

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**  
**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE RADIO**  
**EXAMEN FINAL 2-07-2018**

**Publicación de notas: 12/7/18**  
**Solicitud de Revisión: 16/7/18, 12:00**

**EJERCICIO 1, DURACIÓN: 40 MINUTOS. 4 puntos**

En un centro comercial se ha instalado una red WiFi desplegando doce APs 802.11n con EDCA activada, en la banda de 5 GHz. Los APs se han interconectado mediante una LAN Ethernet de 1 Gbps. A esa LAN se ha conectado también un router para acceso a Internet y dos servidores del centro, uno de video y otro de localización. El despliegue ha resultado en dos zonas de cobertura para cada AP, una **Cerca** y otra **Media**.

Los empleados del centro tienen intercomunicadores VoIP sobre WiFi. Los codecs utilizan supresión de silencios. Cuando un interlocutor habla genera un flujo de 200 kbps en el servicio del MAC. A este tráfico se le asigna la categoría Voice.

El centro tiene instaladas pantallas de gran formato distribuidas irregularmente por su superficie. En todas ellas se presenta simultáneamente un carrusel de videos publicitarios. El carrusel se difunde en *streaming* desde el servidor con calidad HD codificado a 4 Mbps. A este tráfico se le asigna la categoría Video.

El centro dispone de un servicio de pulseras localizadoras para niños. Estas pulseras transmiten periódicamente la posición del niño, que se hace disponible a los padres en una página web ofrecida por el servidor de localización. Cada pulsera obtiene la posición analizando las tramas Beacon que recibe y transmite periódicamente cada 10 s una MSDU de 250 octetos con esa información. A este tráfico se le asigna la categoría Background.

Se permite a los clientes navegar por Internet, asignándose a este tráfico la categoría Background, considerando despreciable el tráfico de subida hacia Internet frente al de bajada.

Los puntos de acceso optimizan la transmisión de flujos multicast en función del tipo de usuario asociado en cada momento.

Se ha caracterizado la capacidad en el MAC para cada uno de los tráficos dependiendo de la zona en que se halle la estación con el resultado recogido en la siguiente tabla, en Mbps:

	<b>VoIP</b>	<b>Video</b>	<b>Localización</b>	<b>Internet</b>
<b>Zona Cerca</b>	6	20	0,6	30
<b>Zona Media</b>	3	10	0,3	15

Se van a analizar varios escenarios independientes. Calcular **justificadamente** lo que se pide en cada uno.

Se recomienda obtener primero las expresiones y después sustituir los valores numéricos.

**Escenario 1.** En un AP se tienen dos pantallas en la zona Cerca y tres en la zona Media.

**¿Qué AirTime ocupa el carrusel de video en ese AP?**

**Escenario 2.** En la zona Cerca de un AP hay tres empleados hablando con VoIP.

**¿Cuántos empleados usando VoIP puede haber en la zona Media de ese AP para que el AirTime de la VoIP no supere el 25 %?**

**Escenario 3.** Si se fuerza que el tráfico con Internet no supere un AirTime del 15 %,.

**¿Qué caudal máximo se tiene en el interfaz del router con la LAN?**

**Escenario 4.** En un AP hay una pantalla en la zona Cerca y seis empleados con VoIP en la zona Media. Hay dos clientes en la zona Cerca y tres en la zona Media accediendo a Internet.

**¿Qué caudal puede alcanzar cada cliente navegando por Internet si se les permite utilizar todo el AirTime que quede libre?**

**Escenario 5**

Los niños con pulseras de localización pueden moverse libremente por todo el centro comercial. Se desea que en ningún caso el AirTime ocupado por este servicio supere el 4 %.

**¿Cuál es el número máximo de pulseras que pueden repartirse?**

**Nota:** Se pueden despreciar los efectos de errores y colisiones, así como todos los overheads no especificados.

## **EJERCICIO 1. SOLUCIÓN**

**Escenario 1.** En un AP se tienen dos pantallas en la zona Cerca y tres en la zona Media.

**¿Qué AirTime ocupa el carrusel de video en ese AP?**

$$4 \text{ Mbps} / 10 \text{ Mbps} = 40 \%$$

**Escenario 2.** En la zona Cerca de un AP hay tres empleados hablando con VoIP.

**¿Cuántos empleados usando VoIP puede haber en la zona Media de ese AP para que el AirTime de la VoIP no supere el 25 %?**

$$(N_{\text{cerca}} * 0,2) / 6 + (N_{\text{media}} * 0,2) / 3 = 0,25$$

$$N_{\text{media}} = 2$$

**Escenario 3.** Si se fuerza que el tráfico con Internet no supere un AirTime del 15 %,.

**¿Qué caudal máximo se tiene en el interfaz del router con la LAN?**

$$12 * 30 * 0,15 = 54 \text{ Mbps}$$

**Escenario 4.** En un AP hay una pantalla en la zona Cerca y seis empleados con VoIP en la zona Media. Hay dos clientes en la zona Cerca y tres en la zona Media accediendo a Internet

**¿Qué caudal puede alcanzar cada cliente navegando por Internet si se les permite utilizar todo el AirTime que quede libre?**

**Video 20 %**

**Voz 40 %**

**Libre 40 %**

$$\text{Por cliente} = 0,4 * R_{\text{cerca}} * R_{\text{media}} / (3 * R_{\text{cerca}} + 2 * R_{\text{media}}) = 1,5 \text{ Mbps}$$

### **Escenario 5**

Los niños con pulseras de localización pueden moverse libremente por todo el centro comercial. Se desea que en ningún caso el AirTime ocupado por este servicio supere el 4 %.

**¿Cuál es el número máximo de pulseras que pueden repartirse?**

$$N * 2000 / 10 = 0,04 * 300.000$$

$$N = 60$$

**dit**

Apellidos: \_\_\_\_\_

**UPM**

Nombre: \_\_\_\_\_

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**

**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE RADIO**

**EXAMEN FINAL 2-07-2018**

**EJERCICIO 2, DURACIÓN: 30 MINUTOS. 3 puntos**

Se desea dimensionar un sistema 4G LTE para dar servicios de datos. El operador dispone de una licencia FDD que le permite disponer en cada sector de la red celular de 27x2 MHz.

Los usuarios pueden contratar servicios portadores (BS) de acceso corporativo con un SLA de 6 Mbps (downlink) con un factor de sobresuscripción bajo para garantizar un alto caudal de acceso en todas las condiciones del horario de oficina.

La calidad del enlace permite que parte de los usuarios (U1) utilicen 6 bits/símbolo y el resto (U2) usen 4 bits/símbolo.

El operador aplica una estrategia de planificación de recursos que garantizar el SLA.

**Se pide, justificadamente:**

1. Seleccionar la estrategia de planificación de recursos que optimiza el caudal efectivo obtenido.

El operador decide utilizar una política de asignación de recursos basada en “**Minimum bit rate Max C/I**”.

**Se pide, justificadamente:**

2. En un determinado momento durante el horario de oficina la asignación de recursos resulta en que a los usuarios U1 se les asigna un caudal de 4 Mbps y a los usuarios U2 se les asigna un caudal de 2 Mbps.  
Calcular el factor de sobresuscripción contratado.
3. Calcular el máximo caudal que se puede obtener en un sector cuando hay 8 usuarios U2 activos descargando contenidos, el resto de usuarios son U1.

Notas:

- El enlace “downlink” utiliza 6 símbolos por slot.
- Todos los usuarios usan FEC 2/3.
- Los “overhead” de protocolos no definidos en el ejercicio se consideran despreciables.
- Considerar que el recurso mínimo asignable es 1RB/frame.
- No se considera la mejora de eficiencia del MIMO.

**EJERCICIO 2. SOLUCIÓN** (No se incluye la justificación que el alumno **SI** debe proporcionar)

<b>DATOS:</b>	<b>Rate (kbps)</b>					
	6000					
	<b>Ef. users U1</b>					
	<b>b/sy</b>	<b>Ef. users U2 b/sy</b>	<b>FEC</b>	<b>Sym/slot</b>	<b>BW Mhz</b>	
	6	4	0,66666667	6	27	
Nº de subportadoras:	1800					
Nº de RBs/frame:	3000					
Capacidad 1RB/frame (kbps) para U1	28,8					
Capacidad 1RB/frame (kbps) para U2	19,2					
<b>Apartado 1</b>						
<b>Estrategia</b>	<b>Minimum bit rate Max C/I</b>					
<b>Apartado 2</b>	El ser "Minimu bit rate Max C/I "y los usuarios U1 tener menos que el Máximo del SLA, los U2 tienen asignado el garantizado.					
<b>Factor de Sobresuscripción:</b>	<b>3 :1</b>					
<b>Apartado 3</b>	La situación de máximo se dará cuando a todos los U1 utilizan todos los recursos posible y los U2 disponen del mínimo garantiado 2Mbps.					
		<b>RBs Asignados</b>	<b>Caudal (kbps)</b>			
Usuarios U2:	8					
RBs/frame Asignado a cada usuario U2 (Garantizado):	105	840	16128			
<b>Resto se asigna a usuarios U1</b> (debe haber más de 10 usuarios U1)		2160	62208			
<b>TOTAL Caudal (kbps):</b>			<b>78336</b>			

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE SISTEMAS TELEMÁTICOS**  
**ASIGNATURA: REDES Y SERVICIOS DE RADIO**  
**EXAMEN FINAL 2-07-2018**

**EJERCICIO 3, DURACIÓN: 30 MINUTOS. 3 puntos.**

Una empresa dedicada a la distribución de la imagen y sonido de grandes eventos deportivos utiliza servicios VSAT para hacer llegar el vídeo/audio de los eventos en directo a todos los países donde se va a difundir el evento. En cada uno de estos países hay un terminal VSAT ubicado en el punto de presencia de proveedor de TV que tiene los derechos de retransmisión en ese país.

En el lugar donde se produce el evento se instala otro terminal VSAT desde el que se distribuye el evento con un caudal de vídeo/audio de 4,2 Mbps a nivel de aplicación. La aplicación de vídeo utiliza UDP sobre IP multicast.

Actualmente los eventos se distribuyen a 5 países.

La red VSAT es de la familia TSS que utilizan la tecnología DVB-S2/DVB-RCS.

Las características de los canales de las redes VSAT se describen a continuación.

Canal de “return”:

- Las “frames” duran lo mismo que las “superframes”: 80 ms.
- Se usan 6 portadoras de 12 MHz.
- Cada frame tiene 120 slots y cada uno de ellos permite la transmisión de 8 TSPs (MPEG2-Transport Packets).

Canal de “forward”:

- La portadora de “forward” utiliza BW=36 Mhz.
- Las condiciones de enlace con todos los RCSTs del sistema requieren usar una eficiencia espectral (MOD+FEC) de 2 bps/Hz en la difusión.

Se pide, **justificadamente**:

1. Dibujar la arquitectura del sistema donde aparezcan los componentes y enlaces de la RED VSAT y los flujos de vídeo cuando hay un único evento deportivo.
2. Calcular el retardo mínimo con el que los usuarios pueden recibir el evento (sin considerar los tiempos de codificación de vídeo/audio, los tiempos de transmisión y el retardo de distribución por la red terrestre en cada país).
3. Calcular el número máximo de eventos que se pueden distribuir simultáneamente.

Notas:

- Tamaño de las PDUs de vídeo (Aplicación): 1450 B
- Overhead TCP 20B, UDP 8 B, IP 20 B, MPE 25 B, GSE 8 B y TSP 4 B.
- El resto de overheads no definidos explícitamente se consideran despreciables.
- Retardo de propagación de un salto satélite: 250 ms.

**EJERCICIO 3. SOLUCIÓN** (No se incluye la justificación que el alumno **SI** debe proporcionar)

	Frame (ms)	Portadoras	Slots/frame	TSPs/Slot			
	80	6	120	8			
	FWD (Mhz)	ST (bps/hz)					
	36	2					
	Tamaño PDU App (B):	1450					
	Caudal Vídeo App (kbps):	4200					
Pregunta 1	Una única red VSAT TSS con 6 RCSTs (5 países+evento), <b>difundiendo</b> por el FWD el flujo de v/a que recibe el GW por el RTN desde el RCST ubicado en						
Pregunta 2	Doble salto: 500 ms						
Pregunta 3							
	Canal RTN:						
	Caudal a nivel App de 1 Slot/frame (kbps):	142,01					
	Número de slots/frame totales:	720,00					
	Slots/frame Asignados a cada evento	30					
	Eventos soportados por RTN:	24					
	Canal FWD:						
	Caudal a nivel App del FWD (kbps):	70255,7201					
	Eventos soportados por FWD:	16					