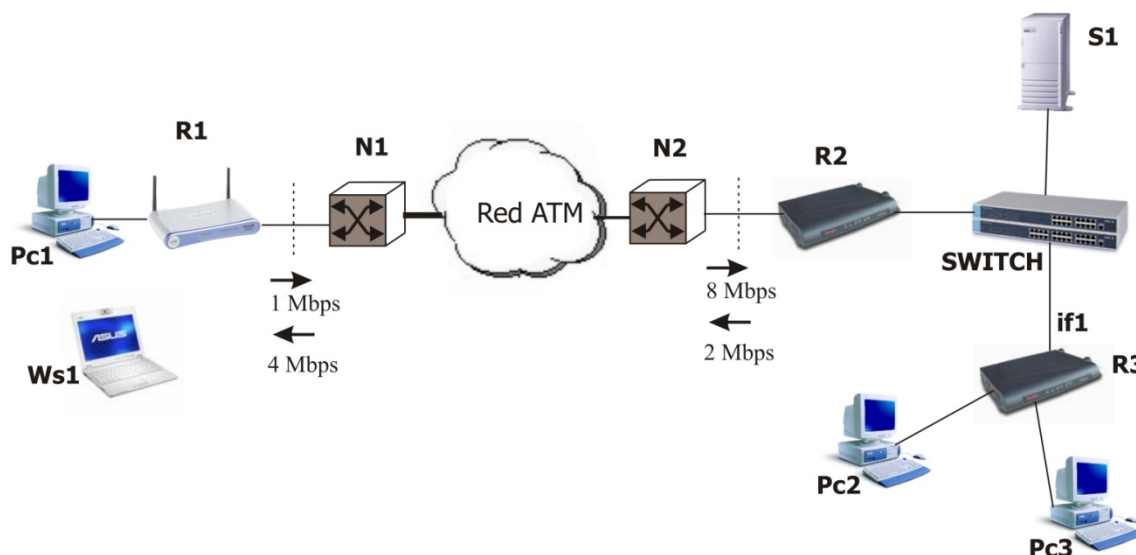


La figura representa la configuración de red utilizada para acceder a Internet mediante una conexión ADSL desde un domicilio particular. El usuario final, representado por el terminal Pc1, se conecta mediante un router-módem ADSL con interfaces 10/100 BaseT y 802.11g. La conexión con el Proveedor de Servicios de Internet se hace mediante accesos ADSL de 1 Mbps de subida y 4 Mbps de bajada, desde el lado del usuario, y 8 Mbps de subida y 2 Mbps de bajada desde el lado del ISP. Para simplificar, el tránsito por la red ATM se hace a través de 2 nodos ATM conectados directamente mediante un enlace a 622,08 Mbps.

Una vez establecida la conexión con el ISP a través de la red ADSL-ATM, tiene lugar un diálogo con el objeto de autenticar al usuario y asignar dinámicamente una dirección IP. A partir de ese momento, los datagramas generados por los terminales del usuario son encaminados a través del router inalámbrico, la red ADSL-ATM que da acceso a la red Internet, o el router R2 del ISP, para llegar a la red local Ethernet 100 BaseT del proveedor de servicios, en la cual se encuentran un servidor de WWW (S1).



Se pide:

1. En el caso de comunicaciones internas en el domicilio del usuario, vamos a estudiar el caso del envío de un mensaje de petición de tamaño total de 500 octetos de aplicación (sobre UDP) desde el portátil Ws1, que conlleva una respuesta de tamaño total de 1000 octetos desde la aplicación de Pc1, el cuál dispone de una interfaz 802.3 a 100Mbps.
 - 1.1. Dibuje un esquema de la arquitectura de protocolos que utilizan cada uno de los dispositivos implicados en dicha comunicación.
 - 1.2. Dibuje el cronograma a nivel físico, indicando los tamaños de las distintas UDP's de la comunicación anterior.
 - 1.3. Calcule el tiempo total utilizado hasta recibir la respuesta completa.

2. Por otro lado, un cliente Web en el ordenador Pc1 accede al servidor Web en S1 y solicita, mediante un mensaje de protocolo HTTP de tamaño total de 60 octetos, una página web que ocupa 2.000 octetos en total y que se enviará en los segmentos necesarios en función del tamaño máximo de las PDU's de las redes a utilizar. Se quiere calcular el tiempo que transcurre desde que envía la petición al servidor hasta que todos los paquetes correspondientes al fichero solicitado llegan hasta Pc1. Para ello:
 - 2.1. Dibuje la arquitectura de protocolos que utiliza cada uno de los dispositivos implicados, incluyendo desde el nivel físico al nivel de aplicación.
 - 2.2. Indique el número y tamaños de las PDUs que viajan a través de cada una de las subredes involucradas.
 - 2.3. Dibuje el cronograma de intercambio de PDUs a nivel físico.
 - 2.4. Calcule el tiempo utilizado a partir del esquema anterior.

Consideraciones para la red inalámbrica:

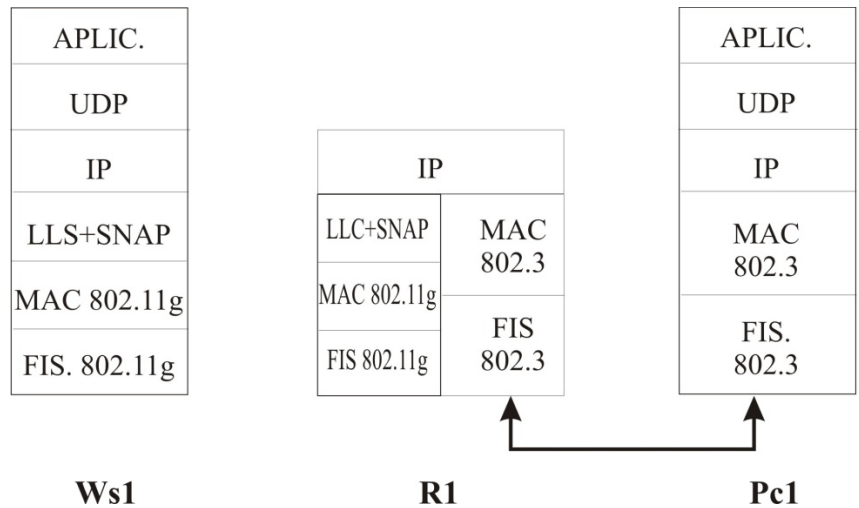
- Suponer que todos los bits se transmiten a 54 Mbps.
- Se utiliza el procedimiento RTS/CTS, el umbral es cero. Tamaños de las tramas RTS: 20 octetos; CTS, ACK: 14 octetos.
- Los portátiles están siempre asociados a su punto de acceso.
- Las cabeceras añadidas en las capas LLC+SNAP: 8 octetos; MAC: 34 octetos y PLCP: 24 octetos.
- Tiempos de proceso y propagación despreciables. Tiempos: $t_{SIFS} = 10 \mu s$ y $t_{DIFS} = 50 \mu s$.

Consideraciones para el resto de redes:

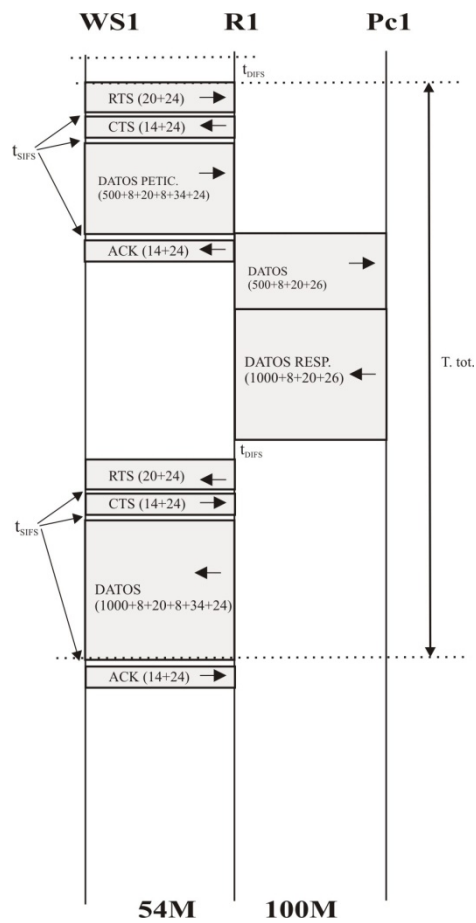
- Las tablas ARP se consideran llenas y estables.
- Los tiempos de proceso, conmutación y propagación se consideran despreciables.
- Los tamaños de las cabeceras de las distintas capas son: MAC Ethernet: 26 octetos; TCP e IP: 20 octetos; UDP: 8 octetos.
- MTU Ethernet 1500 octetos.
- En la red ATM se consideran establecidos los circuitos virtuales, las celdas son de 48+5 octetos, y como capa de adaptación a IP se utiliza AAL5 que añade un campo de control de 8 octetos más un campo de relleno entre 0 y 47 octetos.

SOLUCIÓN

1.1. Dibuje un esquema de la arquitectura de protocolos que utilizan cada uno de los dispositivos implicados en dicha comunicación.



1.2. Dibuje el cronograma a nivel físico, indicando los tamaños de las distintas UDP's de la comunicación anterior.



1.3. Calcule el tiempo total utilizado hasta recibir la respuesta completa.

$$T_{P54M} = (500+8+20+8+34+24) * 8 / 54 * 10^6 = 594 * 8 / 54 * 10^6 = 88 \mu s$$

$$T_{P54M} = (500+8+20+26) * 8 / 100 * 10^6 = 554 * 8 / 100 * 10^6 = 44,32 \mu s$$

$$T_{P54M} = (1000+8+20+26) * 8 / 100 * 10^6 = 1054 * 8 / 100 * 10^6 = 84,32 \mu s$$

$$T_{P54M} = (1000+8+20+8+34+24) * 8 / 54 * 10^6 = 1094 * 8 / 54 * 10^6 = 162,07 \mu s$$

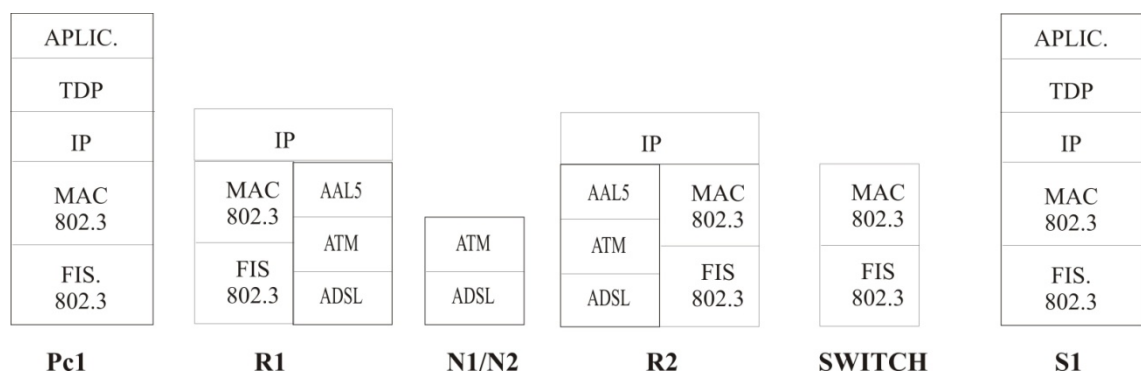
$$T_{RTS} = (20+24) * 8 / 54 * 10^6 = 44 * 8 / 54 * 10^6 = 6,51 \mu s$$

$$T_{CTS} = (14+24) * 8 / 54 * 10^6 = 38 * 8 / 54 * 10^6 = 5,62 \mu s$$

A partir del cronograma anterior, sin considerar el t_{DIFS} inicial, ni el tiempo empleado en el envío del último ACK, se obtiene el siguiente tiempo total:

$$T = 1 t_{DIFS} + 4 t_{SIFS} + 2T_{TRS} + 2T_{CTS} + T_{P54M} + T_{P100M} + T_{R100M} + T_{R54M} = 493 \mu s.$$

2.1. Dibuje la arquitectura de protocolos que utiliza cada uno de los dispositivos implicados, incluyendo desde el nivel físico al nivel de aplicación.



2.2. Indique el número y tamaños de las PDUs que viajan a través de cada una de las subredes involucradas.

PETICIÓN: Ethernet: $26+20+20+60 = 126$ octetos

ATM: $(8+20+20+60)/48 = 3$ celdas ATM

RESPUESTA: HTTP: 2000 octetos

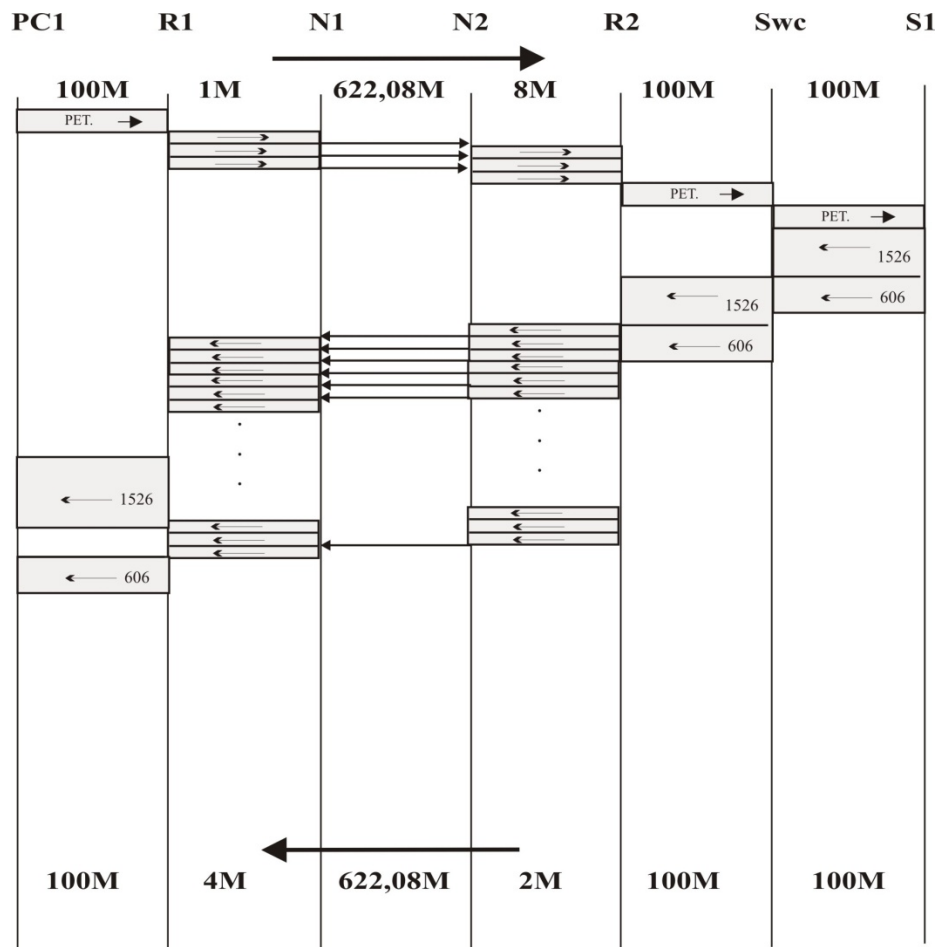
TCP: $(20+1460)$ $(20+540)$

IP: $(20+1480)$ $(20+560)$

MAC: $(26+1500)$ $(26+580)$

ATM: $(8+1500)/48 \rightarrow 32$ celdas $(8+580)/48 \rightarrow 13$ celdas

2.3. Dibuje el cronograma de intercambio de PDUs.



2.4. Calcule el tiempo utilizado a partir del esquema anterior.

Vamos a calcular por separado el tiempo empleado en el envío de la petición del envío de la respuesta.

$$\begin{aligned}T_{PET} &= 3 T_{PET.ETH.} + 3 T_{CELDA_1M} + 1 T_{CELDA_622M} + 1 T_{CELDA_8M} = \\&= 3 * (126 * 8 / 100 * 10^6) + 3 * (53 * 8 / 10^6) + 53 * 8 / 622,06 * 10^6 + 53 * 8 / 8 * 10^6 = 1,35 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_{RES} &= 2 T_{1526_ETH.} + 45 T_{CELDA_2M} + 1 T_{CELDA_622M} + 1 T_{CELDA_4M} + T_{606_ETH} = \\&= 2 * (1526 * 8 / 100 * 10^6) + 45 * (53 * 8 / 2 * 10^6) + 53 * 8 / 622,06 * 10^6 + 53 * 8 / 4 * 10^6 + 606 * 8 / 100 * 10^6 = 9,93 \text{ ms}\end{aligned}$$

$$T_{TOT} = T_{PET} + T_{RES} = 11,29 \text{ ms}$$