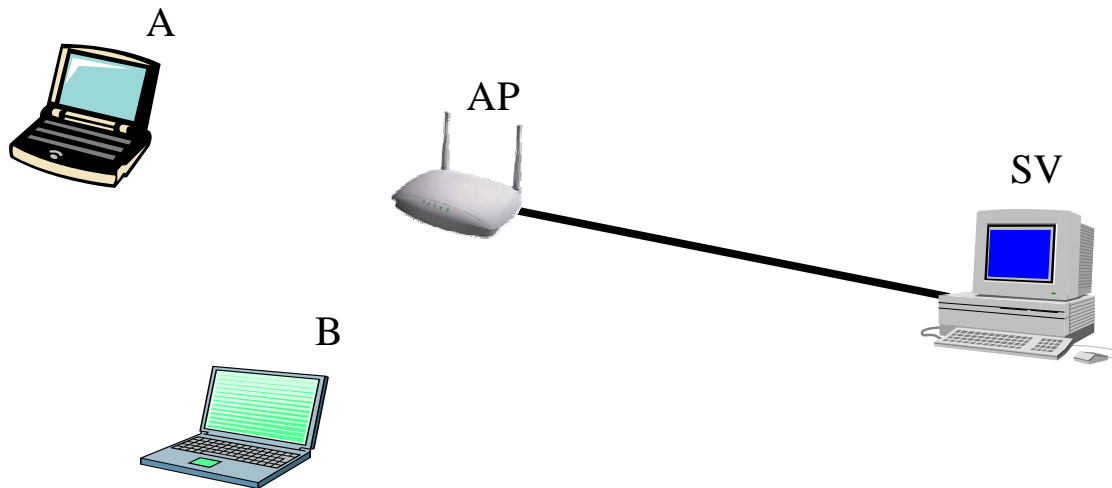


2008-06-11-01-S01

En una pequeña oficina doméstica se tiene una topología de red, que se representa simplificada como en la figura siguiente:



Los equipos portátiles (A y B) y el punto de acceso (AP) forman una red inalámbrica 802.11b. Ambos equipos A y B están asociados al punto de acceso pudiendo transmitir y recibir datos por la red wifi. Por otro lado se forma una red ethernet cableada, a través de un cable ethernet categoría 5, con el que se han interconectado entre sí el AP y un ordenador de sobremesa a una velocidad de 100 Mbps, en full duplex.

En este contexto tenemos que todas las máquinas funcionan de acuerdo a la arquitectura de comunicaciones TCP/IP.

- a) Para realizar un estudio de la transmisión en la red, supongamos que el portátil (A) envía 200 octetos de aplicación (cabecera incluida) al sobremesa (SV), el sobremesa SV, responde con 500 octetos. Considere que el protocolo de aplicación se apoya en UDP. Suponga también que las tablas ARP de todos los elementos implicados en la comunicación, están vacías. Los RTS threshold de los equipos, con interfaz inalámbrico, son: RTS-THR (A) = 100 octetos. RTS-THR (B) = 2347 octetos. RTS-THR (AP) = 500 octetos. El valor Threshold (umbral) es aquél tamaño de la trama de datos a partir del cual se activa el procedimiento de RTS/CTS. El valor Threshold hace referencia al tamaño total de la trama a nivel MAC.

- 1) Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación anterior.
- 2) Dibuje el cronograma a nivel de aplicación de la transferencia enunciada anteriormente.
- 3) Dibuje el cronograma a nivel de transporte.
- 4) Dibuje el cronograma a nivel IP.
- 5) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia.
- 6) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

- b) En una segunda fase, la máquina A envía a la máquina B, 40 octetos de datos a nivel de aplicación, la máquina B responde con 200 octetos de datos, a nivel de aplicación. En esta fase suponga que las tablas ARP de todas las máquinas están dispuestas según se quedaron en la fase del apartado (a) anterior. Los valores de los umbrales de RTS son los mismos que en el apartado anterior.

- 1) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia.
- 2) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

Datos y consideraciones:

La velocidad en la ethernet cableada se establece a 100 Mbps.

Las rutas a nivel IP están bien establecidas.

El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en host y AP.

Suponga que no existen opciones en las cabeceras IP.

La MTU de las dos redes es de 1500 octetos.

La capa de transporte UDP introduce 8 octetos de cabecera, la capa IP 20 octetos.

La capa MAC+ física de ethernet introduce 26 octetos.

Tamaño de los paquetes ARP = 28 octetos.

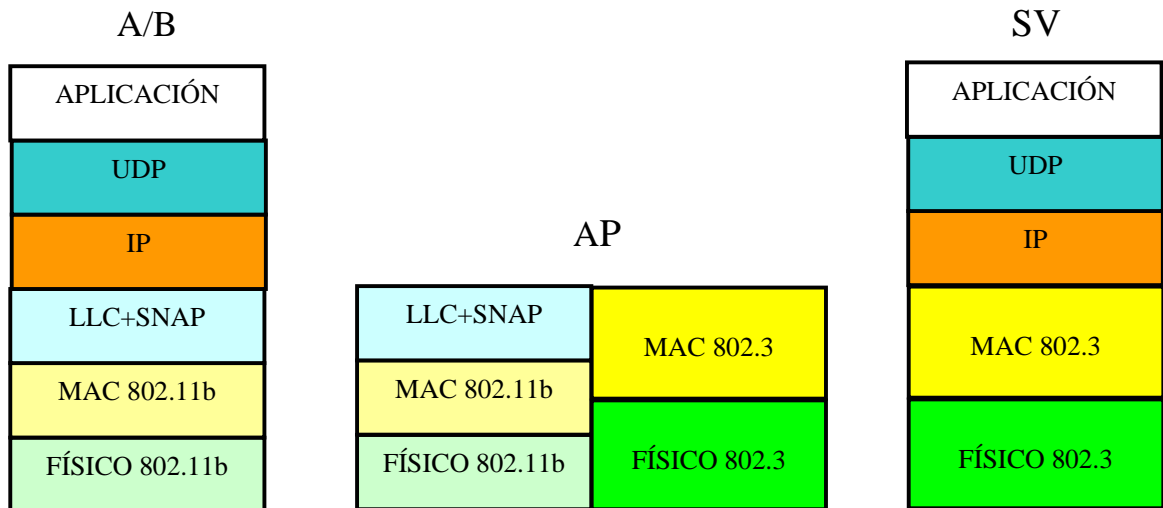
Considere que en la red inalámbrica:

- La red es una 802.11b. Suponga, por facilidad de cálculo, que todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps (aunque debe saber que el preámbulo PLCP y la cabecera PLCP se transmiten siempre en 192 μ segundos; es decir: siempre a 1 Mbps).
- El parámetro RTS Threshold del portátil A es de 100 octetos. El del portátil B es de 2347 octetos y el del AP es de 500 octetos. El valor de RTS Threshold hace referencia al tamaño total de la trama a nivel MAC.
- Los portátiles están siempre asociados al punto de acceso.
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b. El tamaño máximo del área de datos de la trama MAC es de 2312 octetos.
- Las cabeceras añadidas por las distintas capas/subcapas son:
LLC+SNAP= 8 octetos, MAC= 34 octetos y PLCP (Physical Layer Convergence Protocol) = 24 octetos.
- El tamaño a nivel MAC de las distintas tramas de control es:
RTS = 20 octetos, CTS= 14 octetos y ACK= 14 octetos
- Considerar que los tiempos de proceso y propagación son despreciables y que:
 t_{SIFS} =10 μ s (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas).
 t_{DIFS} =50 μ s (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

SOLUCIÓN

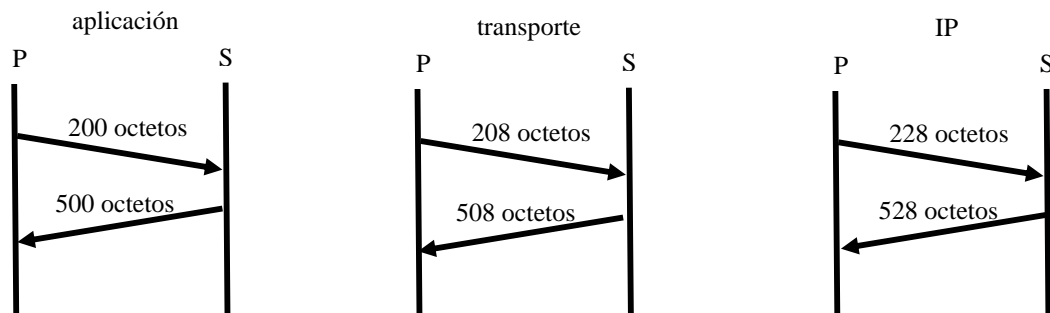
a)

1) Torres de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación:



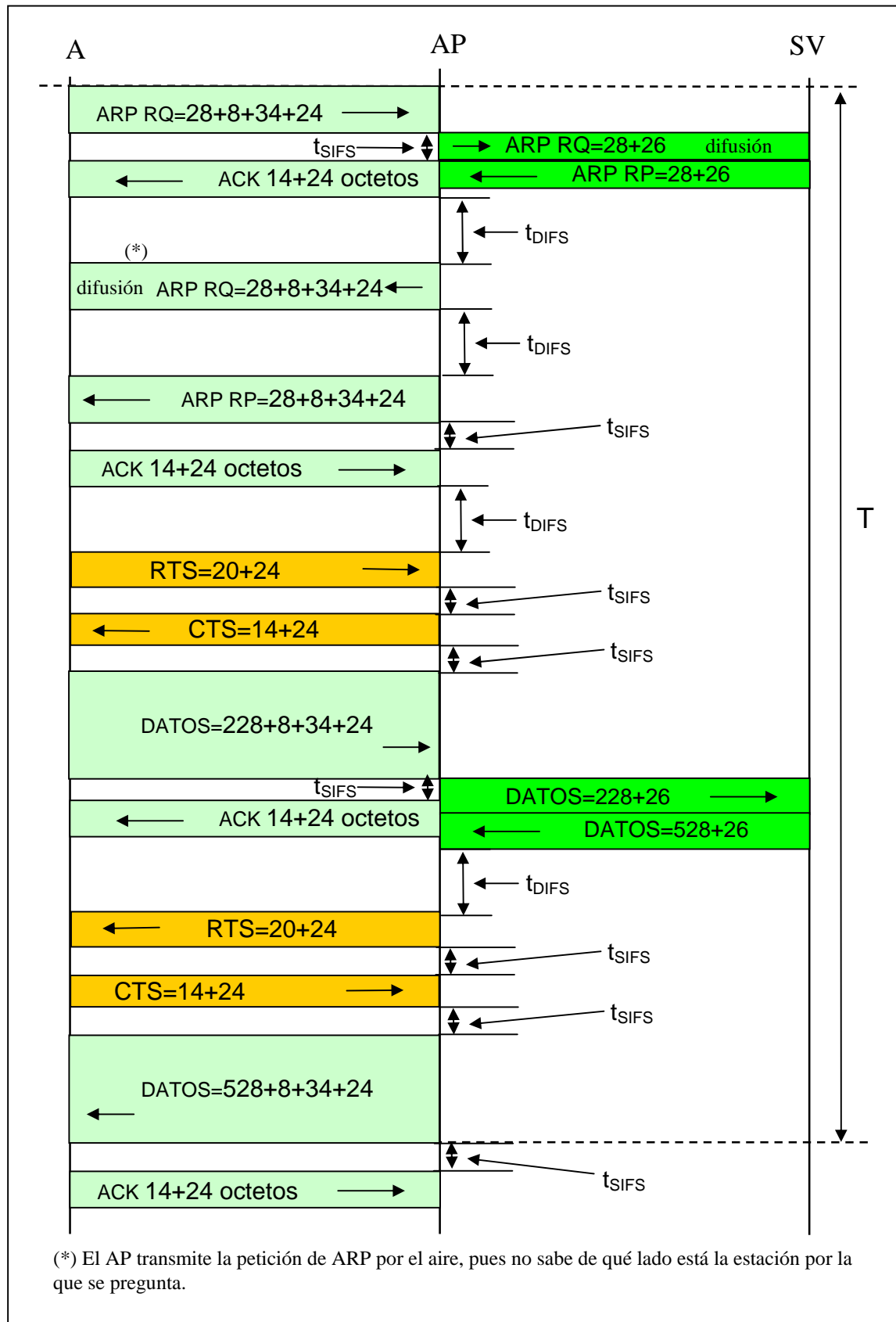
A y B son estaciones inalámbricas, incorporan por debajo de la capa IP LLC+SNAP, lo mismo le ocurre al lado inalámbrico del Punto de acceso.

2, 3 y 4) Cronogramas a nivel de aplicación, transporte e IP.



Aplicación 200 octetos. Transporte = $200 + 8 = 208$ octetos. Red (IP) = $208 + 20 = 228$ octetos
 Aplicación 500 octetos. Transporte = $500 + 8 = 508$ octetos. Red (IP) = $508 + 20 = 528$ octetos

5) Cronograma a nivel físico, los números están expresados en octetos:



No se ha dibujado el tiempo t_{DIFS} que ha de permanecer el medio libre antes de transmitir la primera trama de datos la estación A.

El primer ARP RQ que transmite A se lo hace llegar al punto de acceso para que lo difunda. Las tramas inalámbricas que encapsulan paquetes ARP son tramas de datos en la inalámbrica. Como la longitud del ARP RQ es de $28+8+34=70$ octetos a nivel MAC y el RTS-THER (A) es de 100 octetos no utilizará RTS. La vuelta o respuesta del ARP desde el SV llega al AP y lo transmitirá al aire sin usar RTS ya que su RTS-THER (AP) es de 500 octetos, mucho mayor que el tamaño del paquete ARP.

La estación A transmite 200 octetos a nivel de aplicación que son $228+8+34=270$ a nivel MAC. Como supera el umbral de la estación utilizará RTS. La respuesta de vuelta del servidor de 500 octetos se convierten en el AP en $528+8+34=570$ octetos mayor que el RTS-THER(AP) que es 500, el AP utilizará RTS. Para el cálculo que permite saber si la estación o el AP utilizarán el RTS; se ha tenido en cuenta que el THERESHOLD se considera a nivel MAC.

Longitud del ARP en el aire: $28 + 8 + 34 + 24 = 94$ octetos === 752 bits

Longitud del ACK en el aire: $14 + 24 = 38$ octetos ===== 304 bits

Longitud del RTS en el aire: $20 + 24 = 44$ octetos =====352 bits

Longitud del CTS en el aire: $14 + 24 = 38$ octetos ===== 304 bits

Longitud de datos que envía A en el aire: $228 + 8 + 34 + 24 = 298$ octetos ===== 2352 bits

Longitud de la trama de A cuando está en el cable: $228 + 26 = 254$ octetos == 2032 bits

Longitud de la trama de datos del servidor, en el cable: $528 + 26 = 554$ octetos == 4432 bits

Longitud de la trama del servidor en el aire: $528 + 8 + 34 + 24 = 594$ octetos === 4752 bits

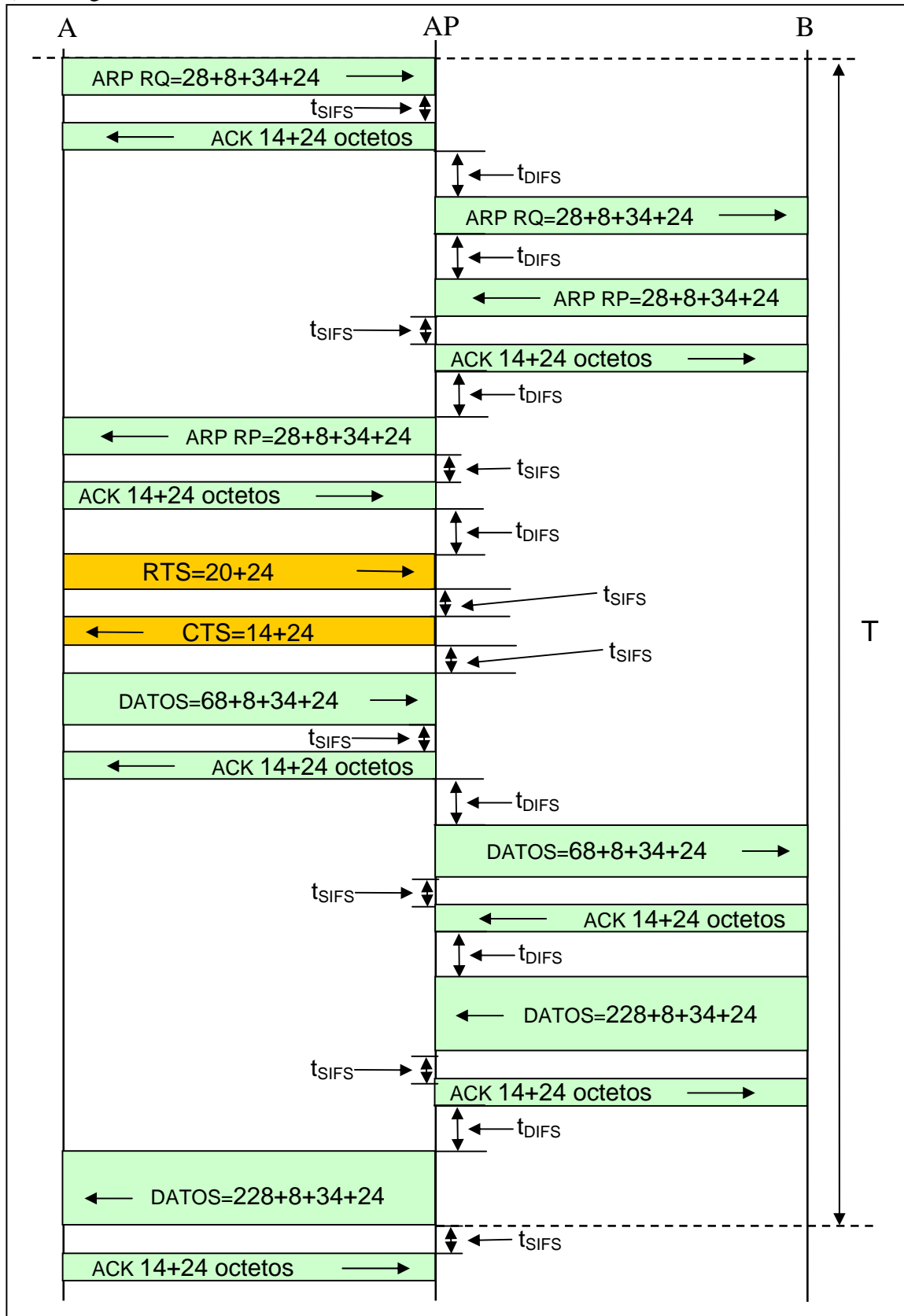
Para el cálculo del tiempo calcularemos el tiempo en el lado del aire hasta el final de la transmisión de la trama de datos por la estación A. Luego le sumaremos los dos tiempos de transmisión de las tramas de datos en el cable y volveremos al aire para terminar de sumar los tiempos.

$T = t_{ARP} + t_{sifs} + t_{ACK} + t_{difs} + t_{ARP} + t_{difs} +$
 $+ t_{ARP} + t_{sifs} + t_{ACK} + t_{difs} + t_{RTS} + t_{sifs} +$
 $+ t_{CTS} + t_{sifs} + t_{datos \text{ en el aire}} + t_{datos \text{ en el cable}} + t_{respuesta \text{ datos en el cable}} + t_{difs} +$
 $+ t_{RTS} + t_{sifs} + t_{CTS} + t_{sifs} + t_{datos \text{ en el aire}}$

$T = 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 752 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s +$
 $+ 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s +$
 $+ 304 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 2352 / 11 \cdot 10^6 + 2032 / 100 \cdot 10^6 + 4432 / 100 \cdot 10^6 + 50 \mu s +$
 $+ 352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 4752 / 11 \cdot 10^6 =$

$= 68,36 + 10 + 27,63 + 50 + 68,36 + 50 +$
 $+ 68,36 + 10 + 27,63 + 10 + 32 + 10 +$
 $+ 27,63 + 10 + 213,81 + 20,32 + 44,32 + 50 +$
 $+ 32 + 10 + 27,63 + 10 + 432 = 1310,05 \mu s \text{ segundos}$

b) Cronograma a nivel físico, números en octetos:



En este caso solo la estación A utilizará RTS, ni el AP ni B lo activarán, pues los valores de sus tamaños de tramas están por debajo de los umbrales. Como las estaciones no hacen difusiones, cuando una estación necesita hacer un ARP se lo envía al AP y éste lo difunde. Obviamente nadie le puede hacer el ACK. Las tramas de difusión no se asienten con ACK's. Es el caso del ARP que hace la estación A que llega al AP y lo difunde. Las demás transferencias son las típicas en un intercambio inalámbrico si se tiene en cuenta que solo la estación A utiliza el RTS, para los tamaños de tramas que se manejan en el ejemplo.

Longitud del ARP en el aire: $28 + 8 + 34 + 24 = 94$ octetos === 752 bits

Longitud del ACK en el aire: $14 + 24 = 38$ octetos ===== 304 bits

Longitud del RTS en el aire: $20 + 24 = 44$ octetos ===== 352 bits

Longitud del CTS en el aire: $14 + 24 = 38$ octetos ===== 304 bits

Longitud de la trama de A en el aire: $68 + 8 + 24 + 34 = 134$ octetos ===== 1072 bits

Longitud de la trama de B en el aire: $228 + 8 + 34 + 24 = 294$ octetos ===== 2352 bits

$T = t_{ARP} + tsifs + t_{ARP} + tdifs + t_{ARP} + tdifs +$
 $+ t_{ARP} + tsifs + t_{ACK} + tdifs + t_{ARP} + tsifs +$
 $+ t_{ACK} + tdifs + t_{RTS} + tsifs + t_{CTS} + tsifs +$
 $+ t_{datos} + tsifs + t_{ACK} + tdifs + t_{datos} + tsifs +$
 $+ t_{ACK} + tdifs + t_{datos} + tsifs + t_{ACK} +$
 $+ tdifs + t_{datos}$

$T = 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 752 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s +$
 $+ 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 752 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s +$
 $+ 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s +$
 $+ 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s +$
 $+ 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu s + 2352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu s + 304 / 11 \cdot 10^6 +$
 $+ 50 \mu s + 2352 / 11 \cdot 10^6 =$

$= 68,36 + 10 + 68,36 + 50 + 68,36 + 10 +$
 $+ 68,36 + 10 + 27,63 + 10 + 68,36 + 10 +$
 $+ 27,63 + 50 + 32 + 10 + 27,63 + 10 +$
 $+ 97,45 + 10 + 27,63 + 50 + 97,45 + 10 +$
 $+ 27,63 + 50 + 27,63 + 50 + 213,82 + 10 + 27,63 +$
 $+ 50 + 213,82 =$

$= 1589,75 \mu\text{segundos}$

ooooooooooooOOOOOOOOOOOOOOoooooooooooo