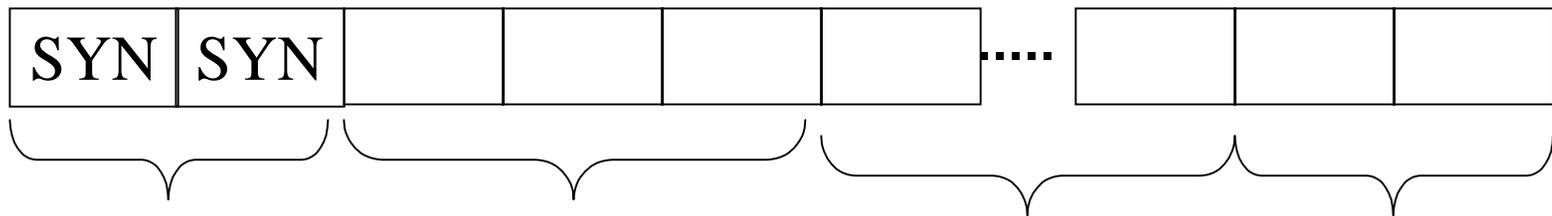
Entramado

- La secuencia de bits es organizada en tramas
- Esta función es típicamente implementada por el adaptador de red



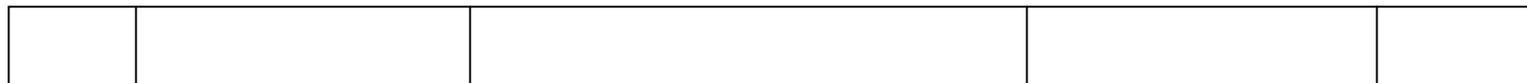
Transmisión orientada al carácter y al bit

- En la práctica se usan dos esquemas :
- La **transmisión síncrona orientada al carácter**
 - El bloque de datos es tratado como una secuencia de caracteres (usualmente de 8 bits).



1 o más SYN Más Caracteres de control Datos Caracteres de control

- La **transmisión síncrona orientada al bit**
 - El bloque de datos es tratado como una secuencia de bits



flag Campo de control Campo de datos Campo de control flag

Marcas de inicio y fin de trama

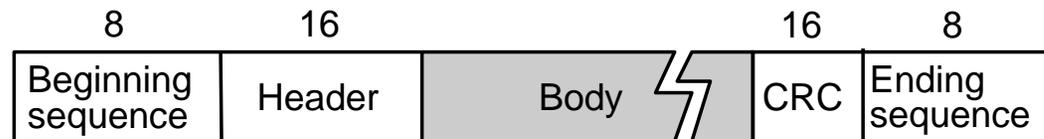
- Desventajas de poner marcas de inicio y fin de trama:
 - Overhead: i.e. El uso de símbolos que no portan información “útil”. Considere secuencia de paquetes adyacentes.
- Ventaja:
 - permiten detectar fallas en los computadores y/o enlaces.
- Qué pasa si estos símbolos aparecen en los datos?

Bytes y bits de Relleno

- No podemos reservar dos símbolos para uso exclusivo de la red.
- El tx modifica levemente la secuencia que envía para asegurar que las marcas de inicio y término sean únicas.
- La red inserta bytes o bits extras cuando las marcas aparece en los datos. Esta técnica se conoce como *byte stuffing* o *bit stuffing*.

Esquemas de Entramado

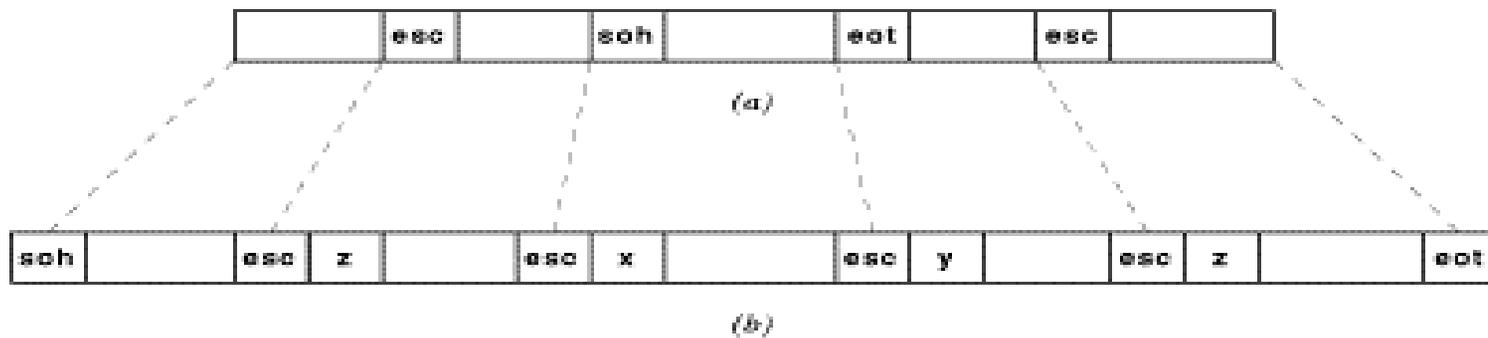
- Basado en centinela
 - Se delimitan las tramas con una patrón especial:
01111110
 - e.g., HDLC, SDLC, PPP



- problema: el patrón especial también aparece en la carga (datos).
- Una solución: *bit stuffing*
 - Tx: inserta 0 después de cinco 1s consecutivos
 - Rx: descarta 0 que sigue cinco 1s consecutivos

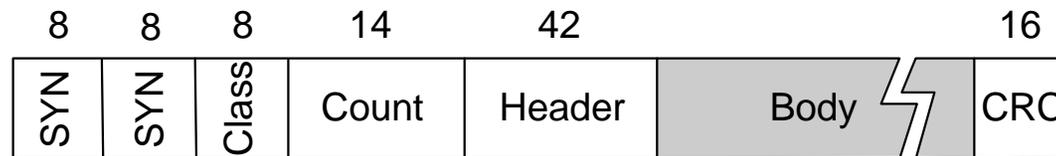
Ejemplo: byte stuffing

Character In Data	Characters sent
soh	esc x
eot	esc y
esc	esc z



Esquemas de Entramado (cont)

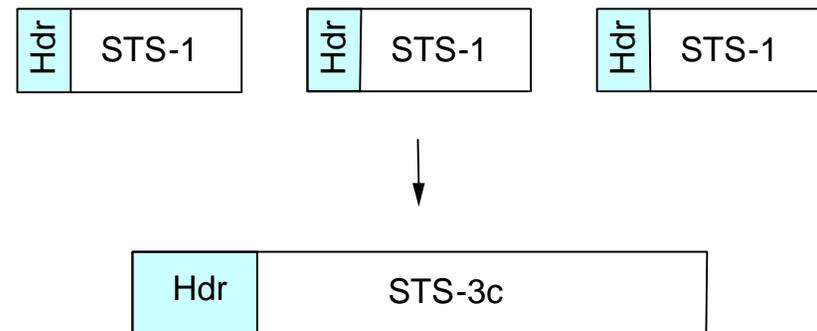
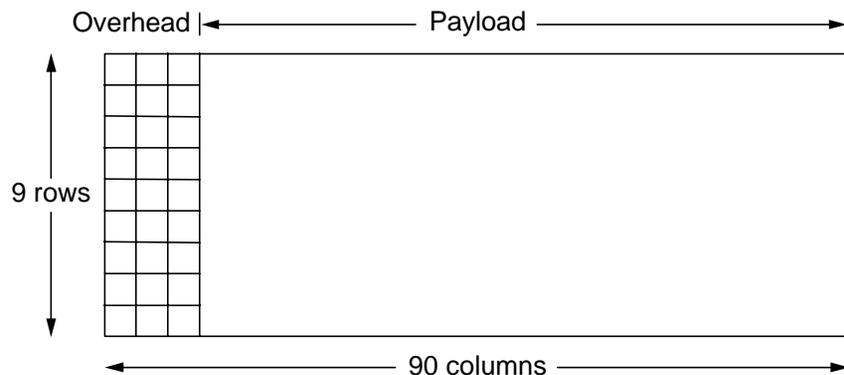
- Basado en cuenta o largo
 - En el encabezado se incluye el largo de la carga
 - e.g., DDCMP



- problema: El campo de cuenta se puede corromper
- solución: Detectar cuando el CRC (Cyclic Redundancy Check) falla

Esquemas de Entramado (cont)

- Basados en reloj
 - Cada trama tiene una duración de 125us
 - ej., SONET: Synchronous Optical Network
 - STS- n (STS-1 = 51.84 Mbps)



Chequeo de Redundancia Cíclica (Cyclic Redundancy Check)

- Se agregan k bits de redundancia a los n -bit del mensaje
 - interesa que $k \ll n$
 - Ej., $k = 32$ y $n = 12,000$ (1500 bytes)
- Se representan n -bit de mensaje como un polinomio de grado $n-1$
 - Ej., MSG=10011010 $\Rightarrow M(x) = x^7 + x^4 + x^3 + x^1$
- Sea k el grado de algún polinomio divisor
 - Ej., $C(x) = x^3 + x^2 + 1$

CRC (cont)

- Se transmite el polinomio $P(x)$ tal que sea divisible en forma exacta por $C(x)$
 - Se corre a la izquierda k bits, i.e., $M(x)x^k$
 - restar el resto de $M(x)x^k / C(x)$ de $M(x)x^k$
- En general se recibe el polinomio $P(x) + E(x)$
 - $E(x) = 0$ implica ausencia de errores
- Se divide $(P(x) + E(x))$ por $C(x)$; esto cero si:
 - $E(x)$ fue cero (ningún error), o
 - $E(x)$ es exactamente divisible por $C(x)$

Seleccionando $C(x)$

- Para detectar:
- Todo error simple, x^k y x^0 deben tener coeficiente no cero.
- Todo error doble, $C(x)$ debe contener un factor con al menos tres términos
- Cualquier número impar de errores, $C(x)$ debe contener el factor $(x + 1)$
- Detecta cualquier “ráfaga” de errores (i.e., secuencia de bits consecutivos errados) para la cual el largo de la ráfaga es menor que k bits.
- La mayoría de ráfagas de largo mayor que k bits también pueden ser detectados.

Algoritmo de suma de chequeo usado en Internet

- Se ve al mensaje como una secuencia de enteros de 16-bits; Se suman usando aritmética complemento 1 de 16-bit; finalmente se toma el complemento uno del resultado.

```
u_short
cksum(u_short *buf, int count)
{
    register u_long sum = 0;
    while (count--)
    {
        sum += *(buf++);
        if (sum & 0xFFFF0000)
        {
            /* carry occurred, so wrap around */
            sum &= 0xFFFF;
            sum++;
        }
    }
    return ~(sum & 0xFFFF);
}
```

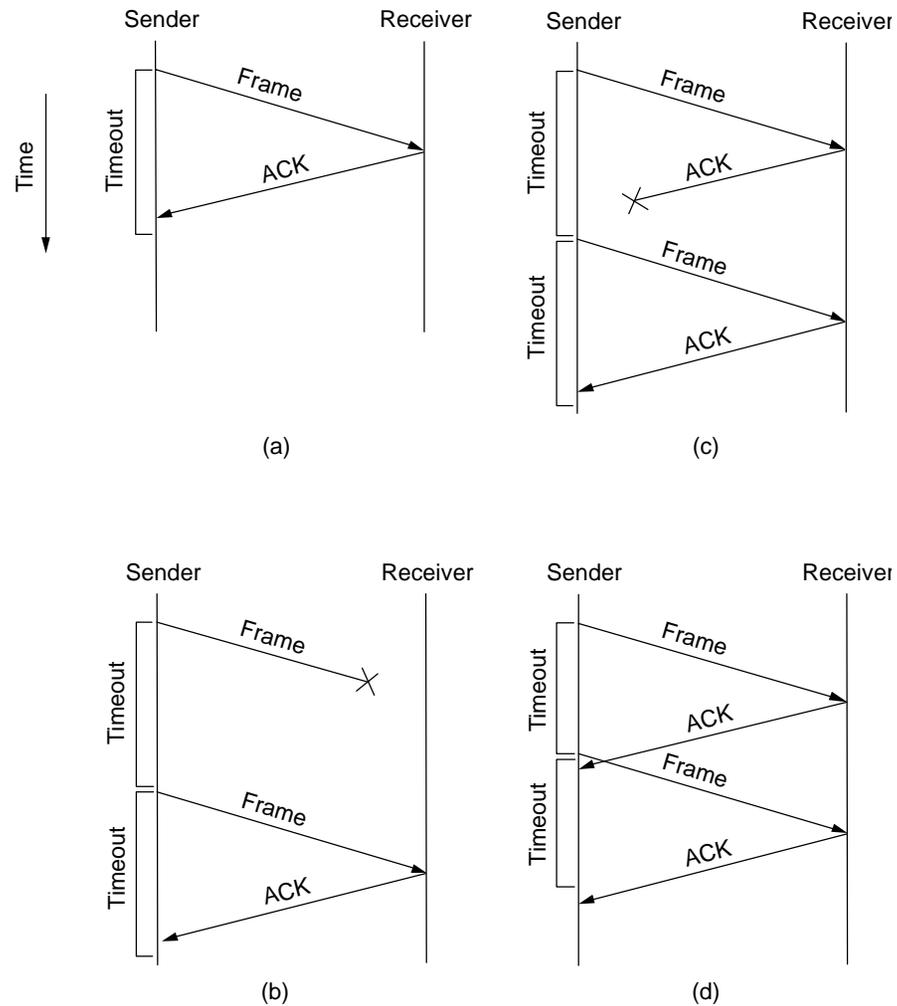
Ejemplo de calculo de CRC

- Supongamos: Código generador $C(x)=x^3+x^2+1$
- Mensaje: $M(x)=10011010$
- Codificación: $k=3$
- $10011010000 : 1101 = 1111001$

$$\begin{array}{r}
 \underline{1101} \\
 1001 \\
 \underline{1101} \\
 1000 \\
 \underline{1101} \\
 1011 \\
 \underline{1101} \\
 1100 \\
 \underline{1101} \\
 1000 \\
 \underline{1101} \\
 101 \text{ Resto}
 \end{array}$$

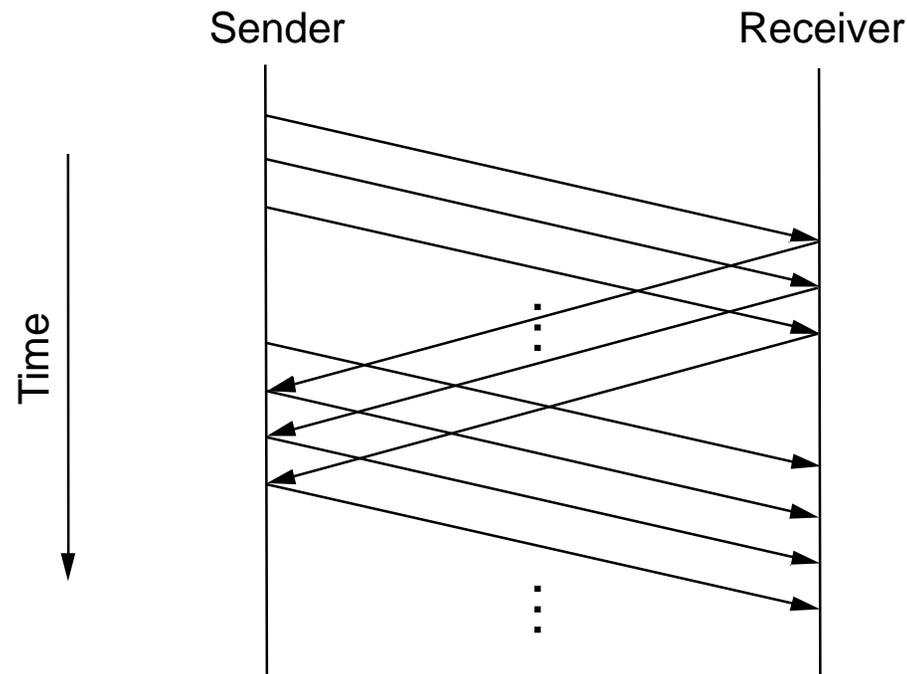
- Mensaje a transmitir: $P(x) = 10011010101$

Acuses de Recibo (Acknowledgements) & Timeouts



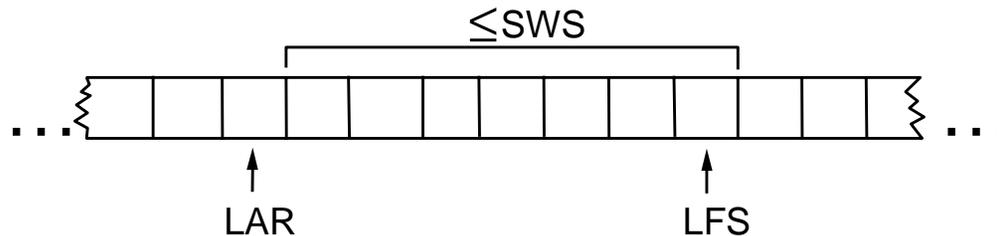
Protocolo Ventana Deslizante (Sliding Window, SW)

- Permite múltiples tramas no confirmadas (sin ACK)
- Hay un límite para el número de tramas no confirmadas o pendientes, llamado ventana (*window*)



SW: Transmisor

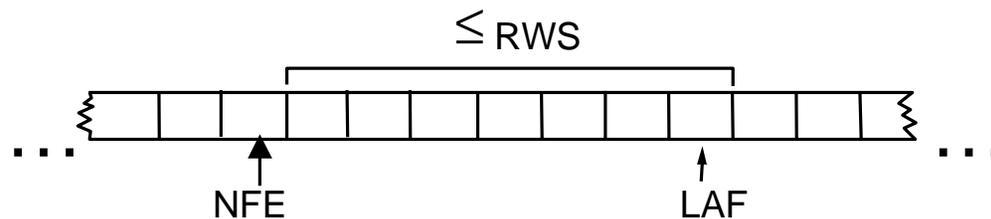
- Asigna una secuencia de números a cada trama (**SeqNum**)
- Mantiene tres variables de estado:
 - Tamaño de la ventana del tx (send window size, **SWS**)
 - último reconocimiento recibido (last acknowledgment received, **LAR**)
 - última trama enviada (last frame sent, **LFS**)
- Mantiene invariante: **LFS - LAR ≤ SWS**



- Avanza **LAR** cuando llegan **ACK**
- Se requiere de un buffer de hasta **sws** tramas

SW: Receptor

- Mantiene tres variables de estado
 - Tamaño de la ventana receptora (receiver window size, **RWS**)
 - Trama(seqNum) mayor aceptable (largest acceptable frame, **LAF**)
 - Última trama recibida (last frame received, **LFR**)
- Mantiene invariante: **LAF - LFR ≤ RWS** (**≤ SWS**)



- Cuando llega trama con **SeqNum**:
 - if **LFR < SeqNum ≤ LAF** Se acepta
 - if **SeqNum ≤ LFR** o **SeqNum > LAF** se descarta
- Se envía ACKs acumulativos →
- También se puede usar acuses negativos (NAK) o acuses selectivos. Dan mas información al tx.

Espacio de Números de Secuencia

- El campo **SeqNum** es finito; números de secuencia reaparecen (wrap around)
- El espacio de los números de secuencia debe ser mayor al número de tramas pendientes
- **$SWS \leq NumSecDistintos - 1$** no es suficiente
 - supongamos campo de **SeqNum** de 3 bits (0..7)
 - **$SWS = RWS = 7$**
 - Tx transmite tramas 0..6
 - llegan bien, pero se pierden los ACKs
 - Tx retransmite 0..6
 - Rx espera 7, 0..5, pero recibe segunda encarnación de tramas 0..5
- **$SWS < (NumSecDistintos + 1) / 2$** es la regla correcta
- Intuitivamente, **SeqNum** “se desliza” entre dos mitades del espacio de números de secuencia.

Control de pérdida de paquetes y control de flujo

- El algoritmo de ventana deslizante es muy importante en redes y se puede usar para al menos tres roles:
- Recepción confiable de tramas
- Mantener el orden de transmisión de tramas.
- Control de flujo: Ajustando el SWS se puede limitar la tasa de tramas del TX. Así podemos limitar el tx para no sobrepasar la capacidad del Rx.

Canales lógicos concurrentes

- Multiplexa 8 canales lógicos sobre un único enlace
- Usa stop-and-wait en cada canal lógico
- Mantiene tres bits de estado por canal
 - Canal ocupado (busy)
 - Numero de secuencia actual de salida
 - Proximo numero de secuencia entrante
- Encabezado: 3-bit para numero de canal mas 1-bit de numero de secuencia
 - total 4-bits
 - equivalente al protocolo de ventana deslizante
- Separa *confiabilidad* de *orden*

Redes de Computadores

Medios de Transmisión

Agustín J. González

Marzo 2002

Medios de Transmisión

- Es el camino físico entre el transmisor y el receptor
- Alambre de cobre
 - Par trenzado
 - Cable coaxial
- Fibra de vidrio (fibra óptica)
- Radio
- Microondas

Alambre de cobre

- Muchas redes de computadores usan el cobre como medio conductor de las señales eléctricas por razones de costo y conductividad.
- La selección del tipo de conductor se realiza
 - maximizando el ancho de banda,
 - minimizando las interferencias y
 - manteniendo un costo razonable
 - el par trenzado es económico
 - el coaxial tiene mayor BW

Par trenzado o par telefónico

- El par trenzado o par telefónico es un par de conductores cubiertos de un material aislante de polietileno y es trenzado con el propósito de reducir las interferencias producidas por inducción de campo magnético.
- Generalmente se colocan varios pares de alambres trenzados en un envoltorio común. El paso de trenzado es diferente para cada par para así reducir las interferencias aún más.

Cable Coaxial

- El cable coaxial ofrece un mayor ancho de banda y un mejor rechazo a interferencias que el par trenzado.
- El conductor central se rodea de un dieléctrico y sobre éste se ubica un blindaje metálico que elimina las interferencias de alta frecuencia en gran medida.
- Z_0 típicos: 50 [Ω] y 75 [Ω]
- El blindaje se usa a veces también en el par trenzado

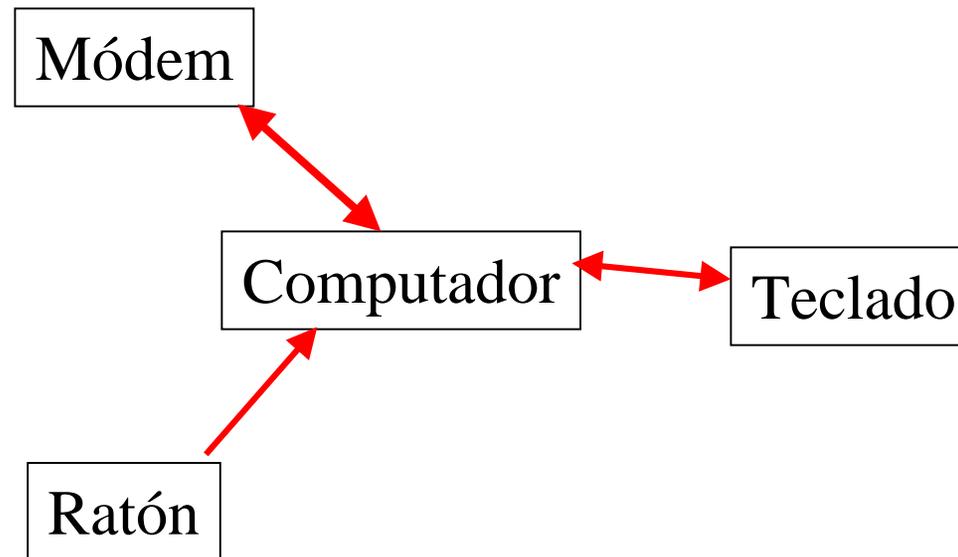
Fibra Optica

- La fibra de vidrio delgada, de diámetro inferior a $250\ \mu\text{m}$ se recubre de un forro plástico que la protege y permite doblarla sin romperla.
- Atenuaciones muy bajas ($< 0,02\ \text{dB/km}$)
- Sin interferencias electromagnéticas
- multimodo (MM) para LAN (redes de área local), MAN (de área metropolitana)
- monomodo (SM) para WAN (redes de área extendida)

Enlace de radiofrecuencia

- La ventaja del radioenlace es su bajo costo y la facilidad con que se pueden desplazar los nodos y terminales.
- La desventaja mayor es que el espectro radioeléctrico está muy ocupado.
- También, el canal
 - es poco confiable
 - BW reducido
 - retardos ~ 250 ms en enlaces satelitales

Comunicación Asíncrona Local (RS-232)

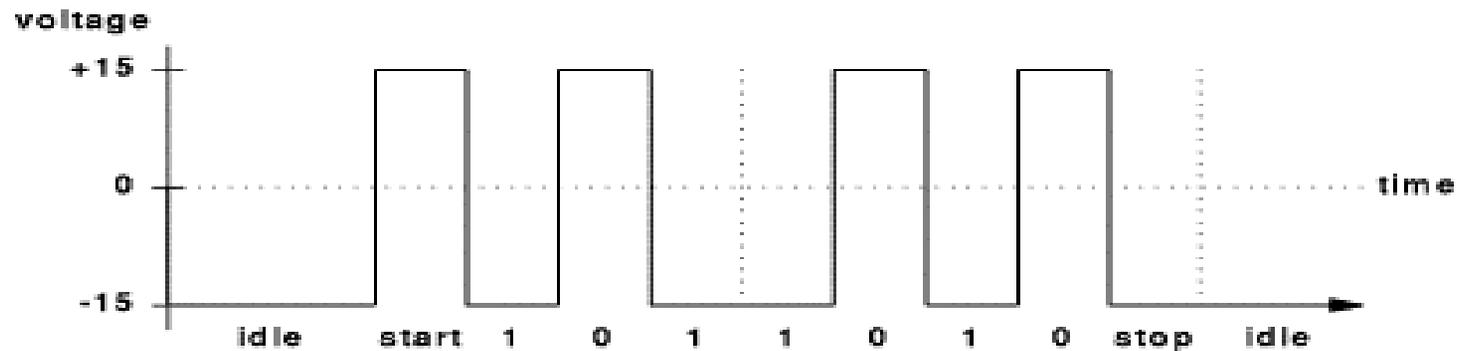


RS-232

- Una *comunicación asíncrona* es aquella en que el transmisor y el receptor no necesitan coordinarse para transmitir los datos. Es útil para fuentes que transmiten datos ocasionalmente.
- La norma RS 232 de la EIA se ha convertido en la más difundida para la transferencia de caracteres entre un computador y su teclado, su terminal, un ratón o su módem, en forma serial.
- Un caracter consta, en general, de 7 bits.
- La transmisión serial es de 1 bit tras el otro.
- La norma establece que los voltajes a ser transmitidos son ± 25 V (típico + 12 V), y el nivel mínimo de recepción es de ± 3 V (entre ± 3 V el receptor no puede establecer con claridad el dato)

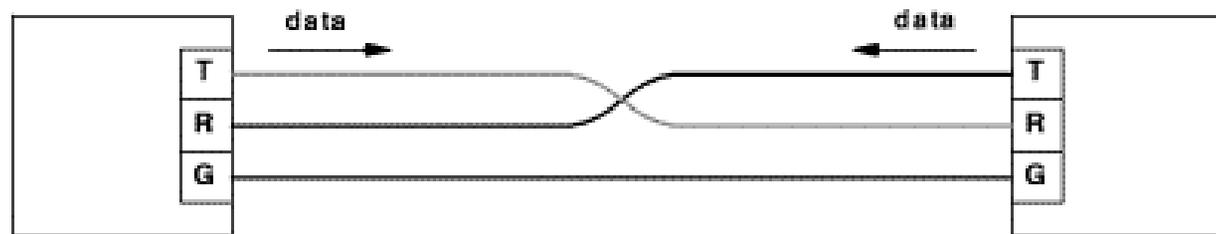
“Trama” RS-232

- Asíncrona a nivel de caracteres => mecanismo de sincronización a nivel del bit.
- Para que sea posible la transferencia de bits, el Tx y el Rx deben acordar el tiempo de duración de un bit.
- Para que el Rx se percate del inicio de una Tx se envía un bit de inicio 0 extra a los datos. La “trama” termina con un 1.

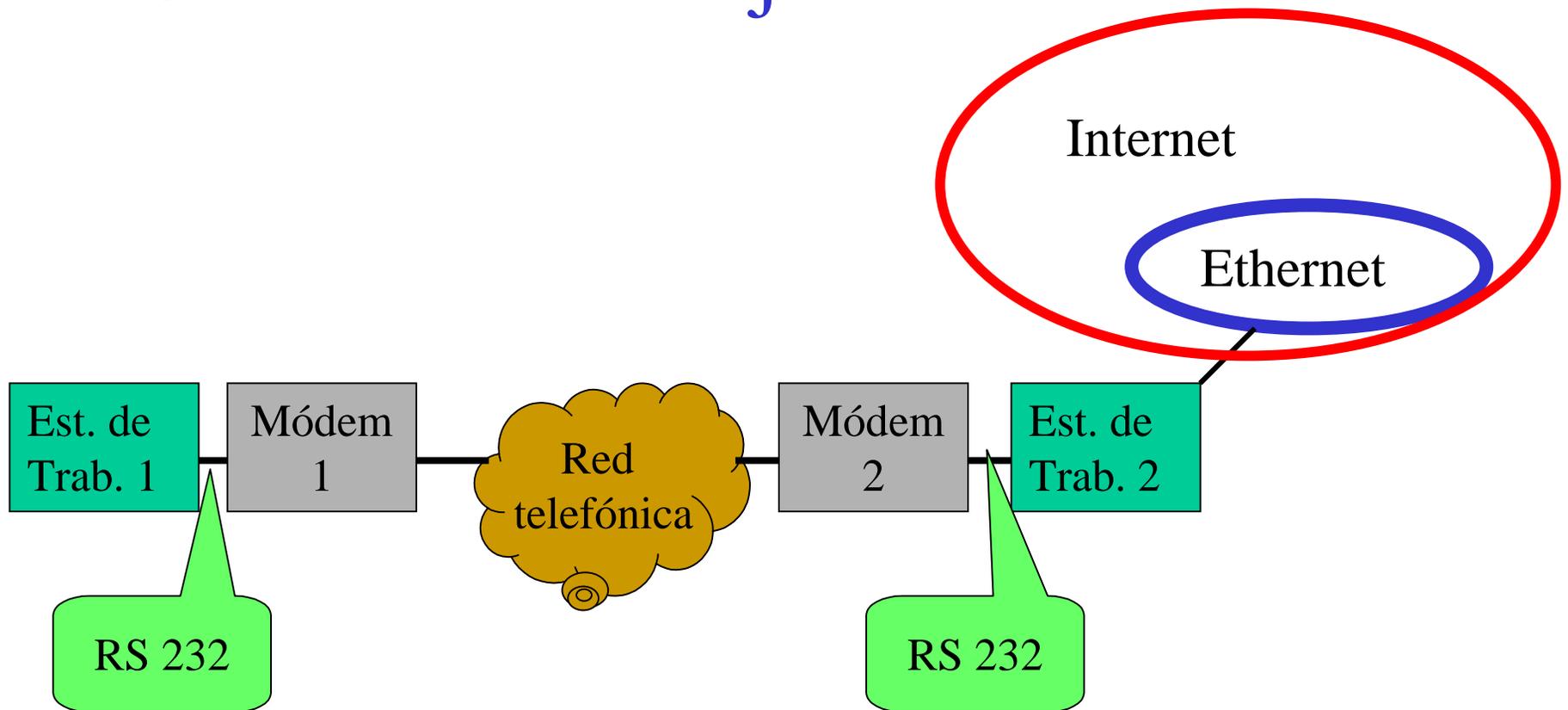


Conexión “Full Duplex”

- En muchas aplicaciones se requiere que los datos fluyan asincrónicamente en ambos sentidos simultáneamente (*Tx dúplex*). (ver figura).
- El conductor G (7) es la conexión de tierra o retorno de señal. El terminal T (2) es el de Tx, el R (3) es el de Rx de datos.
- Los números en () corresponden al DB-25



Comunicación lejana vía modem



Muchos detalles fueron dejados de lados.
Estos son vistos en otras asignaturas