

INTERCONEXIÓN DE REDES

Ejercicios resueltos

TEMAS 6 IEEE 802.11

Enrica Zola ©

(enrica.zola@upc.edu)

--- Febrero de 2022 ---

Ejercicio 6.2.3 – IEEE 802.11

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 μ s;
- entre el AP y la estación B es de 0,2 μ s;
- entre las dos estaciones es de 0,3 μ 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; Longitud MAC-PDU de control CTS y ACK: 14 bytes;
- Tasa de transmisión: 1 Mbps; Longitud MAC-PDU de datos: 500 bytes;
- Preámbulo PLCP: 144 μ s; Cabecera PLCP: 48 μ s;
- SIFS: 10 μ s; DIFS: 50 μ s; Backoff: B_A 50 μ s, B_B 20 μ s;
- Tiempo máximo de espera ACK y CTS: 4 μ s¹.

1. ¿Cuál es el instante en que B empieza a transmitir sus datos? Representad gráficamente los detalles de las transmisiones que se producirán en el canal. [\[ver aquí\]](#)
2. ¿Cuál es el throughput de la transmisión? [\[ver aquí\]](#)
3. Comentad 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? [\[ver aquí\]](#)
4. ¿En qué instante acaba de recibir el ACK del envío de sus datos la estación A? Considerad los dos casos de *RTS threshold*. [\[ver aquí\]](#)

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, según indica el enunciado, RTS, CTS, ACK y 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 μ s → se añade a cualquier MAC-PDU
- Ttx (RTS) = $(20 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 352 μ s
- Ttx (CTS) = Ttx (ACK) = $(14 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 304 μ s
- Ttx (DATOS) = $(500 \cdot 8 / 10^6) + 192 \mu$ s = 4192 μ s

Puesto que los datos no van dirigidos a estaciones WiFi, el AP no tiene que reenviar los datos ni de A ni de B.

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.

¹ ¡Considerad como si en el enunciado hubiésemos dicho que el tiempo máximo de espera es de 318 μ s!

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 [ver pie de nota 1]:

- 10 μs (=SIFS que esperaría el AP antes de enviar) de haber acabado de transmitir
- 304 μs (= tiempo de transmisión del ACK) – se podría obviar este retardo extra, pero vamos a considerar éste en este ejercicio [ver pie de nota 1]
- 4 μs extra según dice el enunciado y para tener en cuenta posibles retardos e “imprevistos”

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 μs) 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 μs) con respecto al de A (50 μs), **B será el primero en poder enviar sus datos** (empieza en el instante **4630 μs**): 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 μs 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 μs** B puede dar por **concluida con éxito** su transmisión.

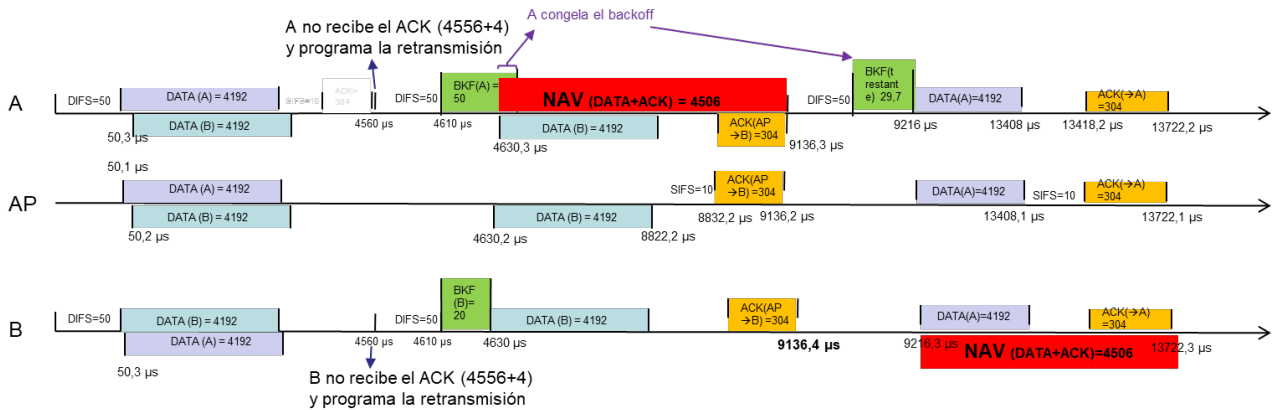


Figura 1: Uso del canal por las estaciones A y B en IEEE 802.11 (sin RTS/CTS)

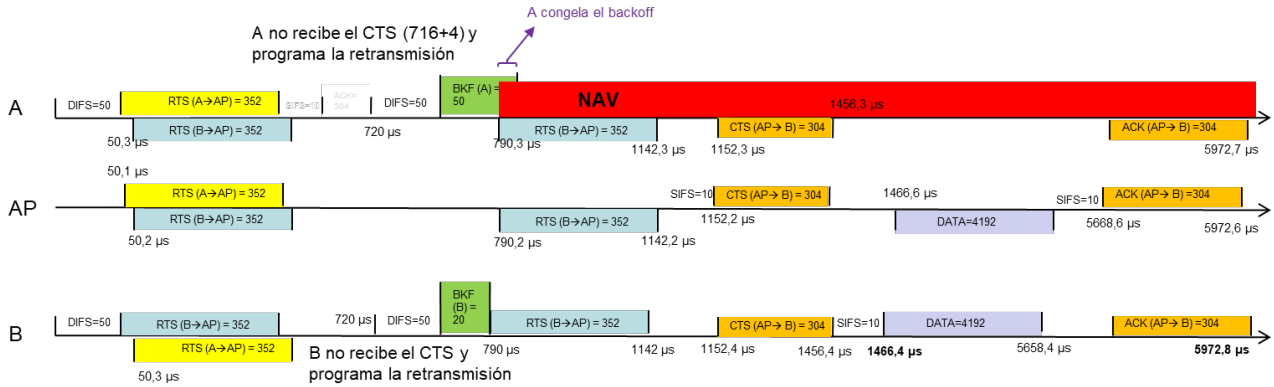
2. ¿Cuál es el throughput de la transmisión para la estación B?

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:

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

3. Comenta 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.



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 empezarán antes a esperar el backoff y resolverán antes la colisión. B empieza a transmitir otra vez el RTS en 790 μ s, así que A verá esa transmisión pasados 0,3 μ s (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 μ s**, y recibirá el ACK en el instante **5972,8 μ s**, 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:

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

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 μ s; en el caso con RTS/CTS (ver Figura 3): 11234,8 μ s.

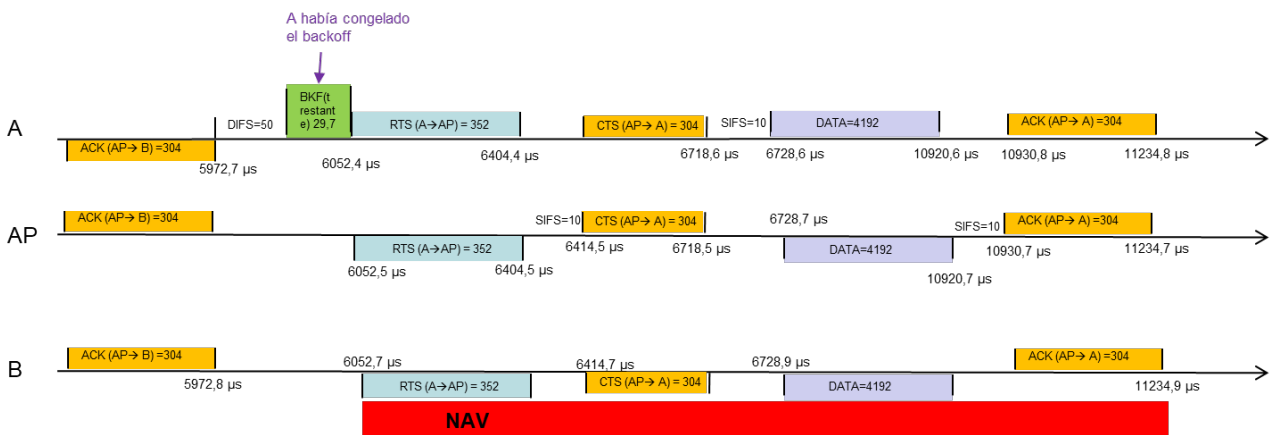


Figura 3: Envío de datos por parte de A (con RTS/CTS)

Referencias

[1] Enrica Zola, Transparencias de IX – Tema 6, Noviembre 2021. IX_Tema6_WirelessLAN-802-11.pdf