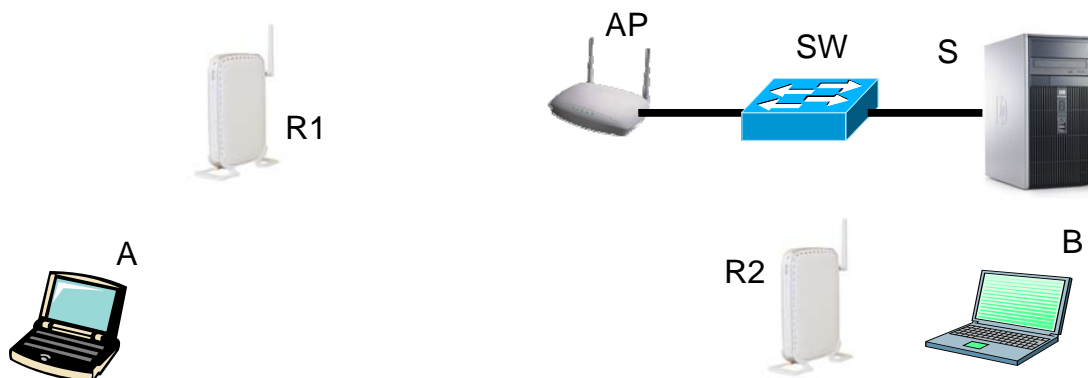


2011-06-14-01-S01

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, el Punto de Acceso AP y los Repetidores Universales R1 y R2 forman una red inalámbrica. El AP está conectado por una red de cable 100 BASE-T (100 Mbps, en full duplex) a un switch ethernet (SW) y a un servidor S, también a 100 Mbps en full duplex.

Debido a que la distancia física entre A y el AP y entre B y el AP es grande y no hay buen alcance radioeléctrico, se han dispuesto, en un lugar intermedio, los repetidores universales R1 y R2. El funcionamiento de los repetidores universales es bien sencillo. Funcionan como una estación y un punto de acceso. Por el lado estación se asocia al AP principal. Por el lado punto de acceso permite que las estaciones se le asocien a él como si fuera otro punto de acceso más de la red. A estos efectos los canales radioeléctricos de R1, R2 y de AP son el mismo (así no puede haber pérdidas de tramas) y el SSID (el identificador de la red) que difunden R1 y R2 en las balizas es el mismo que el que difunde el AP principal. Así R1 funciona recogiendo las tramas de A, almacenándolas y retransmitiéndolas al AP, conteniendo por el medio como una estación más. Igualmente ocurre con las tramas del AP que son recogidas por el R1, las almacena y las retransmite a A. Idem para R2. En lo sucesivo supondremos siempre, que R1 y R2, por su lado estación, ya están asociados al AP. En este contexto tenemos que las máquinas A, B y S, 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), que está asociado al R1, envía 200 octetos de aplicación (cabecera incluida) al servidor (S), el servidor S, 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 llenas. El valor de RTS Threshold de todos los equipos, con interfaz inalámbrico es: 2347 octetos.

- 1) Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación anterior. (0,2 p)
- 2) Dibuje el cronograma a nivel de aplicación de la transferencia enunciada anteriormente. (0,1 p)

- 3) Dibuje el cronograma a nivel de transporte. (0,1 p)
 - 4) Dibuje el cronograma a nivel IP. (0,1 p)
 - 5) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia. (0,8 p)
 - 6) Calcule el tiempo total empleado en realizarla. (0,7)
- b) En una segunda fase, la máquina A (asociada a R1) envía a la máquina B (asociada a R2) 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 A y B están también llenas. Los valores de RTS-THS son los mismos que en el apartado anterior.
- 1) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia. (2,0 p)
 - 2) Calcule el tiempo total empleado en realizarla. (1,0 p)

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, RU 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:

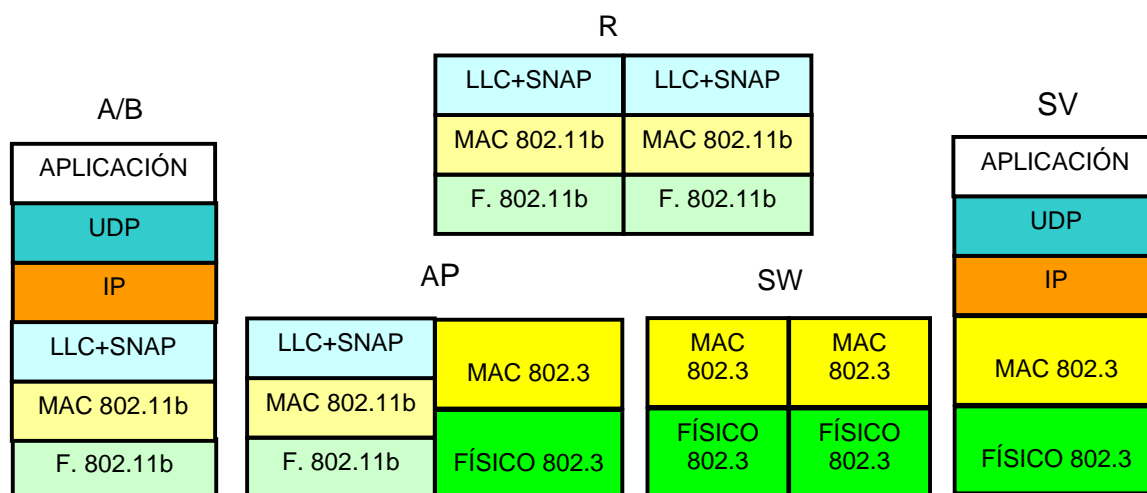
- La red es una 802.11b. Suponga, por facilidad de cálculo, que todos los bits a nivel físico se transmiten a 11Mbps (aunque debe saber que el preámbulo PLCP y la cabecera PLCP se transmiten siempre en 192 μ segundos; es decir: siempre a 1 Mbps).
- El parámetro RTS Threshold de todos los equipos inalámbricos es de 2347 octetos. El valor de RTS Threshold hace referencia al tamaño total de la trama a nivel MAC.
- El portátil A está asociado al R1 y el portátil B a R2.
- 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:
 $t_{SIFS}=10 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas).
 $t_{DIFS}=50 \mu$ sg (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

ooooooooooooOOOOOOOOOOOOOOoooooooooooo

SOLUCIÓN

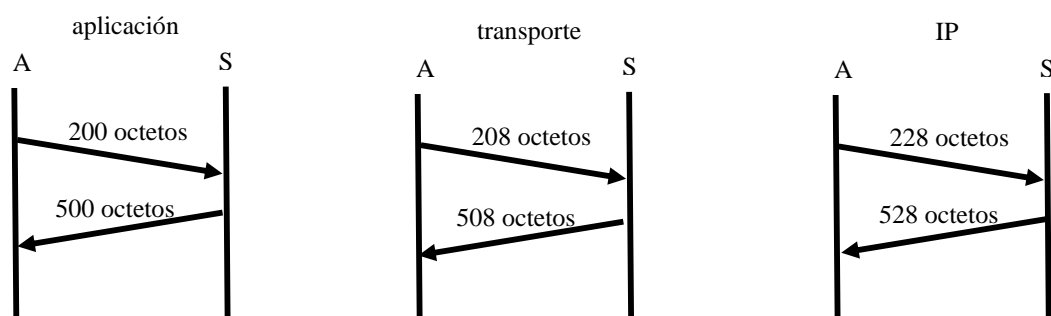
a)

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



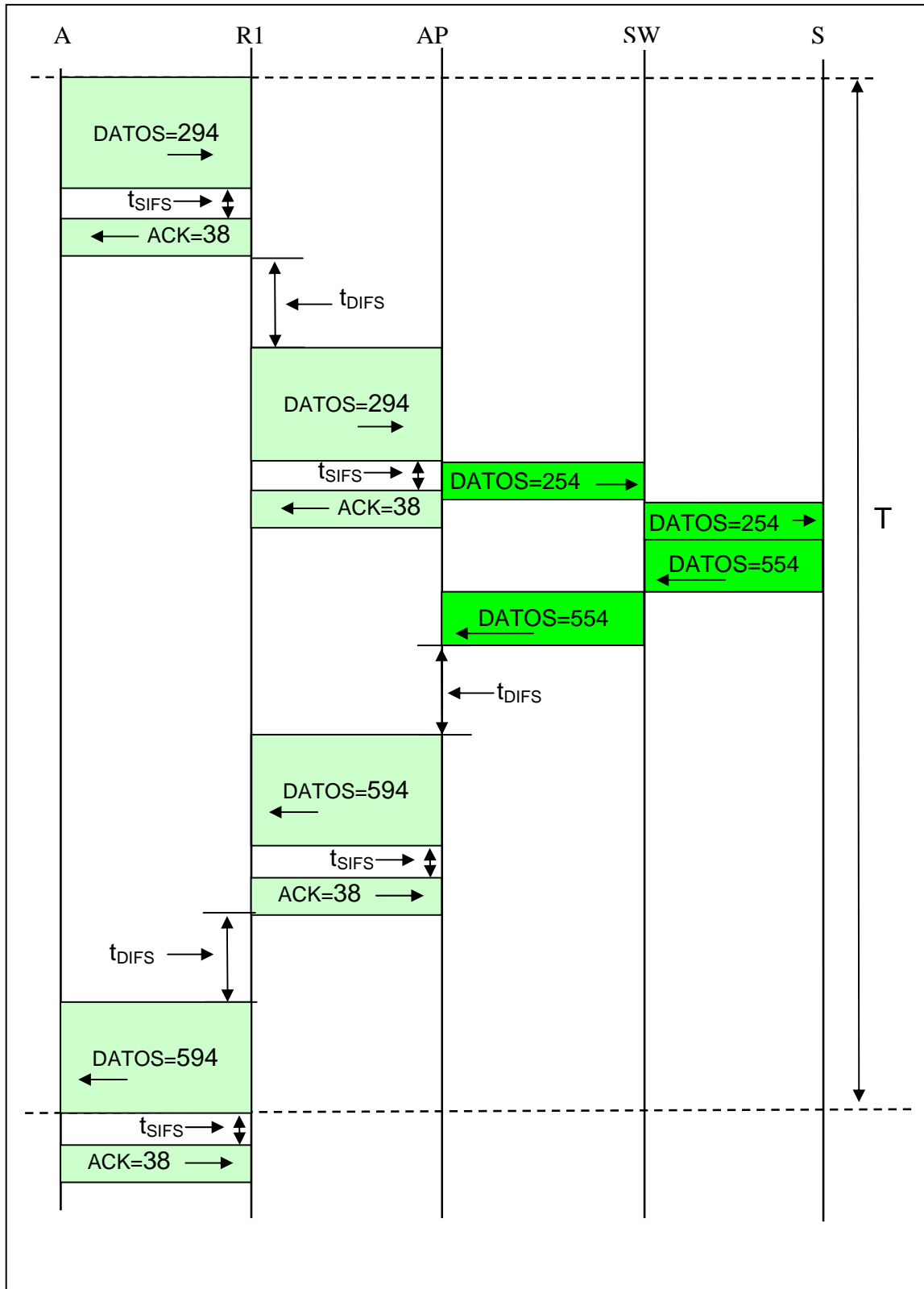
A y B son estaciones inalámbricas, incorporan por debajo de la capa IP LLC+SNAP, lo mismo le ocurre al lado inalámbrico del Punto de acceso. Los repetidores universales funcionan como una estación (hasta su nivel LLC+SNAP) y como un AP.

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:



6) Explicación del cronograma y cálculo de tiempos:

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.

Como la longitud del RTS-THRESHOLD de todas las estaciones es mayor que la longitud máxima de trama, ninguna estación ni el R1, ni el AP utilizarán en ningún caso RTS/CTS.

La estación A transmite 200 octetos a nivel de aplicación que son $228+8+34=270$ a nivel MAC. La respuesta de vuelta del servidor de 500 octetos se convierten en el AP en $528+8+34=570$ octetos.

Longitud de datos que envía A en el aire: $228 + 8 + 34 + 24 = 294$ octetos === 2352 bits

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

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

Longitud de datos que envía A en el cable: $228 + 26 = 254$ octetos === 2032 bits

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

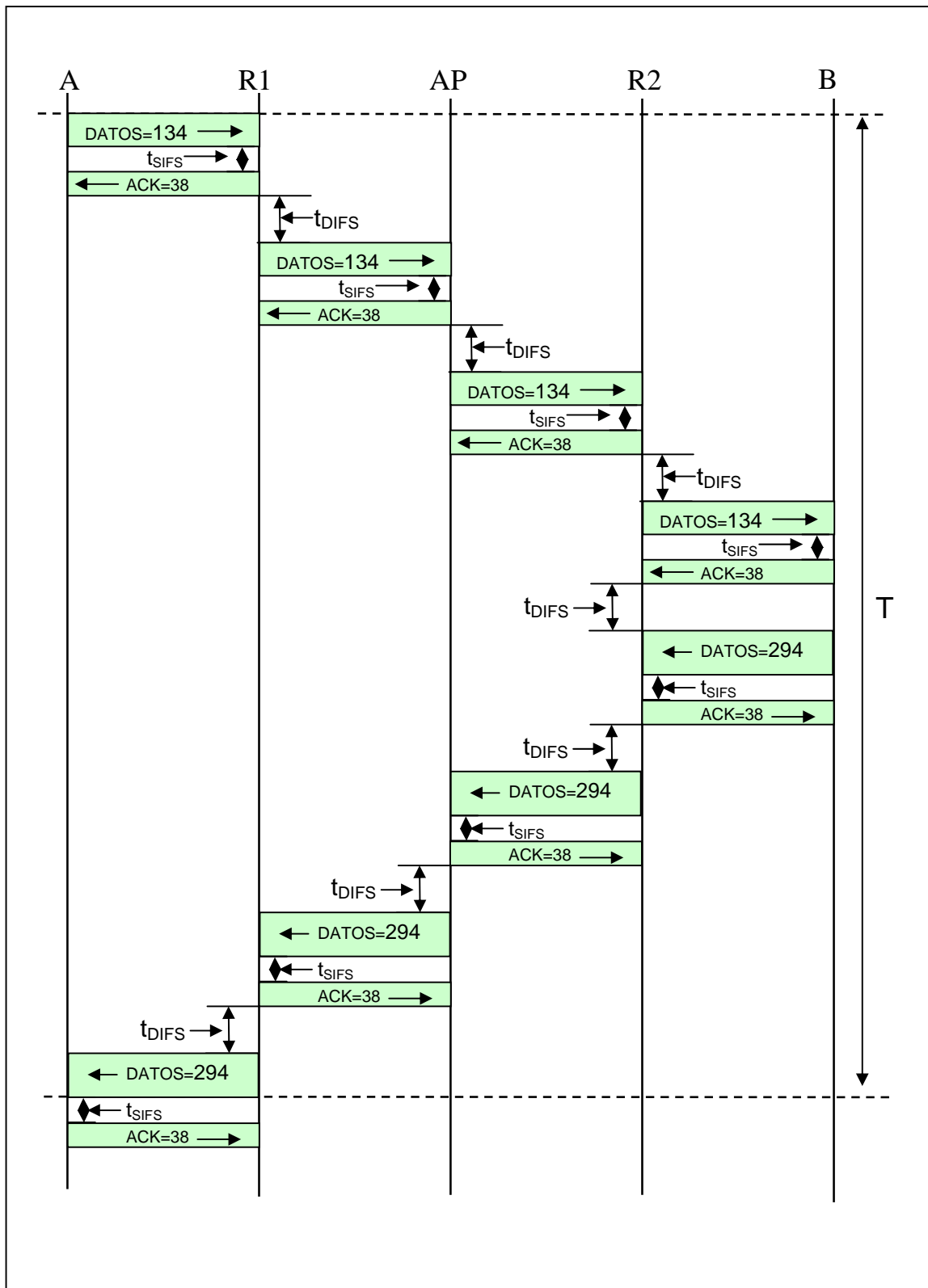
Para el cálculo del tiempo calcularemos el tiempo en el lado del aire hasta el final de la transmisión de la trama de datos por el R1. Luego le sumaremos los dos tiempos de transmisión de las tramas de datos en el cable y volveremos al aire para terminar de sumar los tiempos.

$T = t_{datosA \text{ en el aire}} + t_{sifs} + t_{ack} + t_{difs} + t_{datosA \text{ en el aire}} + t_{datosA \text{ en el cable}} +$
 $+ t_{datosA \text{ en el cable}} + t_{datosS \text{ en el cable}} + t_{datosS \text{ en el cable}} + t_{difs} +$
 $+ t_{datosS \text{ en el aire}} + t_{sifs} + t_{ack} + t_{difs} + t_{datosS \text{ en el aire}} =$

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

$$= 213,81 + 10 + 27,63 + 50 + 213,81 + 20,32 +$$
$$+ 20,32 + 44,32 + 44,32 + 50 +$$
$$+ 432 + 10 + 27,63 + 50 + 432 = 1646,16 \mu\text{segundos}$$

b) Cronograma a nivel físico, números en octetos:



En este caso ninguna estación ni el R1 ni R2, ni el AP utilizarán RTS. Las transferencias son las típicas en un intercambio inalámbrico.

Longitud del ACK 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

$T = t_{\text{datosA}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosA}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosA}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosA}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosB}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosB}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosB}} + t_{\text{sifs}} + t_{\text{ACK}} + t_{\text{difs}} +$
 $+ t_{\text{datosB}}$

$T = 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 1072 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 2352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 2352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 2352 / 11 \cdot 10^6 + 10 \mu\text{s} + 304 / 11 \cdot 10^6 + 50 \mu\text{s} +$
 $+ 2352 / 11 \cdot 10^6$

$T = 97,45 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 97,45 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 97,45 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 97,45 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 213,81 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 213,81 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 213,81 + 10 + 27,63 + 50 +$
 $+ 213,81 =$

$= 1858,45 \mu\text{segundos}$

ooooooooooooOOOOOOOOOOOOOOoooooooooooo