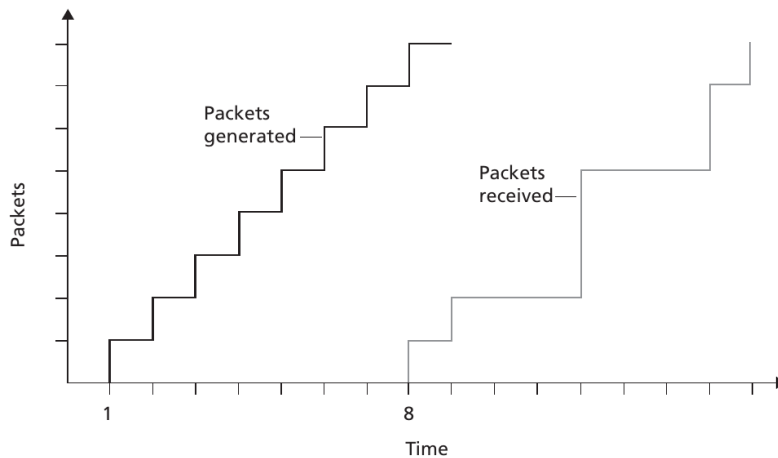


# Tema 4 - Multimedia

## Colección de problemas

### Gestión del retraso

1. Observa la figura inferior, en la que un emisor comienza a enviar audio periódicamente en  $t = 1$ . El primer paquete llega al receptor en  $t = 8$ .



- a) ¿Cuáles son los retrasos (de la emisión a la recepción, sin tener en cuenta retrasos de reproducción) de cada paquete del 2 al 8?
- b) Si la reproducción comienza tan pronto como llega el primer paquete en  $t = 8$ , ¿cuál será el primer paquete que no llegue a tiempo para su reproducción?
- c) Contesta a la pregunta anterior considerando ahora que el audio comienza a reproducirse a  $t = 9$ .
- d) ¿Cuál es el mínimo retraso que hace que todos los paquetes recibidos lleguen a tiempo para ser reproducidos?

### Solución

- a) El retraso de los distintos es 7, 9, 8, 7, 9, 8 y 8, para los paquetes del 2 al 8, respectivamente.
  - b) Los paquetes 3, 4, 6, 7 y 8 no serán recibidos a tiempo para su reproducción.
  - c) En este caso ( $t = 9$ ), serán los paquetes 3 y 6 los que no lleguen a tiempo.
  - d) Si la reproducción comienza a  $t = 10$ , todos los paquetes llegarían a tiempo.
2. Suponga una transmisión en la que se utiliza un esquema de retraso de reproducción adaptativo y los siguientes tiempos de envío ( $t$ ) y de recepción ( $r$ ) de los paquetes, expresados en milisegundos. Cada paquete codifica 20ms de voz:

Número paquete	Tiempo envío (t)	Tiempo recepción (r)
1	10	20
2	30	39
3	80	91
4	100	110
5	130	145

El primer paquete se empieza a reproducir 1 ms después de recibirlo. Explique razonadamente en qué momento se empezaría a reproducir cada paquete y qué paquetes no llegarían a tiempo para ser reproducidos (incluyendo la estimación dinámica del retardo, con  $u=0.2$  y  $k=2$ , y el momento indicado para comenzar a reproducir cada paquete). Nota: utilice redondeo de los tiempos a milisegundos. Si necesita más información no descrita en el enunciado, suponga valores razonables y explíquelo claramente.

**Solución** El primer paso es detectar los distintos segmentos de habla. Se observan claramente tres: uno formado por los paquetes 1 y 2, otro por el 3 y el 4, y un último por el 5. Para detectarlos basta observar que no hay pérdida de paquetes, puesto que los números de secuencia son correlativos, pero la distancia entre ellos es superior a 20 ms, lo que indica un silencio.

Como ya sabemos, los indicadores  $d_i$  y  $v_i$  se calculan para cada paquete recibido, aunque solo se utilizan para calcular el inicio de reproducción del primer paquete de cada segmento de habla (el resto se reproduce periódicamente, a intervalos  $q_i = p_i - t_i$ ).

Se nos dice que el primer paquete se empieza a reproducir 1 ms después de la recepción, por lo que  $p_1 = 20 + 1 = 21$ . Además,  $v_1 = 0$ , puesto que en el primer paquete aún no hay retardo anterior con el que comparar, por lo que tenemos:

$$p_1 = t_1 + d_1 + kv_1 = 10 + d_1 + k \cdot 0$$

$$21 = 10 + d_1 \Rightarrow d_1 = 11$$

A partir de aquí ya podemos construir la tabla, aplicando iterativamente las expresiones para  $d_i$ ,  $v_i$  y  $p_i$ :

Núm.	$t$	$r$	$r_i - t_i$	$d_i$	$v_i$	$q_i$	$p_i$
1	10	20	10	11	0	11	21
2	30	39	9	10.60	0.32	11	41
3	80	91	11	10.68	0.32	11	$\approx 91(91,32)$
4	100	110	10	10.54	$\approx 0,37(0,36)$	11	111
5	130	145	15	11.43	1.71	$\approx 15(14,85)$	144.85

- Paquete 2: como es el segundo paquete de un mismo segmento, sabemos que tendría que reproducirse en tiempo  $p_2 = t_2 + q_1 = 30 + 11 = 41$ , que es mayor que el tiempo de recepción,  $r_2 = 39$ , por lo que el paquete entra “en tiempo” y puede ser reproducido correctamente.
- Paquete 3: es el primer paquete de otro segmento de habla, por lo que es necesario recalcular  $p$ . En este caso,  $p_3 = t_3 + d_3 + kv_3 = 80 + 10,68 + 2 \cdot 0,32 = 91,32$ , que redondeamos a 91 ms. En este nuevo segmento, cada paquete se reproducirá a intervalos regulares de  $q_3 = p_3 - t_3 = 91 - 80 = 11$  ms.
- Paquete 4: debería reproducirse a tiempo  $t_4 + 11 = 100 + 11 = 111$ , que es mayor que el tiempo de recepción,  $r_4 = 110$ , por lo que el paquete entra “en tiempo” y puede ser reproducido correctamente.
- Paquete 5: de nuevo se trata de un nuevo segmento de habla, por lo que recalculamos  $p_5 = t_5 + d_5 + k \cdot v_5 = 130 + 11,43 + 2 \cdot 1,71 = 144,85$ . Este valor es menor que el tiempo de recepción,  $r_5 = 142$ , por lo que el paquete NO llega a tiempo, y se considera una pérdida.

## Corrección de errores

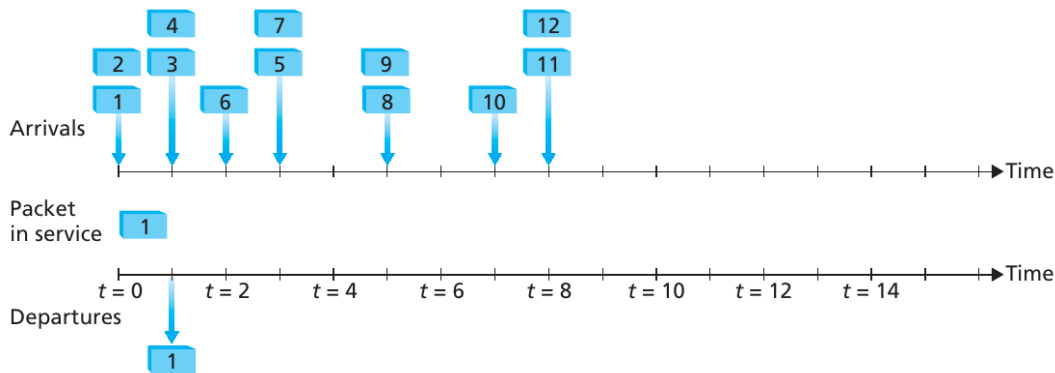
1. Imagina una transmisión multimedia que soporta dos esquemas de corrección de errores. El primero añade un paquete de redundancia cada cuatro paquetes de datos, y el segundo incluye un flujo secundario de mejor calidad, con un bit-rate un 25 % menor al original. Responde a las siguientes preguntas:
  - a) ¿Cuánto ancho de banda adicional requiere cada esquema? ¿Cuál es el tiempo mínimo de reproducción en cada caso?
  - b) ¿Cómo se comporta cada esquema si se pierde el primer paquete de cada grupo de cinco? ¿Qué esquema proporcionará mejor calidad de audio?
  - c) ¿Cómo se comporta cada esquema si se pierde el primer paquete de cada grupo de dos? ¿Qué esquema proporcionará mejor calidad de audio en este caso?

### Solución

1. Ambos esquemas requieren un 25 % más de ancho de banda. El primer esquema tiene un tiempo mínimo de 5 paquetes (no se puede empezar a reproducir hasta que todos los paquetes, incluido el de paridad, se hayan recibido). El segundo, 2 paquetes (puesto que la redundancia no llega hasta el segundo paquete).
2. El primer esquema podrá reconstruir el flujo completamente (no podría hacerlo si se perdiera más de un paquete). El segundo sólo podrá reducir un flujo de baja calidad durante el paquete perdido, por lo que el primer esquema se comportará mejor en este caso.
3. El primer esquema no puede ahora recuperar el flujo completo, y la calidad de sonido será muy pobre, porque se perderá muchos paquetes y se oirán cortes continuos. El segundo esquema, aunque en baja calidad, podrá reproducir el flujo completamente, sin cortes.

## Colas de prioridad

1. Teniendo en cuenta esta figura, contesta a las siguientes preguntas:



- a) Asumiendo un servicio de tipo FIFO, indica el momento en el que los paquetes 2 al 12 dejan la cola. Para cada paquete, ¿cuál es el retraso entre su llegada y el inicio del slot en el que se retransmite? ¿Cuál es el retraso medio para los 12 paquetes?
- b) Ahora asume el uso de una cola de prioridad, en la que los paquetes impares son de alta prioridad, y los pares, de baja. Contesta a las dos preguntas anteriores.
- c) Mismas cuestiones con un servicio *round-robin* (RR), en el que los paquetes 1, 2, 3, 6, 11 y 12 son de clase 1, y los paquetes 4, 5, 7, 8, 9 y 10 de clase 2.
- d) Por último, asume un servicio de tipo *weighted fair queueing* (WFQ) service. En este caso, los paquetes impares son de clase 1, y los pares de clase 2. Por otro lado, la clase 1 tiene un peso de 2, mientras la clase 2 un peso 1. Razona qué paquete incluyes en cada slot y porqué.

- e) ¿Qué conclusiones sacas sobre el retraso medio de cada tipo de servicio, FIFO, RR, prioridad y WFQ?

### Solución

- a) **FIFO**. Se trata de una cola FIFO sencilla, por lo que los paquetes salen simplemente en el mismo orden en el que llegan.

Paquete	$t_{salida}$	Retraso
1	0	0
2	1	1
3	2	1
4	3	2
5	5	2
6	4	2
7	6	3
8	7	2
9	8	3
10	9	2
11	10	2
12	11	3
Retraso medio		1.91

- b) **Cola de prioridad**. En este caso, el sistema servirá siempre los paquetes de alta prioridad primero; si no hay, utilizará un criterio FIFO entre los de baja prioridad.

Paquete	$t_{salida}$	Retraso
1	0	0
2	2	2
3	1	0
4	6	5
5	4	1
6	7	5
7	3	0
8	9	4
9	5	0
10	10	3
11	8	0
12	11	3
Retraso medio		1.91

- c) **Round-robin**. Ahora el sistema servirá alternativamente paquetes de la clase 1 y 2.

Paquete	$t_{salida}$	Retraso
1	0	0
2	2	2
3	4	3
4	1	0
5	3	0
6	6	4
7	5	2
8	7	2
9	9	4
10	11	4
11	8	0
12	10	2
Retraso medio		1.91

- d) **WFQ**. En este caso, la cola tiene dos clases de paquetes, con pesos 2 y 1, respectivamente. Esto significa que los paquetes de clase 1 son el doble de importantes que los de clase 2 y, por tanto, deben procesarse el doble de rápido (2 paquetes de clase 1 por cada paquete de clase 2).

Paquete	$t_{salida}$	Retraso
1	0	0
2	2	2
3	1	0
4	5	4
5	3	0
6	7	5
7	4	1
8	9	4
9	6	1
10	10	3
11	8	0
12	11	3
Retraso medio		1.91

2. Suponga que cierto *router* dispone de una política WFQ que soporta tres clases de paquetes, con pesos 0.5, 0.25 y 0.25, respectivamente:
- Suponga también que existe un gran número de paquetes esperando en el búfer esperando ser procesados. ¿En qué orden deberían procesarse los paquetes para respetar la política descrita? (Para una política *round-robin*, una secuencia natural sería 123123123...).
  - Suponga ahora que las clases 1 y 2 tienen paquetes en el búfer, pero que no existe ninguno de la clase 3. ¿Cuál debería ser ahora el orden de procesamiento?

### Solución

- En este caso, existen varias soluciones posibles:
  - 1,2,1,3,1,2,1,3,...
  - 1,1,2,1,1,3,...
  - 1,1,2,3,1,1,2,3,...
- Se nos dice que no hay paquetes de clase 3 por lo que, simplemente, su slot de tiempo no se utiliza, quedando la secuencia: 1,1,2,1,1,2,...