



Universidad  
Politécnica  
de Cartagena

**CONMUTACIÓN**

**PRÁCTICA 1**

# **RETARDO EN CONMUTACIÓN DE PAQUETES**

**Autores (en orden alfabético):**

Josemaría Malgosa Sanahuja

Pilar Manzanares López

Juan Pedro Muñoz Gea

**OBJETIVOS**

- Comprender los diferentes tipos de retardos y sus expresiones analíticas
- Saber representar un cronograma donde se muestren los retardos existentes
- Deducir qué parámetros influyen en los tamaños óptimos de los paquetes
- Saber simular casos prácticos de conmutación y contrastar los resultados con los deducidos analíticamente

**DURACIÓN DE LA PRÁCTICA:** 2 sesiones (4 horas)

**MATERIAL NECESARIO:** Calculadora y el simulador DATNOD.EXE (disponible en el Aula Virtual)

**1. TIPOS DE RETARDO EN CONMUTACIÓN DE PAQUETES**

En la conmutación de paquetes intervienen 3 tipos diferentes de retardo: retardo de propagación ( $T_p$ ), Retardo de transmisión ( $T_t$ ) y retardo de nodo ( $T_n$ ).

**Retardo de propagación ( $T_p$ ):** Es el tiempo que tarda la información en viajar por la línea de transmisión desde el emisor hasta el receptor. Este tipo de retardo depende de las características del medio de transmisión, en concreto de la velocidad de propagación de la señal en ese medio en particular ( $v_p$ ), y de la distancia ( $d$ ) que tiene que recorrer la señal entre el emisor y el receptor. Su valor es el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$T_p = \frac{d}{v_p}$$

Cuando hay un emisor, varios nodos intermedios y un receptor, habrá un retardo de propagación entre el emisor y el nodo 1, otro entre el nodo 1 y el 2, etc.

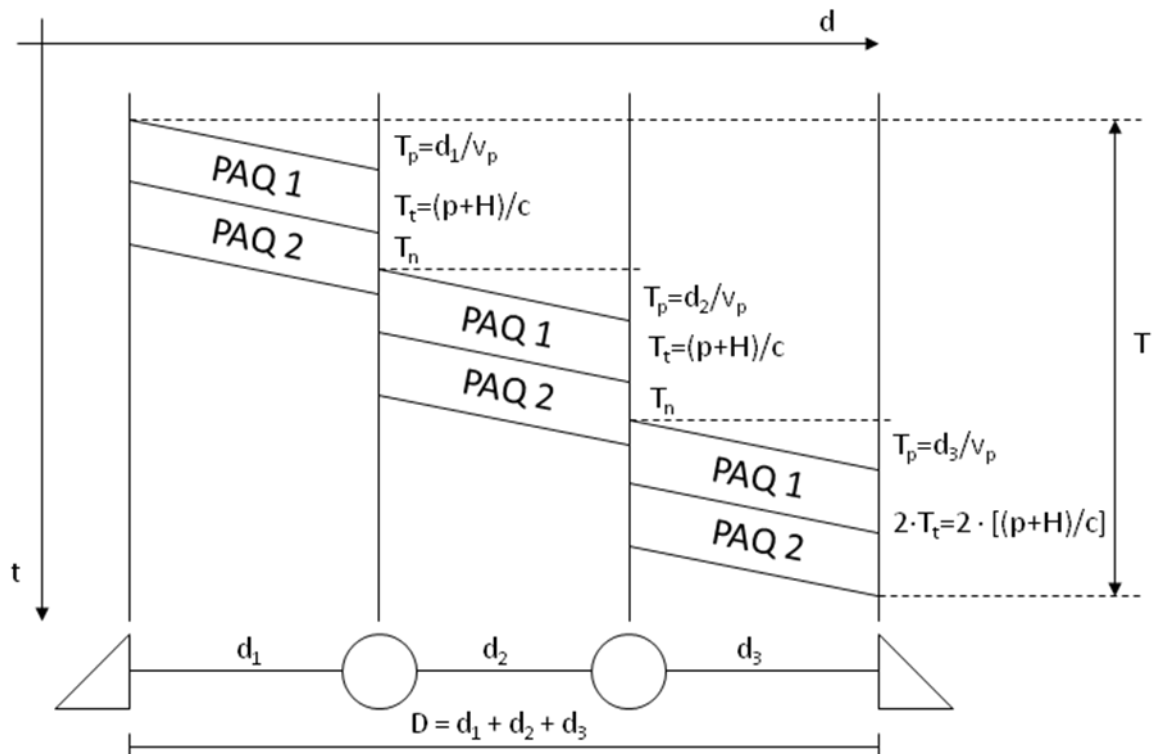
**Retardo de transmisión ( $T_t$ ):** Es el tiempo que invierte el emisor en poner un paquete, compuesto por una cabecera de tamaño  $H$  bits y un campo de información (*payload*) de  $p$  bits, en la línea de transmisión. Este tipo de retardo depende de la velocidad de transmisión del equipo emisor ( $c$ ), que se mide en bits por segundo (bps). Su valor es el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$T_t = \frac{H + p}{c}$$

**Retardo de nodo ( $T_n$ ):** Es el tiempo que uno nodo necesita para decidir hacia qué nodo debe reenviar la información recibida. Depende de la velocidad de proceso del nodo y del tráfico de la red.

Para el cálculo del retardo total ( $T$ ) entre un emisor y un receptor dados, se hace muy útil la utilización de cronogramas. Un cronograma es un esquema donde se muestra al emisor, los nodos intermedios, el receptor, los paquetes que se envían y los retardos que sufre dicho envío.

A continuación se muestra un cronograma muy básico que representa el envío de dos paquetes de tamaño  $H+p$  bits a un receptor, a través de 2 nodos intermedios.



## 2. ESTUDIO ANALÍTICO DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE TAMAÑO FIJO

**Especificación:** Para el cálculo analítico y la simulación, los datos de la conmutación son los siguientes (entre paréntesis y cursiva es como se indica dicho concepto en el simulador):

- Tamaño del mensaje ( $m$ ): 2000 bits (*Data transmitted*)
- Tipo de conmutación: Conmutación de paquetes (*Packet switching*)
- Velocidad de transmisión de cada enlace ( $c$ ): 64 Kbps (*Transmission rate*)
- Distancia entre estaciones terminales ( $D$ ): 300 Km (*Surface distance*). Nota: se supone que la distancia entre el emisor y el primer nodo es de 100 Km y entre nodos es 100 Km
- Tamaño del paquete sin cabecera ( $p$ ): 1000 bits (*Packet size* → *User choice, Packets equal*)
- Número de nodos intermedios ( $n$ ): 2 (*Number of nodes*)
- Tiempo de procesado en cada nodo ( $T_n$ ): 14 mseg (*Node delay*)
- Velocidad de propagación ( $v_p$ ): 200 Mm/s
- Tamaño de la cabecera ( $H$ ): 128 bits (*Control data*)

2.1. En un folio en blanco, dibujar el cronograma de la conmutación de paquetes de tamaño fijo indicando los retardos existentes y de qué tipo son (se recomienda hacer el dibujo en grande y usando una regla).

**2.2.** A continuación se muestra la expresión general del retardo extremo a extremo para la conmutación de paquetes de tamaño fijo. Razona la fórmula, explica el significado de cada término (tipo de retardo) e identifica sus términos en el cronograma dibujado.

$$T = \frac{D}{v_p} + nT_n + n \frac{p+H}{c} + \left\lceil \frac{m}{p} \right\rceil \frac{p+H}{c}$$

**2.3.** Analizando el cronograma dibujado en apartado **2.1**, calcular los siguientes instantes de tiempo. Primero es necesario identificar el instante en el cronograma (indicarlo con la letra correspondiente), segundo analizar qué retardos acumulados influyen en ese instante y, por último, realizar el cálculo:

- Instante en el que el emisor empieza a transmitir el segundo paquete al primer nodo.
- Instante en el que el primer nodo acaba de transmitir el último paquete al segundo nodo.
- Instante en el que el nodo 2 empieza a transmitir el primer paquete.
- Instante en el que el nodo 2 acaba de recibir el segundo paquete.
- Instante en el que llegan al receptor por completo todos los paquetes.

### 3. SIMULACIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE TAMAÑO FIJO

Se utilizará el programa DATNOD.EXE, opción B (*Switching through many nodes*). En primer lugar es necesario configurar el simulador con los datos de la especificación del apartado **2**, utilizando la opción F6-Reset data. A continuación se deberá ejecutar la simulación (opción F2-Run) y se deberán comprobar los instantes calculados analíticamente en el apartado **2.3**.

- Para la simulación en el instante en el que el emisor empieza a transmitir el segundo paquete al primer nodo. ¿Coincide con el valor analítico?
- Para la simulación en el instante en el que el primer nodo acaba de transmitir el último al segundo nodo. ¿Coincide con el valor analítico?
- Para la simulación en el instante en el que el nodo 2 empieza a transmitir el primer paquete. ¿Coincide con el valor analítico?
- Para la simulación en el instante en el que el nodo 2 acaba de recibir el segundo paquete. ¿Coincide con el valor analítico?
- Para la simulación en el instante en el que llegan al receptor por completo todos los paquetes. ¿Coincide con el valor analítico?

### 4. ESTUDIO ANALÍTICO DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE TAMAÑO VARIABLE

**Especificación:** Para el cálculo analítico y la simulación, los datos de la conmutación son los siguientes (entre paréntesis y cursiva es como se indica dicho concepto en el simulador):

- Tamaño del mensaje (*m*): 4000 bits (*Data transmitted*)
- Tipo de conmutación: Conmutación de paquetes (*Packet Switching*)
- Velocidad de transmisión de cada enlace (*c*): 64 Kbps (*Transmission rate*)

- Distancia entre estaciones terminales ( $D$ ): 300 Km (*Surface distance*). Nota: se supone que la distancia entre el emisor y el primer nodo es de 100 Km y entre nodos es 100 Km
- Tamaño del paquete sin cabecera ( $p$ ): 1024 bits (*Packet size → User choice, Last packet reduced*)
- Número de nodos intermedios ( $n$ ): 2 (*Number of nodes*)
- Tiempo de procesado en cada nodo ( $T_n$ ): 10 mseg (*Node delay*)
- Velocidad de propagación ( $v_p$ ): 200 Mm/s
- Tamaño de la cabecera ( $H$ ): 128 bits (*Control data*)

**4.1.** En un folio en blanco, dibujar el cronograma de la conmutación de paquetes de tamaño variable indicando los retardos existentes y de qué tipo son (se recomienda hacer el dibujo en grande y usando una regla)

**4.2.** A continuación se muestra la expresión general del retardo extremo a extremo para conmutación de paquetes de tamaño variable. Razona la fórmula, explica el significado de cada término (tipo de retardo) e identifica sus términos en el cronograma dibujado.

$$T = \frac{D}{v_p} + nT_n + n \frac{p+H}{c} + \frac{m}{c} + \left\lceil \frac{m}{p} \right\rceil \frac{H}{c}$$

**4.3.** Analizando el cronograma, calcular los siguientes instantes de tiempo. Primero es necesario identificar el instante en el cronograma (indícalo con la letra correspondiente), segundo analizar que retardos acumulados influyen en ese instante y, por último, realizar el cálculo:

- a) Instante en el que el primer nodo acaba de transmitir el último paquete al segundo nodo.
- b) Instante en el que el último paquete ha llegado al primer nodo.
- c) Instante en el que llega al receptor por completo el mensaje.

## 5. SIMULACIÓN DE LA CONMUTACIÓN DE PAQUETES DE TAMAÑO VARIABLE

Se utilizará el programa DATNOD.EXE, opción B (*Switching through many nodes*). En primer lugar es necesario configurar el simulador con los datos de la especificación del apartado 4, utilizando la opción F6-Reset data. A continuación se deberá ejecutar la simulación (opción F2-Run) y se deberán comprobar los instantes calculados analíticamente en el apartado 4.3.

- a) Para la simulación en el instante en el que el primer nodo acaba de transmitir el último paquete al segundo nodo. ¿Coincide con el valor analítico?
- b) Para la simulación en el instante en el que el último paquete ha llegado al primer nodo. ¿Coincide con el valor analítico?
- c) Para la simulación en el instante en el que llega al receptor por completo el mensaje. ¿Coincide con el valor analítico?

## 6. CONMUTACIÓN DE PAQUETES USANDO TAMAÑO ÓPTIMO

**Especificación:** Para el cálculo analítico y la simulación, los datos de la conmutación son los siguientes (entre paréntesis y cursiva es como se indica dicho concepto en el simulador):

- Tamaño del mensaje ( $m$ ): 2000 bits (*Data transmitted*)
- Tipo de conmutación: Conmutación de paquetes (*Packet switching*)
- Velocidad de transmisión de cada enlace ( $c$ ): 64 Kbps (*Transmission rate*)
- Distancia entre estaciones terminales ( $D$ ): 300 Km (*Surface distance*). Nota: se supone que la distancia entre el emisor y el primer nodo es de 100 Km y entre nodos es 100 Km.
- Tamaño del paquete sin cabecera ( $p$ ): TAMAÑO ÓPTIMO (*Packet size* → *Optimum size, Last packet reduced*)
- Número de nodos intermedios ( $n$ ): 2 (*Number of nodes*)
- Tiempo de procesado en cada nodo ( $T_n$ ): 10 mseg (*Node delay*)
- Velocidad de propagación ( $v_p$ ): 200 Mm/s
- Tamaño de la cabecera ( $H$ ): 128 bits (*Control data*)

**6.1.** Obtener el tamaño de paquete óptimo analíticamente a partir de la expresión general para la longitud óptima del paquete.

**6.2.** Obtener del simulador el valor del paquete óptimo y compararlo con el anterior. ¿Por qué no coinciden?

**6.3.** Obtener del simulador el retardo total ( $T$ ) entre el emisor y el receptor. Obtener también el porcentaje de exceso sobre el tiempo mínimo de retardo si en lugar de utilizar la longitud óptima del paquete se utilizan los siguientes valores:

- a)  $4xP_{opt}$
- b)  $2xP_{opt}$
- c)  $P_{opt}/2$
- d)  $P_{opt}/4$