

### Ejercicio 6.2.3

Un sistema formado por dos estaciones (A y B) y un Access Point (AP), están configurados para trabajar en modo infraestructura con el estándar IEEE 802.11b a 1 Mbps. Sabemos que los tiempos de propagación son:

- entre el AP y la estación A es de 0,1  $\mu$ s;
- entre el AP y la estación B es de 0,2  $\mu$ s;
- entre las dos estaciones es de 0,3  $\mu$ s.

Todos están al alcance el uno del otro; el *RTS threshold* está configurado a 1000 bytes. Considerar que el nivel MAC de la estación A y de la estación B recibe una petición de transmisión de una nueva SDU en el instante  $t_A = t_B = 0 \mu$ s. Considerar que esos datos van destinados al *Distribution System*.

#### DATOS:

- Longitud MAC-PDU de control RTS: 20 bytes;
- Tasa de transmisión: 1 Mbps;
- Preámbulo PLCP: 144  $\mu$ s;
- SIFS: 10  $\mu$ s; DIFS: 50  $\mu$ s;
- Tiempo máximo de espera ACK y CTS: 318  $\mu$ s (10 del SIFS + 304 del ACK + 4 extra).
- Longitud MAC-PDU de control CTS y ACK: 14 bytes;
- Longitud MAC-PDU de datos: 500 bytes;
- Cabecera PLCP: 48  $\mu$ s;
- Backoff:  $B_A$  50  $\mu$ s,  $B_B$  20  $\mu$ s;

### Resolución

Primero de todo, hay que recordar que la comunicación se lleva a cabo en modo infraestructura, por lo que cualquier estación (tanto A como B) enviará siempre sus datos al AP (ver transparencia 17 y 24 en [1]).

Además, hay que tener en cuenta que todas las transmisiones se llevan a cabo en el canal radio, es decir que en el tiempo de transmisión de "los datos", siempre tendremos que añadir las cabeceras que añaden los niveles intermedios hasta llegar al nivel físico. En este ejercicio, como partimos de las MAC-PDU, tendremos que añadir las cabecera y preámbulo PLC a cualquier trama que se envíe (datos, RTS, CTS, ACK). Además, todas las tramas de gestión y control (RTS, CTS, ACK, ...) y la cabecera PLCP se transmiten siempre a 1Mbps (*basic bit rate* en 802.11b). Por lo tanto, los tiempos de transmisión serán:

- Preámbulo PLCP + cabecera PLCP =  $(144 + 48) \mu$ s = 192  $\mu$ s  $\rightarrow$  se añade a cualquier MAC-PDU
- Ttx (RTS) =  $(20 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 352  $\mu$ s
- Ttx (CTS) = Ttx (ACK) =  $(14 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 304  $\mu$ s
- Ttx (DATOS) =  $(500 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 4192  $\mu$ s

Puesto que el enunciado dice: "Considerad que esos datos van destinados al *Distribution System*", eso implica que el AP no tiene que reenviar los datos ni de A ni de B en el canal Wi-Fi que estamos analizando.

Además, a diferencia del ejercicio 6.2.1, aquí vamos a considerar unos retardos de propagación entre los dispositivos, lo cual hace que cada dispositivo verá la transmisión de los demás con un cierto retardo.

Finalmente, consideraremos que, tras haber enviado los datos, cada estación se queda a la espera del ACK, el cual debería de empezar a llegar transcurridos:

- 10  $\mu$ s (=SIFS que esperarí el AP antes de enviar) de haber acabado de transmitir
- 304  $\mu$ s (= tiempo de transmisión del ACK)
- 4  $\mu$ s extra según dice el enunciado (margen para tener en cuenta posibles retardos e "imprevistos")

## 1. A y B no usan RTS/CTS

El enunciado indica que el *RTS threshold* está configurado a 1000 bytes: eso significa que sólo enviaríamos RTS/CTS en caso de tener que enviar MAC-PDUs más grandes de 1000 bytes. Por lo tanto, en este caso, **no enviamos RTS/CTS**.

1. ¿Cuál es el instante en que B empieza a transmitir sus datos? Representar gráficamente los detalles de las transmisiones que se producirán en el canal.

En la Figura 1 se refleja el intercambio de datos entre las estaciones involucradas. Como se puede ver, tanto A como B en  $t=0$  encuentran canal libre ( $NAV=0$ ), por lo que se ponen a la escucha del canal durante un DIFS y terminan enviando en el mismo instante ( $t=50 \mu s$ ) sus datos hacia el AP, por lo que el AP recibirá ambas transmisiones simultáneamente (colisión). Puesto que A y B esperan un tiempo fijo el ACK (que no llega, puesto que el AP no ha podido recibir bien los datos, así que no lo envía), empezarán a esperar el tiempo de backoff (aleatorio, pero en este ejercicio vamos a usar unos valores predeterminados, para poder ver qué ocurre).

Al ser el tiempo de backoff de B más corto (20  $\mu s$ ) con respecto al de A (50  $\mu s$ ), **B será el primero en poder enviar sus datos** (empieza en el instante **4630  $\mu s$** ): éstos llegarán también a A mientras aún estaba esperando el backoff, lo que provoca que **A se ponga a la espera** de que el NAV vuelva a estar a 0 para poder seguir descontando el tiempo de backoff (o sea, A congela el tiempo de backoff, recordando que aún le falta 29,7  $\mu s$  para descontar cuándo volverá a encontrar libre el canal). De esta manera, el envío de B esta vez alcanza correctamente el AP, éste puede enviar su ACK tras haber esperado el SIFS, así que en el instante **9136,4  $\mu s$**  B puede dar por **concluida con éxito** su transmisión.

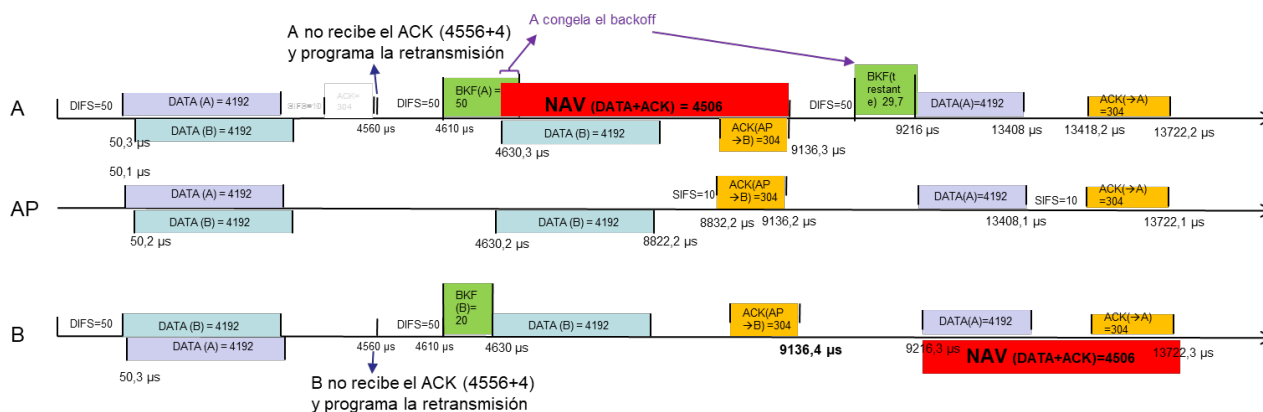


Figura 1: Uso del canal por las estaciones A y B en IEEE 802.11 (sin RTS/CTS)

2. ¿Cuál es el throughput de la transmisión para la estación B?

El throughput de esta transmisión se calcula dividiendo el tiempo útil de la transmisión de los 500 bytes de datos por el tiempo total invertido por B para enviar sus datos:

$$S = \frac{500 * 8/10^6 s}{9136,4 \mu s} = 0,4378$$

## 2. A y B usan RTS/CTS

3. Comentar qué habría pasado si se hubiese configurado el *RTS threshold* a 0 bytes en las estaciones. ¿Habríamos evitado la colisión? ¿Por qué? ¿El throughput de la transmisión de B mejoraría o empeoraría? ¿Por qué?

En caso de que el *RTS threshold* a esté configurado a 0, quiere decir que antes de enviar cualquier dato, la estación tiene que enviar un RTS y esperar el CTS de confirmación por parte del AP (a quién van destinados sus datos). El nuevo esquema está dibujado en la Figura 2.

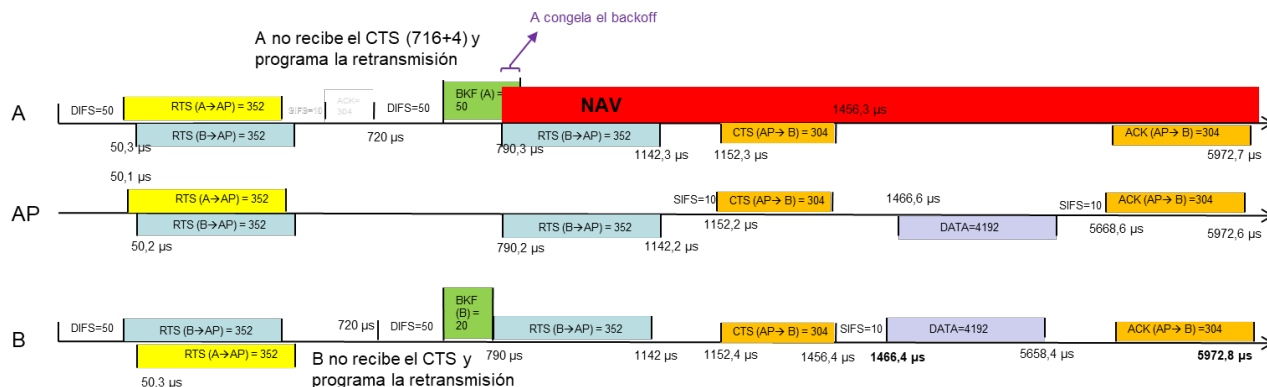


Figura 2: Uso del canal por las estaciones A y B en IEEE 802.11 (con RTS/CTS)

A pesar de enviar el RTS, no resolvemos la colisión del principio, ya que las dos estaciones envían exactamente al mismo instante. Lo que en este caso ganamos es que liberamos antes el medio (puesto que el RTS es más corto de los datos que enviamos), así que tanto A como B empezarían antes a esperar el backoff y resolverán antes la colisión. B empieza a transmitir otra vez el RTS en 790 μs, así que A verá esa transmisión pasados 0,3 μs (retardo de propagación entre B y A) y se pondrá a la espera de que el NAV vuelva a 0 y reanudar la espera del tiempo de backoff restante.

B en este caso empezará a enviar sus datos con éxito tras recibir el ACK, o sea en el instante **1466,4 μs**, y recibirá el ACK en el instante **5972,8 μs**, instante en que B da por finalizado con éxito su envío.

El throughput de esta transmisión se calcula dividiendo el tiempo útil de la transmisión de los 500 bytes de datos por el tiempo total invertido por B para enviar sus datos:

$$S = \frac{500 * 8 / 10^6 s}{5972,8 \mu s} = 0,6697$$

4. ¿En qué instante acaba de recibir el ACK del envío de sus datos la estación A? Considerar los dos casos de *RTS threshold*.

En el caso sin RTS/CTS (ver Figura 1): 13722,2 μs; en el caso con RTS/CTS (ver Figura 3): 11234,8 μs.

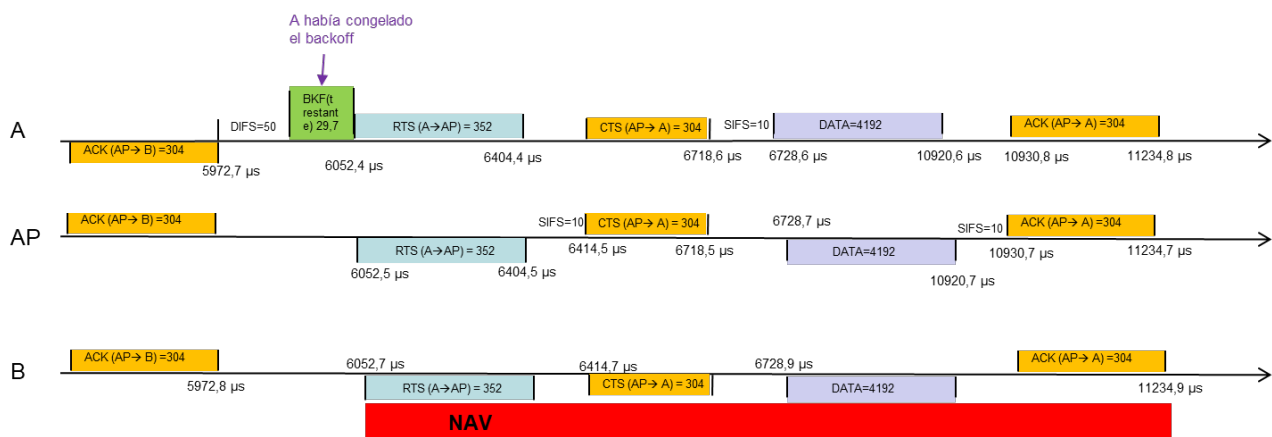


Figura 3: Envío de datos por parte de A (con RTS/CTS)

### Referencias

[1] Enrica Zola, Transparencias de IX – Tema 6, Noviembre 2022. IX\_Tema6\_WirelessLAN-802-11.pdf