

Capa de Enlace de Datos

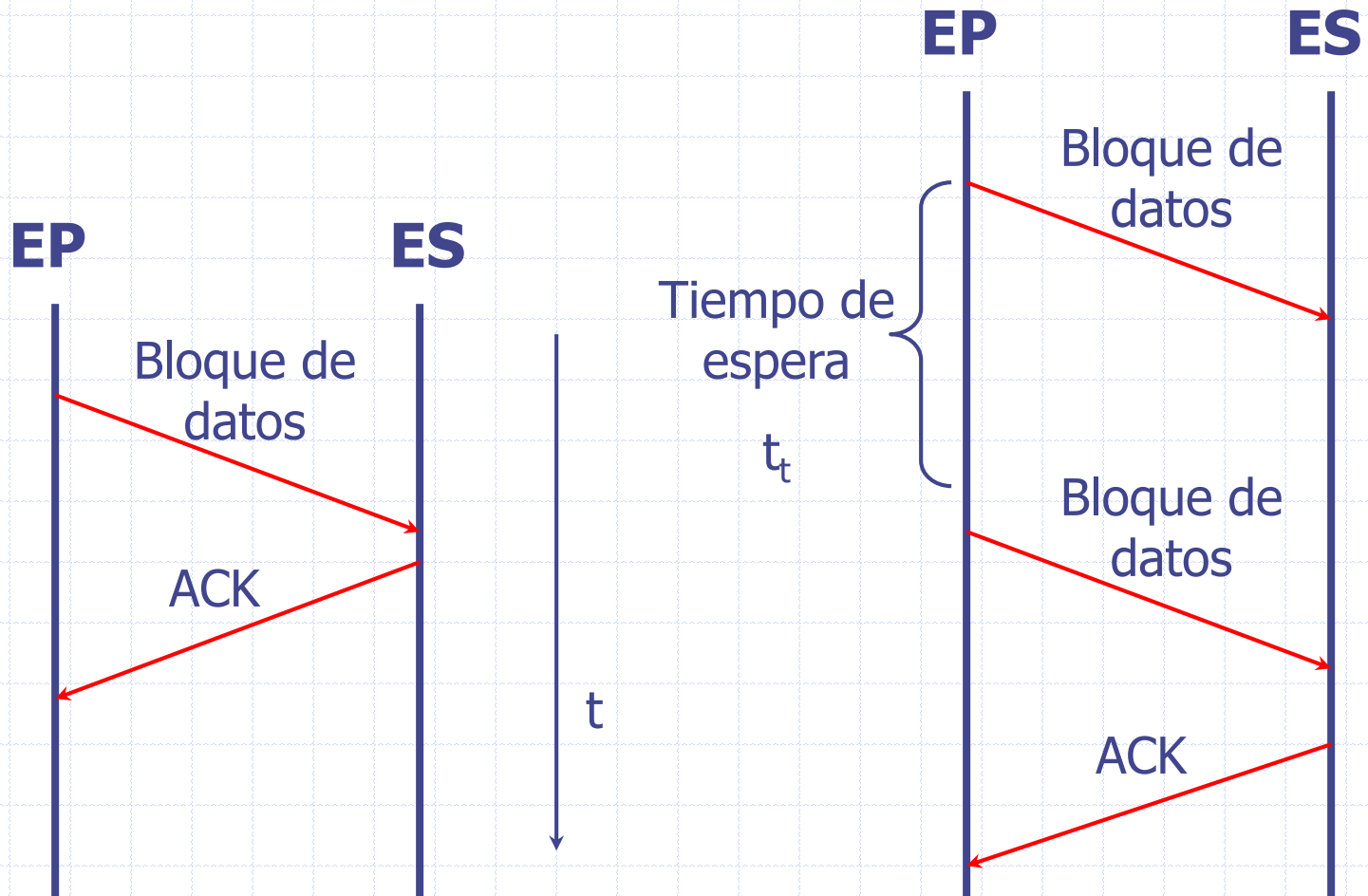
Ing. Gilberto Sánchez Quintanilla

Análisis de Prestaciones

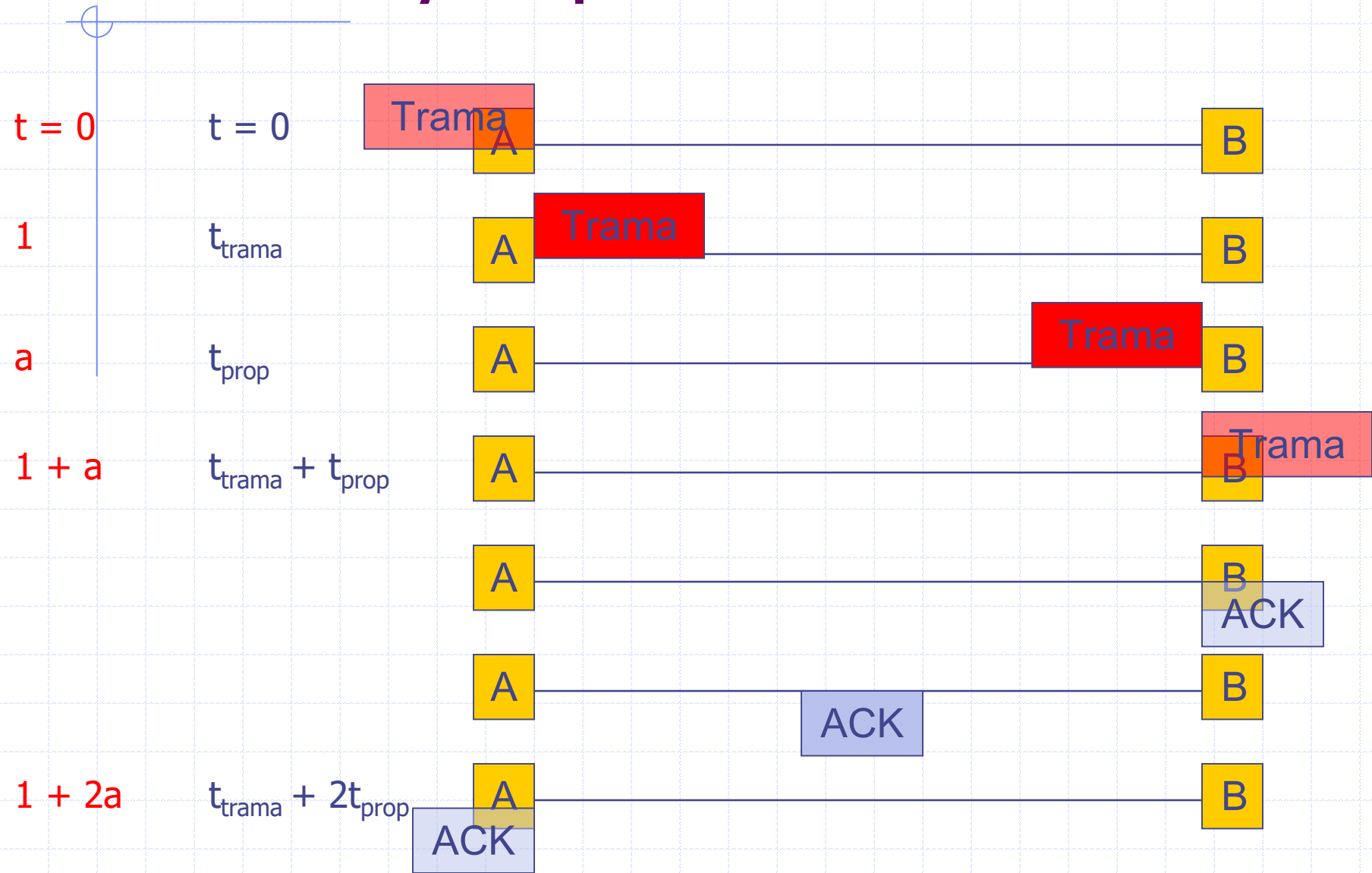
- Porcentaje de utilidad:
 - ♦ Es la eficiencia máxima potencial en el medio de transmisión.
- Existen los siguientes esquemas
 - ♦ Control de flujo con parada y espera
 - ♦ Control de flujo de ventana deslizante

Análisis de Prestaciones

- Control de flujo de parada y espera



Parada y espera



Parada y espera

Cuando la trama esta almacenada en el buffer de la terminal A

$$t_t = 0$$

Cuando sale toda la trama de la terminal A

$$t_t = t_{\text{trama}}$$

Cuando entra el ultimo bit a la terminal B y es procesada

$$t_t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}}$$

Cuando B envía el ACK y llega a la terminal A y es procesada

$$t_t = t_{\text{trama}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{proc}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{prop}} + t_{\text{procACK}}$$

El t_{proc} , t_{ACK} y t_{procACK} son despreciables en términos relativos, por lo tanto:

$$t_t = t_{\text{trama}} + 2t_{\text{prop}}$$

Parada y espera

- El porcentaje de utilidad es:

$$\%U = \frac{t_{trama}}{t_{trama} + 2t_{prop}} \times 100\%$$

dividiendo entre t_{trama}

$$\%U = \frac{1}{1 + \frac{2t_{prop}}{t_{trama}}} \times 100\%$$

donde $a = \frac{t_{prop}}{t_{trama}}$

$$\%U = \frac{1}{1 + 2a} \times 100\%$$

donde :

$$t_{trama} = \frac{\text{tamaño}}{V_{trans}}$$

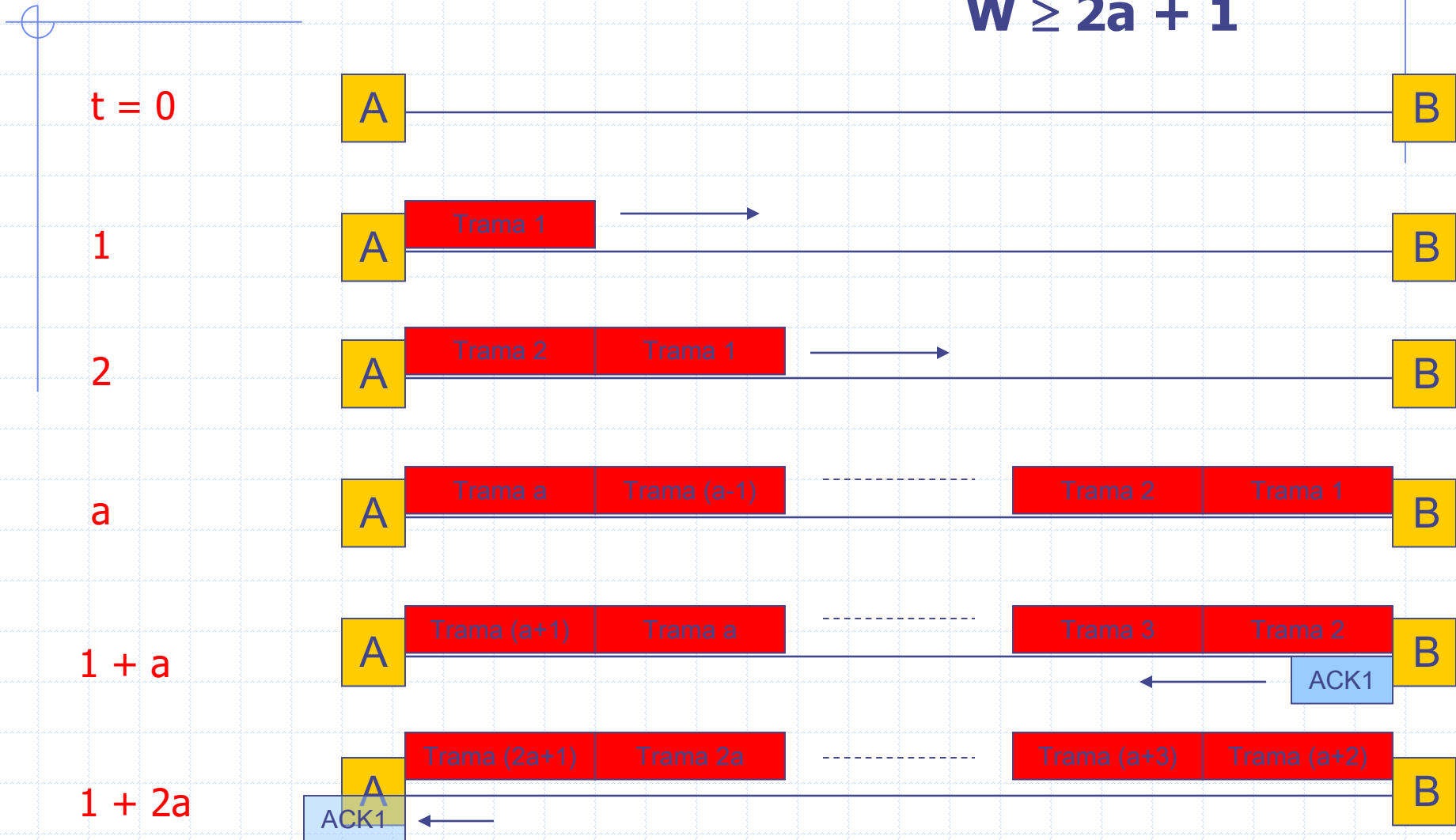
$$t_{prop} = \frac{\text{distancia}}{V_{prop}}$$

Ventana deslizante

- La eficiencia de la línea depende de tanto el tamaño de la ventana W , como del valor de a .
- En ventana deslizante, la transmisión de las tramas es de forma consecutiva sin recibir un reconocimiento.

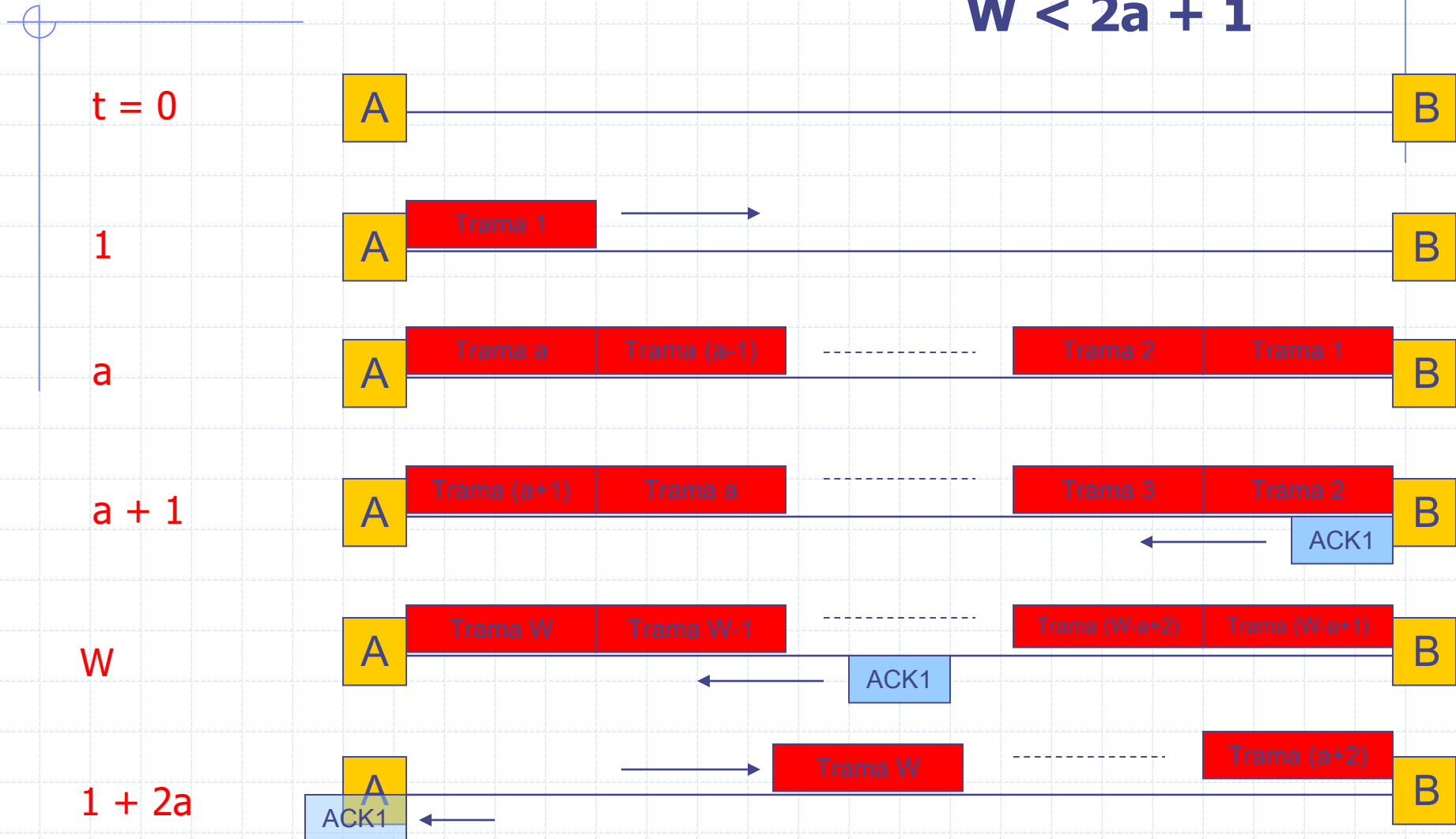
Ventana deslizante

$$W \geq 2a + 1$$



Ventana deslizante

$$W < 2a + 1$$



Ventana deslizante

- ♦ Caso 1: $W \geq 2a + 1$. La confirmación de la trama 1 llega a A antes de que A agote su ventana. Por tanto A puede transmitir continuamente sin pausa, por lo que la utilización será 1.0.
- ♦ Caso 2: $W < 2a + 1$. A agota su ventana en $t = W$ y no podrá enviar tramas adicionales hasta $t = 2a + 1$. Por lo tanto, la utilización de la línea es W unidades de tiempo por cada periodo de $(2a + 1)$ unidades de tiempo.

Ventana deslizante

- Por lo tanto se puede afirmar que:

$$\%U = \begin{cases} 100\% & W \geq 2a + 1 \\ \frac{W}{2a + 1} & W < 2a + 1 \end{cases}$$

Ejemplos:

Esquema de parada y espera:

- ♦ Sea una red de área amplia (WAN), utilizando ATM con dos estaciones separadas 1000 Km.. El tamaño normalizado para la trama ATM es 424 bits y una velocidad de transmisión de 155.52 Mbps. El índice de refracción de la fibra es de 1.48.
- ♦ Sea una red de área local de 0.1 y 10 Km., con una velocidades de 10 Mbps, un tamaño de trama de 1,000 bits. La transmisión es a través de un cable de cobre.
- ♦ El anterior pero con una velocidad de 100 Mbps

Ejemplos:

- Se puede observar que las LAN son normalmente eficientes, mientras que las WAN de alta velocidad no.
 - ◆ Considérese una transmisión de datos vía MODEM de 56 Kbps, con una distancia de 5,000 Km., y tramas de 1,000 bits. La red es una PSTN, de cable de cobre.

Ejemplos:

- ♦ Se tiene un enlace satelital en el cual se realiza una transmisión con MODEM de 56 kbps y tramas de 1,000 bits.

Para ventana deslizante

- **Con números de secuencia de 3 bits**
- **Con números de secuencia de 7 bits**

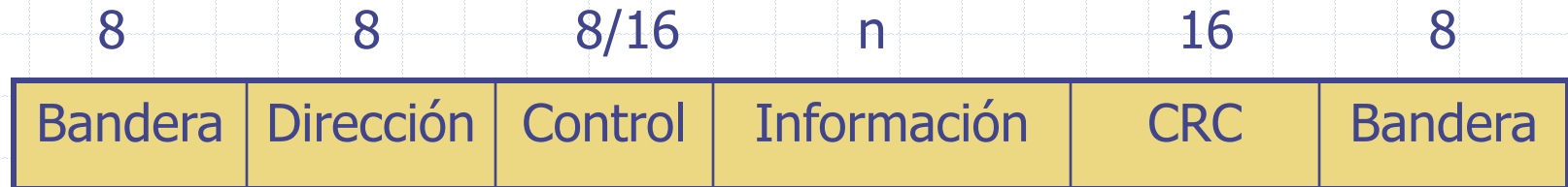
Ejemplo:

- Ventana deslizante

- ◆ Se desea tener un sistema de comunicación satelital que tenga una eficiencia (o porcentaje de utilidad) del 80%. Si se utiliza un modem de 64 kbps y se transmiten tramas de 512 bytes. ¿Cuántos bits para número de secuencia se necesitan?

Campo CRC

- El campo CRC (Cyclic Redundancy Check) contiene una secuencia de bits generados por el mensaje $M(X)$ a transmitir, usando el algoritmo CRC.



Tomados en cuenta para generar el CRC

$M(X)$

Bits generados en base a $M(X)$ y al algoritmo de CRC.

Campo CRC

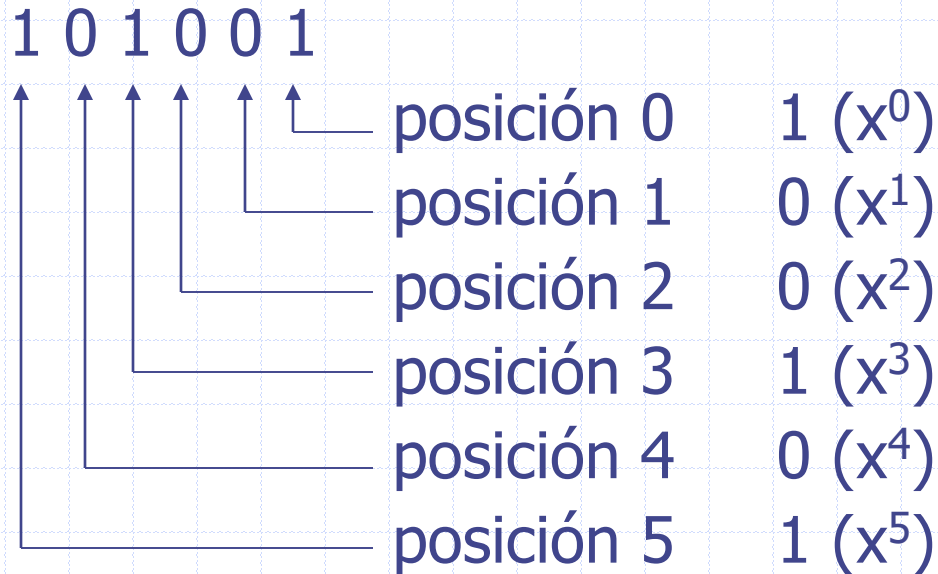
- El propósito de la inclusión del campo CRC es **permitir** al receptor **detectar errores** que pueden haber ocurrido en la transmisión del mensaje.
- Para ello el transmisor y el receptor emplean un polinomio llamado generador $G(X)$.

Campo CRC

- $G(X)$, es usado por el transmisor para generar a partir del mensaje $M(X)$ que se va a transmitir, la secuencia de bits del campo CRC $[R(X)]$.
- $G(X)$, es usado por el receptor, para dividir el mensaje que recibe (incluyendo el campo CRC) entre él:
 - ♦ Si el residuo es cero, el receptor concluye que no hay error
 - ♦ Si el residuo es diferente de cero, deduce que hubo un error en el medio de transmisión.

Campo CRC

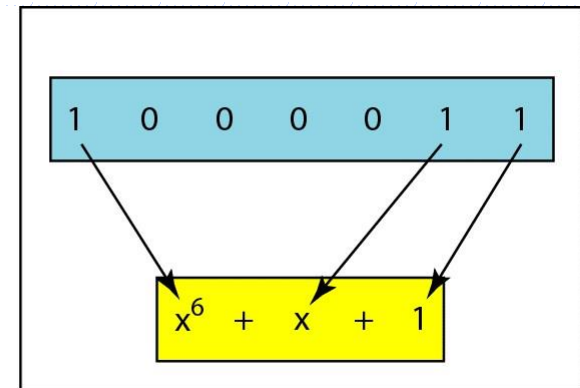
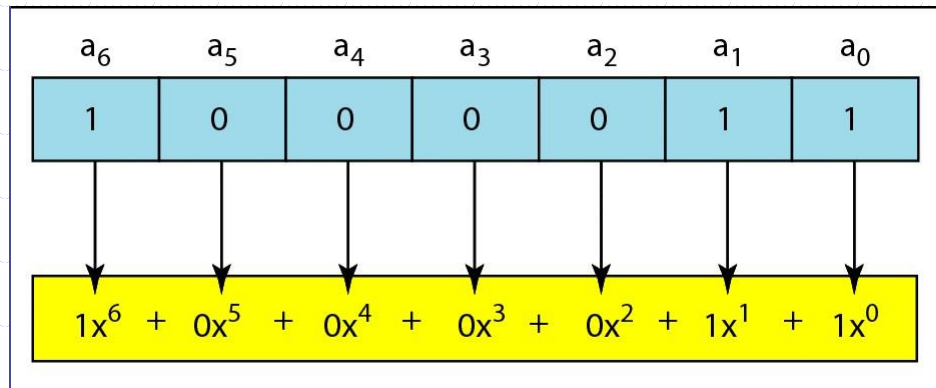
- En este algoritmo los k bits del mensaje son tratados como representación de un polinomio de k términos que van de x^{k-1} a x^0 y cuyos coeficientes son binarios (1 y 0).



Campo CRC

- Por lo que se tiene el polinomio
$$(1)x^5 + (0)x^4 + (1)x^3 + (0)x^2 + (0)x^1 + (1)x^0$$
- donde $x^0 = 1$
- Entonces se reduce a:
$$x^5 + x^3 + 1$$

Campo CRC



Campo CRC

- Las operaciones que se realizan en el algoritmo CRC son de modulo 2, es decir:
 - ♦ $0 + 0 = 0$
 - ♦ $0 + 1 = 1$
 - ♦ $1 + 0 = 1$
 - ♦ $1 + 1 = 0$

Campo CRC

- Los polinomios generadores son los siguientes:

<i>Name</i>	<i>Polynomial</i>	<i>Application</i>
CRC-8	$x^8 + x^2 + x + 1$	ATM header
CRC-10	$x^{10} + x^9 + x^5 + x^4 + x^2 + 1$	ATM AAL
CRC-16	$x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$	HDLC
CRC-32	$x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$	LANs

Campo CRC

- Asumiendo lo siguiente:
 - ♦ Polinomio $G(x)$ es de grado r (x^r , el exponente mayor de $G(x)$ es r)
 - ♦ El mensaje a transmitir es $M(X)$
 - ♦ Los errores producidos por el ruido del canal son $E(X)$

Campo CRC

■ En el Transmisor

1. Agregar r ceros al extremo de mas bajo orden de los bits de la trama



- ◆ Esto es equivalente a multiplicar $M(x)$ por x^r
- ◆ Ejemplo: $M(x)=1001$ y $G(x)=x^3+x+1$

$$M(x)x^r = x^2 + 1(x^3) = x^5 + x^3$$

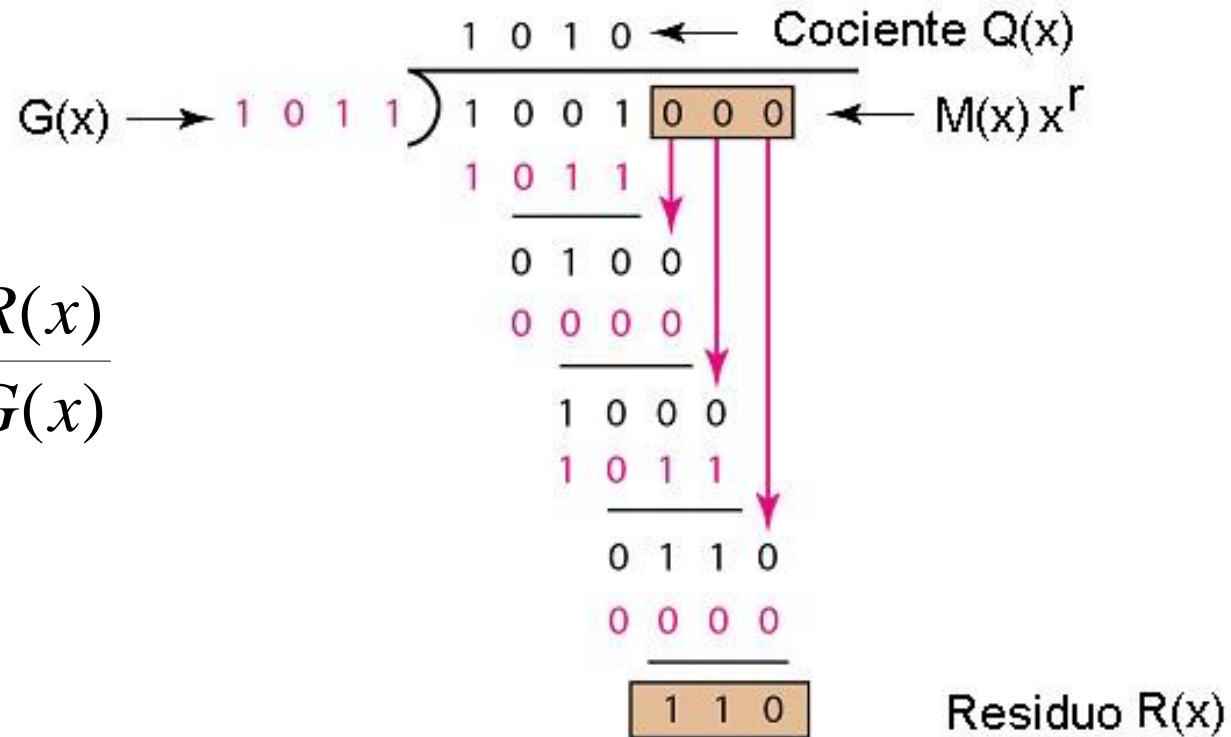
- ◆ $M(x)x^r = 1001000$

3 ceros agregados, debido a que el exponente mayor es x^4

Campo CRC

2. Divida en modulo 2, $M(x)x^r$ entre el polinomio generador.

$$\frac{M(x)x^r}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$$



Campo CRC

3. De la división, se ocupa el residuo, el cual es sumado a $M(x)x^r$ y esa es la trama transmitida (incluido el CRC).

$$T(x) = M(x)x^r + R(x)$$

Entonces de tiene:

1001000
+110
1001110

Lo que indica que $R(x)$ se pone en los ceros insertados.

1	0	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---

■ En el receptor

1. El mensaje recibido, representado por $T(x)$, es dividido (modulo 2) entre el polinomio generador $G(x)$.

$$\frac{T(x)}{G(x)} = \frac{M(x)x^r + R(x)}{G(x)} = \frac{M(x)x^r}{G(x)} + \frac{R(x)}{G(x)}$$

sabemos que

$$\frac{M(x)x^r}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)}$$

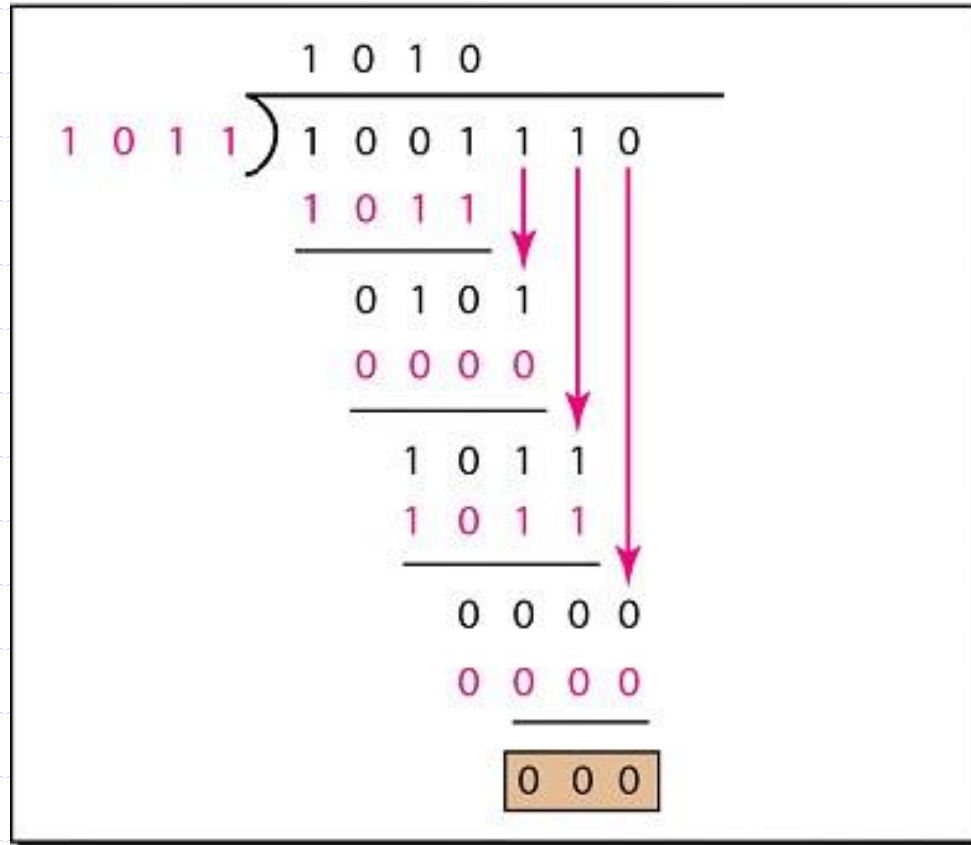
entonces

$$\frac{T(x)}{G(x)} = Q(x) + \frac{R(x)}{G(x)} + \frac{R(x)}{G(x)}$$

donde

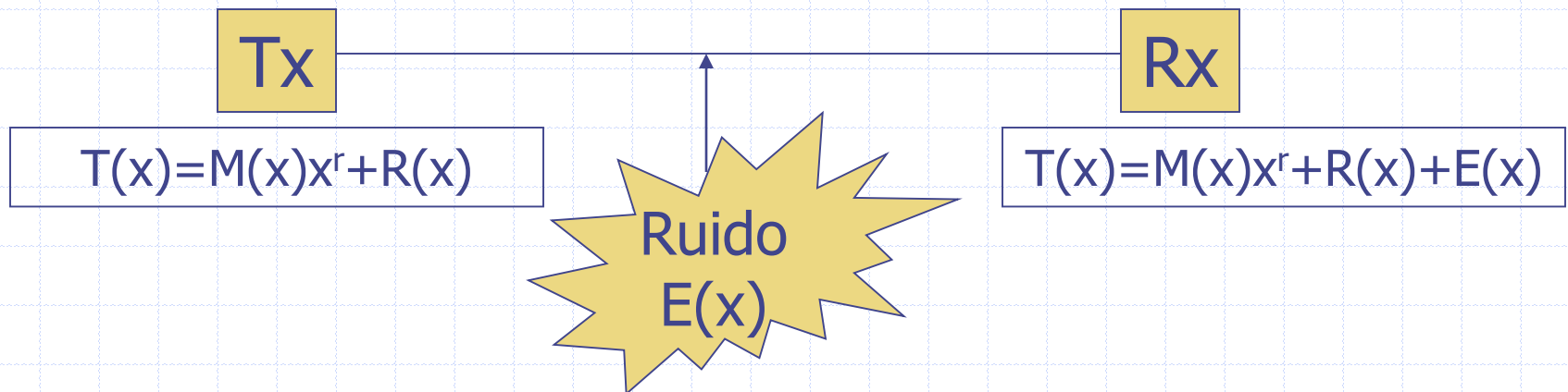
$$\frac{R(x)}{G(x)} + \frac{R(x)}{G(x)} = 0$$

- ♦ 2. Si el residuo es cero, significa que no hay error y el mensaje es procesado

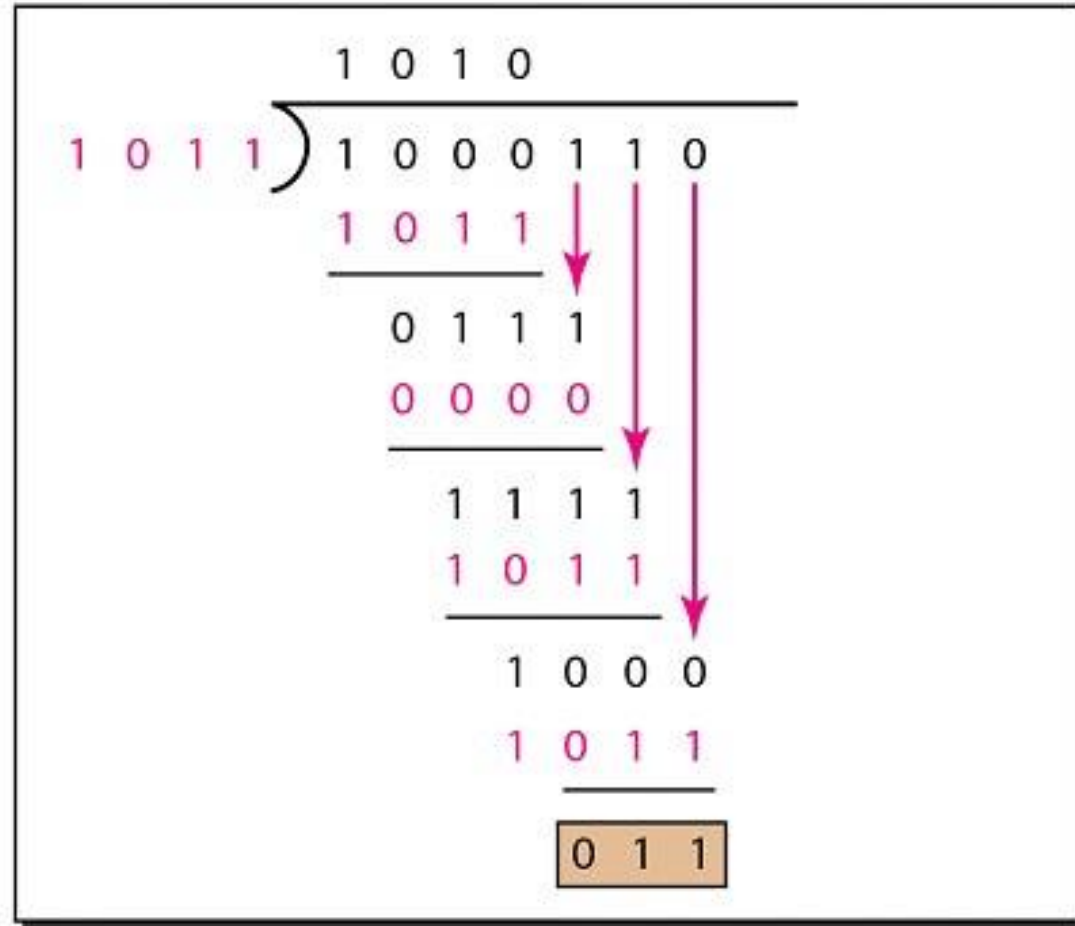


Campo CRC

- Cuando la trama viaja a través del medio de transmisión, esta puede ser modificada por el ruido, la atenuación y por lo tanto ser distorsionada.



- ♦ Si el residuo es diferente de cero significa que existe error, y el mensaje es descartado.



Campo CRC

- Cuando el ruido $E(x)$ se comporta o es igual al polinomio generador $G(x)$, y se suma a la trama transmitida, el receptor no podra detectar el error.

$$T(X) = 1001110 \quad \text{y} \quad E(x) = G(x) = 1011$$

Sumando tenemos:

$$\begin{array}{r} T(x) + E(x) = 1001110 \\ \underline{ 1011} \\ 1000101 \end{array}$$

Campo CRC

$$\begin{array}{r} \text{G(x)} \longrightarrow 1011 \overline{) 1000101} \longleftarrow M(x)x^r + R(x) + E(x) \\ \underline{1011} \\ 001110 \\ \underline{1011} \\ 01011 \\ \underline{1011} \\ 0000 \longleftarrow R(x) \end{array} \begin{array}{l} \longleftarrow Q(x) \\ \\ \\ \\ \end{array}$$

- ♦ Lo que se observa, es que aunque el mensaje llega con ruido, éste no es detectado debido a que es igual que el polinomio generador.

Campo CRC

- Problema: Encuentre $T(x)$ si requiere enviar el mensaje 111000101010011, utilizando el polinomio es x^4+x+1 .