

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**PRIMERA CONVOCATORIA (2014/2015)**

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Utilizaremos IPv6 (para facilitar los cálculos no utilizaremos campo de opciones). La cámara de video genera muestras de 5560 octetos cada 100 ms y de 400 cada 20 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 200  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 20 ms. Para transmitir la información, los dispositivos utilizan tecnología WIFI y por las características del área de despliegue del sistema sólo es necesario un punto de acceso WIFI (AP) al que se conectan todos los sensores. El AP está conectado a un switch Ethernet, cuyos puertos trabajan a 10Mbps, que a su vez tiene conectado un router ADSL (que utiliza AAL5 sobre ATM) para salir a Internet. De esta forma queremos transmitir la información a un servidor externo conectado en Internet.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1.-Realizar un dibujo esquemático del sistema para los casos en que IPv6 sea stateless y stateful, explicando la diferencia. (1,25 ptos)**
- 2.-Calcular el tamaño de los datagramas de video y audio. (0,5 ptos)**
- 3.-Partiendo del valor máximo de MTU en WIFI y sabiendo que para encapsular los datagramas IP sobre el nivel MAC de WIFI se utilizan 8 bytes adicionales que van en el campo de datos. Justifica por qué sería conveniente modificar la MTU de WIFI (0,5 ptos) y qué valor escogerías. (0,5 ptos)**
- 4.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1,25 ptos)**
- 5.-Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R$  Mbps para la transmisión. Obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. Contemplad los casos en que la limitación es por causa de la WIFI y los que es por causa de Ethernet (dado que trabaja a 10 Mbps) (3 ptos)**
- 6.-Calcular la velocidad mínima (a nivel de ATM) del ADSL para la transmisión de toda la información generada por los sensores (1 pto)**  
Explicar en este caso si es necesario algún dato más de los aportados.
- 7.-Para poner en marcha el sistema vamos a realizar ping desde los sensores al router ADSL. Calcular el tiempo mínimo para dichos ping, realizando un esquema temporal que aclare los cálculos. (2 ptos)**  
Para facilitar la resolución de este apartado supondremos que el AP no retransmite las tramas desde WIFI a Ethernet (datagramas o fragmentos) hasta que no ha transmitido el correspondiente ACK. En cuanto al switch y AP (en el sentido Ethernet a WIFI) éste no las retransmite hasta que no han llegado por completo.

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**SEGUNDA CONVOCATORIA (2014/2015)**

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores IPv4 multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. La cámara de video genera muestras de 28000 bits cada 40 ms. Para su transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv4 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP cada 25 ms. Para transmitir la información, los dispositivos utilizan tecnología WIFI y por las características del área de despliegue del sistema sólo es necesario un punto de acceso WIFI (AP) al que se conectan todos los sensores. El AP está conectado a un switch Ethernet a 10 Mbps que a su vez tiene conectado un router ADSL (que utiliza AAL5 sobre ATM en la transmisión) para salir a Internet. De esta forma queremos transmitir la información a un servidor externo conectado en Internet.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1. - Realizar un dibujo esquemático del sistema. (0,75 ptos)**
- 2. - Identificar si falta algún dato en el enunciado para su resolución. (0,5 ptos)**
- 3. - Calcular el tamaño de los datagramas de video y audio. (0,5 ptos)**
- 4. - Como los datagramas de video deben fragmentarse, calcular el número y tamaño de los fragmentos resultantes para cada datagrama. (1,25 ptos)**
- 5. - Realizar el mismo cálculo de tamaño de fragmento para el hipotético caso de usar IPv6 explicando si es necesario algún dato más de los aportados. (1,5 ptos)**
- 6. - Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de 24 Mbps para la transmisión. ¿Cuántos sensores como máximo pueden estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión? (2 ptos)**
- 7. - Calcular la velocidad mínima (a nivel ATM) del ADSL para la transmisión de la información generada por los sensores calculados en el apartado 6. (1,5 ptos)**

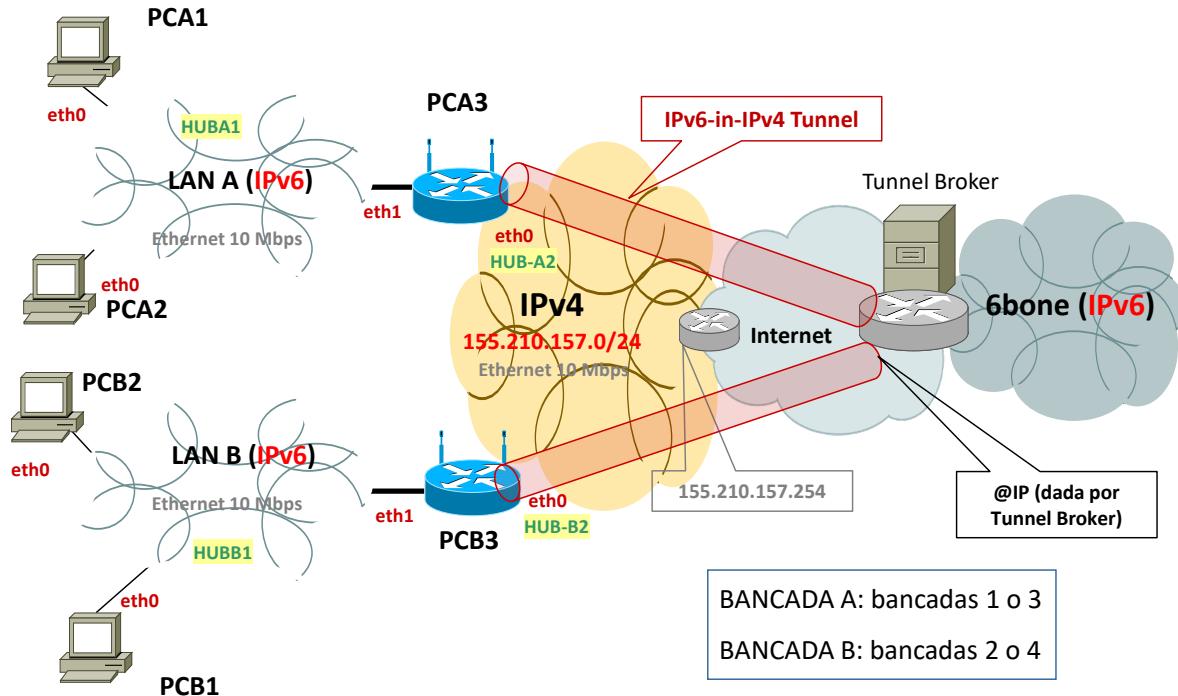
Los sensores están dotados de un detector de movimiento de tal forma que en caso de producirse éste, se transmite 90 segundos de video y audio. Con este dato se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,2 erlang de tráfico.

- 8. - ¿Cuánto tiempo transmite en media cada sensor en una hora? (0,5 ptos)**  
Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento y transfiere dicha información a cada uno de los sensores. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 6, no transmite y se pierde la transmisión (no se realiza).
- 9. - Si tenemos 20 sensores y suponemos que este número es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang ¿cuál es la probabilidad de pérdida? (1,5 ptos)**

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### PRIMERA CONVOCATORIA (2015/2016)

Vamos a trabajar sobre el escenario de la práctica 2 (IPv6).



La dirección IPv4 de PCA3 es 155.210.157.80 y la de PCB3 es 155.210.157.88. Las direcciones de IPv4 de los correspondientes extremos de los dos túneles son 216.66.84.42 (para el túnel creado en PCA3) y 116.76.84.25 (para el túnel creado en PCB3). Las direcciones de IPv6 de los correspondientes extremos del túnel creado en PCA1 son 2001:0db8:00a3:f102::1/64 para PCA1 y 2001:0db8:00a3:f102::2/64 para el extremo del túnel en Tunnel Broker. Las direcciones de IPv6 de los correspondientes extremos del túnel creado en PCB1 son 2001:0db8:00b3:f102::1/64 para PCB1 y 2001:0db8:00b3:f102::2/64 para el extremo del túnel en Tunnel Broker.

Trabajaremos una vez configurados correctamente los túneles. Recordemos que el túnel añade 20 octetos de cabecera IPv4 al datagrama IPv6. Para facilitar los cálculos consideraremos que no utilizaremos campo de opciones en IPv6.

En PCA3 y PCB3 se tiene el siguiente fichero (`/etc/radvd.conf`) de configuración:

```

interface eth1 {
    AdvSendAdvert on;
    MinRtrAdvInterval 3;
    MaxRtrAdvInterval 10;
    prefix 2001:0db8:00a3:f103::/64 (PARA PCA3)
    prefix 2001:0db8:00b3:f103::/64 (PARA PCB3)
    {
        AdvOnLink on;
        AdvAutonomous on;
        AdvRouterAddr off;
    };
};

```

Vamos a comprobar en LAN A, el correcto funcionamiento del escenario (suponiendo que en LAN B está todo correctamente configurado) y para ello realizamos la captura del tráfico implicado en diferentes situaciones.

**Cada vez que se nos pida qué nuevas tramas aparecen, deberemos señalar para cada una de ellas las direcciones MAC ethernet, el tipo de trama: IP, ARP,..., el protocolo de nivel superior: ICMP, TCP, UDP,... y la información más relevante que lleven.**

Para la información MAC será suficiente con poner MAC de qué máquina y en qué interfaz. Por ejemplo: MAC de PCA3 en eth0. Sin necesidad de poner ningún número.

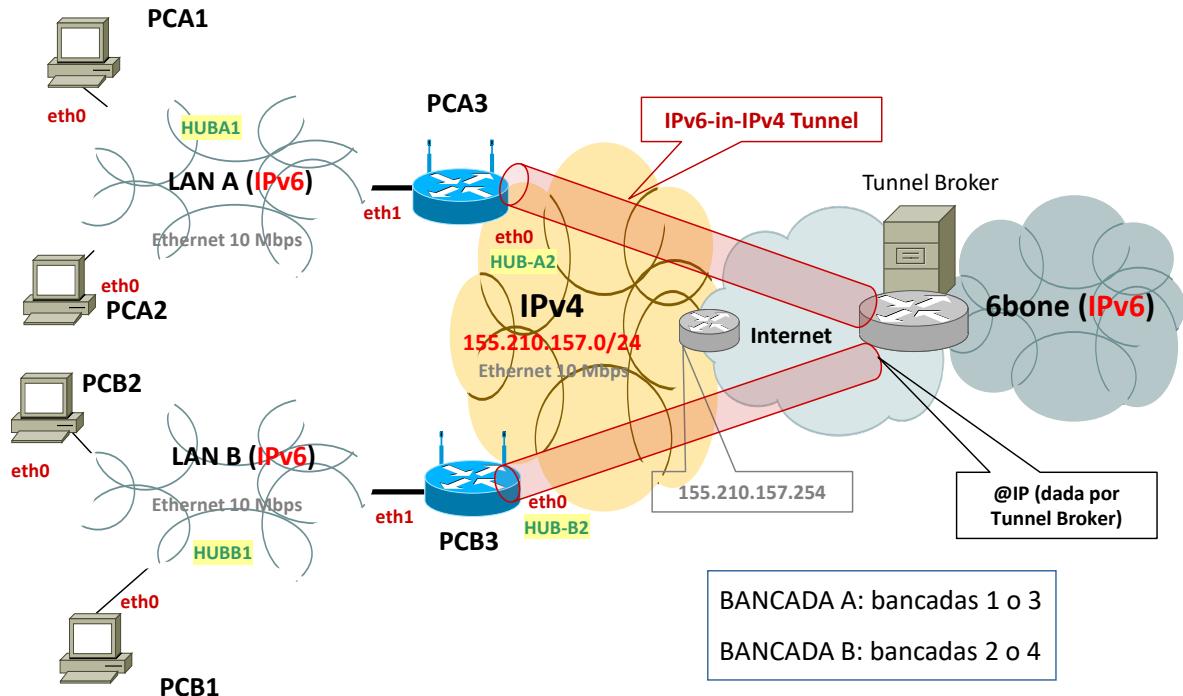
A continuación se indican los pasos a seguir:

- I- Desactivamos en PCA1 la interfaz de red correspondiente (ip -6 link set eth0 down).
- II- Lanzamos la captura en PCA2.
- III- Reactivamos la interfaz de PCA1 (ip -6 link set eth0 up).  
**1- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (1.5ptos)**
- IV- Pasado un tiempo prudencial (varios segundos), activamos el servicio radvd en PCA3.  
**2- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (1.5ptos)**
- V- Pasado un largo tiempo, suficiente para que se borren todas las tablas de vecinos (direcciones MAC) pero no la información de encaminamiento (dirección IPv6 del router), enviamos un ping de PCB1 a PCA1 (ojo con el sentido de la comunicación) con un tamaño 200, incluidas cabeceras IPv6. Sabiendo que todos los MTU de los interfaces Ethernet son de 1500 y por lo tanto no habrá problemas de fragmentación.  
**3- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (1.5ptos)**
- VI- Inmediatamente, sin que se haya borrado ninguna tabla de direcciones, modificamos en PCA3 el MTU de eth1 a 1300 y el MTU de eth0 a 1370 y en PCB3 el MTU de eth1 a 1330 y el MTU de eth0 a 1400.
- VII- Enviamos ping de PCA1 a PCB1 (ojo que ahora hemos cambiado el sentido del ping) con un tamaño 1500, incluidas cabeceras IPv6, y cuando vemos que nos responde el ping por primera vez paramos la ejecución.  
**4- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (2.5ptos)**
- VIII- Pasado de nuevo un largo tiempo, suficiente para que se borren todas las tablas de vecinos (direcciones MAC) pero no la información de encaminamiento, paramos la captura en PCA2 y lanzamos una nueva captura en el interfaz eth0 de PCA3.
- IX- Enviamos un ping de PCB1 a PCA1 (ojo con el sentido de la comunicación) con un tamaño 200, incluidas cabeceras IPv6. Con este tamaño aseguramos que en este caso no habrá problemas de fragmentación.  
**5- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? Como estamos capturando en el túnel habrá que poner las direcciones de IPv4 y de IPv6. (1.5ptos)**
- X- Para finalizar establecemos una conversación de audio entre PCA1 y PCB1. Se nos indica que el códec que audio genera una muestra de 1 octeto cada 125 µs que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP, 40 de cabecera IPv6 y 30 de opciones de cabecera IPv6 cada 20 ms. Además se nos dice que la conexión entre PCA3 y el *router* de conexión a internet (155.210.157.254) utiliza tecnología WIFI mediante la norma 802.11g donde PCA3 actúa como estación y el *router* hace de punto de acceso. La tasa de transmisión es de 55Mbps y usa preámbulo corto. La cabecera MAC de WIFI ocupa 36 octetos. **iiOjo porque aunque el interfaz se llame eth0, en realidad es WIFI pero no os preocupéis porque esto no cambia ninguno de los cálculos hechos para apartados anteriores!!**
- XI- En PCA3 ejecutamos el comando: **iwconfig eth0 rts 220**  
En el *router* se ejecuta un comando similar con los mismos valores.  
**6- Calcular qué proporción temporal ocupa la conversación en el enlace WIFI entre PCA3 y el *router*. (1.5ptos)**

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### SEGUNDA CONVOCATORIA (2015/2016)

Vamos a trabajar sobre el escenario de la práctica 2 (IPv6).



La dirección IPv4 de PCA3 es 155.210.157.80 y la de PCB3 es 155.210.157.88. Las direcciones de IPv4 de los correspondientes extremos de los dos túneles son 216.66.84.42 (para el túnel creado en PCA3) y 116.76.84.25 (para el túnel creado en PCB3). Las direcciones de IPv6 de los correspondientes extremos del túnel creado en PCA1 son 2001:0db8:00a3:f102::1/64 para PCA1 y 2001:0db8:00a3:f102::2/64 para el extremo del túnel en Tunnel Broker. Las direcciones de IPv6 de los correspondientes extremos del túnel creado en PCB1 son 2001:0db8:00b3:f102::1/64 para PCB1 y 2001:0db8:00b3:f102::2/64 para el extremo del túnel en Tunnel Broker.

Trabajaremos una vez configurados correctamente los túneles. Recordemos que el túnel añade 20 octetos de cabecera IPv4 al datagrama IPv6. Para facilitar los cálculos consideraremos que no utilizaremos campo de opciones en IPv6.

En PCA3 y PCB3 se tiene el siguiente fichero (`/etc/radvd.conf`) de configuración:

```

interface eth1 {
    AdvSendAdvert on;
    MinRtrAdvInterval 3;
    MaxRtrAdvInterval 10;
    prefix 2001:0db8:00a3:f103::/64 (PARA PCA3)
    prefix 2001:0db8:00b3:f103::/64 (PARA PCB3)
    {
        AdvOnLink on;
        AdvAutonomous on;
        AdvRouterAddr off;
    };
}

```

Vamos a comprobar en LAN A, el correcto funcionamiento del escenario (suponiendo que en LAN B está todo correctamente configurado) y para ello realizamos la captura del tráfico implicado en diferentes situaciones.

**Cada vez que se nos pida qué nuevas tramas aparecen, deberemos señalar para cada una de ellas las direcciones MAC ethernet, el tipo de trama: IP, ARP,..., el protocolo de nivel superior: ICMP, TCP, UDP,... y la información más relevante que lleven.**

Para la información MAC será suficiente con poner MAC de qué máquina y en qué interfaz. Por ejemplo: MAC de PCA3 en eth0. Sin necesidad de poner ningún número.

A continuación se indican los pasos a seguir:

- I- Activamos la interfaz eth0 y eth1 de PCA3. Activamos el servicio radvd en PCA3. Activamos la interfaz eth0 de PCA1. Lanzamos una captura en PCA3, indicando el interfaz any (de esta forma aparece en la misma captura lo de ambos interfaces).

**1- Indica los comandos que deben ejecutarse y en qué máquina se hace, para realizar las acciones anteriores. (2ptos)**

---

- II- Pasado un largo tiempo, suficiente para que se borren todas las tablas de vecinos (direcciones MAC) pero no la información de encaminamiento, enviamos un ping de PCA1 a PCB1 (ojo con el sentido de la comunicación) con un tamaño 400, incluidas cabeceras IPv6. Sabiendo que todos los MTU de los interfaces Ethernet son de 1500 y por lo tanto no habrá problemas de fragmentación.

**2- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (3 ptos)**

---

- III- Inmediatamente, sin que se haya borrado ninguna tabla de direcciones, modificamos en PCA3 el MTU de eth1 a 1300 y el MTU de eth0 a 1370 y en PCB3 el MTU de eth1 a 1330 y el MTU de eth0 a 1400.

- IV- Enviamos ping de PCA1 a PCB1 (ojo con el sentido de la comunicación) con un tamaño 1500, incluidas cabeceras IPv6, y cuando vemos que nos responde el ping por segunda vez, paramos la ejecución.

**3- ¿Qué nuevas tramas aparecen en la captura? (3 ptos)**

---

- V- Para finalizar establecemos una conversación de audio entre PCA1 y PCB1. Se nos indica que el códec que audio genera una muestra de 1 octeto cada 125 µs que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP, 40 de cabecera IPv6 y 30 de opciones de cabecera IPv6 cada 20 ms.

Además se nos dice que la conexión entre PCA3 y el router de conexión a internet (155.210.157.254) utiliza tecnología WIFI mediante la norma 802.11g donde PCA3 actúa como estación y el router hace de punto de acceso. La tasa de transmisión es de 55Mbps y usa preámbulo corto. La cabecera MAC de WIFI ocupa 36 octetos. **iiOjo porque aunque el interfaz se llame eth0, en realidad es WIFI pero no os preocupéis porque esto no cambia ninguno de los cálculos hechos para apartados anteriores!!**

- VI- En PCA3 ejecutamos el comando: **iwconfig eth0 rts 220**

En el router se ejecuta un comando similar con los mismos valores.

**4- Calcular qué proporción temporal ocupa la conversación en el enlace WIFI entre PCA3 y el router. (2 ptos)**

---

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### PRIMERA CONVOCATORIA (2016/2017)

Se quiere establecer comunicación entre dos equipos A y B. Para ello utilizamos tres router: R1, R2 y R3, de tal forma que A está unido a R1, R1 a R2, R2 a R3 y R3 a B. A está unido a R1 mediante un *switch Ethernet* a 10 Mbps. R1 y R2 están unidos mediante una red WIFI a 11 Mbps en modo infraestructura y RTS threshold de 1500 Bytes. R2 y R3 están unidos mediante tecnología SDSL (que es como ADSL pero simétrica, con la misma velocidad, 8 Mbps, en ambos sentidos) y sabemos que encapsula los datagramas IP sobre AAL5 y éste sobre ATM. R3 está unido a B mediante un *hub Ethernet* a 100 Mbps. El MTU es siempre 1500 Bytes.

En A tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite video y audio simultáneamente. La cámara de video genera muestras de 560 octetos cada 7 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP; en total tenemos datagramas de 600 octetos. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv4 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP cada 25 ms. Se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que dicho sensor demanda 0,003 erlang de tráfico.

Para el diseño nos indican que debemos utilizar subredes de tamaño 16 direcciones.

- 1. - Definir las redes y asignar direcciones a las máquinas A, B, R1, R2 y R3. (1pto)**
- 2. - Si realizamos un "ping -R -s 200" (en S.O. Linux) entre A y B, se nos pide que listemos los datagramas que aparecen en cada interfaz, indicando el contenido del campo TTL y opciones de la cabecera. Suponiendo que funciona correctamente Hacedlo sólo para el primer ping. (1pto)**
- 3. - Se nos pide que realicemos un diagrama temporal que nos permita estimar el tiempo de ida y vuelta del ping. (2ptos)**
- 4. - Para completar el diseño se nos pide que estudiemos cuál de los enlaces es más restrictivo, por lo que vamos a calcular para cada uno de ellos cuantas comunicaciones multimedia podríamos establecer simultáneamente. La valoración será la siguiente: enlace A-R1 (0,5ptos), enlace R1-R2 (2ptos), enlace R2-R3 (1,5ptos) y enlace R3-B (0,5 ptos)**

En A puede haber múltiples sensores. Suponemos que este número es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 4, no transmite pero insiste pasado un tiempo, de tal forma que no se pierde la transmisión.
- 5. - ¿Cuál es el número máximo de sensores para que la probabilidad de pérdidas/demora sea inferior al 1%? (1,5 ptos).**

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**SEGUNDA CONVOCATORIA (2016/2017)**

Se quiere establecer comunicación entre dos equipos A y B que pertenecen a sendas redes IPv6. Para ello utilizamos un túnel IPv6/IPv4 como el visto en prácticas sobre una red IPv4 con tres router: R1, R2 y R3, de tal forma que A está unido a R1, R1 a R2, R2 a R3, R3 a B y el túnel se construye entre R1 y R3. A está unido a R1 mediante un switch Ethernet (el puerto de A va a 100 Mbps y el de R1 va a 10Mbps). R1 y R2 están unidos mediante una red WIFI a 11 Mbps en modo infraestructura y RTS threshold de 200 Bytes. R2 y R3 están unidos mediante tecnología ADSL (con una velocidad de 8 Mbps en sentido R3-R2 y de 1Mbps en sentido R2-R3 y sabemos que encapsula los datagramas IP sobre AAL5 y éste sobre ATM. R3 está unido a B mediante un hub Ethernet a 100 Mbps. El MTU es siempre 1500 Bytes.

En A tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite video y audio simultáneamente. La cámara de video genera muestras de 820 octetos cada 10 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv4 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 12 ms. Se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que dicho sensor demanda 0,003 erlang de tráfico.

**1.- Definir las redes y asignar direcciones a las máquinas A, B, R1, R2 y R3; indicando qué equipos requieren tener la doble pila de protocolos IPv4/IPv6 y cuáles no. (1,5ptos)**

**2.- En situación de no congestión se nos pide que realicemos un diagrama temporal, lo más preciso posible, que nos permita estimar el tiempo de ida para un paquete de audio. (2ptos)**

**3.- Para completar el diseño se nos pide que estudiemos cuál de los enlaces es más restrictivo, por lo que vamos a calcular, para cada uno de ellos, cuántas comunicaciones podríamos establecer simultáneamente. Enlaces A-R1 y R3-B (1pto), enlace R1-R2 (2,25ptos), enlace R2-R3 (1,25ptos).**

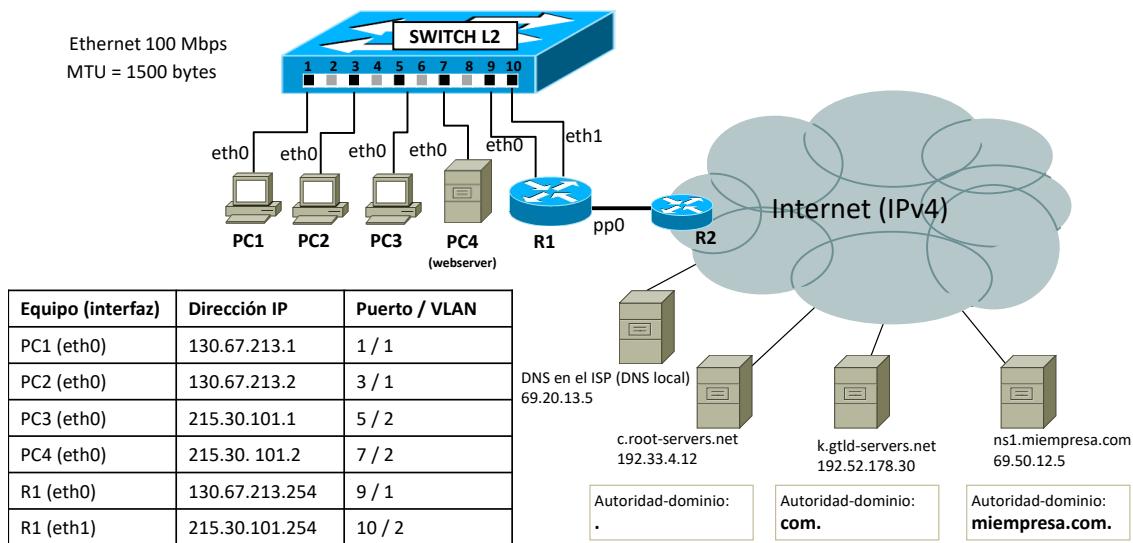
En A puede haber múltiples sensores y vamos a permitir que haya un número máximo de 12 sensores transmitiendo simultáneamente. Suponemos que el número total de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo, no transmite y se pierde la información.

**4.- ¿Cuál es el número máximo de sensores para que la probabilidad de pérdidas/demora sea inferior al 2%? (1,5ptos).**

**5.- ¿Puede llegar a degradarse la calidad de la transmisión cuando haya un número elevado de sensores que quieran transmitir simultáneamente? (0,5ptos)**

## Ejercicio 1

El escenario de la figura 1 presenta la red de una empresa y su conexión a Internet. Dicha red está formada por 4 PCs y un *router*, todos conectados al mismo *switch* que solo tiene funcionalidades de nivel 2. Además, se han creado dos VLAN *untagged*, de tal manera que PC1, PC2 y una interfaz del *router* R1 pertenecen a la VLAN 1 y PC3, PC4 y otra interfaz del *router* R1 pertenecen a la VLAN 2, tal como se observa en la figura 1.



**Figura 1**

Posibles direcciones MAC relevantes			
<b>PC1</b>	00-0D-60-D0-D0-A1	<b>R1 (eth1)</b>	00-02-4A-35-F8-D1
<b>PC2</b>	00-02-4A-A1-05-72		
<b>PC3</b>	00-02-4A-A1-05-93		
<b>PC4</b>	00-02-4A-2D-51-76		
<b>R1 (eth0)</b>	00-02-4A-2D-51-75		

**Desde el PC1 se realiza un ping a PC4 (ping 215.30.101.2).** Asumimos que no ha habido tráfico en la red desde hace bastante tiempo y que el *switch* que construye la red de la empresa acaba de reiniciarse. **Capturamos** simultáneamente **en todos los puertos con equipos conectados del switch** con un analizador de protocolos como *Wireshark*.

**Indica el intercambio de paquetes que se observa.** Para ello, **rellena la tabla 1** adjunta, considerando los siguientes aspectos:

- Si la **misma trama MAC** (con todos los campos iguales) aparece **en varios puertos**, debe incluirse **una única vez en la tabla**, especificando en el recuadro correspondiente **en qué puertos se captura** (si solo aparece en un puerto, también debe indicarse en cuál).
- Todos aquellos datos que no se definan de modo fijo, pudiendo tomar valores incluso aleatorios, deberán asignarse libremente.

Para llenar la tabla, el **contenido del mensaje** que será necesario especificar deberá corresponderse, según el protocolo, con lo indicado a continuación:

Protocolo	Campos a especificar en detalle
<b>ARP</b>	Tipo (Request/Reply) Request: Target Pro Address Reply: Sender Hw Address
<b>IPv4</b>	ID – indicar solo si tiene un valor significativo Flags (DF, MF) y Offset – indicar solo si tienen un valor significativo
<b>ICMPv4</b>	Tipo Si lo hubiera, campo informativo específico (ej: Gateway Internet Address)



## Ejercicio 2

El escenario de la figura 2 presenta dos sucursales de una empresa (RED 1 y RED 2) conectadas a través de Internet.

En las dos redes se utiliza **direcciónamiento privado IPv4** y ambos *router* R1 y R2 deben configurarse para realizar las **funciones de NATP** que garanticen el correcto funcionamiento de las redes y sus aplicaciones. Cada *router* dispone de **una única dirección IPv4 pública**, proporcionada por el proveedor de servicios (ISP).

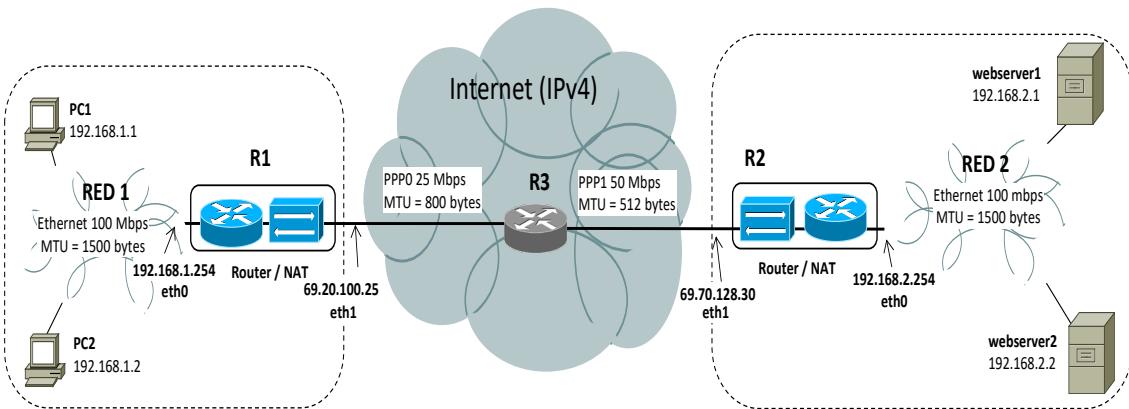


Figura 2

- a) Escribe las **instrucciones de iptables** necesarias en R1 y R2 para permitir que todos los equipos tanto de la **RED 1** como de la **RED 2** tengan **acceso a Internet** y para que los **dos servidores web** de la **RED 2** sean **accesibles desde el exterior** de dicha RED 2. Contesta sobre la **tabla 1**.

Una vez configurados correctamente los NATP de ambos *router* y asumiendo dichas configuraciones conocidas por todos los equipos de ambas redes, **PC1 se conecta a webserver1** a la vez que **PC2 se conecta a webserver2**. El **puerto origen** utilizado por **ambos PCs es el mismo (1234)**.

- b) Rellena la **tabla 2** indicando las **direcciones IP y puertos origen y destino** de los paquetes enviados de **PC1 a webserver1** y de **PC2 a webserver2** en **RED 1, Internet y RED 2**.

**TABLA 1**

<b>reglas de iptables en el router R1</b>	<b>reglas de iptables en el router R2</b>

**TABLA 2**

		<b>@IP origen</b>	<b>@IP destino</b>	<b>Puerto origen</b>	<b>Puerto destino</b>
<b>PC1 → webserver1</b>	<b>RED 1</b>				
	<b>Internet</b>				
	<b>RED 2</b>				
<b>PC2 → webserver2</b>	<b>RED 1</b>				
	<b>Internet</b>				
	<b>RED 2</b>				

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**PRIMERA CONVOCATORIA (2017/2018)**

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Utilizaremos IPv6 (para facilitar los cálculos no utilizaremos campo de opciones). La cámara de video genera muestras de 4560 octetos cada 120 ms y de 800 cada 15 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 200  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 20 ms. Para transmitir la información, los dispositivos utilizan WIFI 802.11g (con los siguientes datos: preámbulo corto, DIFS=35 $\mu$ s, SIFS=10 $\mu$ s, slot de contención=15 $\mu$ s, intervalo para backoff [0:15], nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema sólo es necesario un punto de acceso WIFI (AP) al que se conectan todos los sensores. El AP está conectado a un switch Ethernet, cuyos puertos trabajan a 10Mbps, que a su vez tiene conectado un router ADSL (que utiliza AAL5 sobre ATM) para salir a Internet y transmitir la información a un servidor externo en un camino con un MTU siempre superior al que tenemos internamente (WIFI o Ethernet).

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1.-Realizar un dibujo esquemático del sistema para los casos en que IPv6 sea stateless y stateful, explicando la diferencia. (1,25 ptos)**
- 2.-Calcular el tamaño de los datagramas de video y audio. (0,5 ptos)**
- 3.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1,25 ptos)**
- 4.-Suponiendo que se dan diferentes situaciones en las que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R$  (2, 11, 24, 36, 48 y 54 Mbps) para la transmisión. Obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión para cada una de estas situaciones. Contemplad los casos en que la limitación es por causa de la WIFI y los que es por causa de Ethernet (dado que trabaja a 10 Mbps). (4 ptos)**

A partir de aquí vamos a trabajar únicamente para la situación de  $R=54$ Mbps

- 5.-Calcular la velocidad mínima (a nivel de ATM) del ADSL para la transmisión de toda la información generada por ese número máximo de sensores transmitiendo simultáneamente. (1 pto)**

Suponemos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 4, no transmite pero insiste pasado un tiempo, de tal forma que no se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,01 erlang de tráfico.

- 6.- ¿Cuál es el número máximo de sensores para que la probabilidad de pérdidas o demora sea inferior al 3%? (2 ptos).**

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### SEGUNDA CONVOCATORIA (2017/2018)

#### **Ejercicio 1 (6,5 puntos)**

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Utilizaremos IPv6 (para facilitar los cálculos no utilizaremos campo de opciones). La cámara de video genera muestras de 8000 octetos cada 150 ms y de 600 cada 20 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 30 ms. Para transmitir la información, los dispositivos utilizan WIFI 802.11g (con los siguientes datos: preámbulo corto, DIFS=20 $\mu$ s, SIFS=5 $\mu$ s, slot de contención=10 $\mu$ s, intervalo para backoff [0:7], nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema sólo es necesario un punto de acceso WIFI (AP) al que se conectan todos los sensores. El AP está conectado a un switch Ethernet, cuyos puertos trabajan a 50Mbps (velocidad también inventada), que a su vez tiene conectado un router para salir a Internet y transmitir la información a un servidor externo en un camino con MTU y velocidad siempre superior al que tenemos internamente (WIFI o Ethernet).

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

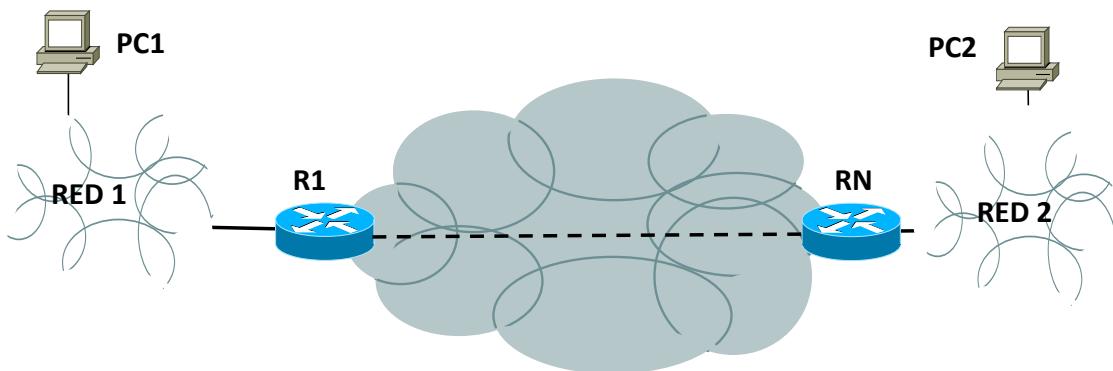
- 1.**.-Realizar un dibujo esquemático del sistema para los casos en que IPv6 sea stateless y stateful, explicando la diferencia. (1 ptos)
- 2.**.-Calcular el tamaño de los datagramas de video y audio. (0,5 ptos)
- 3.**.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1 pto)
- 4.**.-Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R=54$  Mbps para la transmisión, obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. (2 ptos)

Suponemos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 4, no transmite pero insiste pasado un tiempo, de tal forma que no se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,01 erlang de tráfico.

- 5.**.- ¿Cuál es el número máximo de sensores para que la probabilidad de pérdidas o demora sea inferior al 3%? (2 ptos).

### Ejercicio 2 (3,5 puntos)

La siguiente figura y tabla que se encuentra en la hoja adjunta corresponden a una captura de tráfico realizada en la RED 1 mediante Wireshark. Sabemos que PC1 realiza un ping (3 envíos) a PC2 y que las tablas de vecinos se encuentran vacías.



#### Notas:

- Los paquetes IPv6 tienen un *Hop Limit* inicial de 64
- La autoconfiguración de direcciones IPv6 es *stateless* basada en EUI-64
- El escenario de interconexión de redes es bidireccional (los caminos de "ida y vuelta" son iguales para todos los paquetes)
- No hay pérdidas en ninguna red debidas a congestión o errores (bucles de encaminamiento, enlaces no fiables...)
- Wireshark omite 12 bytes de la cabecera Ethernet

De acuerdo al análisis de la misma, responde razonadamente a las siguientes preguntas:

1. ¿Cuántos saltos separan a PC1 y PC2? (0.5 ptos.)
2. ¿Cuál puede ser el valor de MTU mínimo en el camino entre PC1 y PC2? ¿En qué "salto" se encuentra dicho valor mínimo? (0.5 ptos.)
3. ¿Cuántos ICMP ECHO Reply se reciben? ¿Por qué? (0.5 ptos.)
4. Identifica todas las direcciones multicast que aparecen en la captura especificando justificadamente cada vez que aparecen su significado y utilización. (0.75 ptos.)

Nº de trama wireshark	Dirección multicast	IP	Significado	Utilización

5. ¿A qué se debe el intercambio de mensajes observado en las tramas 7 y 8? (0.5 ptos.)
6. Identifica todas las direcciones IPv6 unicast que aparecen en la captura indicando a quién pertenecen y si son locales de enlace o globales. (0.75 ptos.)

Nº de trama wireshark	Dirección unicast	IP	Local de enlace/global	Equipo

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### SEGUNDA CONVOCATORIA (2017/2018)

No.	IP Source	IP Destination	Length	Protocol	Info
2	::	ff02::1:ff4a:76e1	78	ICMPv6	Neighbor Solicitation for fe80::44c7:bcff:fe4a:76e1
3	fe80::44c7:bcff:fe4a:76e1	ff02::2	70	ICMPv6	Router Solicitation from 46:c7:bc:4a:76:e1
4	fe80::a8aa:aaff:fea:aa33	ff02::1	110	ICMPv6	Router Advertisement from aa:aa:aa:aa:aa:33
5	::	ff02::1:ff4a:76e1	78	ICMPv6	Neighbor Solicitation for 2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1
6	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	1512	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x4503, seq=1, hop limit=64 (no response found!)
7	fe80::a8aa:aaff:fea:aa33	ff02::1:ff4a:76e1	86	ICMPv6	Neighbor Solicitation for 2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1 from aa:aa:aa:aa:aa:33
8	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	fe80::a8aa:aaff:fea:aa33	86	ICMPv6	Neighbor Advertisement 2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1 (sol, ovr) is at 46:c7:bc:4a:76:e1
9	2001:db8:200:200:a8aa:aaff:fea:aa55	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	1294	ICMPv6	Packet Too Big
11	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	1414	IPv6	IPv6 fragment (off=0 more=y ident=0x00000007 nxt=58)
12	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	168	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x4503, seq=2, hop limit=64 (no response found!)
13	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	1414	IPv6	IPv6 fragment (off=0 more=y ident=0x00000008 nxt=58)
14	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	168	ICMPv6	Echo (ping) request id=0x4503, seq=3, hop limit=64 (reply in 16)
15	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	1414	IPv6	IPv6 fragment (off=0 more=y ident=0x00000005 nxt=58)
16	2001:db8:400:400:20d6:54ff:febd:629c	2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1	168	ICMPv6	Echo (ping) reply id=0x4503, seq=3, hop limit=61 (request in 14)
17	fe80::a8aa:aaff:fea:aa33	ff02::1	110	ICMPv6	Router Advertisement from aa:aa:aa:aa:aa:33
18	fe80::a8aa:aaff:fea:aa33	ff02::1	110	ICMPv6	Router Advertisement from aa:aa:aa:aa:aa:33

```

> Frame 9: 1294 bytes on wire (10352 bits), 1294 bytes captured (10352 bits)
> Ethernet II, Src: aa:aa:aa:aa:aa:33, Dst: 46:c7:bc:4a:76:e1
> Internet Protocol Version 6, Src: 2001:db8:200:200:a8aa:aaff:fea:aa55, Dst: 2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1
  0110 .... = Version: 6
> .... 0000 0000 .... .... .... .... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
  .... .... 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x00000
Payload Length: 1240
Next Header: ICMPv6 (58)
Hop Limit: 63
Source: 2001:db8:200:200:a8aa:aaff:fea:aa55
Destination: 2001:db8:100:100:44c7:bcff:fe4a:76e1
> Internet Control Message Protocol v6

```

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### PRIMERA CONVOCATORIA (2018/2019)

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Utilizaremos IPv6 sin campo de opciones. La cámara de video genera muestras de 4700 octetos cada 125 ms y de 300 cada 10 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 15 ms. Para transmitir la información, los sensores utilizan WIFI 802.11g (con los siguientes datos: preámbulo corto, DIFS=25 $\mu$ s, SIFS=10 $\mu$ s, slot de contención=15 $\mu$ s, intervalo para backoff [0:20], nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema son necesarios varios puntos de acceso WIFI (AP) que están conectados a un único switch Giga-Ethernet de 96 puertos con un MTU de 1500 y un tamaño mínimo de trama de 512 octetos, que a su vez tiene conectado un router ADSL (que utiliza AAL5 sobre ATM) para salir a Internet y transmitir la información de los sensores a un servidor externo y sabemos que en el camino hay un MTU suficiente para que no sea necesaria una nueva fragmentación.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1.-Realizar un dibujo esquemático del sistema (1 ptos)**
  - 2.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1 ptos)**
  - 4.-Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R=54$  Mbps para la transmisión. Obtener la expresión para cada AP de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)**
  - 5.-Obtener la expresión de cuantos AP, como máximo, podremos tener conectados al switch sin que se degrade la transmisión. (1,5 ptos)**
  - 6.-Calcular la velocidad mínima (a nivel de ATM) del ADSL para la transmisión de toda la información generada por ese número máximo de sensores transmitiendo simultáneamente. (1,5 pto)**
- Suponemos que el número de sensores por AP es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador por cada AP que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido por el AP, no transmite pero insiste pasado un tiempo, de tal forma que no se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,01 erlang de tráfico.
- 6.- ¿Cuál es el número máximo de sensores por AP para que la probabilidad de pérdidas o demora sea inferior al 3%? (2 ptos).**

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

### PRIMERA CONVOCATORIA (2019/2020)

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Las comunicaciones a nivel IP utilizan IPv6 y teniendo en cuenta que se hará uso de las cabeceras de opciones Hop-by-hop options (8 octetos) y mobility (18 octetos).

La cámara de video genera muestras de 4700 octetos cada 50 ms y de 300 cada 15 ms. Para la transmisión de video se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y los necesarios para la cabecera IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada  $250\mu s$  que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP, 8 de UDP y los necesarios para la cabecera IP, correspondiente a 20 ms de audio pero va a haber solapamiento de 5 ms en datagramas consecutivos por lo que transmitimos cada 15 ms.

Para transmitir la información, los sensores utilizan WIFI 802.11n (con los siguientes datos: preámbulo corto,  $DIFS=35\mu s$ ,  $SIFS=8\mu s$ , slot de contención= $12\mu s$ , intervalo para backoff [4:29] (nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema son necesarios varios puntos de acceso WIFI (AP) que están conectado a un único switch Giga-Ethernet de 96 puertos con un MTU de 1500 y un tamaño mínimo de trama de 700 octetos, que a su vez tiene conectado un router a través de un trunk de 4 enlaces de Fast Ethernet. El router utiliza AAL5 transparente sobre ATM sobre F.O. de 500Mbps para salir a Internet y transmitir la información de los sensores a un servidor externo y sabemos que en el camino hay un MTU suficiente para que no sea necesaria una nueva fragmentación.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

- 1. -Realizar un dibujo esquemático del sistema (1 ptos)**
- 2.-Calcular el tamaño de los fragmentos para cada datagrama. (1 ptos)**
- 3.-Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R=72,2$  Mbps para la transmisión. Obtener la expresión para cada AP de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)**
- 4.-Obtener la expresión de cuantos AP, como máximo, podremos tener conectados al switch sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)**

Suponemos que el número de sensores para cada AP es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador por cada AP que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido por el AP, no transmite y se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 36 segundos de tráfico por hora.

- 5.- ¿Cuál es el número máximo de sensores por AP para que la probabilidad o de pérdidas o de demora sea inferior al 2,3%? (2 ptos).**

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**SEGUNDA CONVOCATORIA (2019/2020)**

Se quiere establecer comunicación entre dos equipos A y B. Para ello utilizamos tres router: R1, R2 y R3, de tal forma que A está unido a R1, R1 a R2, R2 a R3 y R3 a B.

-A está unido a R1 mediante un *switch Ethernet* a 100 Mbps.

-R1 y R2 están unidos mediante una red WIFI 802.11n con los siguientes datos: Tasa=300Mbps, Tasa mínima=6Mbps (ni 1Mbps ni 2 Mbps como pasa en 802.11b), preámbulo largo, DIFS=25 $\mu$ s, SIFS=5 $\mu$ s, slot de contención=10 $\mu$ s, intervalo para backoff [3:27], en modo AD-HOC y RTS threshold de 1000 Bytes. (nota: algunos de estos datos son particulares para el problema y no coinciden con la norma)

-R2 y R3 están unidos mediante tecnología SDSL (que es como ADSL pero simétrica, con la misma velocidad, 100 Mbps, en ambos sentidos) y sabemos que encapsula los datagramas IP sobre AAL5 y éste sobre ATM.

-R3 está unido a B mediante un enlace Giga-Ethernet half-duplex con un tamaño mínimo de trama de 700 octetos. (de nuevo este dato es particular para el problema y no coincide con la norma)

El MTU es siempre 1500 Bytes.

Tanto en A como en B tenemos un sensor atmosférico que genera información hacia el otro extremo. Esta información es de dos tipos. En el primero de ellos las muestras son de 60 octetos cada 7 ms. Para su transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP y 8 de UDP. Por otro lado, se genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP y 8 de UDP cada 25 ms.

Para el diseño nos indican que debemos utilizar para IPv4, subredes de tamaño 16 direcciones. No existen restricciones para IPv6.

**1. - Definir las redes IP (IPv4 e IPv6) y asignar direcciones IPv4 e IPv6 a las máquinas A, B, R1, R2 y R3. (1pto)**

**2. - Si realizamos un "ping -R -s 200" (en S.O. Linux) entre A y B, se nos pide que listemos los datagramas que aparecen en cada interfaz, indicando el contenido del campo TTL y opciones de la cabecera. Suponiendo que funciona correctamente, hacerlo sólo para el primer ping. (1,5ptos)**

**3. - Se nos pide que realicemos un diagrama temporal que nos permita estimar el tiempo de ida y vuelta del ping. (2ptos)**

**4. - Para completar el diseño se nos pide que estudiemos cuál de los enlaces es más restrictivo. Para ello vamos a suponer que tanto en A como en B hay un número N de sensores que es igual para los dos extremos y vamos a calcular el valor de N pudieran estar transmitiendo simultáneamente sin congestionar el enlace. La valoración será la siguiente: enlace A-R1 (1pto), enlace R1-R2 (2ptos), enlace R2-R3 (1pto) y enlace R3-B (1,5ptos)**

# EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

## PRIMERA CONVOCATORIA (2020/2021)

### Ejercicio 1

Se quiere desplegar un sistema de sensores atmosféricos que generan información de dos tipos. En el primero de ellos las muestras son de 60 octetos cada 7 ms. Para su transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP y 8 de UDP. Por otro lado, se genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP y 8 de UDP cada 25 ms. Para las tramas IPv6 se hará uso de las cabeceras de opciones Hop-by-hop options (8 octetos) y mobility (16 octetos).

Para transmitir la información, los sensores utilizan WIFI y están conectados a un punto de acceso (AP) que está unido a un router R1 que está conectado a un router R2 y éste a un tercer router R3, al cual está conectado el servidor que recoge la información de los sensores. Los enlaces entre AP, R1, R2, R3 y S son gigaEthernet con extensión de portadora y sin posibilidad de transmisión de ráfagas de tramas. Por las características de los enlaces WIFI sabemos que pueden estar transmitiendo simultáneamente hasta 17 sensores atmosféricos sin que se degrade la comunicación.

Suponemos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la transmisión se ha diseñado un controlador en el AP que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido por el AP (que hemos dicho que es 17), no transmite y se pierde la transmisión. Además, sabemos que los sensores no están siempre activos y se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 40 segundos de tráfico por hora.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

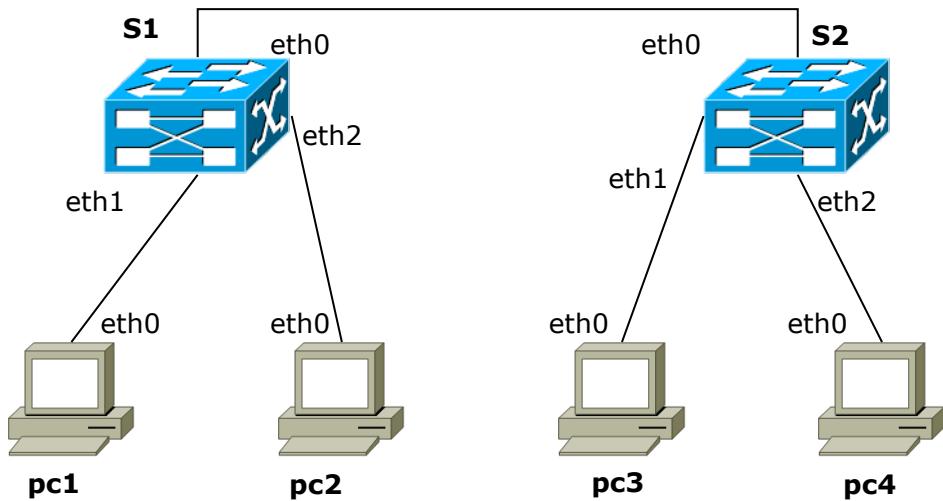
- a) Calcular la tasa de transmisión a nivel IP requerida por cada sensor. (1 pto)
- b) Comprobar que los enlaces gigaEthernet no limitan la comunicación de los 17 sensores transmitiendo simultáneamente en la WIFI. (1 pto)
- c) ¿Cuál es el número máximo de sensores por AP para que la probabilidad o de pérdidas o de demora sea inferior al 2,3%? (1 pto)
- d) Definir las redes IP (IPv4 e IPv6) y asignar direcciones IPv4 e IPv6 a los sensores, AP, S, R1, R2 y R3. (1 pto)
- e) Si realizamos un "ping -R -s 200" (en S.O. Linux) entre el AP y S, se nos pide que listemos los datagramas que aparecen en cada interfaz, indicando el contenido del campo TTL y opciones de la cabecera. Suponiendo que funciona correctamente, hacerlo sólo para el primer ping. (2 ptos)

### Ejercicio 2

La siguiente figura muestra el conexionado físico de diversos equipos mediante **switch de conmutación con funcionalidades de nivel 3** (multilayer switch). Permite, a su vez, la configuración de redes virtuales VLAN tanto etiquetadas (enlaces trunk) como sin etiquetar. **Los host del escenario no incluyen ningún módulo de configuración 802.1Q**, trabajando únicamente en Ethernet (no etiquetada).

Los switch disponen de interfaces físicas reales (ethx) cada una de ellas con su correspondiente dirección MAC. Dichas interfaces se consideran **equivalentes a los puertos** del switch. En caso de configurarse VLAN, las interfaces virtuales internas correspondientes tienen la misma dirección física que la interfaz real a la que se asocia (ej: eth2.1, interfaz virtual de VLAN 1 en eth2 tiene la misma dirección MAC de eth2).

Interfaz	S1	S2
eth0	C2:F2:8D:AA:D5:CD	0E:AE:6F:78:28:65
eth1	16:B6:F3:C9:6D:20	9A:F1:6D:72:17:54
eth2	1E:DB:01:3A:CB:67	0E:15:49:BE:A2:0F



Teniendo en cuenta las anteriores especificaciones, a continuación se proporciona una captura realizada en el enlace de conexión de los switch, resultado de diversas conexiones efectuadas tras un largo periodo de inactividad.

No.	Time	Source	Destination	Source	Destination	ID	802.1Q	Protocolo	Info
1	0.000000	ca:3a:52:79:bf:62	ff:ff:ff:ff:ff:ff			200	Yes	ARP	Who has 155.210.156.254? Tell 155.210.156.12
2	0.000148	0e:ae:6f:78:28:65	ca:3a:52:79:bf:62			200	Yes	ARP	155.210.156.254 is at 0e:ae:6f:78:28:65
3	0.000351	ca:3a:52:79:bf:62	0e:ae:6f:78:28:65	155.210.156.12	155.210.158.63	200	Yes	ICMP	Echo (ping) request id=0x8802, seq=1/256, ttl=64
4	0.009365	0e:15:49:be:a2:0f	ff:ff:ff:ff:ff:ff			100	Yes	ARP	Who has 155.210.158.63? Tell 155.210.158.254
5	0.009729	0e:ae:6f:78:28:65	ca:3a:52:79:bf:62	155.210.158.63	155.210.156.12	200	Yes	ICMP	Echo (ping) reply id=0x8802, seq=1/256, ttl=63
6	6.728070	9e:1f:2c:62:49:25	ff:ff:ff:ff:ff:ff			100	Yes	ARP	Who has 155.210.158.254? Tell 155.210.158.23
7	6.728579	0e:15:49:be:a2:0f	9e:1f:2c:62:49:25			100	Yes	ARP	155.210.158.254 is at 0e:15:49:be:a2:0f
8	6.728896	9e:1f:2c:62:49:25	0e:15:49:be:a2:0f	155.210.158.23	155.210.156.45	100	Yes	ICMP	Echo (ping) request id=0xd802, seq=1/256, ttl=64
9	6.734582	0e:ae:6f:78:28:65	ff:ff:ff:ff:ff:ff			200	Yes	ARP	Who has 155.210.156.45? Tell 155.210.156.254
10	6.734585	0e:15:49:be:a2:0f	9e:1f:2c:62:49:25	155.210.156.45	155.210.158.23	100	Yes	ICMP	Echo (ping) reply id=0xd802, seq=1/256, ttl=63

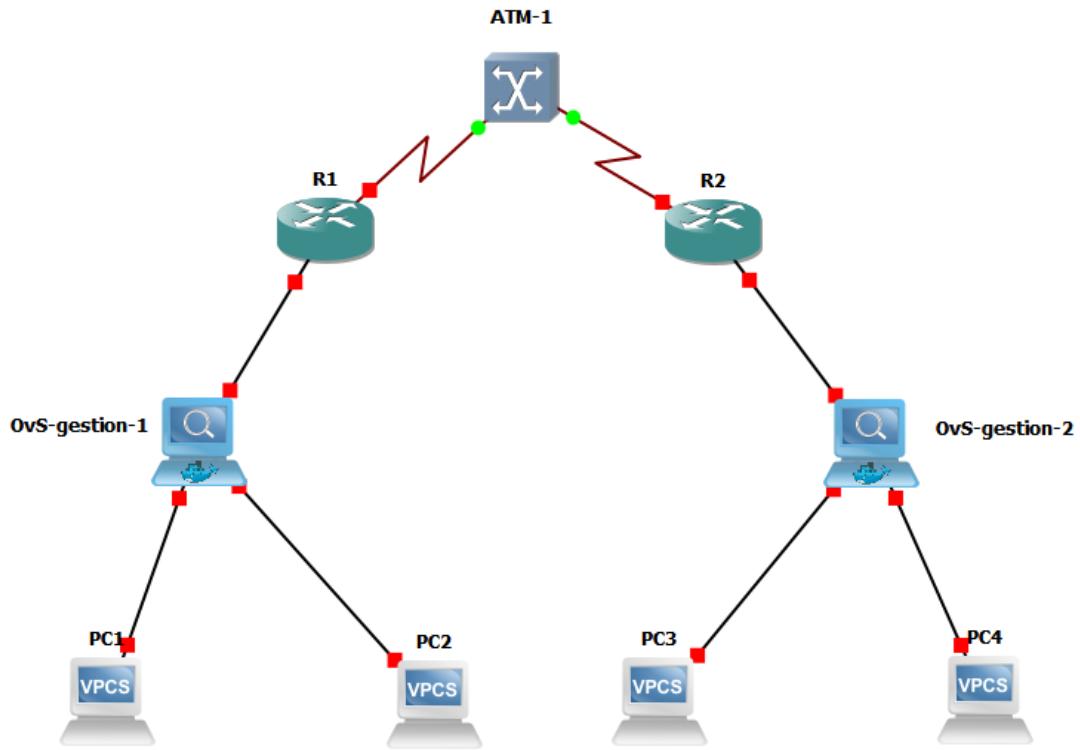
De acuerdo a lo que puede deducirse de la captura, responde a las siguientes preguntas:

- a) Completar los datos de configuración de los host: (2 ptos)

	pc1	pc2	pc3	pc4
Dirección MAC	CA:3A:52:79:BF:62	9E:1F:2C:62:49:25	9A:78:15:88:48:7C	5A:66:18:91:63:CF
Dirección IP			155.210.156.45	
Dirección de red				
Máscara de red	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0	255.255.255.0
Gateway por defecto				
VLAN a la que pertenece (especificar su ID)				

- b) Especificar, para S1 y S2, qué VLAN tienen configuradas indicando en ese caso las interfaces/puertos que pertenecen a las mismas. (2/3 ptos)
- c) Sabiendo que los switch del escenario tienen funcionalidades de nivel 3, especificar en qué equipo o equipos se encuentra el o los router del escenario, indicando explícitamente las IPs correspondientes. (2/3 ptos)
- d) Si durante la transmisión de la captura previa hubiéramos capturado simultáneamente en la interfaz **eth0** del **pc4**, cuáles de las tramas de la captura previa aparecerían? ¿Se modificaría algún campo? En ese caso, indicar cuáles. (2/3 ptos)

Vamos a trabajar sobre el escenario de la práctica 3.1



Queremos que todos los PC (situados en la parte inferior de la figura), aunque estén en ubicaciones diferentes, trabajen como si estuvieran en una misma LAN Ethernet. Para ello vamos a comunicar los dos *switch* OvS mediante un túnel GRE que permite interconectar redes LAN a través de IP. Trabajaremos únicamente sobre IPv4. Sabemos que la conexión entre los *switch* OvS y los *router* (R1 y R2) es Ethernet y la conexión entre R1 y R2 es AAL5/ATM sobre un C\_12 de la SDH que tiene una tasa de 2,176 Mbps. Se pide:

- Definir las redes IP para el correcto funcionamiento del escenario y asignar direcciones IP a los interfaces de los equipos que lo requieran. **(0,5 ptos)**
- Poner las instrucciones necesarias para crear un bridge, añadir los interfaces involucrados y configurar el túnel GRE. **(0,5 ptos)**

*Indicar las instrucciones necesarias para configurar OvS-gestion-1 (no son necesarias las instrucciones para OvS-gestion-2) siguiendo los pasos indicadas en el enunciado.*

- Poner las instrucciones necesarias para que **NO** trabaje como “learning-switch” y definir los flujos (estos flujos los definiremos a nivel MAC). **(2,5 ptos)**

*Vamos a trabajar CON definición de flujos, es decir, que NO sean los OvS los que aprendan en función de las tramas que se reciban. Además, sabemos las direcciones MAC de los interfaces de los PC (MAC1, MAC2, MAC3 y MAC4).*

En PC1 tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite audio y video simultáneamente con destino PC4. La cámara de video genera muestras de 1400 octetos cada 80 ms y de 60 octetos cada 8 ms. Para su transmisión se genera un datagrama IP por cada muestra añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IP añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP cada 20 ms. Se pide:

4. Si Capturásemos con *Wireshark* en el enlace entre OvS-gestion-1 y R1, que es Ethernet. ¿Cuál sería el tamaño de cada trama, asociada a la comunicación multimedia? **(1 pto)**
5. Realizar un diagrama temporal que nos permita calcular los retardos para las tramas de audio desde que salen de PC1 hasta que llegan a PC4 suponiendo que no interfieren con ninguna otra trama. **(2 ptos)**
6. Para completar el diseño vamos a proponer que en PC1 haya conectados múltiples sensores que puedan transmitir simultáneamente hacia PC4. ¿Cuántos sensores podrán transmitir simultáneamente sin que se degrade la comunicación a causa de la limitación del C\_12? **(0,5 ptos)**

Por último, suponemos que el número de sensores en PC1 es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de *Erlang*. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador en PC1 que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma, si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido, calculado en el apartado 8, el sensor no transmite y se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,04 *Erlang* de tráfico.

7. ¿Cuál es el número máximo de sensores para que la probabilidad, o de pérdidas o de demora, sea inferior al 2,5%? **(1 pto)**

#### Examen de Tecnologías de Red. Segunda convocatoria (2020/2021)

Queremos que todos los PC (situados en la parte inferior de la figura), aunque estén en ubicaciones diferentes, trabajen como si estuvieran en una misma LAN Ethernet. Para ello vamos a comunicar los dos *switch* OvS mediante un túnel GRE que permite interconectar redes LAN a través de IP. Trabajaremos únicamente sobre IPv4. Sabemos que la conexiones de los PC son Ethernet-10Mbps *full-duplex*, entre los *switch* OvS y los *router* (R1 y R2) son Ethernet-100Mbps *full-duplex* y la conexión entre R1 y R2 es AAL5/ATM sobre un contenedor desconocido de la SDH. Se pide:

8. Definir las redes IP para el correcto funcionamiento del escenario y asignar direcciones IP a los interfaces de los equipos que lo requieran. **(0,5 ptos)**

9. Poner las instrucciones necesarias en *OvS-gestion-1* y *OvS-gestion-2* para crear un bridge, añadir los interfaces involucrados, trabaje como “*learning-switch*” y configurar el túnel GRE. **(1,5 ptos)**

En PC1 tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite audio y video simultáneamente con destino PC4. La cámara de video genera muestras de 1400 octetos cada 80 ms y de 60 octetos cada 15 ms. Para su transmisión se genera un datagrama IP por cada muestra añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IP añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP cada 15 ms. Se pide:

10. Si Capturásemos con *Wireshark* en el enlace entre OvS-gestion-1 y R1, que es Ethernet. ¿Cuál sería el tamaño de cada trama, asociada a la comunicación multimedia? **(1 pto)**
11. Realizar un diagrama temporal (indicando los tiempos de transmisión de cada trama y suponiendo que la velocidad de propagación no es infinita) que nos permita calcular los retardos para los datagramas de audio desde que salen de PC1 hasta que llegan a PC4, suponiendo que no interfieren con ninguna otra trama. **(2,5 ptos)**

Para completar el diseño vamos a proponer que en PC1 haya conectados múltiples sensores que puedan transmitir simultáneamente hacia PC4. Suponemos que el número de sensores en PC1 es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de *Erlang*. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador en PC1 que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma, si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido, calculado a partir de los datos dados en el apartado 7, el sensor no transmite y se pierde la transmisión. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,03 *Erlang* de tráfico.

12. ¿Si tenemos 400 sensores, qué contenedor de la SDH usarías para que la probabilidad, o de pérdidas o de demora, sea inferior al 2,5%? **(1'5 pto)**

## EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES

PRIMERA CONVOCATORIA (2021/2022)

### Ejercicio 1

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (cámara y micrófono) que transmiten audio y video simultáneamente. Utilizaremos IPv6 sin campo de opciones. La cámara de video genera muestras de 1200 octetos cada 75 ms y de 200 cada 10 ms. Para la transmisión se encapsula cada muestra en IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de

RTP, 8 de UDP y 40 de IP cada 20 ms. Para transmitir la información, los sensores utilizan WIFI 802.11n (con los siguientes datos: preámbulo corto con los bit de sincronismo a 2Mbps y el resto a 6Mbps, DIFS=15 $\mu$ s, SIFS=5 $\mu$ s, slot de contención=12 $\mu$ s, intervalo para backoff [4:25], nota: estos datos no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema son necesarios varios puntos de acceso WIFI (AP) que están conectado a un único switch Giga-Ethernet de 96 puertos con un MTU de 1500 y un tamaño mínimo de trama de 768 octetos, que a su vez tiene conectado un router para salir a Internet y transmitir la información de los sensores a un servidor externo y sabemos que tiene tasa y MTU suficientes como para no afectar a la comunicación.

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

1.- Suponiendo que siempre podemos obtener en WIFI una tasa de  $R=65$  Mbps para la transmisión. Obtener la expresión para cada AP de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. (3 ptos)

2.- Tomando como base el resultado del apartado anterior, obtener la expresión de cuantos AP, como máximo, podremos tener conectados al switch sin que se degrade la transmisión entre el switch y el router a internet. (1,5 ptos)

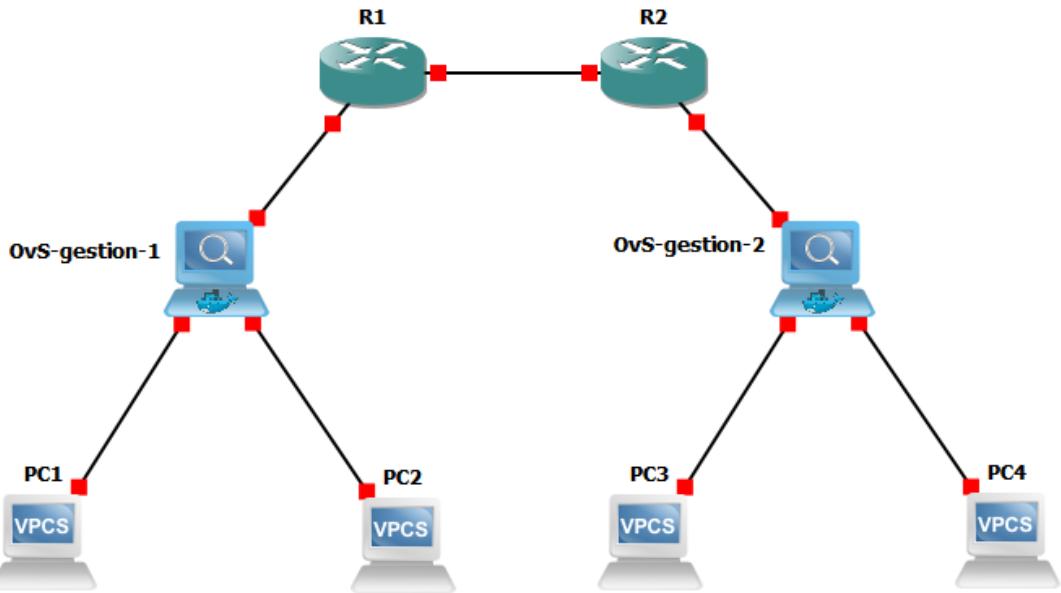
Suponemos que el número de sensores asignados a cada AP es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador por cada AP que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido por el AP, no transmite y vuelve a intentarlo más tarde. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,003 erlang de tráfico.

3.- ¿Cuál es el número máximo de sensores presentes por AP para que la probabilidad o de pérdidas o de demora sea inferior al 2,7%? (2 ptos).

## Ejercicio 2

Vamos a trabajar sobre el escenario de la práctica 3.2

Queremos que todos los PC (situados en la parte inferior de la figura), aunque estén en ubicaciones diferentes, trabajen como si estuvieran en una misma LAN Ethernet. Para ello vamos a comunicar los dos switch OvS mediante un túnel GRE que permite interconectar redes LAN a través de IP. Trabajaremos únicamente sobre IPv4. Sabemos que la conexión entre PC1 y el switch OvS-gestion-1 es Ethernet, entre OvS-gestion-1 y R1 es Fast-Ethernet, entre R1 y R2 es Ethernet, entre R2 y OvS-gestion-2 es Fast-Ethernet y entre OvS-gestion-2 y PC4 es Giga-Ethernet.



Se pide:

- 1.- Definir las redes IP para el correcto funcionamiento del escenario y asignar direcciones IP a los interfaces de los equipos que lo requieran. (0,5 ptos)
- 2.- Poner las instrucciones necesarias en los OvS-gestion-1 y OvS-gestion-2 para crear un bridge, añadir los interfaces involucrados y configurar el direccionamiento y encaminamiento IP, configurar el túnel GRE y que trabaje como learning-switch. (0,75 ptos)

En PC1 tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite audio y video simultáneamente con destino PC4. La cámara de video genera muestras de 1400 octetos cada 80 ms y de 60 octetos cada 8 ms. Para su transmisión se genera un datagrama IP por cada muestra añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 12 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IP añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP cada 20 ms.

Se pide:

- 3.- Si Capturásemos con Wireshark en el enlace entre R1 y R2, que es Ethernet. ¿Cuál sería el tamaño de cada trama presente en la comunicación multimedia? (0,75 ptos)
- 4.- En un momento determinado nos dicen que coincide la transmisión de la trama de video de 1400 oct y la de audio y que se comienza a transmitir la de video mientras que la de audio deberá esperar a que quede libre el medio. Realizar un diagrama temporal (suponiendo que los tiempos de procesado y propagación son cero) y las expresiones analíticas para cada tiempo involucrado, que nos permita calcular el retardo para la trama de audio desde que quiere ser transmitida por PC1 hasta que llega por completo a PC4. (1,5 ptos)

**EXAMEN DE DISEÑO Y ADMINISTRACIÓN DE REDES**  
**SEGUNDA CONVOCATORIA (2021/2022)**

Se quiere establecer comunicación entre dos equipos A y B. Para ello utilizamos tres router: R1, R2 y R3, de tal forma que A está unido a R1, R1 a R2, R2 a R3 y R3 a B.

-A está unido a R1 mediante un *switch Ethernet* a 100 Mbps.

-R1 y R2 están unidos mediante una red WIFI 802.11n con los siguientes datos: Tasa=300Mbps, Tasa mínima=6Mbps (ni 1Mbps ni 2 Mbps como pasa en 802.11b), preámbulo largo, DIFS=25 $\mu$ s, SIFS=5 $\mu$ s, slot de contención=10 $\mu$ s, intervalo para backoff [3:27], en modo AD-HOC y RTS threshold de 1000 Bytes. (nota: algunos de estos datos son particulares para el problema y no coinciden con la norma)

-R2 y R3 están unidos mediante tecnología SDSL (que es como ADSL pero simétrica, con la misma velocidad, 100 Mbps, en ambos sentidos) y sabemos que encapsula los datagramas IP sobre AAL5 y éste sobre ATM.

-R3 está unido a B mediante un enlace Giga-Ethernet half-duplex con un tamaño mínimo de trama de 700 octetos. (de nuevo este dato es particular para el problema y no coincide con la norma)

El MTU es siempre 1500 Bytes.

Tanto en A como en B tenemos un sensor atmosférico que genera información hacia el otro extremo. Esta información es de dos tipos. En el primero de ellos las muestras son de 60 octetos cada 7 ms. Para su transmisión se encapsula cada muestra en IPv4 añadiendo 12 octetos de RTP y 8 de UDP. Por otro lado, se genera una muestra de 1 octeto cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 con 12 octetos de RTP y 8 de UDP cada 25 ms.

Para el diseño nos indican que debemos utilizar para IPv4, subredes de tamaño 16 direcciones. No existen restricciones para IPv6.

**1. - Definir las redes IP (IPv4 e IPv6) y asignar direcciones IPv4 e IPv6 a las máquinas A, B, R1, R2 y R3. (1pto)**

**2. - Si realizamos un "ping -R -s 200" (en S.O. Linux) entre A y B, se nos pide que listemos los datagramas que aparecen en cada interfaz, indicando el contenido del campo TTL y opciones de la cabecera. Suponiendo que funciona correctamente, hacerlo sólo para el primer ping. (1,5ptos)**

**3. - Se nos pide que realicemos un diagrama temporal que nos permita estimar el tiempo de ida y vuelta del ping. (2ptos)**

**4. - Para completar el diseño se nos pide que estudiemos cuál de los enlaces es más restrictivo. Para ello vamos a suponer que tanto en A como en B hay un número N de sensores que es igual para los dos extremos y vamos a calcular el valor de N para que pudieran estar transmitiendo simultáneamente sin congestionar el enlace. La valoración será la siguiente: enlace A-R1 (1pto), enlace R1-R2 (2ptos), enlace R2-R3 (1pto) y enlace R3-B (1,5ptos)**

## Ejercicio 1 (6,5 puntos)

Se quiere desplegar un sistema de tele-vigilancia mediante sensores multimedia (detector de movimiento, presencia y micrófono). Utilizaremos IPv6 (para facilitar los cálculos no utilizaremos campo de opciones). El detector de presencia genera muestras de 1200 octetos cada 35 ms. El detector de movimiento, muestras de 800 cada 15 ms. El micrófono genera una muestra de 16 bits cada 200  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv6 cada 20 ms. Para la transmisión se encapsula cada datagrama IPv6 añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 40 de IP. Por otro lado, Para transmitir la información, los dispositivos utilizan WIFI 802.11g (con los siguientes datos: preámbulo corto con los bit de sincronismo a 2Mbps y el resto a 6Mbps, DIFS=35 $\mu$ s, SIFS=10 $\mu$ s, slot de contención=15 $\mu$ s, intervalo para backoff [3:15], nota: estos datos son inventados para el problema y no coinciden con la norma) y por las características del área de despliegue del sistema sólo es necesario un punto de acceso WIFI (AP) al que se conectan todos los sensores. El AP está conectado a un switch Ethernet, cuyos puertos trabajan a 10Mbps, que a su vez tiene conectado un router ADSL (que utiliza AAL5 sobre ATM) para salir a Internet y transmitir la información a un servidor externo en un camino con un MTU siempre superior al que tenemos internamente (WIFI o Ethernet).

Para diseñar el sistema se nos propone realizar los siguientes pasos:

**1. -**Suponemos que se dan diferentes situaciones en las que podemos obtener en WIFI una tasa de R (6, 12, 24, 36, 48 y 54 Mbps) para la transmisión. Obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión para cada tasa R. Contemplad los casos en que la limitación es por causa de la WIFI y los que es por causa de Ethernet. (3,5 ptos)

A partir de aquí vamos a trabajar únicamente para la situación de R=36Mbps

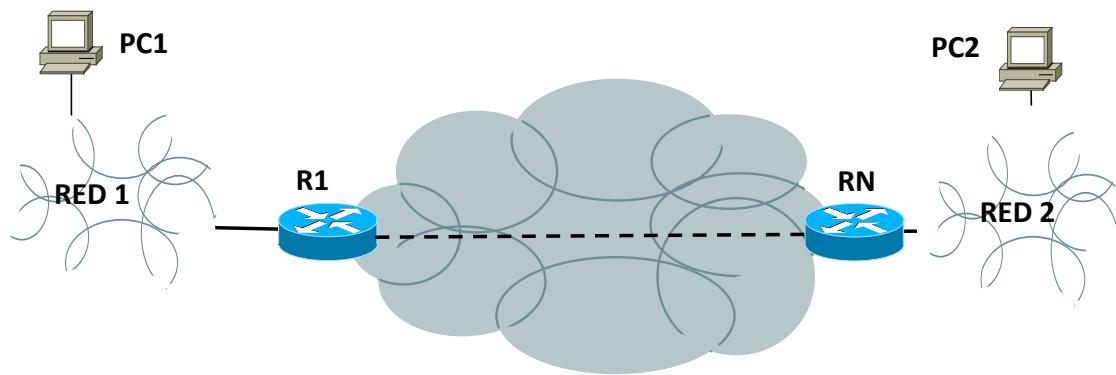
**2.-**Calcular la velocidad mínima (en celdas por segundo) del ADSL para soportar la transmisión de toda la información generada por el número máximo de sensores transmitiendo simultáneamente. (1 pto)

Supondremos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que está transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 4, no le permite transmitir. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,001 erlang de tráfico.

**3.-** ¿Cuál es el número máximo de sensores presentes para que la probabilidad de pérdida sea inferior al 3%? (2 ptos)

## Ejercicio 2 (3,5 puntos)

La siguiente figura y tabla que se encuentra en la hoja adjunta corresponden a una captura de tráfico realizada en la RED 1 mediante Wireshark. Sabemos que PC1 realiza un ping (3 envíos) a PC2 y que las tablas de vecinos se encuentran vacías.



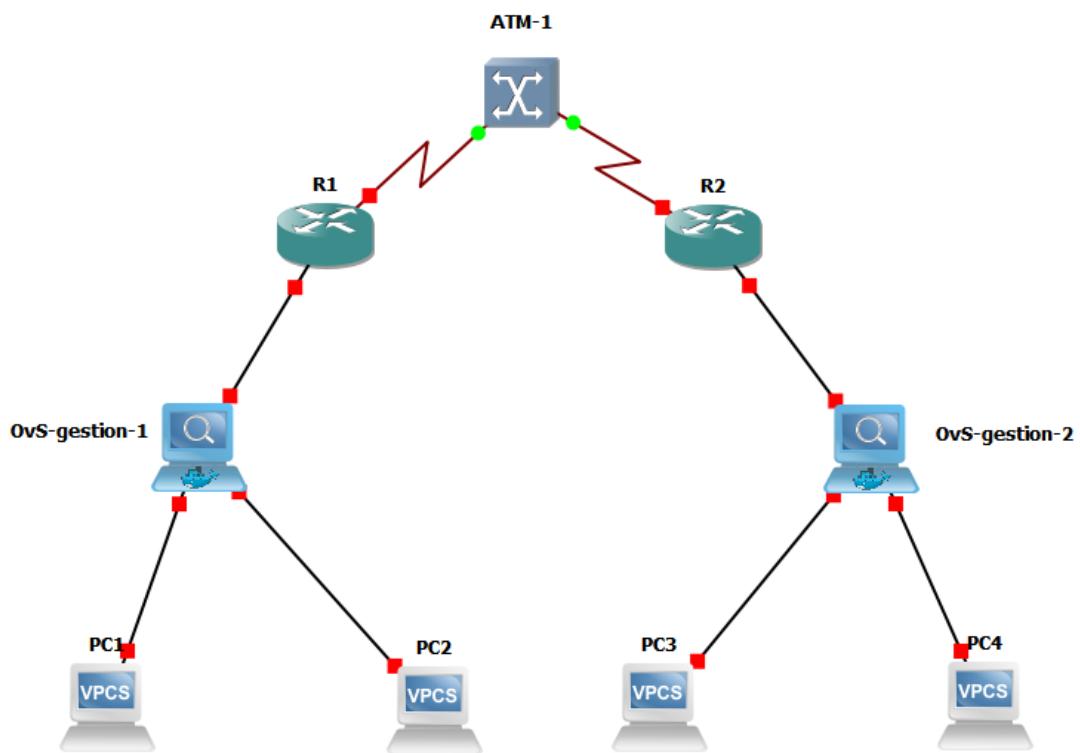
## Notas:

- Los paquetes IPv6 tienen un *Hop Limit* inicial de 64
  - La autoconfiguración de direcciones IPv6 es *stateless* basada en EUI-64
  - El escenario de interconexión de redes es bidireccional (los caminos de "ida y vuelta" son iguales para todos los paquetes)
  - No hay pérdidas en ninguna red debidas a congestión o errores (bucles de encaminamiento, enlaces no fiables...)
  - Wireshark omite 12 bytes de la cabecera Ethernet

De acuerdo al análisis de la misma, responde razonadamente a las siguientes preguntas:

7. ¿Cuántos saltos separan a PC1 y PC2? (0.5 ptos.)
  8. ¿Cuál puede ser el valor de MTU mínimo en el camino entre PC1 y PC2? ¿En qué "salto" se encuentra dicho valor mínimo? (0.5 ptos.)
  9. ¿Por qué piensas que no se recibe el echo reply de respuesta al segundo echo request? (1 pto.)
  10. ¿A qué se debe el intercambio de mensajes observado en las tramas 7 y 8? (0.5 ptos.)
  11. Identifica todas las direcciones IPv6 unicast que aparecen en la captura indicando a quién pertenecen, si son locales de enlace o globales. (1 pto.)

Vamos a trabajar sobre el siguiente escenario.



Queremos que PC1 y PC3 trabajen como si estuvieran en una misma VLAN, mientras que PC2 y PC4 lo hagan en otra VLAN. Para ello vamos a comunicar los dos *switch* OvS mediante un túnel GRE que permita interconectar redes LAN a través de IP. Sabemos que las conexiones de los PC son Ethernet-10Mbps *full-duplex*, entre los *switch* OvS y los *router* (R1 y R2) son Ethernet-100Mbps *full-duplex* y la conexión entre R1 y R2 es AAL5/ATM a 12Mbps. Se pide:

1. Definir las redes IP para el correcto funcionamiento del escenario, asignar direcciones IP a los interfaces y las tablas de encaminamiento IP de los equipos, necesarias para el correcto funcionamiento. **(1 pto)**
2. Escribir las instrucciones que son necesarias en *OvS-gestion-1* y *OvS-gestion-2*, para que el *router* que interconecta las VLAN esté situado en *OvS-gestion-1* y los OvS trabajen como “*learning-switch*”. **(3 ptos)**

Para definir en OvS, un interfaz eth0 tanto tagged, el comando es el siguiente:

**ovs-vsctl add-port br0 eth0 tag=vlan**, siendo vlan el identificador de la VLAN

Para definir en OvS, un interfaz eth0 como untagged, el comando es el siguiente:

**ovs-vsctl add-port br0 eth0 untag=vlan**, siendo vlan el identificador de la VLAN

Se pueden concatenar tag, untag, trunk y -- set en una misma orden.

```
ovs-vsctl add-port br0 eth15 untag=... trunk=... -- set Interface eth15 type=gre...
```

Examen de Diseño y Administración de Redes. Segunda convocatoria (2022/2023)

En PC3 tenemos un sensor multimedia (cámara y micrófono) que transmite audio y video simultáneamente con destino PC4. La cámara de video genera muestras de 1320 octetos cada 90 ms. Para su transmisión se genera un datagrama IP por cada muestra añadiendo 12 octetos de RTP, 8 octetos de UDP y 20 octetos de IP. Por otro lado, el códec de audio genera una muestra de 16 bits cada 200  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IP añadiendo 12 octetos de RTP, 8 octetos de UDP y 20 octetos de IP cada 10 ms. Se pide:

3. Si capturásemos con *Wireshark* en el enlace entre *OvS-gestion-1* y R1, que son Ethernet, ¿Cuántas tramas aparecen relacionadas con el envío de un paquete de video? ¿Cuál sería la estructura, indicando las direcciones MAC e IP de los diferentes niveles de la arquitectura de cada una de estas tramas? ¿Qué tamaño total tienen? **(2 ptos)**
4. Calcular la tasa en el enlace de ATM, tanto en bps (bit por segundo) como en cps (celdas por segundo). **(1 pto)**

Para completar el diseño vamos a proponer que en PC3 haya conectados múltiples sensores que puedan transmitir simultáneamente hacia PC4. Suponemos que el número de sensores en PC3 es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de *Erlang*. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión, se ha diseñado un controlador en PC3 que cuenta el número de sensores que están transmitiendo en cada momento. De esta forma, si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo posible admitido (que deberemos calcular en el apartado 5), el sensor no transmite inmediatamente pero lo intentará más adelante. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,008 *Erlang* de tráfico.

5. Si tenemos 500 sensores y en lugar de un comutador ATM tenemos un punto de acceso (AP) wifi 802.11g (el preámbulo trabaja siempre a 6Mbps), sabiendo que tenemos desactivado RTS/CTS, y que R1 y R2 se conectan en modo infraestructura al AP ¿A qué tasas de transmisión propondrías trabajar (los posibles valores son 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48 y 54 Mbps) para que la probabilidad, o de pérdidas o de demora, sea inferior al 3%? **(3 ptos)**

En una ubicación remota poco accesible, disponemos de sensores multimedia (con detector de movimiento, detector de presencia y micrófono). Cuando están activos los sensores, el detector de presencia genera muestras de 1300 octetos cada 35 ms, el detector de movimiento, muestras de 500 cada 12 ms (estas muestras se paquetizan individualmente sobre IPv4, añadiendo 8 octetos de UDP y 20 de IP) y el micrófono genera una muestra de 16 bits cada 125  $\mu$ s que agrupamos de tal forma que se transmite un datagrama IPv4 cada 20 ms (añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP). Cada sensor está conectado al puerto de un switch Ethernet a 100Mbps, que tiene a su vez, un dispositivo único para todos los sensores que retransmite cada datagrama, mediante WIFI, a un AP situado en otra ubicación diferente. Se utiliza una norma WIFI propia para DAR, la 802.11DAR (con los siguientes datos: formato corto con los bit de preámbulo a 2Mbps y los de cabecera a 6Mbps, DIFS=32 $\mu$ s, SIFS=8 $\mu$ s, slot de contención=12 $\mu$ s, intervalo para backoff [3:15], cabecera MAC de 36 octetos, sin RTS/CTS). El AP está conectado a un switch Ethernet, a través de un puerto que trabaja a 10Mbps, que a su vez tiene conectado, a través de un puerto GigaEthernet con un tamaño mínimo de trama de 768 octetos a un router que utiliza una tecnología ATM (de AAL5 sobre ATM) para conectarse a un servidor mediante una tasa (celdas por segundo) suficiente para soportar sin problema todo el tráfico. En todas las tecnologías el MTU es suficiente para que no se necesite fragmentar. Se nos propone realizar los siguientes cálculos:

**1.** - Suponemos que se dan diferentes situaciones en las que podemos obtener en WIFI una determinada tasa de  $R$  (13, 26, 39, 52 y 65 Mbps) para la transmisión. Para cada situación, obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar activos, transmitiendo simultáneamente sin que se degrade la transmisión. **(2,5 ptos)**

**2.** - Si trabajamos únicamente con  $R=52$ Mbps, calcular la velocidad mínima (en celdas por segundo) del ATM para soportar la transmisión de toda la información generada por el número máximo de sensores transmitiendo simultáneamente. **(1 pto)**

Supondremos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores activos que están transmitiendo en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado en el apartado 1, no le permite transmitir. Además, se ha realizado un estudio estadístico mediante el cual estimamos que cada sensor demanda 0,004 erlang de tráfico.

**3.** - ¿Cuánto tiempo está activo un sensor en la hora cargada? ¿Cuál es el número máximo de sensores presentes para que la probabilidad de pérdida sea inferior al 3%? **(1,5 ptos)**

**4.- Si tenemos N ubicaciones remotas, cada una conectada a un AP WIFI distinto (utilizando canales diferentes y cuya cantidad no es limitante) y cada AP a un puerto de 10 Mbps del switch, ¿Cuál es el máximo de ubicaciones remotas que puede haber? (1,5 ptos)**

**5.- Si en un mismo instante de tiempo llegan al sensor: una muestra del detector de movimiento, otra del detector de presencia y la última de audio que provoca el envío del datagrama, y se transmiten los datagramas en ese mismo orden ¿Cuánto tiempo como mínimo transcurre desde que queremos transmitir la primera de las muestras de audio del datagrama, hasta que llega por completo al servidor? Dibujar un esquema temporal, indicando los valores temporales que permitan calcular el tiempo. (2,5 ptos)**

**6.- Planificar las direcciones IP para el escenario completo. (1 pto)**

**Examen de Diseño y Administración de Redes. Segunda convocatoria (2023/2024)**

En una ubicación remota poco accesible, disponemos de 200 sensores multimedia (con detector de presencia, transmisor de video y transmisor de audio). Cuando se detecta presencia, el transmisor de video genera muestras de 1350 octetos cada 35 ms, y de 400 octetos cada 15 ms (estas muestras se paquetizan individualmente sobre IPv4, añadiendo 20 octetos de TCP y 20 de IP). El transmisor de audio siempre permanece activo y genera una muestra de 80 bits cada 15 ms y agrupa M muestras en un mismo datagrama IP (añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP). Cada sensor está conectado directamente con Ethernet a 100Mbps a un dispositivo único que transmite la información de cada sensor, mediante WIFI, a un AP situado en otra ubicación diferente. Se utiliza una norma WIFI propia para DAR, la 802.11DAR (con los siguientes datos: formato corto con los bit de preámbulo a 2Mbps y los de cabecera a 6Mbps,  $DIFS=32\mu s$ ,  $SIFS=8\mu s$ , slot de contención= $15\mu s$ , intervalo para backoff [7:15], cabecera MAC de 24 octetos, sin RTS/CTS). El AP está conectado a un switch Ethernet, a través de un puerto que trabaja a 10Mbps, que a su vez tiene conectado, a través de un puerto GigaEthernet con un tamaño mínimo de trama de 768 octetos a un router que utiliza una tecnología ATM (de AAL5 sobre ATM) para conectarse a un servidor mediante una tasa (celdas por segundo) suficiente para soportar sin problema todo el tráfico. En todas las tecnologías el MTU es suficiente para que no se necesite fragmentar. Se nos propone realizar los siguientes cálculos:

**1.- Para el enlace de 10 Mbps obtener la expresión de M para que no ocupemos más del 30% del tiempo con las tramas de audio. (1,5 pto)**

**2.- También para el enlace de 10 Mbps y con el dato de M del apartado anterior obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente en este enlace a 10 Mbps la información de video sin que se degrade la transmisión. Recordad que el audio se transmite siempre. (1,5 ptos)**

**3.** - Suponemos que se dan diferentes situaciones en las que podemos obtener en WIFI una determinada tasa de  $R$  (13, 26, 39, 52 y 65 Mbps) para la transmisión. Para cada tasa  $R$  y con el dato de  $M$  del apartado 1, obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente en la WIFI información de video sin que se degrade la transmisión. Recordad que el audio se transmite siempre. **(2 ptos)**

A partir de este punto trabajaremos únicamente con  $R=52\text{Mbps}$ .

**4.** - calcular la velocidad mínima (en celdas por segundo) del ATM para soportar la transmisión de toda la información generada en la situación en que transmitan el máximo número de señales de video calculado en los apartados anteriores. **(1 pto)**

Supondremos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que transmiten video en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado anteriormente, no le permite transmitir y se pierde la transmisión.

**5.** - Admitiendo que todos los sensores demandan el mismo tráfico de video, ¿Cuál es el valor de tráfico medido en erlang para la transmisión de video de cada sensor para que la probabilidad de pérdida sea inferior al 3%? **(1,5 ptos)**

**6.** - Si tenemos  $N$  ubicaciones remotas, cada una conectada a un AP WIFI distinto (utilizando canales diferentes y cuya cantidad no es limitante) y cada AP conectado a un puerto de 10 Mbps del switch, ¿Cuál es el máximo de ubicaciones remotas que puede haber? **(1,5 ptos)**

**7.** - Planificar las direcciones IP para el escenario completo. **(1 pto)**

Examen de Diseño y Administración de Redes. Primera convocatoria (2024/2025)

## Ejercicio 1 (7,5 puntos)

En una ubicación remota poco accesible, disponemos de 200 sensores multimedia (con detector de presencia, transmisor de video y transmisor de audio). Cuando se detecta presencia, el transmisor de video genera muestras de 1350 octetos cada 35 ms, y de 400 octetos cada 15 ms (estas muestras se paquetizan individualmente sobre IPv4, añadiendo 20 octetos de TCP y 20 de IP). El transmisor de audio siempre permanece activo y genera una muestra de 80 bits cada 15 ms y agrupa  $M$  muestras en un mismo datagrama IP (añadiendo 12 octetos de RTP, 8 de UDP y 20 de IP). Cada sensor está conectado directamente con Ethernet a 100Mbps a un dispositivo único que transmite la información de cada sensor, mediante WIFI, a un AP situado en otra ubicación diferente. Se utiliza una norma WIFI propia para DAR, la 802.11DAR (con los siguientes datos: formato corto con los bit de preámbulo a 2Mbps y los de cabecera a 6Mbps, DIFS=32 $\mu\text{s}$ , SIFS=8 $\mu\text{s}$ , slot de contención=15 $\mu\text{s}$ , intervalo para backoff [7:15], cabecera MAC de 24 octetos, sin

RTS/CTS). El AP está conectado a un *switch Ethernet*, a través de un puerto que trabaja a 10Mbps, que a su vez tiene conectado, a través de un puerto *GigaEthernet* con un tamaño mínimo de trama de 768 octetos a un *router* que utiliza una tecnología ATM (de AAL5 sobre ATM) para conectarse a un servidor mediante una tasa (celdas por segundo) suficiente para soportar sin problema todo el tráfico. En todas las tecnologías el MTU es suficiente para que no se necesite fragmentar. Se nos propone realizar los siguientes cálculos:

- 1.** - Para el enlace de 10 Mbps obtener la expresión de M para que no ocupemos más del 30% del tiempo con las tramas de audio. **(1,5 pto)**
- 2.** - También para el enlace de 10 Mbps y con el dato de M del apartado anterior obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente en este enlace a 10 Mbps la información de video sin que se degrade la transmisión. Recordad que el audio se transmite siempre. **(1,5 ptos)**
- 3.** - Suponemos que se da una situación en las que podemos obtener en WIFI una tasa de R=39 Mbps para la transmisión. Para esta tasa R y con el dato de M del apartado 1, obtener la expresión de cuántos sensores, como máximo, podrían estar transmitiendo simultáneamente en la WIFI información de video sin que se degrade la transmisión. Recordad que el audio se transmite siempre. **(2 ptos)**
- 4.** - calcular la velocidad mínima (en celdas por segundo) del ATM para soportar la transmisión de la información generada en la situación más restrictiva en que transmitan el máximo número de señales de video, calculado en los apartados anteriores. **(1 pto)**

Supondremos que el número de sensores es suficientemente grande como para considerar población infinita y aplicar las tablas de erlang. Para conseguir que no se degrade la calidad de la transmisión se ha diseñado un controlador que cuenta el número de sensores que transmiten video en cada momento. De esta forma si un sensor quiere transmitir y el controlador ve que ya lo están haciendo el número máximo calculado anteriormente, no le permite transmitir y se pierde la transmisión.

- 5.** - Admitiendo que todos los sensores demandan el mismo tráfico de video, ¿Cuál es el valor de tráfico medido en erlang para la transmisión de video de cada sensor para que la probabilidad de pérdida sea inferior al 3%? **(1,5 ptos)**