

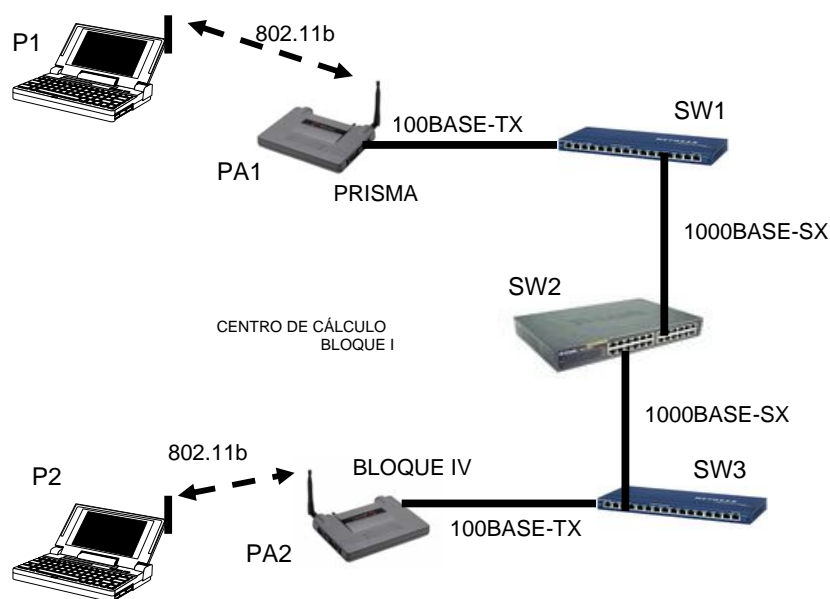
2005-09-16-01-S01

Dos estudiantes de redes de la E.U.I. acceden a la red inalámbrica de ésta mediante sus ordenadores portátiles. Uno de ellos se encuentra en la cafetería de la escuela y el otro en el césped de delante de la entrada a la escuela, cerca de la puerta del Bloque IV.

Ambos van a establecer una conexión entre sus portátiles y en principio van a jugar en red y hablar entre ellos con una aplicación de voz sobre IP. Todas las aplicaciones de comunicaciones irán soportadas sobre la arquitectura de comunicaciones TCP/IP. Así mismo considere que los portátiles están en la misma red IP.

Con el fin de poder analizar las comunicaciones y los protocolos empleados en la comunicación que establecerán ambos, nos centraremos en el siguiente dibujo que explica la topología de red (de forma simplificada) que utilizarán para realizar el proceso. El portátil de uno de los estudiantes está asociado a un punto de acceso (PA1) del “Edificio Prisma” y el del otro está asociado a un punto de acceso (PA2) del Bloque IV. Ambas asociaciones utilizarán el protocolo 802.11b.

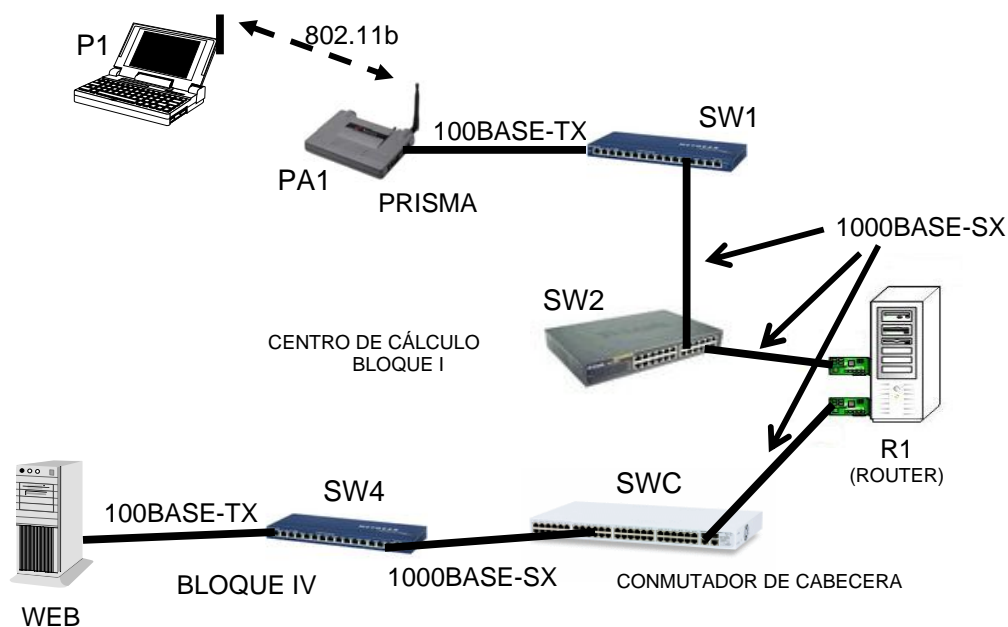
Como se observa en el dibujo, entre los puntos de acceso y el switch respectivo hay una ethernet a 100 Mbps (100BASE-TX), con cable UTP categoría 5. La comunicación entre el switch del bloque IV (SW3) y el switch de Edificio Prisma (SW1) se realiza por sendas fibras ópticas (1000BASE-SX) que enlazan con un switch (SW2) del centro de cálculo (Bloque I). La velocidad de transmisión de esas fibras con los conmutadores es de (1000 Mbps) Gigabit Ethernet.



- a) Para realizar un estudio de la transmisión en la red supongamos que el portátil P1 envía 24 octetos de aplicación (cabecera de aplicación incluida) al portátil P2. Éste le devuelve una respuesta de 224 octetos a nivel de aplicación (cabecera de aplicación incluida). Considere que el protocolo de aplicación se apoya en UDP como protocolo de transporte. Considere que las tablas de aprendizaje de los conmutadores y Puntos de Acceso están completas y las tablas ARP de los portátiles están llenas. Y teniendo en cuenta las demás consideraciones que se indican al final del enunciado:

- 1) (0,2 p) Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos implicados en la comunicación anterior.
- 2) (0,1 p) Dibuje el cronograma a nivel IP de la transferencia enunciada anteriormente.
- 3) (0,3 p) Indique el tamaño de las tramas a nivel físico en cada uno de los medios que unen los dispositivos, es decir: Tamaño de trama para la inalámbrica, tamaño en las 100BASE-TX y tamaño en las 1000BASE-SX.
- 4) (1,5 p) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia.
- 5) (1,0 p) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

La red inalámbrica de la E.U.I está aislada de Internet por un dispositivo que requiere autorización de usuario para salir a Internet. Suponga que el dispositivo que realiza tal función es un router (R1). El estudiante del portátil P1 desea consultar una WEB de departamento (Situada en el BLOQUE IV) y está autorizado para la salida a Internet, a la red cableada y pública de la escuela. En este caso el nuevo esquema topológico (simplificado) quedaría como se ve en la siguiente figura.



Los datagramas del portátil P1 autorizados por el router R1 son encaminados a la red cableada, en este caso a un conmutador de cabecera (SWC) situado en el BLOQUE I y luego por una fibra 1000BASE-SX a un conmutador del BLOQUE IV (SW4). La conexión al servidor WEB se realiza por un par trenzado a 100 Mbps. Aquí solo vamos a considerar la transmisión de una página web desde el servidor WEB al portátil P1, dejando de lado otras consideraciones (realmente el router hace translación de direcciones IP. El portátil adquiere su dirección IP por DHCP...etc). Se considerará que todas las tablas de aprendizaje de los conmutadores y punto de acceso están establecidas y llenas. Las tablas ARP de todos los dispositivos están completas.

b) Para realizar un estudio de la transmisión en la red supongamos que el servidor WEB envía en un único mensaje de 1200 octetos de aplicación (cabecera de aplicación incluida) al portátil P1. El envío se realiza utilizando como protocolo de transporte TCP. Teniendo en cuenta las demás consideraciones que se indican al final del enunciado:

- 1) (0,2 p) Dibuje la torre de protocolos de los dispositivos P1, Router R1 y WEB.
- 2) (0,1 p) Dibuje el cronograma a nivel de aplicación de la transmisión de la página web de 1200 octetos.
- 3) (0,1 p) Dibuje el cronograma a nivel de transporte, indicando el tamaño del segmento.
- 4) (0,2 p) Dibuje el cronograma a nivel IP indicando el tamaño del datagrama.
- 5) (0,8 p) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia, indicando los tamaños de las tramas en todos los medios de la red.
- 6) (0,5 p) Calcule el tiempo total empleado en realizarla.

Datos y consideraciones:

La velocidad en la ethernet con 100BASE-TX se establece a 100 Mbps.

La velocidad en la ethernet con 1000BASE-SX se establece a 1000 Mbps.

El tiempo de proceso y conmutación es despreciable en host, routers y conmutadores.

Suponga que no existen opciones en las cabeceras TCP ni IP.

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

La capa MAC+ física de ethernet introduce 26 octetos.

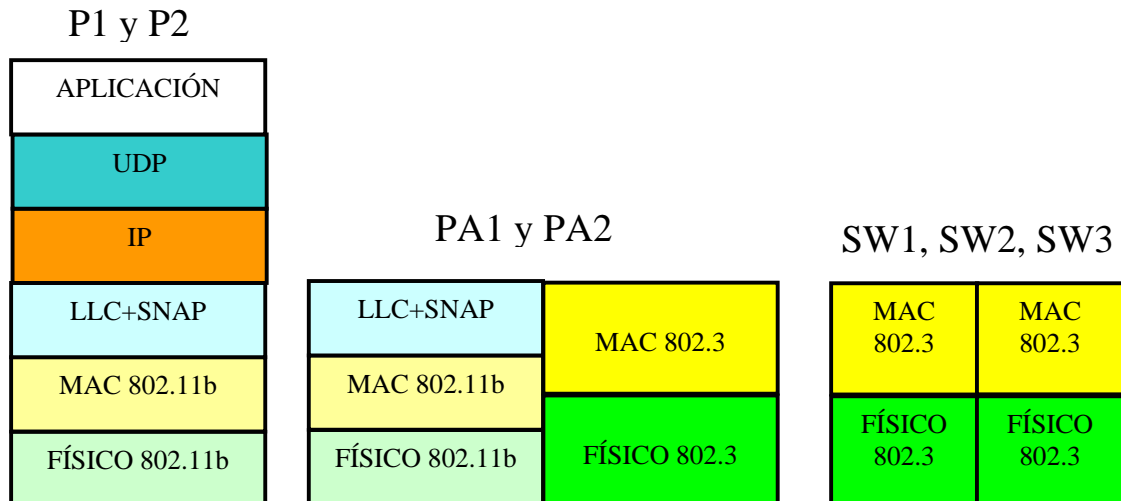
Considere que en la red inalámbrica:

- 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).
- Se utiliza RTS/CTS.
- Los portátiles están siempre asociados a sus respectivos puntos de acceso.
- No hay fragmentación a nivel MAC 802.11b.
- 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 sg (tiempo de espera de intervalo corto entre tramas) y t_{DIFS} =50 μ sg (tiempo de espera de intervalo distribuido entre tramas).

SOLUCIÓN

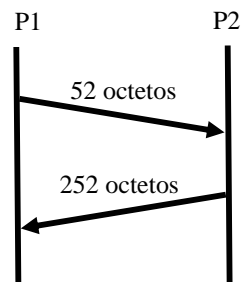
a)

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



2) Cronograma IP de la transferencia:

Cronograma a nivel IP



El portátil P1 envía 24 octetos de aplicación a los que hay que sumar los 8 de UDP y los 20 de IP. Esto hacen 52 octetos a nivel IP desde P1 a P2. No hay ningún dispositivo intermedio con capa IP, por tanto no aparece en el cronograma.

El portátil P2 envía 224 octetos de aplicación a los que hay que sumar los 8 de UDP y los 20 de IP. Son 252 octetos en total.

3) Indicar el tamaño de las tramas a nivel físico:

Para el envío de 24 octetos de P1 a P2 tendremos:

En el portátil P1:

CAPA	OCTETOS	BITS
Aplicación (24)	24	192
Transporte (+8)	32	256
IP (+20)	52	416
LLC+SNAP (+8)	60	480
MAC 802.11b (+34)	94	752
Físico 802.11b (+24)	118	944

Entre el P1 y el PA1 la trama tendrá 944 bits a nivel Físico (802.11b).

El punto de acceso PA1 recogerá la trama 802.11b y la retransmitirá por el cable en la ethernet cableada (802.3). En la 802.3 los niveles MAC y físico son distintos, además no incorpora LLC+SNAP. El punto de acceso, por su lado ethernet recibe 52 octetos, la capa MAC (802.3) le incorpora 18 octetos y la capa física (802.3) 8 octetos. La trama queda, a nivel físico de 78 octetos de longitud o de 624 bits. Esto es entre el PA1 y el SW1.

Entre el switch SW1 y el SW2 hay Gigabit ethernet. El formato de trama es idéntico y la longitud de las tramas es la misma. Lo mismo ocurre entre SW2 y SW3. Hay que destacar que los SW1-SW2-SW3 están unidos por fibra por tanto estarán en full-duplex (una fibra para transmitir otra para recibir); tendrán deshabilitado el protocolo CSMA-CD, ya que no se pueden producir colisiones. En estas condiciones no existe tamaño mínimo de trama ethernet ya que éste se establece para poder detectar colisiones. Y evidentemente no tiene sentido hablar de extensión de portadora en la Gigabit ethernet.

Entre SW3 y PA2 el tamaño de trama será idéntico a 624 bits.

Entre PA2 y el P1 se vuelven a encapsular los 52 octetos recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b lo que produce otra vez 118 octetos o 944 bits a nivel físico.

Para el envío de 224 octetos de P2 a P1 tendremos:

En el portátil P1:

CAPA	OCTETOS	BITS
Aplicación (224)	224	1792
Transporte (+8)	232	1856
IP (+20)	252	2016
LLC+SNAP (+8)	260	2080
MAC 802.11b (+34)	294	2352
Físico 802.11b (+24)	318	2544

Entre el P2 y el PA2 la trama tendrá 2544 bits a nivel Físico (802.11b).

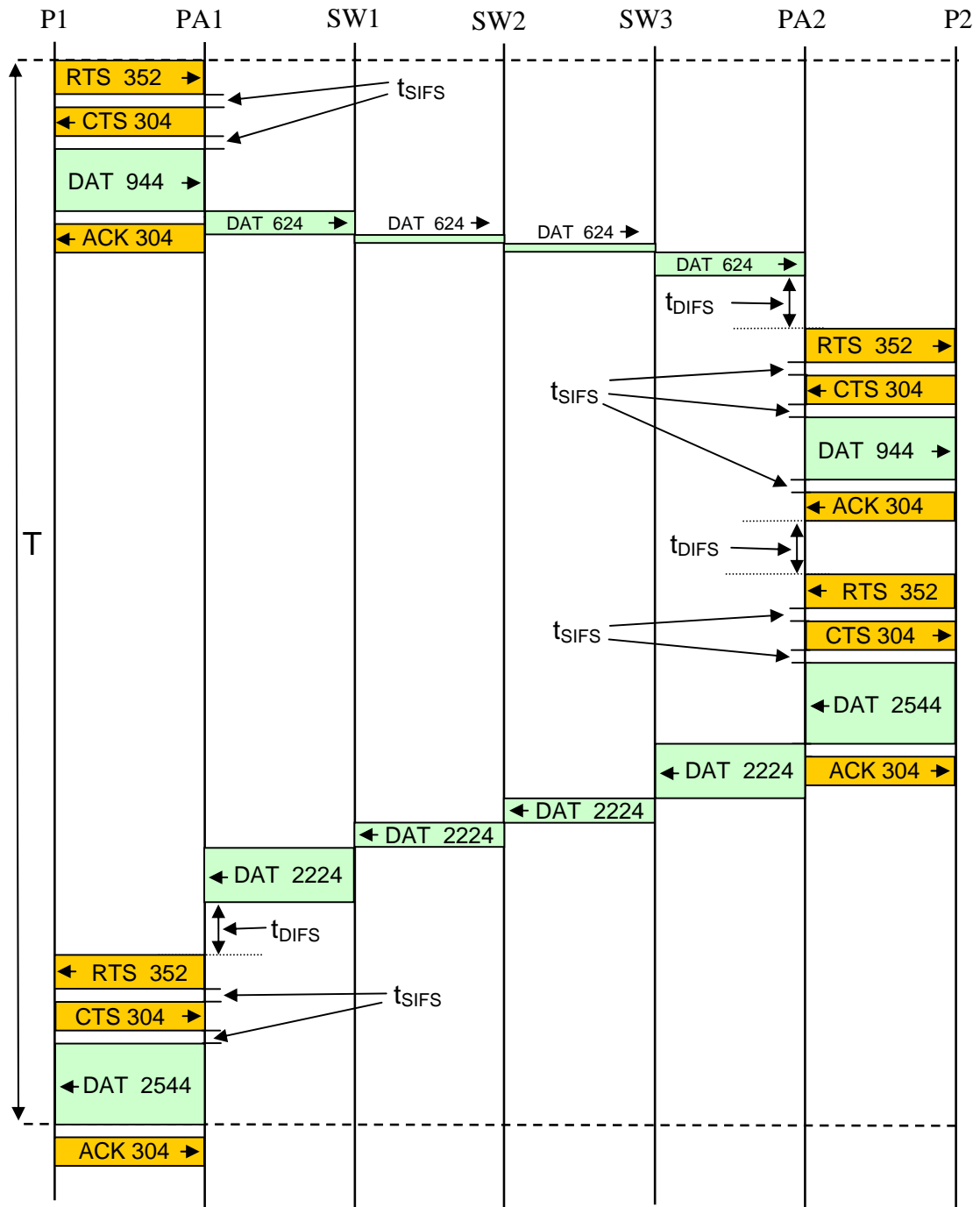
El punto de acceso PA2 recogerá la trama 802.11b y la retransmitirá por el cable en la ethernet cableada (802.3). En la 802.3 los niveles MAC y físico son distintos, además no incorpora LLC+SNAP. El punto de acceso, por su lado ethernet recibe 252 octetos, la capa MAC (802.3) le incorpora 18 octetos y la capa física (802.3) 8 octetos. La trama queda, a nivel físico de 278 octetos de longitud o de 2224 bits. Esto es entre el PA2 y el SW3.

Entre el switch SW3 y el SW2 hay Gigabit ethernet. El formato de trama es idéntico y la longitud de las tramas es la misma. Lo mismo ocurre entre SW2 y SW1. Hay que destacar que los SW1-SW2-SW3 están unidos por fibra por tanto estarán en full-duplex (una fibra para transmitir otra para recibir). Así tendrán deshabilitado el protocolo CSMA-CD, ya que no se pueden producir colisiones. En estas condiciones no existe tamaño mínimo de trama ethernet ya que éste se establece para poder detectar colisiones. Y evidentemente no tiene sentido hablar de extensión de portadora en la Gigabit ethernet.

Entre SW1 y PA1 el tamaño de trama será idéntico a 2224 bits.

Entre PA1 y el P1 se vuelven a encapsular los 252 octetos recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b lo que produce otra vez 318 octetos o 2544 bits a nivel físico.

4) Dibuje el cronograma a nivel físico de la transferencia:



RTS: Request to send. CTS: Clear to send. DAT: Datos. ACK: Acknowledgement

Comentarios al cronograma anterior:

- No se ha dibujado el tiempo t_{DIFS} que ha de permanecer el medio libre antes de transmitir la primera trama de datos el portátil P1.
- Todos los números que aparecen en las tramas del cronograma son bits a nivel físico.
- El cronograma es autoexplicativo en cuanto a tiempos. Los tiempos de transmisión de las tramas están a aproximadamente a escala.

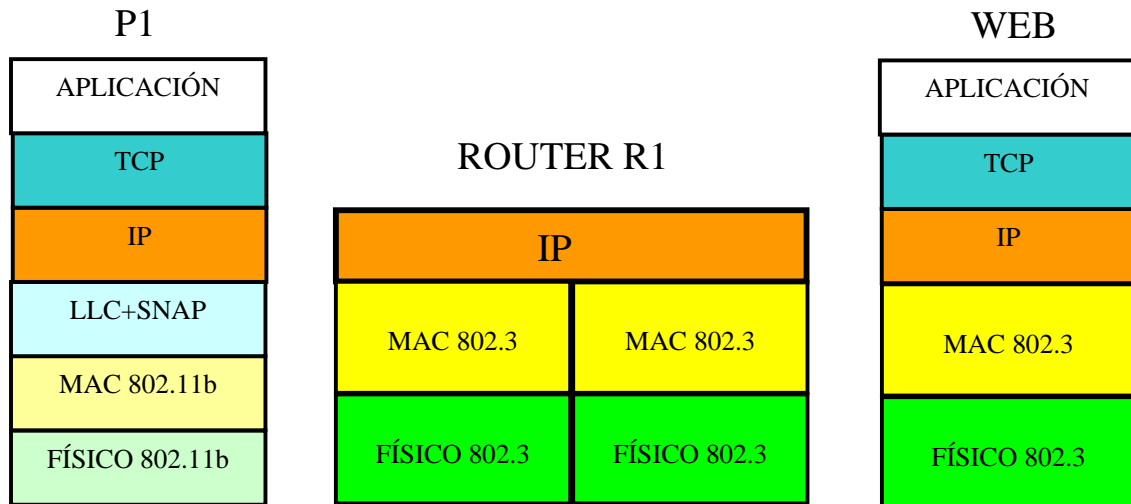
El cálculo del tiempo es sencillo:

T = tiempo de transmisión de 4 tramas RTS + tiempo de transmisión de 4 tramas CTS + 9 tiempos cortos t_{SIFS} + 3 tiempos largos t_{DIFS} + 1 tiempo de transmisión de una trama ACK + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 944 bits a 11 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 2544 bits a 11 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 624 bits a 100 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 624 bits a 1000 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 2224 bits a 100 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 2224 bits a 1000 Mbps =

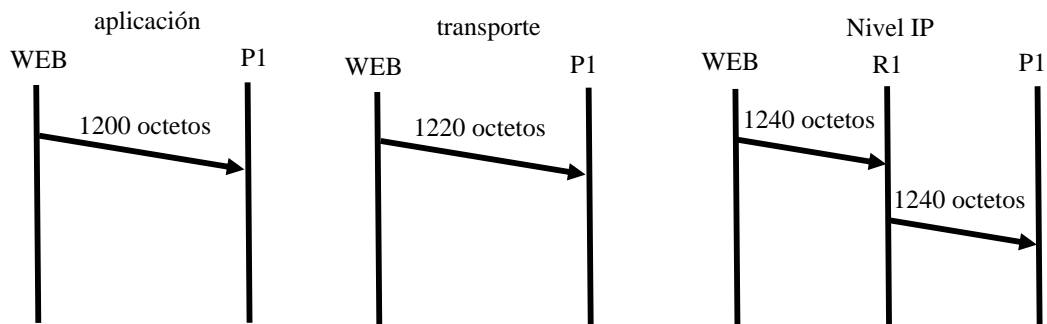
$$\begin{aligned} &= 4 \cdot 352 / 11 \cdot 10^6 + 4 \cdot 304 / 11 \cdot 10^6 + 9 \cdot 10 \mu\text{sg} + 3 \cdot 50 \mu\text{sg} + \\ &+ 304 / 11 \cdot 10^6 + 2 \cdot 944 / 11 \cdot 10^6 + 2 \cdot 2544 / 11 \cdot 10^6 + \\ &+ 2 \cdot 624 / 100 \cdot 10^6 + 2 \cdot 624 / 1000 \cdot 10^6 + \\ &+ 2 \cdot 2224 / 100 \cdot 10^6 + 2 \cdot 2224 / 1000 \cdot 10^6 = \\ &= 128 \mu\text{sg} + 110,55 \mu\text{sg} + 90 \mu\text{sg} + 150 \mu\text{sg} + \\ &+ 27,63 \mu\text{sg} + 171,63 \mu\text{sg} + 462,55 \mu\text{sg} + \\ &+ 12,48 \mu\text{sg} + 1,25 \mu\text{sg} + \\ &+ 44,48 \mu\text{sg} + 4,45 \mu\text{sg} = 1203,02 \mu\text{sg} = 1,2 \text{msg} \end{aligned}$$

b)

1) Torres de protocolos de P1, R1 y WEB.



2) Cronograma a nivel de aplicación. 3) cronograma a nivel de transporte. 4) Cronograma a nivel IP.



Aplicación 1220 octetos. Transporte = $1200 + 20 = 1220$ octetos. Red (IP) = $1220 + 20 = 1240$ octetos

5) Cronograma a nivel físico:

Vamos a calcular los tamaños de trama en todos los segmentos de red.

Para el envío de 1200 octetos de WEB a P1 tendremos:

En el WEB

CAPA	OCTETOS	BITS
Aplicación (1200)	1200	9600
Transporte (+20)	1220	9760
IP (+20)	1240	9920
MAC 802.3(+18)	1258	10064
Físico 802.3 (+8)	1266	10128

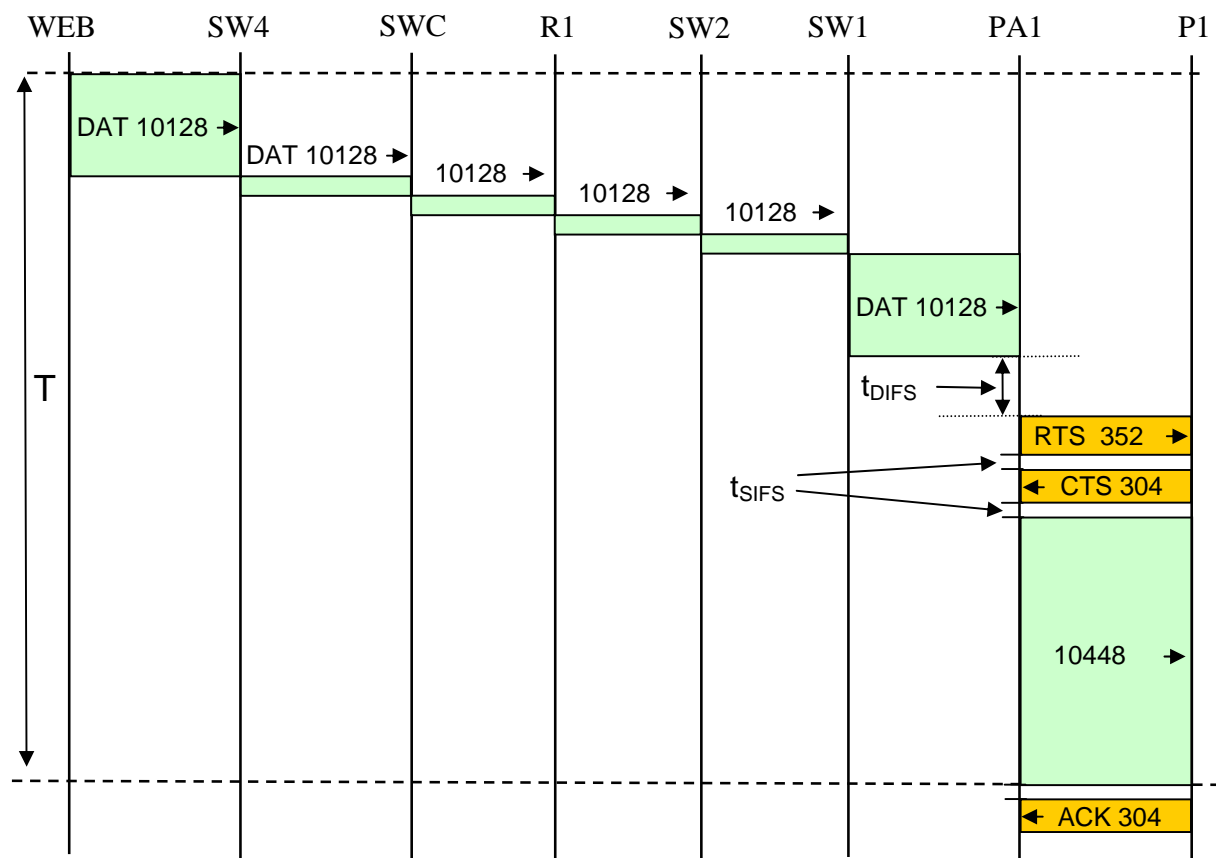
Entre el WEB y el SW4 la trama tendrá 10128 bits a nivel Físico (802.3).

Entre el switch SW4 y el SWC hay Gigabit ethernet. El formato de trama es idéntico y la longitud de las tramas es la misma. Lo mismo ocurre entre SWC y el ROUTER (R1). Y lo mismo entre R1 y SW2 y entre SW2 y SW1.

En todos los segmentos ethernet el tamaño de trama será siempre de 10128 bits, lo que variará será la velocidad en cada segmento.

Entre PA1 y el P1 se vuelven a encapsular los 1240 octetos recibidos por el lado 802.3 en LLC+SNAP y en MAC y físico de la 802.11b lo que produce:

$1240+8+34+24 = 1306$ octetos que se traducen en 10448 bits a nivel físico 802.11b.



Cálculo del tiempo:

$T =$ tiempo de transmisión de 1 trama RTS + tiempo de transmisión de 1 trama CTS + 2 tiempos cortos t_{SIFS} + 1 tiempo largo t_{DIFS} + 1 vez el tiempo de transmisión de una trama de 10448 bits a 11 Mbps + 2 veces el tiempo de transmisión de una trama de 10128 bits a 100 Mbps + 4 veces el tiempo de transmisión de una trama de 10128 bits a 1000 Mbps =

$$\begin{aligned}
 &= 352 / 11 \cdot 10^6 + 304 / 11 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10 \mu\text{s} + 50 \mu\text{s} + \\
 &+ 10448 / 11 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10128 / 100 \cdot 10^6 + 4 \cdot 10128 / 1000 \cdot 10^6 = \\
 &= 32 \mu\text{s} + 27,63 \mu\text{s} + 20 \mu\text{s} + 50 \mu\text{s} + \\
 &+ 949,82 \mu\text{s} + 202,56 \mu\text{s} + 40,51 \mu\text{s} = 1322,52 \mu\text{s} = 1,32\text{ms}
 \end{aligned}$$

ooooooooooooOOOOOOOOOOOOOOoooooooooooo