



Universidad de Granada

Dpto. Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones  
E.T.S. Ingeniería Informática y de Telecomunicación  
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, S/N  
18071- Granada  
Tf: +34-958-240840 - Fax: +34-958-240831



## INFRAESTRUCTURAS Y REDES DE COMUNICACIÓN

### Julio de 2014 - Examen

Nombre Resolución Oficial DNI.....

#### Parte 1: Cuestionario (1 punto)

Responda a las preguntas marcando claramente la respuesta que considere más acertada con una X.  
Las respuestas correctas suman 0.125 puntos y las incorrectas restan 0.125/2 puntos. (A)

- Si tengo un modelo de Erlang B que con un cierto valor de N tiene  $P_b=1\%$  y  $A=0.5E$ :
  - ☒ a. Si se incrementa el valor de N, para el mismo A disminuye la  $P_b$ .
  - ☐ b. Si disminuye el valor de N, para la misma  $P_b$  aumenta el valor de A.
  - ☐ c. No es posible, puesto que A debe ser siempre mayor que 1.
- Las redes de HFC y FTTH
  - ☐ a. Tienen una red de alimentación en estrella, al ser punto a multipunto.
  - ☐ b. Tienen una red de alimentación en anillo, al ser punto a punto.
  - ☒ c. Podrían ser indistintamente en estrella o en anillo.
- La opción de acceso indirecto a bucle de abonado supone:
  - ☐ a. Que tanto las frecuencias altas como bajas se les entrega al nuevo operador en la central local.
  - ☐ b. Que las frecuencias altas se les entrega al nuevo operador en la central local.
  - ☒ c. Ninguna de éstas.
- Los Nodos de Banda Ancha son:
  - ☒ a. Nodos intermedios que permiten mejorar la calidad del bucle de abonado al acortarlo.
  - ☐ b. Los equipos de usuario que, en HFC, permiten conectarse a la red.
  - ☐ c. Nodos en la central local que soportan banda ancha.
- El controlador de recursos radio en UMTS.
  - ☐ a. Es compatible con GSM, UMTS y 4G.
  - ☒ b. Es incompatible con GSM y con 4G.
  - ☐ c. Es incompatible con GSM pero no con 4G.
- El Director de Obra:
  - ☒ a. Es opcional en algunos casos.
  - ☐ b. Es obligatorio siempre.
  - ☐ c. Es un señor bajito de Murcia.
- ¿Cuántos cables de RTVA llegan al PAU desde el RITS?:
  - ☒ a. 2.
  - ☐ b. 1.
  - ☐ c. 1 por cada BAT.
- Si en un flujo de tramas E2 de tipo G.742, con  $T_{trama}=100 \mu s$ , se hace relleno positivo en una trama por cada 5 y el resto con relleno nulo, ¿qué sucede frente al caso de hacer siempre relleno nulo?:
  - ☐ a. Se incrementa la velocidad de aceptación para ese afluente en 10Kbps.
  - ☐ b. Se reduce la velocidad de aceptación para ese afluente en 10Kbps.
  - ☒ c. Se reduce la velocidad de aceptación para ese afluente en 2Kbps.

Duración

test: 20 min

tes: 40 min

Ejer 3 20 min

Ejer 4 40 min

total: 2h 40min

#### Parte 2: Preguntas cortas (1.5 puntos)

- Explique en qué consiste la fase de planificación para un operador de telecomunicaciones y detalle los tipos de planificación existentes. (0.8 puntos)

pág. 60 libro "Redes e Infraestructuras de Telecomunicación"

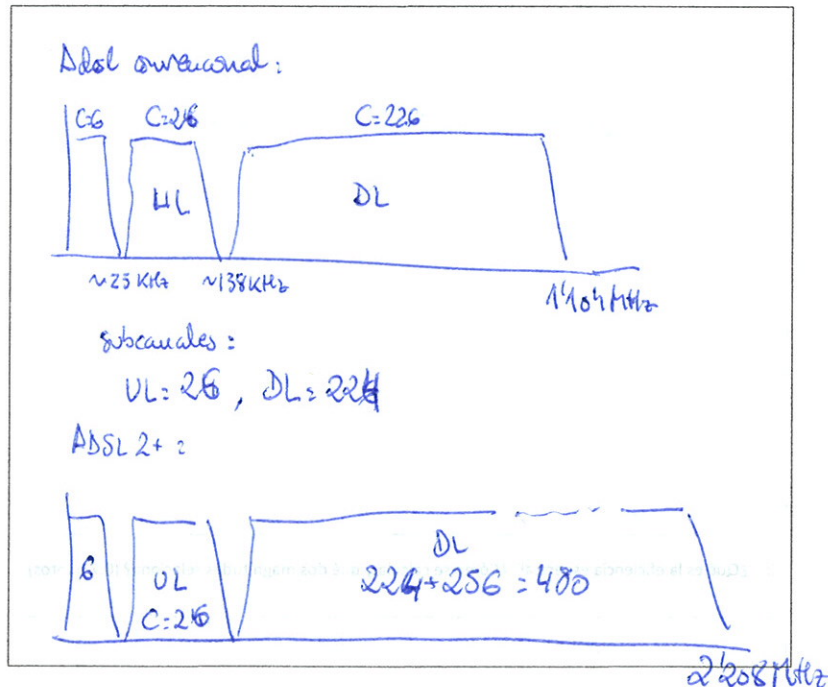
- ¿Qué es la eficiencia espectral? ¿Cómo se calcula y qué dos magnitudes relaciona? (0.7 puntos)

pág 61, libro "Redes e Infraestructuras de Telecomunicación"

### Parte 3: Ejercicios (3.5 puntos)

3. Un operador de telecomunicaciones decide redimensionar su servicio convencional de **ADSL sin cancelación de eco** donde sólo se ofrecen llamadas y datos (1Mbps en subida y 6Mbps, netos) por un sistema basado en **ADSL2+ sin cancelación de eco**, ofreciendo llamadas, datos y televisión (TDT y canales de pago). Decide para ello realizar un despliegue piloto en Granada, donde existen un total de 45.000 hogares susceptibles de requerir acceso banda ancha, de los que se estima que el 40% de ellos lo hacen mediante ADSL y el operador en cuestión posee una cuota de mercado del 35%.

- a) Dibuje el reparto espectral de la solución **ADSL convencional** y de la solución **ADSL 2+** ¿cuántos canales existen en enlace descendente y ascendente en cada solución tecnológica? (0.45 puntos)



La atenuación del cable para los distintos canales sigue la siguiente fórmula:

$$At (dB) = [25 + 2d + 0.025(N)] (dB)$$

Donde  $N$  es el número de subcanal considerado, empezando en  $N=1$  para el primer subcanal del enlace ascendente, y  $d$  es la longitud del cable del bucle de abonado, en Km.

- b) Considerando un nivel de DEP de señal en el ATU-C de -50dBm/Hz y que el ruido en el cable es de -120dBm/Hz, calcule la fórmula teórica de la SNR (dB) para cada subcanal (sin incluir diafonías). (0.35 puntos)

$$\begin{aligned} SNR &= P_{rx} (dBm) - P_{rx(ruido)} = DEP_{rx} \left( \frac{dBm}{Hz} \right) - DEP_{ruido} \left( \frac{dBm}{Hz} \right) \\ &= DEP_{tx} - At (dB) - DEP_{ruido} \\ &= -50 \frac{dBm}{Hz} - [25 + 2d + 0.025N] + 120 \\ &= 45 - 2d - 0.025N (dB) \end{aligned}$$

- c) Considerando que el nivel de paradiatfonía en el ATU-R es de -100dBm/Hz y el nivel de telediatfonía es de -120dBm/Hz, calcule la DEP total de ruido+diafonía. (0.3 puntos)

Es sin cancelación de eco  $\Rightarrow$  no hay paradiatfonía

$$\begin{aligned} DEP_{ruido\ total} &= 10 \log (dep_{ruido\ tot}) = 10 \log \left( \sqrt{10^{-120}} + \sqrt{10^{-120}} \right)^2 \\ &= 10 \log (4 \cdot 10^{-12}) = -120 + 6 \left( \frac{dBm}{Hz} \right) = -114 \frac{dBm}{Hz} \end{aligned}$$

- d) calcule la fórmula teórica de la SNR (dB) para cada subcanal (incluyendo todos los efectos). (0.3 puntos)

$$\begin{aligned} SNR &= -50 \frac{dBm}{Hz} - [25 + 2d + 0.025N] + 114 \\ &= +39 - 2d - 0.025N (dB) \end{aligned}$$



- e) Suponiendo que la relación SNR <-> eficiencia espectral sigue la siguiente fórmula:

$$\eta(\text{bps/Hz}) = 3/2(\text{SNR}[\text{dB}] - 18)$$

calcule la **capacidad total** del canal descendente de la solución **ADSL 2+** (suponga 480 subcanales en enlace descendente), en función de la distancia (pista: calcule para el primer canal, para el último y vea que la evolución de la SNR es lineal con el número de canales). Particularice para  $d=3\text{Km}$  (0.4 puntos)

$$\gamma = \frac{3}{2}(\text{SNR} - 18) \rightarrow R = \gamma \cdot \text{BW} = \frac{3}{2}(\text{SNR} - 18) \cdot 4000 \text{ Hz}$$

$$R_{N=1} = \frac{3}{2}(39 - 2d - 0.03 \cdot 17 - 18) \cdot 4000 = \frac{3}{2}(20.325 - 2d) \cdot 4000$$

$$R_{N=480} = \frac{3}{2}(39 - 2d - 0.03 \cdot 506 - 18) \cdot 4000 = \frac{3}{2}(33.5 - 2d) \cdot 4000$$

$$R_{\text{medio subcanal}} = \frac{R_{N=1} + R_{N=506}}{2} = \frac{3}{2}(14.34 - 2d) \cdot 4000$$

$$R_{\text{TOT}} = 480 \cdot R_{\text{medio subcanal}} = 480 \cdot \frac{3}{2}(14.34 - 2d) \cdot 4000$$

$$R_{\text{TOT}}(3\text{Km}) = 24'012 \text{ Mbps}$$

- f) Considerando que cada DSLAM genera un flujo STM-4, formado por 4 STM-1 (insertando en cada STM-1 los datos de los usuarios en un C-4, en 125µs), calcule el número de usuarios máximo por cada DSLAM en el caso de ADSL y en el caso de ADSL 2+. ¿Cuántos DSLAM serían necesarios instalar en la ciudad de Granada, en ambos casos? (0.45 puntos)

1 flujo STM-4  $\rightarrow$  4 flujos STM-1  $\rightarrow$  4 C-4 disponibles para datos

$$R_{\text{C-4}} = \frac{260 \times 9 \times 8}{125 \mu s} = 149'76 \text{ Mbps} \rightarrow R_{\text{total DSLAM}} = 4 \cdot 149'76 \text{ Mbps}$$

ADSL:

$$(a) R_{\text{TOT DSLAM}} > N \cdot 6 \text{ Mbps} \rightarrow N = 99 \frac{\text{usuarios}}{\text{DSLAM}} \Rightarrow N^{\circ}_{\text{DSLAM}} = 64$$

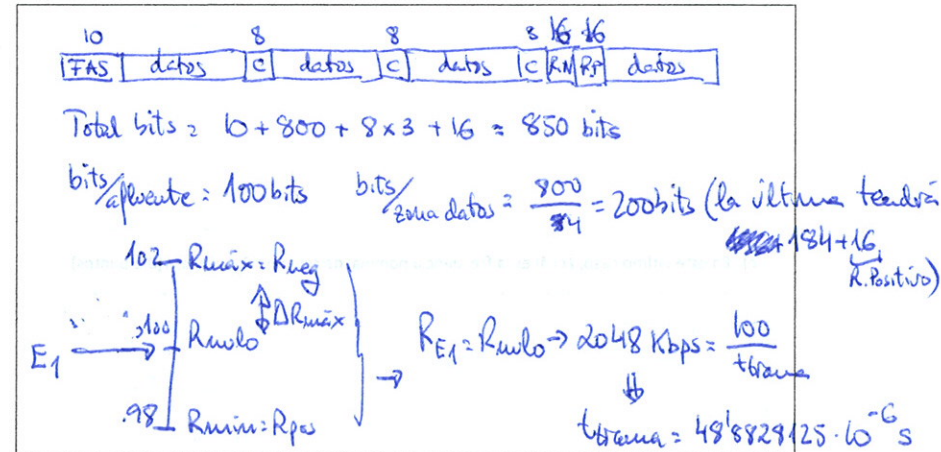
ADSL 2+

$$(b) R_{\text{TOT DSLAM}} > N \cdot 24'012 \text{ Mbps} \rightarrow N = 24 \frac{\text{usuarios}}{\text{DSLAM}} \Rightarrow N^{\circ}_{\text{DSLAM}} = 263$$

$\Rightarrow$  (hay 45000  $\cdot$  0.4  $\cdot$  0.35 usuarios totales = 6300)

4. El operador anterior desea planificar el acceso a contenidos audiovisuales bajo demanda, mediante la transmisión a cada cliente de un flujo dedicado E1 de 2048 Kbps. Para ello se diseña un multiplexor plexiócrono 8 a 1 que integra 8 flujos E1. Se selecciona un método de justificación positivo/negativo/nulo. El multiplexor debe ser simétrico.

- a) Diseñe (pinte) y describa la trama del multiplexor, con control de justificación por triplicado, 4 zonas de datos idénticas, FAS de 10 bits, 2bits de justificación por afluente y un total de 800 bits de datos por afluente (incluyendo los bits de relleno positivo). Calcule el tiempo de trama. (0.35 puntos)



- b) Calcule la tasa máxima de relleno  $\Delta R_{\text{max}}$  (bps) y la tasa máxima del multiplexor para un afluente  $R_{\text{max}}$  (bps). ¿Con qué caso de relleno se corresponde esta última? (0.25 puntos)

$$\Delta R_{\text{max}} = \frac{2}{t_{\text{trama}}} = 40960 \text{ bps} = 40'96 \text{ Kbps}$$

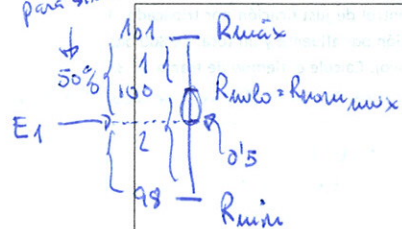
$$R_{\text{max}} = \frac{102}{t_{\text{trama}}} = (R_{E1} + \Delta R_{\text{max}}) = 2088'96 \text{ Kbps}$$

$\rightarrow$  relleno negativo

- c) Calcule la tolerancia del multiplexor  $\Delta^{\pm}$  (ppm). (0.2 puntos)

$$\Delta^{\pm} = \pm \frac{\Delta R_{\text{max}}}{R_{\text{nulo}}} = \frac{2/t_{\text{trama}}}{100/t_{\text{trama}}} \cdot (1000000) \text{ ppm} = 20.000 \text{ ppm}$$

para simétrico



$$R_{E1} = \frac{100 - 0.5}{\text{turns}} = 2048 \text{ kbps}$$

$$t_{\text{trans}} = 4^{+1}_{-1} 858398... \cdot 10^{-6} \text{ s}$$

$$\Delta R_{\text{nom}} (\text{bps}) = [R_{\text{nom max}} - R_{E1}] = \frac{100}{t_{\text{frame}}} - \frac{99.5}{t_{\text{frame}}} = \frac{0.5}{t_{\text{frame}}} = 1021.45 \approx 10^3 \text{ Kbps}$$

$$\Delta R_{\text{nom}} (\text{bps}) = [R_{\text{nom max}} - R_{E1}] = \frac{100}{t_{\text{frame}}} - \frac{99.5}{t_{\text{frame}}} = \frac{0.5}{t_{\text{frame}}} = 1021.45 \times 10^3 \text{ bps}$$