

Sistemas de Comunicaciones Fijos. Introducción al diseño de la red de telefonía

Diego Méndez Romero

Universidad Carlos III de Madrid

Curso 2018-2019

Índice

- 1 Redes de acceso
 - Bucle analógico de abonado
 - Bucle de abonado digital
 - Otras redes de acceso

- 2 Enlaces de larga distancia
 - Mediante Cable de Pares
 - Mediante Enlaces Ópticos

Introducción

- **Definición:** Par de hilos de cobre que une el terminal del abonado con la central local de conmutación.
- Se concibió para ofrecer el servicio de voz analógico.
- Funciones
 - Transmitir ambas señales de voz (tx y rx)
 - Proporcionar batería al teléfono
 - Tono
 - Señalización para establecimiento de llamadas
 - ...

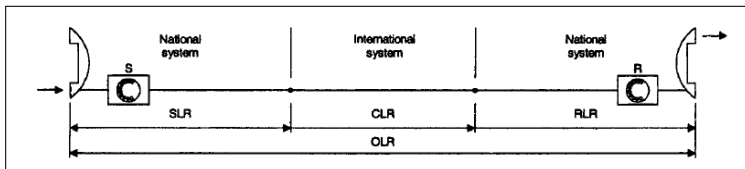
Loudness Rating

- *Loudness Rating*
 - Medir la calidad de la voz en función de su nivel de volumen
 - Establecer límites de pérdidas de volumen
- Opinión de los consumidores

Overall Loudness Rating (dB)	Representative Opinion Results ^a	
	Percent “Good plus Excellent”	Percent “Poor plus Bad”
5 to 15	>90	<1
20	80	4
25	65	10
30	45	20

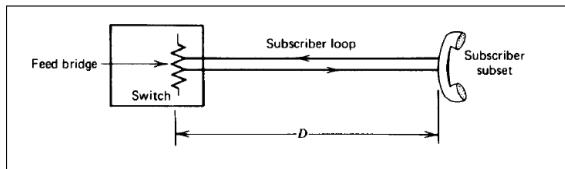
Loudness Rating

- Recomendación ITU-T



	SLR ^a	CLR ^a	RLR ^a	OLR ^a
Traffic weighted mean values				
Long term	7–9 ^b	0–0.5 ^e	1–3 ^{b,f}	8–12 ^{e-g}
Short term	7–15 ^b	0–0.5 ^e	1–6 ^{b,f}	8–21 ^{e-g}
Maximum values for an average-sized country	16.5 ^c		13 ^c	
Minimum value	–1.5 ^d			

Diseño del bucle local



- Limitación por distancia
 - Aumento de la atenuación
 - Reducción de la calidad

Diseño del bucle local

- Factores de diseño
 - Resistencia límite R_{dc}
 - Limita las funciones de señalización
 - $R_T = R_{tel} + R_{dc} \leq R_{Tmax}$
 - Pérdidas máximas por unidad de distancia
 - Depende del diámetro del cable
 - Límite de pérdidas
 - Relacionado con SLR y RLR

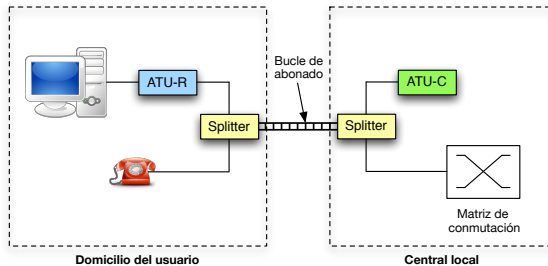
Cable Gauge AWG	Cable Diameter (mm)	Loss per 1000 ft (dB) @1000 Hz	Loss per Kilometer (dB) @ 1000 Hz	Loop Resistance (Ω /1000 ft)	Loop Resistance (Ω /km)
28	0.32	0.666	2.03	142	433
26	0.405	0.51	1.61	83.5	270
24	0.511	0.41	1.27	51.9	170
22	0.644	0.32	1.01	32.4	107
19	0.91	0.21	0.71	16.1	53

Descripción

- Par de cobre hasta 1MHz (voz sólo 4kHz)
- Digitalización de la transmisión por el par de cobre
- Dar servicio de datos
- Tipos
 - RDSI
 - Es una RDI, en la que el bucle de abonado es digital
 - Red única en la que se pueden ofrecer de forma integrada servicios de voz y datos
 - Acceso básico: 2 canales B, 1 canal D \rightarrow 144 kbit/s
 - Acceso primario: 30 canales B, 2 canal D \rightarrow 2 Mbit/s
 - ADSL
 - Tx simultánea de voz y datos
 - No cambios en el bucle de abonado
 - Splitters en los extremos

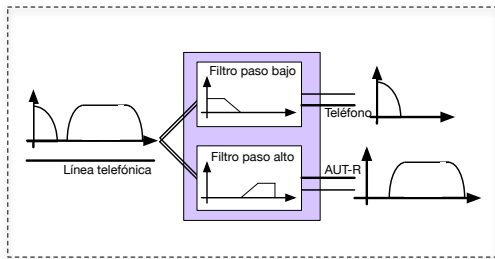
Esquema de ADSL

- Al tratarse de una comunicación asimétrica, esta tecnología necesita una **pareja de módems** por cada usuario
 - En el domicilio del usuario (ATU-R).
 - En la central local a la que llega el bucle de ese usuario (ATU-C).
- Es necesario también un elemento multiplexador → **splitter**.



Splitter

- Dispositivo formado por dos filtros que permiten separar las señales transmitidas por el bucle de abonado.
 - Filtro paso bajo: extrae las señales de baja frecuencia (telefonía).
 - Filtro paso alto: extrae las señales de alta frecuencia (datos).



Splitter

Otras redes de acceso

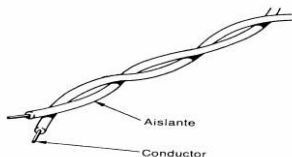
- Basadas en la mejora del canal de transmisión
- Implican nuevo despliegue de red
- Tipos
 - Acceso por de cable de pares o coaxiales y fibra óptica
 - Acceso inalámbrico
 - Acceso por satélite
 - Acceso por red eléctrica

Descripción

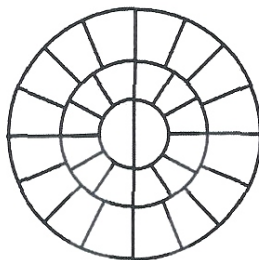
- Interconexión de centrales de alto nivel
- Comunicación de múltiples conversaciones por un mismo cable
 - Técnicas de multiplexación (FDM, TDM)
- Jerarquías digitales de comunicación
- Tipos de canales de transmisión
 - Cable de pares
 - Fibra óptica
 - Radioenlace
 - Comunicación por satélite

Estructura

- Un par
 - Cada hilo
 - Diámetro o Calibre Φ
 - Apantallado (STP) o no apantallado (UTP)



- Conjunto de pares
 - Unidades aisladas
 - Recubrimiento
 - Armadura (cable de acero)



Cable de pares STP y UTP

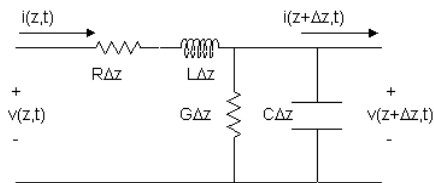


Apantallado (STP)



No apantallado (UTP)

Parámetros de transmisión primarios



- Resistencia continua $R_{CC}[\Omega] = 2\rho \frac{l}{S}$
- Resistencia alterna $R_{CA}[\Omega] = \frac{R_{CC}}{4} (1 + (3^6 + 8u^6)^{1/6})$ con $u = 0.0107\Phi[mm]\sqrt{f}$
- Inductancia $0.7\text{mH}/\text{km}$
- Capacidad $50\text{nF}/\text{km}$
- Admitancia $10\mu\Omega^{-1}/\text{km}$

Parámetros de transmisión secundarios

- Baja frecuencia

- $Z_0 = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} \approx \sqrt{\frac{R}{\omega C}} e^{-j\pi/4}$

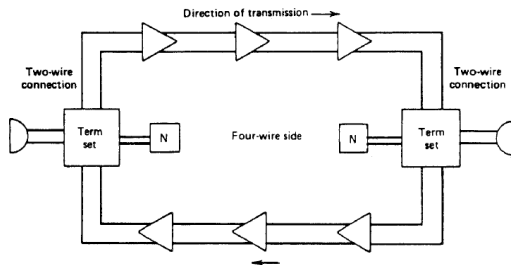
- $\gamma = \alpha + j\beta \approx \sqrt{\frac{\omega RC}{2}} + j\sqrt{\frac{\omega RC}{2}}$

- Alta frecuencia

- $Z_0 \approx \sqrt{\frac{L}{C}}$

- $\gamma = \alpha + j\beta \approx \frac{1}{2}(R\sqrt{\frac{C}{L}} + G\sqrt{\frac{L}{C}}) + j\omega\sqrt{LC}$

Conversión 2h-4h



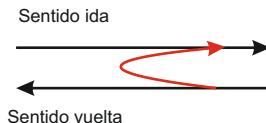
- En sus principios, comunicación analógica
 - Un cable, una conversación
- Separación del bucle de abonado en dos transmisiones independientes
 - Bobina híbrida
- Actualmente, comunicación digital
 - Sistemas MIC
 - Jerarquías digitales

Diseño de la sección de regeneración

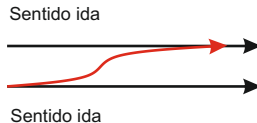
- Transmisión de m sistemas MIC
- Limitación por atenuación
 - Sección de regeneración
 - Longitud máxima ($l_{0,a}$) sin pérdidas no recuperables por regenerador
- Limitación por diafonía
 - Paradiafonía
 - Entre comunicaciones de direcciones opuestas
 - $l_{0,p}$
 - Telediafonía
 - Entre comunicaciones de misma dirección
 - $l_{0,t}$

Diseño de la sección de regeneración

- Limitación por diafonía
 - Paradiafonía
 - Entre comunicaciones de sentidos opuestos
 - $l_{0,p}$



- Telediafonía
 - Entre comunicaciones de mismo sentido
 - $l_{0,t}$



Diseño de la sección de regeneración

- En ecuaciones

- Atenuación

$$\alpha[db/km]l_{0,a}[km] = \text{Pérdidas}[dB]$$

- Paradiafonía

$$\alpha[db/km]l_{0,p}[km] \leq A_p[db] - \sigma_p[db](3 - 0.6\log(m)) - 10\log(m) - 11$$

- Telediafonía

$$l_{0,t}[km] = \frac{1}{m-1} 10^{\frac{A_t - \sigma_t(3 - 0.6\log(m)) - 11}{10}}$$

- Limitación Total

$$l_0 = \min(l_{0,a}, l_{0,p}, l_{0,t})$$

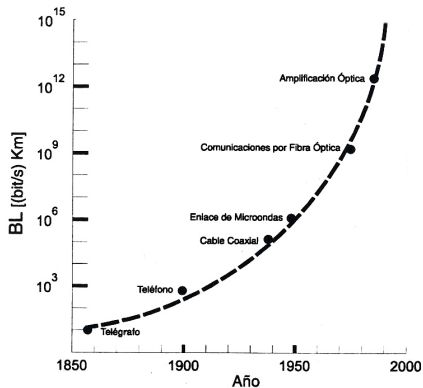
Diseño del sistema de alimentación

- Elegir sistema de alimentación para dar servicio a todos los regeneradores
- Número de regeneradores
 - Unidireccionales $2km = 2\frac{D}{l_0}m$
 - Bidireccionales $\frac{D}{l_0}m$
- Tensión alimentación
 - Unidireccionales $2kV_R[V] + I[A]r[\Omega/km]l[km] < V_{alim,MAX}$
 - Bidireccionales $kV_R[V] + I[A]r[\Omega/km]l[km] < V_{alim,MAX}$

Introducción

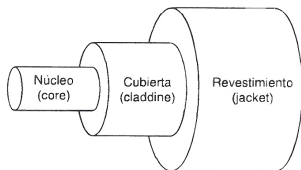
- Transmitir información mediante luz
- Basado en el fenómeno de reflexión total
- Ventajas
 - Elevado ancho de banda
 - Bajas pérdidas de transmisión
 - Robustez frente a las interferencias electromagnéticas
 - Alta estabilidad mecánica (parámetros más estables ante variaciones de temperatura)
 - Materia prima abundante
 - Pequeño tamaño y peso → alta facilidad de instalación
 - Aislamiento eléctrico entre emisor y receptor
 - Baja distorsión

Introducción



Introducción

- Estructura

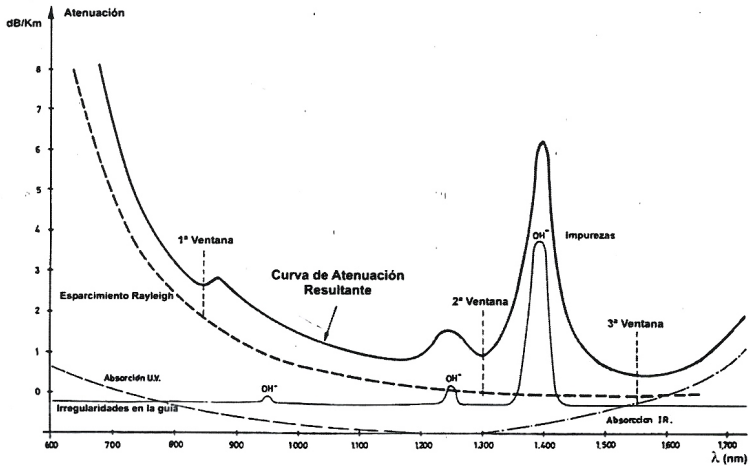


- Número de modos
 - Multimodo
 - Monomodo
- Categorías según índice de refracción
 - Salto de índice
 - Índice gradual
 - Variaciones de índice especiales

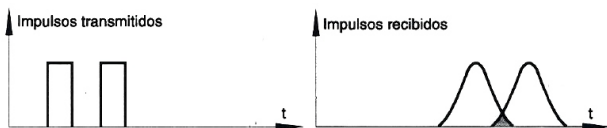
Fenómeno de Atenuación

- Pérdida progresiva con la distancia de la potencia de luz
- Intrínsecas (dependen de la composición y naturaleza de la fibra)
 - Por absorción intrínseca
 - Interacción entre fotones y vibraciones moleculares genera pérdidas en forma de calor
 - Por esparcimiento intrínseco (esparcimiento Rayleigh)
 - Fluctuaciones aleatorias del índice de refracción
- Extrínsecas (defectos de fabricación)
 - Contaminación del vidrio (presencia de iones metálicos y grupos OH^- en vidrio base).
 - Pérdidas por curvado de la fibra.
 - Pérdidas por irregularidades geométricas (entre el núcleo y la cubierta, fluctuaciones del diámetro, etc.)

Ventanas de transmisión

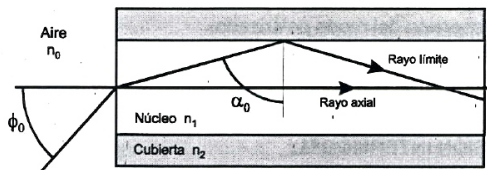


Dispersión temporal



- Ensanchamiento de un pulso luminoso cuando éste se transmite por fibra óptica
- Proporcional a la distancia recorrida → ¡limita el ancho de banda!
- Tres tipos
 - Dispersión modal o intermodal
 - Dispersión cromática o intramodal
 - Dispersión del material
 - Dispersión por efecto de guiado
 - Dispersión del modo polarizado

Dispersión intermodal



- Sólo fibras multimodo
- Caminos diferentes de los diferentes modos
- Alcanzan final de fibra en instantes diferentes → retardo relativo entre modos de un mismo impulso (ensanchamiento en tiempo)
- Ensanchamientos muy superiores a los debidos al efecto de dispersión cromática → fibras **multimodo** se utilizan para **régimenes binarios no demasiados altos y distancias pequeñas**

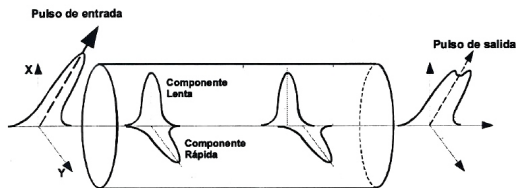
Dispersión intermodal

- $t_{mod}[ns/km] = \frac{0,44}{B_0[GHz \cdot km]} L^\gamma[km]$
 - $B_0[GHz \cdot km]$ ancho de banda intermodal
 - γ factor de concatenación

Dispersión cromática

- Todas las fibras
- Fuentes de luz emiten un ancho espectral ($\Delta\lambda[nm]$)
- $t_{cro}[ns] = D \cdot L[km] \cdot \Delta\lambda[nm]$
- $D[ns/km \cdot nm]$ parámetro de dispersión cromática
- Suma de dos fenómenos
 - Dispersión del material ($M[ns/km \cdot nm]$)
 - Índice de refracción es función de la frecuencia
 - Dispersión por efecto guíaonda ($G[ns/km \cdot nm]$)
 - Diferente constante de propagación por frecuencia normalizada
- $D = M + G$
- Mínima dispersión en 1300 nm (segunda ventana)

Dispersión del modo polarizado



- Provocada por:
 - Pequeños defectos de fabricación
 - Tensiones de la fibra debido al proceso de tendido
- Componentes perpendiculares de propagación con diferentes velocidades
- Importantes con regímenes binarios elevados

Fuentes de luz

- Parámetros que las caracterizan
 - Anchura espectral $\Delta\lambda[nm]$
 - Longitud de onda $\lambda[nm]$
 - Potencia óptica emitida $P_{OE}[mWodBm]$
 - Tiempo de subida $t_{sub,EO}[ns]$
- Dos tipos
 - Led
 - Emisión espontánea en uniones PN
 - Bajo coste, ancho espectral elevado, bajas potencias, fibras multimodo 1ª ventana
 - Láser
 - Emisión espontánea en uniones PN con cavidad con reflexión interna para emisión estimulada
 - Coste mayor, menor anchura espectral, mayor potencia, todo tipo de fibras y ventanas

Detectores

- Parámetros que los caracterizan
 - Sensibilidad $S_{DO}[mW, dBm]$
 - $t_{r,DO} = \frac{0.35}{B}$
- Dos tipos
 - PIN
 - Unión PN polarizada en inverso
 - APD
 - Igual a PIN pero con zona de multiplicación o ganancia

Dispersión total y ancho de banda

- Ancho de banda (B) dependerá de:

- Dispersión del sistema
- Modulación utilizada
- Distancia del enlace

- Dispersión del sistema $t_{sist}^2 = t_{sub,EO}^2 + t_{r,DO}^2 + t_{fibra}^2$

- Dispersión fibra $t_{fibra}^2 = t_{cro}^2 + t_{mod}^2$

- Dispersión del sistema máxima $t_{sist,max} = \begin{cases} \frac{0.35}{B} = \frac{0.35}{Rb} & RZ \\ \frac{0.35}{B} = \frac{0.7}{Rb} & NRZ \end{cases}$

Balance de potencia

- Justificar la distancia máxima de un enlace sin regeneradores

$$S_{DO}[dBm] \leq P_{OR}[dBm] = P_{OE}[dBm] - \alpha[dB/km]L[km] - N_c\alpha_c - N_e\alpha_e - M_S$$

- Términos

- Potencia transmitida por emisor óptico $P_{OE}[dBm]$
- Potencia recibida por receptor óptico $P_{OR}[dBm]$
- Sensibilidad del receptor $S_{DO}[dBm]$
- Atenuación fibra $\alpha[dB/km]L[km]$
- Pérdidas en conectores $N_c\alpha_c$
- Pérdidas en empalmes $N_e\alpha_e$
- Márgenes de seguridad M_S