

UNIVERSIDAD DE ALCALÁ DE HENARES

SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

PRACTICA 2:

MEDIDAS EN CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Medidas iniciales

Conectando el medidor OPM 1 al emisor OLS 1, aparece el dato -22.0 dBm . Según las especificaciones, la fuente óptica emite una señal de potencia -19 dBm , con lo cual, podemos considerar que la atenuación que introduce la bobina es de 3 dBm .

Medición de la atenuación por el método de las pérdidas de inserción

Conector OPM-SMA

Medidas:

	850 nm	1300 nm
OLS – Latiguillo ST-SMA – OPM	Medida: -19 dBm	Medida: -19.7 dBm
	At: 0 dBm	At: 0.7 dBm
OLS – Bobina – OPM	Medida: -22.3 dBm	Medida: -22.1 dBm
	At: 3.3 dBm	At: 3.1 dBm

Balance de potencias:

$$\text{Latiguillo: } Pr_{X1} = Pt_X - \alpha_{ST} - \alpha_{lat} - \alpha_{SMA}$$

$$\text{Bobina: } Pr_{X2} = Pt_X - \alpha_{ST} - \alpha_{bob} - \alpha_{SMA}$$

$$\text{Balance de potencias: } Pr_{X1} - Pr_{X2} = \alpha_{bob} - \alpha_{lat} \quad \alpha_{bob}$$

Podemos hacer esta aproximación dado que la bobina es mucho mayor que el latiguillo, y por tanto, su atenuación será mucho mayor.

$$\text{Para } 850 \text{ nm ! } bob = 22.3 - 19 = 3.3 \text{ dB}$$

$$\text{Para } 1300 \text{ nm ! } bob = 22.1 - 19.7 = 2.4 \text{ dB}$$

Conector OPM-ST

Medidas:

850 nm	1300 nm
--------	---------

OLS – Latiguillo ST-SMA – OPM	Medida: -20.6 dBm	Medida: -21.9 dBm
	At: 1.6 dBm	At: 2.9 dBm
OLS – Bobina – OPM	Medida: -23.5 dBm	Medida: -23.4 dBm
	At: 4.5 dBm	At: 4.4 dBm

Balance de potencias:

$$\text{Latiguillo: } Pr_{X1} = Pt_X - \alpha_{ST} - \alpha_{lat} - \alpha_{SMA-SMA} - \alpha_{lat} - \alpha_{ST}$$

$$\text{Bobina: } Pr_{X2} = Pt_X - \alpha_{ST} - \alpha_{bob} - \alpha_{SMA-SMA} - \alpha_{lat} - \alpha_{ST}$$

$$\text{Balance de potencias: } Pr_{X1} - Pr_{X2} = \alpha_{bob} - \alpha_{lat} \quad \alpha_{bob}$$

Podemos hacer esta aproximación dado que la bobina es mucho mayor que el latiguillo, y por tanto, su atenuación será mucho mayor.

Para 850 nm ! bob = 23.5 – 20.6 = 2.9 dB

Para 1300 nm ! bob = 23.4 – 21.9 = 1.5 dB

Con este método logramos poder medir los datos anteriores independientemente del tipo de conectores de que disponemos. Sin embargo, estamos limitados por el tipo de conectores y adaptadores de que disponemos. Además, podemos observar que hay mayor atenuación que en el caso anterior, esto es debido a que hemos introducido otro conector y otro latiguillo adicionales, los cuales, producen ciertas pérdidas de potencia.

Según la teoría de atenuación en la fibra óptica, debe haber menos atenuación en la segunda ventana (longitud de onda 1300 nm, espectro infrarrojo) que en la primera ventana (longitud de onda 850nm, espectro visible). Esta afirmación podemos observarla en los resultados obtenidos.

Localización y caracterización de fallas en la fibra óptica

Datos obtenidos en el OTDR

		850 nm	1300 nm	
Fin de fibra		301 m	303 m	
Detección de eventos	Distancia	150 m	150 m	
	Atenuación	0.9 dB	1 dB	

Mediciones software desde un extremo de la bobina

Gráfica IEG11.DMM

	850 nm	1300 nm
Atenuación kilométrica	3.2 dB	1.8 dB
Fin de fibra	300 m	300 m
	Distancia: 0–12 m	Distancia: 0–36

Zonas muertas

	Causa: Conector de la fibra al OFL-100	Causa: Conector de la fibra al OFL-100	
		Distancia: 149-162 m	Distancia: 149-189 m
		Causa: Empalme mecánico	Causa: Empalme mecánico
		Atenuación: -1.28 dB	Atenuación: -1.11 dB

Mediciones software desde el otro extremo de la bobina

Gráfica IEG13.DMM

	850 nm	1300 nm	
Atenuación kilométrica	2.6 dB	2.4 dB	
Fin de fibra	302 m	302 m	
Zonas muertas	Distancia: 0-18 m	Distancia: 0-67	
	Causa: Conector de la fibra al OFL-100	Causa: Conector de la fibra al OFL-100	
		Distancia: 150-164 m	Distancia: 151-187 m
		Causa: Empalme mecánico	Causa: Empalme mecánico
		Atenuación: -0.91 dB	Atenuación: -0.66 dB

En ambos casos podemos observar:

- Que la gráfica de 1300 nm está siempre por encima de la de 850 nm.
- Que las zonas muertas son mas anchas a 1300 nm.

Comparación de ambas gráficas

Podemos observar que las gráficas (en ambas longitudes de onda) son iguales, sin embargo, la segunda (Ieg13.dmm) tiene más atenuación debido a que hemos colocado un adaptador en la salida del OFL-100, lo que provoca que a la salida de la primera zona muerta haya mayor atenuación respecto al caso anterior.

S-345 Tutorías: X 19-21, L 16-17

91- 8856724

TEMARIO

1.- Introducción

línea

2.- Sistemas de transmisión

radio

3.- Tráfico. Diseño y dimensionado de redes telefónicas

Introducción. Concepto de telefonía celular

4.- Comunicaciones móviles Vocoder

Planificación celular

BIBLIOGRAFIA

- Transmisión por líneas y redes. Hernando.
- Telecom Switching, Traffic and Networks. J.E. Flood
- Comunicaciones y redes de computadores. W. Stalling

Estructuras de las redes telefónicas

Red de telecomunicación nacional

Componentes principales de la red telefónica:

- Sistema de transmisión: cables, repartidores, fibra
- Sistema de conmutación: conmutadores
- Sistema de señalización: inicio, fin de llamada, tarificación

Servicios de la Red

- Red de telefonía pública conmutada (PSTN)
- Red telegráfica pública conmutada (Telex)
- Redes privadas de voz y/o datos
- Comunicaciones móviles celulares
- Red pública de datos conmutada (RDSI)
- Servicios específicos bajo demanda

Los servicios prestados pueden ser:

- Teleservicios: la forma y naturaleza del servicio depende del aparato terminal (teléfono, teletipo)
- Servicios de portadora: el usuario alquila una capacidad de transmisión, y él mismo se organiza las funciones

Terminología

No existe una terminología única, ni siquiera en países con la misma lengua.

Regulación

Es estrictamente necesaria una "reglamentación" para evitar monopolio. Por las grandes inversiones que se requiere para implantar un servicio telefónico, el peligro de monopolio es inmenso.

Normativa (standars)

Es imprescindible que exista una normativa internacional que defina muchos de los parámetros de las redes telefónicas, para que estas conecten a usuarios de diversos países.

El ITU (International Telegraph Union) fundado en 1865, es la agencia más veterana de la ONU.

El ITU tiene dos grandes ramas:

- ITU-T (Telecomunicaciones). Incluye:
 - Estudio de cuestiones técnicas
 - Establecimiento de métodos operativos
 - Recomendaciones de tarifas.
- ITU-R (radio)
 - Enlaces punto a punto
 - Comunicaciones móviles
 - Radio-difusión

Asociado al ITU-R está el IFRB que regula la asignación de frecuencias.

El ITV es un consorcio de gobiernos, operadores y fabricantes. Tiene reuniones plenarias, y los resultados no son obligatorios, pero conviene seguir las recomendaciones.

Otras organizaciones:

- ISO (International Estándar Organization)
- ETSI (European Telecommunication Institute)
- ANSI
- IEEE
- Grandes compañías: IBM, BELL

Encadenamientos

Criterios:

- Si hay sección directa se encamina por esta, si no, se encamina por la sección más corta, y sino, por la sección final (la jerárquica), esto último es tráfico desbordado.
- Si no se puede encaminar por una lateral, no se hace por otro
- Si no se puede encaminar por la final, se pierde.

Las ----- son conexiones no jerárquicas

Caminos:

A-B-C-G-H

Lateral 1 ocupado

A-B-C-D-F-G-H

Lateral 2 ocupado

A-B-C-D-E-F-G-H

Ejemplo:

Origen	Final	Ruta1	Ruta2	Ruta3	Ruta4
--------	-------	-------	-------	-------	-------

A	H	ABCGH	ABCDFGH	ABCDEFGH	-----
H	A	HGCBA	HGFCBA	HGFECBA	HGFEDCBA
M	H	MLKDFGH (la lateral tiene que ser directa, C no vale)	MLKDEFGH	-----	
H	M	HGFDKLM	HGFEDKLM	-----	
A	M	ABKLM	ABCKLM	ABCDKLM	-----
M	A	MLKBA	MLKDCBA (si un lateral está desbordado, no vale por otro)	-----	

SISTEMAS DE TRANSMISIÓN

Medios de transmisión

Se clasifican en:

- guiadas: cable, fibra óptica, par trenzado
- no-guiadas: radiadas

El medio de transmisión caracteriza los parámetros de transmisión:

- Guiadas: Ancho de banda, pérdida por propagación, distorsión, diafonía.
- No-guiadas: diagrama de antenas, interferencias, polarizaciones.

Para ambos medio hay que optimizar la velocidad de transmisión y la distancia entre repetidores (abaratando el coste).

0 103 104 109 1011 1013 1015

Voz, música

Par trenzado

Cable coaxial

Tx radio fibra óptica

Espectro electromagnético

En el teléfono mandamos 3,4KHz, que es suficiente.

Para bajas frecuencias en radio necesitaríamos antenas muy grandes, no se utiliza.

A más de 100GHz los componentes de la atmósfera absorben la propagación electromagnética (pérdida de energía), y además disminuye la potencia por unidad de superficie.

Características de los medios guiados

Medio de tx	Velocidad de tx	Ancho Banda	Separación entre repetidores	Pérdidas
Par trenzado	4 Mbps	3 MHz	2 a 10 km	3 dB/km
Cable coaxial	500 Mbps	350 MHz	1 a 10 km	2 dB/km
Fibra óptica	25 Mbps	2 GHz	10 a 100 km	0,2 dB/km

El teléfono va a 4KHz (impuesto por la centralita). Según el teorema de Shannon, por cada Hz puedo transmitir 2 símbolos, por lo tanto, tengo 8 Ksímbolos. Si hacemos varios niveles, podemos aumentar el número de bits por símbolo, el límite están el receptor al reconocer los distintos símbolo sin equivocarse.

En las pérdidas, el coaxial es similar al trenzado porque el primero es utilizado a frecuencias muy altas, con lo que aumenta el efecto pelicular, y por tanto su resistencia.

- *Par trenzado*

- aislado
- trenzado (a veces embutido) conjuntamente
- se instala en los edificios de nueva construcción

Si hay un campo magnético (B) variable, se produce una corriente (I), que produce interferencia.

En 1 y 2, el campo induce una corriente de sentido contrario, por lo que con muchos bucles se hace casi nulo.

La corriente produce un campo externo, al ir trenzado estos campos se anulan y el par no produce interferencias al exterior (pe a otro hilo).

El paso de trenzado d (distancia en el cambio de hilo) suele ser aleatorio, ya que si ponemos 2 cables paralelos con los mismos cruces y en el mismo sentido, se pueden sumar las fuerzas electromotrices.

Eléctricamente es mejor poner distancias pequeñas, ya que se consiguen campos magnéticos más pequeños y por lo tanto se consiguen velocidades binarias mayores.

- *Cable Coaxial*

- se instala en las casas para TV
- a veces el conductor externo es solo una malla

No radia nada al exterior y no es interferible por ningún campo magnético externo, es apantallado.

- *Fibra óptica*

- la energía va principalmente por el núcleo (y algo por el revestimiento)
- se instala en grandes empresas
- está reemplazando al cable coaxial

El diámetro es aproximadamente 1 micra, ya que tiene que ser aproximadamente de la longitud de onda, que depende del semiconductor que transmita la energía (luz).

PAR TRENZADO

- Descripción física

- En aplicaciones de larga distancia se llegan a embutir cientos de pares
- El trenzado disminuye la diafonía
- Para larga distancia pasos entre 5 y 15 cm. Grosor de hilos entre 1 y 2 mm.
- Aplicaciones
 - el más usado en el bucle "local" y en las comunicaciones interiores de edificios (es el más barato y fácil de instalar)
 - El más utilizado en comunicaciones digitales. Admite fácilmente 64 Kbps en comunicaciones telefónicas. También a 100 Mbps y en largas distancias a 4 Mbps.
- Características técnicas

Señal analógica (amplificadores cada 5 o 6 km) y señal digital (amplificadores cada 2 o 3 km)

Desventajas frente a coaxial y fibra óptica:

- mayores atenuaciones (no mucho mayor del doble)
- mayores diafonías
- menos inmune a interferencias y todo tipo de ruidos
- más fácil de "pinchar"

COAXIAL

- Descripción física
 - diámetro 1 a 2,5 cm
 - poco susceptible a diafonía e interferencias

R_2/R_1 depende de los 50 ohm del cable. A mayor R, las pérdidas son menores y la potencia máxima será mayor. Con 2 cm podemos transmitir cientos de vatios.

- Aplicaciones

Es muy versátil. Su gran ancho de banda permite:

- distribución de TV
- telefonía a larga distancia
- conexión con periféricos a corta distancia
- redes de área local

Se utiliza en redes locales en topología en bus o anillo.

- Características técnicas
 - atenuación
 - ruido térmico
 - dispersión
 - intermodulación: pérdida por la oxidación de la superficie del cobre
 - se comporta peor al subir en frecuencia

Para señales analógicas repetidores hasta 10 km. Para señales digitales cada kilómetro.

FIBRA ÓPTICA

- Descripción física
- Medio flexible y fino (de 2 a 125 μ m). Pérdidas menores con fibra de Si fundido ultrafino, que son difíciles de fabricar.
- Las fibras de cristal multicomponente tienen más pérdidas pero son más baratas.
- Las fibras de plástico tienen más pérdidas pero son más baratas, se utilizan en las distancias cortas.

NOTA: se transmiten varios modos, cada modo va a una velocidad, al final llega cada uno a un tiempo ! dispersión.

- Aplicaciones

En comunicaciones digitales de banda ancha y de larga distancia. También en LAN local. Ventajas:

- Ancho de banda hasta 100 Gbps
- Menor tamaño, peso y atenuación
- Muy inmune a interferencias electromagnéticas (están en GHz y la fibra en TeraHz)
- Características técnicas

Rango de frecuencias 150 THz – 400 THz (espectro infrarrojo, el más barato y robusto de hacer).

Fuentes de luz: LED; ILD (inyección, más barato y con menor velocidad).

TRANSMISIÓN POR RADIO

- Por debajo de 300 Mhz las antenas son poco directivas (están limitadas físicamente). El espectro radioeléctrico se emplea para redes de difusión y servicios especiales.
- En la banda de 300 Mhz a 2 Ghz, las antenas son moderadamente directivas (tamaños moderados). Para comunicaciones móviles, difusión de TV y servicios especiales.
- Por encima de 2 Ghz antenas directivas. Servicios de enlace punto a punto. Los sistemas más económicos y de despliegue más rápido. En el futuro se usará también en difusión directa en entornos locales y TV por satélite.
- El espectro de radio es terriblemente escaso y está sujeto a una estricta regulación. Los sistemas de radio requieren un diseño esmerado respecto a la utilización de espectros.

Antenas

La función directividad está normalizada respecto al valor medio. Indica en que dirección la antena es más sensible. Si no viene normalizada, la normalizo:

Las antenas tienen el mismo comportamiento en transmisión que en recepción.

Si transmiten igual en todas las direcciones, se les llama antenas isotrópicas

Enlaces de guionada

Para conectar dos nodos se utilizan cadenas de radioenlaces. Estos tienen que estar ubicados en sitios altos y tienen que ser accesibles (radioenlaces de 30 a 40 km).

A frecuencias de gigahertzios tienen una ganancia aproximada de 50 dB. Es necesario que haya visión directa. Existe el problema de que no se pueden poner en línea recta, hay que apuntar muy bien a la siguiente etapa.

La temperatura de la atmósfera es diferente para distintas alturas (cambia la compresión del gas y el índice de refracción).

Si la atmósfera fuese homogénea, no habría conexión directa entre los dos puntos siguientes.

Cuando tenemos un radioenlace, otra cosa que hay que hacer es que la frecuencia haya que ir variándola de radioenlace en radioenlace.

La potencia de un radioenlace puede ser de cientos de vatios (aprox 50 dBm). La antena receptora irradia 60 dBm (1kw). El sistema transmisor radia 160 dB por encima de la señal. No será posible transmitir y recibir a la misma frecuencia, ya que habría serios problemas de compatibilidad electromagnética.

Aplicaciones: las microondas y los radioenlaces se utilizan para largas distancias y compite con cierta ventaja frente a la fibra y al coaxial ya que no hay que cavar zanjas. Por el contrario, cuando llueve hay pérdidas de propagación muy fuertes.

Características de transmisión

Cuando la reflexión en el suelo es despreciable, las pérdidas de propagación vienen dadas por:

En sistemas guiados, las pérdidas son lineales con la distancia, en sistemas no guiados, la dependencia es logarítmica, al doble de distancia, 6dB más. Esta dependencia es mucho más débil que las anteriores.

	10 km	20 km	40 km
línea	30 dB	60 dB	120 dB
Radio-enlace	120 dB	126 dB	132 dB

Las pocas pérdidas tienen por el contrario el inconveniente de las interferencias. Tiene que haber visión directa entre las dos antenas.

La absorción atmosférica es grande con la lluvia y a mayor frecuencia, sin embargo, tendré antenas más pequeñas. El problema se compensa porque al subir en frecuencia, hemos visto que aumenta la ganancia y será siempre mayor que la absorción.

Enlaces de microondas por satélite

Los satélites enlace son geoestacionarios a una altura de 35784 km y en un plano próximo al ecuador. Los de comunicaciones están en órbitas bajas para disminuir la potencia de señal ascendente.

Para que los satélites no se interfieran mutuamente, hay que separarlos de unos 3 a 5 grados y en diversas órbitas.

Aplicaciones

- Difusión de TV: transmisión a un centro de reenvíos de distribución; difusión directa de TV por satélite (DBS).
- Transmisión de teléfono a larga distancia: satélite radioenlace para canales de larga distancia y mucha capacidad (entre continentes).

- Redes privadas de alquiler: sistemas VSAT que utilizan equipos de transmisión/recepción de bajo coste (100.000 ptas) y con antenas pequeñas (tamaño maletín).

Perturbación en la transmisión

- Atenuación y distorsión de atenuación
- Distorsión de ruido
- Ruido

Las dos segundas se corrigen con filtros y/o ecualizadores. Evitamos las distorsiones en frecuencias en las transmisiones analógicas y las interferencias entre símbolos en las señales digitales.

Ruido

Clasificación según su origen

- Térmico. No puede eliminarse, cubre todo el espectro de frecuencias, y para 1 Hz vale $N_0 = KT$

N_0 : densidad de potencia de ruido en Wat/Hz

K: cte de Boltzman $1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/}^\circ\text{K}$

T: temperatura en grados Kelvin

En comunicaciones analógicas se requiere una $S/N = 30\text{dB}$! $S = N+30 =$

$= -103,6\text{dBm}$ (cifra típica de receptores analógicos no enfriados).

- Intermodulación: aparecen en sistemas no lineales. Aparición de frecuencias no múltiplos de las de entrada.
- Diafonía: producido en los pares trenzados
- Impulsivo: producido a ráfagas (encendido, chispas...) perjudicial en las transmisiones digitales.
- Cuantificación: en el muestreo de las señales

Capacidad del canal

En un canal exento de ruido, la capacidad en bits/seg vale:

M: número de niveles en la modulación M_{aria} .

El ruido también limita la capacidad máxima de un canal. Según la fórmula derivada por Shannon vale:

Practica 2: medidas en cables de fibra óptica

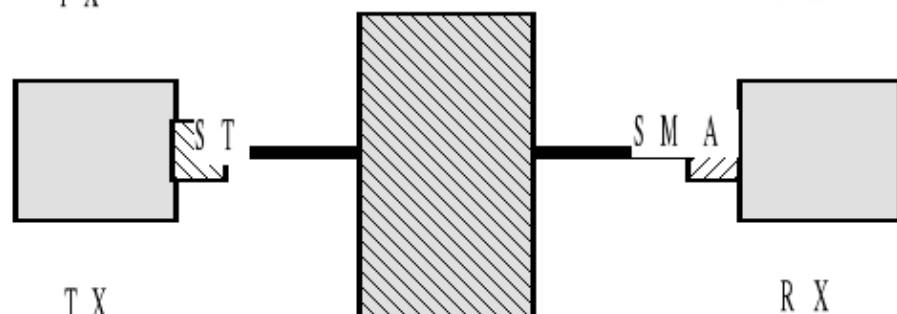
1

7



T X

R X



T X

R X

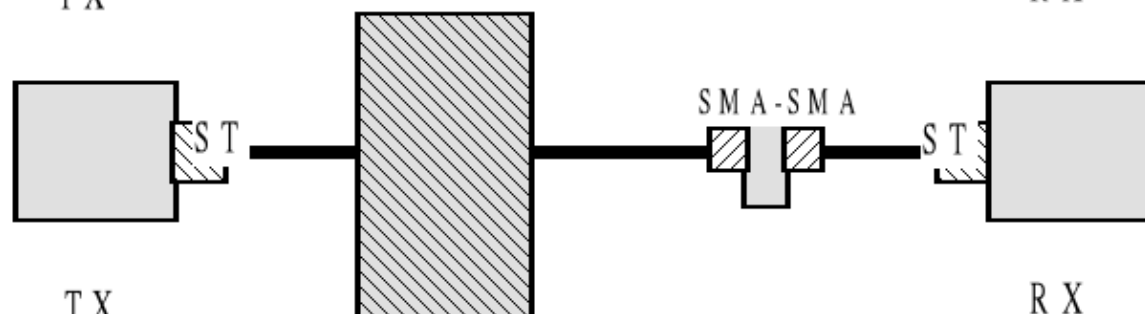
B O B I N A

E S Q U E M A D E C O N E X I O N E S



T X

R X



T X

R X

B O B I N A

E S Q U E M A D E C O N E X I O N E S

$$D'(\theta, u) = \frac{\theta_{,\mu} D'(\theta, u) d\Omega}{4\pi}$$

$$D_n(\theta, u) = \frac{D'(\theta, u)}{D'(\theta, u)}$$

$$L = -G_T - G_R + 10 \log \frac{4\pi d^2}{\lambda} \quad (dB)$$

$$n = KTW \quad N = 30 + 10 \log K + 10 \log T + 10 \log W = -198,6 dBm + 10 \log T + 10 \log W$$

Para $k = 300 \quad W = 10 KHz \quad N = -133,6 dBm$

$$C = 2W \log_2 M$$

$$C = W \log_2 (1 +$$