UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA

PROYECTO DOCENTE *CURSO: 2004/05*

14078 - TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN

ASIGNATURA: *14078 - TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN*
Vinculado a : (Titulación - Asignatura - Especialidad)
1100-Ingeniero de Telecomunicación - 14078-TEORÍA DE LA COMUNICACIÓN - P3
CENTRO: *Escuela de Ingeniería de Telecomunicación y Electrónica*
TITULACIÓN: *Ingeniero de Telecomunicación*
DEPARTAMENTO: *SEÑALES Y COMUNICACIONES*
ÁREA: *Teoría De La Señal Y Comunicaciones*
PLAN: *13 - Año 200* **ESPECIALIDAD:**
CURSO: *Segundo curso* **IMPARTIDA:** *Segundo semestre* **TIPO:** *Troncal*
CRÉDITOS: *6* **TEÓRICOS:** *3* **PRÁCTICOS:** *3*

Descriptores B.O.E.

Transmisión de la información. Comunicaciones Analógicas. Fundamentos de detección y Estimación Estadística para comunicaciones.

Temario

BLOQUE TEMÁTICO I: FUNDAMENTOS DE LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN.

Tema I: Introducción a los Sistemas de Comunicación.
Tema II: Teoría de Señales y Sistemas en comunicaciones.

BLOQUE TEMÁTICO II: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN ANALÓGICOS.
Tema III: Transmisión de señales analógicos

BLOQUE TEMÁTICO III: SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DIGITALES.
Tema IV: Conversión analógica - digital de señales.
Tema V: Transmisión digital en banda base.
Tema VI: Transmisión digital paso banda.
Tema VII: Codificación; introducción a las técnicas de control de errores

BLOQUE TEMÁTICO I. Relación de los temas incluidos en el bloque.

Tema I: Introducción a los Sistemas de Comunicación.
Tema II: Teoría de Señales y Sistemas en comunicaciones.

INTRODUCCIÓN.
Esta asignatura constituye el primer contacto de los alumnos de la ETSIT con las comunicaciones. Por tanto, debe mezclar su carácter básico con el de una cierta formación tecnológica y debe plantearse como una primera etapa para el conocimiento de las técnicas de comunicación de señales, tanto analógicas como digitales. Por esto, no puede considerarse como una asignatura finalista, ni aislada de otras asignaturas posteriores que completarán, en muchos casos, los

conceptos adquiridos en ésta.
Este primer bloque consta de dos temas. Tiene un carácter básico y de fundamentación de la asignatura. El tema I sirve de punto de partida para introducirse en el estudio de los sistemas de comunicación. Se presenta una breve reseña histórica de los sistemas de telecomunicación, además de exponer las necesidades de comunicación en una sociedad avanzada. A partir de este principio se plantean, de forma aproximada, diferentes soluciones técnicas y se introduce el concepto de Red de Telecomunicación.

En el tema II se realiza la revisión de algunos conceptos que ya se han estudiado en las asignaturas Teoría de la Señal, y Estadística, pero que conviene repasar y en algunos casos detallar con mayor profundidad, con el fin de destacar aquellas cuestiones que tienen mayor relevancia en esta asignatura. Se presenta, entre otros, el concepto de ruido como proceso estocástico. Posteriormente se presenta la distorsión como fenómeno que afecta a las señales en el canal de transmisión. Por último, se muestra una versión simplificada de sistema de comunicación paso bajo analógico, que servirá como base para formar los sistemas con modulación.

DESGLOSE POR TEMAS.

Tema I: Introducción a los Sistemas de Comunicación.

Objetivos:
Con este tema se pretende:
Despertar el interés del alumno para lograr una buena predisposición hacia la asignatura.
Que los alumnos tomen conciencia del sentido que tiene la asignatura en el contexto de la carrera.
Que los alumnos comprendan la relación que tiene la asignatura con otras posteriores.
Metodología:
El planteamiento del tema se realizará con un enfoque divulgativo, en el cual tendrá especial interés el uso de material audiovisual. Durante la clase, el profesor planteará cuestiones conceptuales referentes a las telecomunicaciones que despierten el interés del alumno por conocer su solución técnica.
Contenidos del Tema I: Introducción a los Sistemas de Comunicación
1.1 Historia de los sistemas de telecomunicación.
1.2 Las comunicaciones en una sociedad avanzada.
1.3 Redes de telecomunicación.
1.4 Tecnologías usadas en la actualidad.
Duración:
2 horas de teoría

Tema II: Teoría de Señales y Sistemas en comunicaciones.

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:

Tomen conciencia de la relación que existe entre los temas que han estudiado en las asignaturas Teoría de la Señal y Estadística, en el caso de los alumnos de Telemática, y la asignatura que se disponen a estudiar.
Conozcan claramente conceptos como correlación, densidad espectral de potencia, filtrado y ancho de banda.
Identifiquen el ruido como proceso estocástico y que conozcan su caracterización tanto temporal como en el dominio de la frecuencia. Concretamente, que conozcan la caracterización del Ruido Blanco y del Ruido Coloreado, tanto en el dominio temporal como en el frecuencial.
Conozcan además del ruido, el fenómeno de la distorsión, como elemento que afecta a la señal en el canal de transmisión.

Sean capaces de aplicar los conceptos previos al análisis y diseño elemental de canales analógicos en banda base.
Entiendan y sean conscientes de la importancia del concepto de Relación Señal a Ruido como parámetro fundamental de medida de calidad en los distintos puntos de un enlace analógico.

Metodología:
Inicialmente se plantea un modelo de sistema de telecomunicación como aplicación directa de los conceptos de señales y sistemas adquiridos en la asignatura Teoría de la Señal. Sobre la base que proporcionan los conocimientos adquiridos en la misma, se introducen los conceptos de señal definida en potencia y señal definida en energía. Se definen los promedios temporales para ambos tipos de señales y se comenta que las señales que tienen existencia física son señales definidas en energía, pero que, por conveniencia de los modelos matemáticos usados en comunicaciones, se usan mayoritariamente las definidas en potencia. Para ambas se define tanto la función de autocorrelación como la densidad espectral y se presenta el Teorema de Wiener-Khintchine, que relaciona ambos conceptos.
A continuación se introduce el ruido, su autocorrelación y su densidad espectral de potencia, explicando claramente las características temporales y espectrales tanto del Ruido Blanco como del Ruido Coloreado. Además, se explica el efecto del canal; en primer lugar como la distorsión introducida por un sistema lineal y posteriormente como la distorsión introducida por un sistema no lineal y se analiza para el caso sencillo de que el mismo no tenga memoria y la transformación instantánea que introduce se pueda aproximar por un polinomio. Se plantea, entonces, un modelo elemental, pero útil, de canal de comunicaciones en banda base y se analiza mediante los conceptos adquiridos. Se hace especial énfasis en la Relación Señal a Ruido como parámetro de calidad del sistema. En general, este tema se pretende que sea una sesión de repaso en la que el profesor hace una exposición global de la aplicación de los fundamentos de Teoría de Señales y Sistemas, en su versión estocástica, a los sistemas de comunicación.
Contenidos del Tema II: Teoría de Señales y Sistemas en comunicaciones
2.1 Modelo de sistema de telecomunicación.
2.2 Caracterización temporal y espectral de señales y sistemas. Ancho de banda. Filtrado.
2.3 Señales aleatorias: ruido blanco y ruido coloreado. (Especialidad de Telemática)
2.4 Distorsión lineal y no lineal.
2.5 Canal analógico en banda base: Modelo. Relación señal a ruido (RSR).

Duración:
3 horas de teoría
Prácticas y problemas propuestos:
Se presentará al alumnado una colección de problemas íntimamente relacionados con los conceptos explicados en clase.

BLOQUE TEMÁTICO II. Relación de los temas incluidos en el bloque.

Tema III: Transmisión de señales analógicas

B. INTRODUCCIÓN.
Este bloque consta de un único tema. En él se tratan fundamentalmente las comunicaciones analógicas paso banda tanto las modulaciones lineales como las modulaciones angulares. La necesidad de compartir el medio de forma simultánea es el punto de partida de este bloque temático. Esta idea conduce, de forma natural, al concepto de modulación como medio para transmitir una señal por la banda de frecuencias que permite el canal. Los contenidos se diferenciarán fundamentalmente en la forma que la señal que se desea transmitir afecta a la señal portadora. Se hace especial hincapié en el estudio de los transmisores y receptores y en el estudio de la relación señal a ruido que se obtiene a la salida de los diversos sistemas.

C. DESGLOSE POR TEMAS.

Tema III: Canales analógicos paso banda: Modulaciones lineales

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:

Comprendan la necesidad de compartición del medio y las técnicas de multiplexación por división en frecuencia.
Entiendan plenamente la necesidad de la modulación como técnica que permite transmitir una señal por la banda de frecuencias que permite el canal.
Comprendan las distintas modulaciones lineales que se presentan, especialmente AM, DBL y BLU.
Conozcan cómo se puede generar cada una de las modulaciones.
Conozcan, dentro de los receptores, la demodulación coherente y la no coherente, así como el efecto umbral en el caso de ésta última.
Comprendan cuál es la calidad del sistema de comunicación en función de la relación señal a ruido que presenta a su salida.
Comprendan las modulaciones angulares, tanto en fase como en frecuencia
Sean capaces de compararlas con las modulaciones lineales y de extraer conclusiones en términos de ancho de banda necesario para su transmisión, calidad del sistema y comportamiento frente a distorsiones en el canal.

Metodología:
Los conceptos básicos de multiplexación en frecuencia y modulaciones en amplitud se introducen como ejercicios de aplicación directa de los conceptos explicados en la asignatura de Teoría de la Señal. Se presentarán tanto las formas temporales como las autocorrelaciones de las señales moduladas y, también, sus transformadas de Fourier. Puede estudiarse entonces, la densidad espectral de potencia de las señales moduladas. En cada una de las modulaciones tratadas se estudiará, por un lado, la forma de generarlas, y por otro, la forma de recuperar la señal original. En este sentido, se introducirán los conceptos de receptor coherente y no coherente, y se analizará en cada caso cuándo se pueden usar. Paralelamente se introduce el modelado de señales paso banda, como herramienta útil que nos permitirá expresar todas las modulaciones que se estudien a lo largo de la asignatura siguiendo los mismos principios. A continuación, se presenta el modelo genérico de sistema de comunicación paso banda, que es válido tanto para las modulaciones lineales como para las angulares. En él se introduce el ruido y el efecto del canal. Por último, se analizan los receptores coherentes y no coherentes en presencia de ruido, y se estudia el efecto umbral que se produce en estos últimos. El efecto del ruido se desarrolla prestando especial atención al cómputo de su potencia a la salida de cada subsistema, con objeto de estudiar la calidad, en términos de Relación Señal a Ruido, del sistema global.
Para el estudio de las modulaciones angulares se parte de la señal portadora y de la forma de modularla en frecuencia (FM) o en fase (PM) en función de la moduladora. Para ello, se toma la señal paso banda para introducir la información en la fase de la señal portadora (PM) o en la desviación instantánea de frecuencia (FM). Se observan las formas de onda y se modulan gráficamente portadoras en FM y en PM con señales moduladoras sencillas (tonos, pulsos cuadrados, señales triangulares, etc.).
Se deduce la expresión analítica de un tono portador modulado en FM por otro tono de baja frecuencia y se evalúa la forma de su espectro recurriendo a los coeficientes de Bessel. Se introduce la estimación del ancho de banda de la señal modulada angularmente por la Regla de Carson. A continuación, se estudian algunos de los métodos que existen para la generación de señales moduladas en frecuencia, así como las técnicas para su demodulación.
Se comenta someramente el efecto de la distorsión del canal sobre la señal modulada

angularmente. Posteriormente, se estudia la calidad de la señal a la salida del receptor (detector de fase) y su dependencia con la frecuencia en el caso de FM debido a la forma parabólica del espectro de ruido. Se hace hincapié en el cálculo de la Relación Señal a Ruido (RSR) como medida de calidad del receptor.

Contenidos del Tema III: Transmisión de señales analógicas
3.1 Concepto y necesidad de la modulación.
3.1.1. ¿Por qué modular?
3.1.2. Múltiplex por División en Frecuencia.
3.2. Modulaciones lineales
3.2.1 Modulación en Doble Banda Lateral (DBL).
3.2.2 Modulación de Amplitud (AM).
3.2.3 Concepto de demodulación coherente y no coherente
3.2.4 Modelado de señales paso banda.
3.2.5 Modulación en Banda Lateral Única (BLU). Transformada de Hilbert.
3.2.6 Otras modulaciones lineales
3.3. Modelo de sistema de comunicación analógico paso banda.
3.3.1 Distorsión lineal y no lineal de señales moduladas linealmente.
3.3.2 Receptores. Relación Señal a Ruido. Efecto umbral.
3.4.Modulaciones angulares
3.4.1 Concepto de modulación angular. Concepto de Modulación de Frecuencia (FM) y Modulación de Fase (PM)
3.4.2 FM: Ancho de banda de transmisión; Regla de Carson. Modulación de banda ancha y estrecha. Generación y demodulación de señales moduladas en FM.
3.4.3. Distorsión lineal y no lineal de señales moduladas angularmente.
3.4.4. Receptores angulares. Ruido y RSR. Efecto umbral.
Duración:
8 horas de teoría, 5 horas de problemas, 6 de prácticas
Prácticas y problemas propuestos:
Se presentará al alumnado una colección de problemas íntimamente relacionados con los conceptos explicados en clase. Se hará hincapié en los modelos de señal paso banda, en las distintas modulaciones estudiadas y en los cálculos de Relación Señal a Ruido.
La primera práctica que se propone acorde con este tema es Modulación de Amplitud. Ésta se lleva a cabo en dos sesiones de dos horas. En la misma se estudia un modulador real, ajustando y midiendo el índice de modulación de la señal generada y la respuesta en frecuencia del modulador para diferentes formas de onda. Se estudian los distintos tipos de receptor, tanto coherente como no coherente. Por último se estudia el receptor superheterodino, primero cada etapa por separado y después se conectan todos los bloques para comprobar el funcionamiento del receptor. Todo esto se hace mediante equipos de laboratorio configurables por el alumno.
La práctica de Modulación en Frecuencia se realiza en una sesión de dos horas. En la misma se dispone de un modulador real (Oscilador Controlado por Tensión), de discriminadores de frecuencia y de un limitador paso banda. En esta práctica se realiza la modulación en FM de señales moduladoras de distintas frecuencias y formas de onda. Se visualizan las señales obtenidas en el osciloscopio y se estiman a partir de ellas la frecuencia de portadora y la desviación de frecuencia. También se miden las frecuencias máxima y mínima por el método de baja frecuencia. Asimismo, se demodula con un detector de relación y un detector de producto. Se comprueba, además, el efecto de la etapa limitadora en la señal de FM y su conveniencia en la demodulación cuando la señal modulada presenta modulación parásita en amplitud.
Se plantea además una tercera práctica que se realiza sobre un Tutorial Multimedia sobre Modulaciones Analógicas. Este permite estudiar el comportamiento de estas señales en presencia de diferentes tipos de distorsión y diversos niveles de ruido. Este tutorial permite el estudio de las diferentes modulaciones estudiadas en teoría. Se realiza en una sesión de dos horas.

BLOQUE TEMÁTICO III. Relación de los temas incluidos en el bloque.

Tema IV: Conversión analógica - digital de señales.
Tema V: Transmisión digital en banda base.
Tema VI: Transmisión digital paso banda.
Tema VII: Codificación; introducción a las técnicas de control de errores

B. INTRODUCCIÓN.

Hasta este momento, en la asignatura se han tratado fundamentalmente las comunicaciones analógicas, aunque no hay que olvidar que numerosos conceptos de los estudiados son de aplicación directa en los sistemas digitales. A lo largo de los tres temas siguientes se tratarán los aspectos más básicos de los sistemas de comunicación digital. En primer lugar, a partir de la definición de señal digital, se estudia cómo convertir una señal analógica en digital, haciendo un breve repaso del concepto de muestreo, que los alumnos han estudiado en la asignatura Teoría de la Señal, e introduciendo las técnicas de cuantificación y codificación. Asimismo, se vuelve a hacer hincapié en la necesidad de compartir el medio, introduciendo en este caso la Multiplexación por División en el Tiempo. Es importante que el alumno asimile el diagrama de bloques de la conversión analógica – digital, ya que será parte del modelo que se plantea en el tema siguiente.
En el tema V se parte del modelo de sistema digital en banda base y se definen los conceptos básicos con los que se trabaja en este tipo de sistemas: mensaje, carácter y símbolo. A continuación, se introducen los códigos de línea. Posteriormente se trata el concepto de interferencia entre símbolos, explicando los fenómenos que justifican su existencia y la solución propuesta por Nyquist. Por último, se expone el principio de funcionamiento de un regenerador de datos y se explica el diagrama de ojos como medio para estudiar cómo afectan las diferentes etapas del sistema a la señal recibida.
El tema VI se parte del mismo modelo introducido en el capítulo anterior, al que se le añaden los elementos necesarios para realizar la modulación. En él se estudian las modulaciones más básicas en amplitud, frecuencia y fase, además de las mixtas. A continuación, se explican los diferentes tipos de receptores en presencia de ruido blanco y, por último, se introduce el concepto de eficiencia espectral. Es importante que el alumno, al final de estos tres temas, disponga de un esquema mental básico de un sistema de comunicación digital, al que pueda añadir en etapas posteriores de aprendizaje, guiado o autónomo, nuevos elementos que en realidad no cambian su principio de funcionamiento.
Por último, en el tema VII se introducen las técnicas de control de errores. Es una materia, en principio, muy amplia. Sin embargo, lo que se pretende es que los alumnos dispongan de un esquema básico de los diferentes métodos que existen para controlar los errores en un sistema de comunicación digital y que conozcan los principios fundamentales de funcionamiento.

B. DESGLOSE POR TEMAS.

Tema IV: Conversión analógica – digital de señales.

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:

Comprendan las razones que han conducido al auge de las comunicaciones digitales.
Obtengan una adecuada asimilación del proceso de digitalización de señales.
Sean conscientes de nuevo de la necesidad de compartir el medio y cómo la técnica de Multiplexación por División en el Tiempo ofrece una solución al respecto.

Metodología:
En primer lugar se aborda la conveniencia de la digitalización y se comentan someramente las

ventajas e inconvenientes que la transmisión digital presenta frente a la analógica. A continuación se pasa propiamente al proceso de digitalización. Se repasa la fase de muestreo que los alumnos han estudiado en la asignatura Teoría de la Señal. Por su parte, la fase de cuantificación se apoya en la asignatura Estadística. En este apartado, se estudian tanto la cuantificación uniforme como la no uniforme. A continuación, se introduce el concepto de codificación como paso final del proceso cuya salida es directamente una ristra de bits. Por último, se explican dos métodos de Multiplexación en el Tiempo en los cuales se pueden multiplexar muestras o bits.

Contenidos del Tema IV: Conversión analógica - digital de señales
4.1 Fuentes de información analógica y fuentes de información digital.
4.2 Muestreo de señales analógicas. Cuantificación uniforme y no uniforme de señales
4.3 Concepto de Codificación. Modulación de Impulsos Codificados
4.4 Multiplexación por División en el Tiempo.

Duración:
3 horas de teoría, 2 de problemas, 2 de prácticas

Prácticas y problemas propuestos:
Se presentará al alumnado una colección de problemas íntimamente relacionados con los conceptos explicados en clase. Se hará hincapié en el análisis del ruido de cuantificación. La práctica de Muestreo en el laboratorio se realiza en una sesión de dos horas. Se pretende que el alumno muestree algunas señales sencillas (tonos principalmente) mediante trenes de pulsos con frecuencia y ciclo de trabajo variable y que reconstruya las señales mediante un filtro recuperador adecuado. En esta práctica también se comprueba el aliasing o solapamiento. Por último, con la ayuda de un filtro paso banda sintonizable, se extrae la señal de Doble Banda Lateral existente a la frecuencia de muestreo.

Tema V: Transmisión digital en banda base.

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:

Comprendan las partes que componen un sistema de comunicación digital en banda base.
Sepan distinguir los conceptos de fuente de información, alfabeto, mensaje, carácter y símbolo.
Entiendan el significado de la codificación de línea y conozcan los principales códigos de línea que existen.
Conozcan las implicaciones del teorema de Shannon en lo que se refiere a la capacidad del canal.
Comprendan los efectos negativos que el canal y el ruido pueden producir sobre la señal, así como la solución propuesta por Nyquist.
Sean conscientes de la ventaja que supone la introducción de regeneradores de datos en los sistemas digitales además de conocer su principio de funcionamiento.
Identifiquen la Probabilidad de Error como el parámetro de calidad fundamental en los sistemas digitales.

Metodología:
Se presenta, en primer lugar, un modelo de sistema de comunicación digital en el que aparecen todos sus bloques claramente diferenciados, pasándose a estudiar en detalle cada uno de ellos. En el transmisor se explican las fuentes de información digital y los códigos de línea más comunes.

A continuación, se estudia el medio de transmisión, considerándose el límite teórico de la capacidad del canal, así como los efectos del canal en la Interferencia entre Símbolos. Posteriormente, se presenta el primer criterio de Nyquist, que aporta una posible solución a este problema, siempre que se escojan adecuadamente los instantes de decisión. Además se presenta la

familia de coseno alzado como ejemplo de una familia de espectros que satisface este criterio. Dentro del medio de transmisión, también se estudia el efecto del ruido en los símbolos transmitidos.
Por último, se trata el tema del diseño de receptores, haciendo especial referencia a los regeneradores de datos. Asimismo, se introduce el diagrama de ojos. A diferencia de la asignatura Transmisión de la Información, en este caso se realiza el estudio de la detección binaria en presencia de ruido blanco, el diseño de receptores óptimos y la probabilidad de error en este tipo de señales. Estos desarrollos se pueden realizar gracias a la base estadística que poseen los alumnos de la asignatura.

Contenidos del Tema V: Transmisión digital en banda base
5.1 Modelo de sistema de comunicación digital en banda base.
5.2 Mensaje, caracteres y símbolos.
5.3 Velocidad de transmisión y régimen binario. Capacidad del canal.
5.4 Codificación de línea. Densidad Espectral de Potencia de los códigos de línea.
Ancho de banda de algunos códigos
5.5 Interferencia entre símbolos. Primer criterio de Nyquist. Filtros en coseno alzado.
5.6 Regenerador de datos. Diagrama de ojos.
5.7 Detección de señales binarias en presencia de ruido blanco.
5.8 Diseño de receptores óptimos. Probabilidad de error de señales binarias.

Duración:
6 horas de teoría, 3 de problemas, 2 de prácticas

Prácticas y problemas propuestos:
Se presentará al alumnado una colección de problemas relacionados con los conceptos explicados en clase. Se hará hincapié en la adecuación de las señales transmitidas al medio y en el diseño de receptores. Se propone una práctica de Transmisión Digital en Banda Base, que se realiza en dos horas, donde:

Se observan secuencias pseudoaleatorias
Se emula su transmisión por un canal introduciendo la señal en un filtro paso bajo
A la señal recibida se le puede sumar el ruido generado por un generador, de esta forma la señal resultante está distorsionada y con ruido, tal y como se recibiría en un sistema real
Se comprueba el funcionamiento del circuito recuperador de reloj y del regenerador de datos
Se mide el jitter entre el reloj del generador de la secuencia y el reloj recuperado
Con un medidor de cantidad de errores se miden los errores producidos en el receptor para cierto nivel de distorsión y diferentes niveles de ruido
Se visualiza en el receptor el diagrama de ojos de la señal recibida.

Tema VI: Transmisión digital paso banda.

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:

Comprendan la necesidad de introducir la modulación de las señales digitales para hacer posible su envío a través de canales paso banda.
Sean capaces de asimilar que el único cambio que se produce en el modelo de sistema de comunicación digital estudiado en el tema anterior es la introducción de los bloques dedicados precisamente a la modulación y a la demodulación.
Entiendan los principios básicos de las diferentes modulaciones que se le presentan y extraigan conclusiones al compararlas con las estudiadas en el bloque temático dedicado a las comunicaciones analógicas.

Comprendan la estructura básica de los receptores coherentes y no coherentes utilizados en las modulaciones digitales y obtengan conclusiones al compararlos con los estudiados en el bloque temático sobre las comunicaciones analógicas.
Asimilen la importancia del concepto de eficiencia espectral y su relación con el diseño de sistemas de comunicación digital paso banda.

Metodología:
En primer lugar, se justifica la modulación de señales digitales y se introducen los módulos necesarios dentro del sistema básico estudiado en el tema anterior: modulador y demodulador. A continuación, se presentan las distintas técnicas habituales en comunicaciones digitales para desplazar el espectro de la señal a transmitir. En particular, se estudian las modulaciones en amplitud (ASK), en fase (PSK, PSK diferencial), las modulaciones mixtas en amplitud y en fase (APK y QAM) y las modulaciones en frecuencia (FSK).
Posteriormente se considera el diseño de los receptores, tanto los coherentes como los no coherentes. En este caso, al igual que en el tema dedicado a la transmisión digital en banda base, también se considera la presencia de ruido.
Por último, se introduce el concepto de eficiencia espectral, comparando, a continuación, la eficiencia espectral de las distintas modulaciones.

Contenidos del Tema VI: Transmisión Digital Paso Banda
6.1 Modelo de sistema de comunicación digital paso banda.
6.2 Modulaciones de amplitud, fase y frecuencia, sistemas mixtos. Constelaciones.
6.3 Receptores digitales paso banda. Receptores coherentes y no coherentes con y sin ruido. Probabilidad de error.
6.4 Eficiencia espectral.

Duración:
5 horas de teoría, 4 de problemas, 4 de prácticas

Prácticas y problemas propuestos:
Se presentará al alumnado una colección de problemas relacionados con los conceptos explicados en clase. Además se introducirán problemas que engloben la materia estudiada en este bloque temático, de tal forma que los alumnos obtengan una visión global de las comunicaciones digitales y reúnan los conceptos tratados en los tres temas.
Se propone una práctica de PSK en el laboratorio, que tiene una duración de 4 horas. Para esta práctica se cuenta con módulos específicos que permiten generar esta modulación. Se estudian los circuitos correspondientes al modulador de PSK, observándose las formas de onda. A continuación, se estudia el funcionamiento del recuperador de portadora. Posteriormente, se realiza la detección síncrona de la señal, se regenera y se realizan mediciones del jitter y de la cantidad de errores para diferentes niveles de ruido. También se visualiza el diagrama de ojos de la señal demodulada. Posteriormente se analiza el comportamiento del sistema para una modulación DPSK.
Además, se realiza una práctica de QAM con la ayuda de un simulador, para la cual no es necesario que el alumno realice ningún tipo de programación. En ella se le presenta al usuario un sistema digital completo, en el cual puede variar una serie de parámetros y observar los efectos que se producen en las distintas señales. Se realiza en una sesión de dos horas.

Tema VII: Técnicas de control de errores.

Objetivos:
Con este tema se pretende que los alumnos:
Conozcan la importancia que tienen las técnicas de control de errores como medio para aumentar la fiabilidad de un sistema de comunicación digital, es decir, para disminuir la probabilidad de

error en el mismo.
Aprendan los principios básicos de las diferentes técnicas de control de errores que existen.

Metodología:
En primer lugar se aborda la conveniencia de introducir las técnicas de control de errores dentro de un sistema de comunicación digital. A continuación se muestra qué lugar ocupa este bloque dentro del modelo de sistema de comunicación digital que ya conocen los alumnos de los temas anteriores. En este sentido es fundamental que asimilen que siempre se trabaja sobre el mismo modelo, tan sólo añadiéndole elementos que configuran, al final, un sistema de comunicación digital completo.
Una vez entendida la función que cumple esta técnica, se introducen los principios básicos de los métodos que permiten bien la detección o la detección y corrección de errores. A continuación se entra más en detalle en estos últimos, concretamente en los códigos de bloques y los códigos convolucionales.

Contenidos del Tema VII: Codificación, introducción a las técnicas de control de errores
7.1 Introducción a las técnicas de control de errores.
7.2 Tipos de control de errores (ARQ y FEC).
7.3 Técnicas ARQ.
7.4 Técnicas FEC. Códigos de bloques y códigos convolucionales. Modulación Trellis.

Duración:
3 horas de teoría y 2 de problemas

Conocimientos Previos a Valorar

Se entiende que el alumno debe haber cursado las asignaturas de Teoría de la Señal, Análisis de Redes y Estadística

Objetivos

Los objetivos específicos para esta asignatura podrían resumirse como dar a los alumnos un conocimiento básico sobre estos conceptos:

- Modelo de sistema de telecomunicación analógico y digital.
- Transmisión por canales paso bajo. Efecto del canal: ruido y distorsión.
- Compartición de canales mediante multiplexación por división en frecuencia. Señal paso banda. Modulación.
- Transmisión analógica por canales paso banda. Modulaciones de amplitud y angulares.
- Conversión de señales analógicas a digitales. Muestreo, cuantificación y codificación.
- Compartición del canal mediante multiplexación por división en el tiempo.
- Codificación de fuente y de canal. Transmisión digital en banda base.
- Receptores digitales. Introducción a la teoría de la decisión.
- Modulaciones digitales paso banda. Modulaciones de amplitud, fase y frecuencia.

Metodología de la Asignatura

Docencia teórica en clase, con material audiovisual y abundantes ejemplos prácticos. Como apoyo a las clases de teoría, se facilitarán a los alumnos unos apuntes mecanografiados de la asignatura, así como una colección de problemas resueltos, con el fin de facilitar el seguimiento de la materia. Se aconseja al alumno el disponer de estas copias al asistir a clase para un mejor aprovechamiento de las mismas.

Para las prácticas de laboratorio se dispone de puestos de trabajo equipados con instrumentación básica (osciloscopio, generador de señal, fuente de alimentación) así como módulos de entrenamiento de modulaciones analógicas y digitales. Para una correcta realización y comprensión de las prácticas se considera fundamental el haber estudiado previamente los conceptos teóricos que se van a tratar en la práctica, y además realizar previamente una lectura cuidadosa del enunciado de la misma. No es preciso entregar memorias de las prácticas realizadas.

La asistencia a prácticas es obligatoria, requiriéndose una asistencia de al menos el 80% de las clases prácticas.

Evaluación

Los criterios de evaluación se ajustarán a la normativa de docencia y evaluación del aprendizaje de la ULPGC.
La evaluación de la asignatura se realizará mediante un examen a realizar en las convocatorias oficiales. El examen será único y constará de una parte relacionada con los conocimientos teóricos explicados y problemas realizados en clase con un valor de 7,5 puntos y otra parte con cuestiones relativas a la realización de las prácticas de laboratorio con un valor de 2,5 puntos. Durante la realización de los exámenes no se podrán utilizar ni libros ni apuntes.
Para aprobar cada examen se deberá aprobar tanto la parte de teoría como de prácticas, es decir obtener 3,75 puntos o más en teoría y 1,25 puntos o más en prácticas. Se considerará que un alumno ha aprobado las prácticas si obtiene al menos 1,25 puntos en la parte de prácticas de alguno de los exámenes. Este aprobado en prácticas se mantendrá para cada uno de los exámenes del curso académico. No se guardarán partes aprobadas de teoría. Si en un examen no se aprueba la parte de teoría o de prácticas, la calificación máxima que se podrá lograr será de 4,5 puntos.
Todos los alumnos a los que se les entregue el enunciado de un examen de convocatoria, figurarán como “presentados” en el acta de esa convocatoria.

Descripción de las Prácticas

Se realizarán conforme a lo descrito en el temario con la siguiente temporalización

Tema III: Transmisión de señales analógicas .
Práctica 1: Instrumentación y medidas básicas (2 horas)
Práctica 2: AM y receptor superheterodino (4 horas)
Práctica 3: FM y Multiplexación por División en Frecuencia (2 horas)

Tras una introducción al uso del laboratorio, la primera práctica que se propone acorde con este tema es Modulación de Amplitud. Ésta se lleva a cabo en dos sesiones de dos horas. En la misma se estudia un modulador real, ajustando y midiendo el índice de modulación de la señal generada y la respuesta en frecuencia del modulador para diferentes formas de onda. Se estudian los distintos tipos de receptor, tanto coherente como no coherente. Por último se estudia el receptor superheterodino, primero cada etapa por separado y después se conectan todos los bloques para comprobar el funcionamiento del receptor. Todo esto se hace mediante equipos de laboratorio configurables por el alumno.
La práctica de Modulación en Frecuencia se realiza en una sesión de dos horas. En la misma se dispone de un modulador real (Oscilador Controlado por Tensión), de discriminadores de frecuencia y de un limitador paso banda. En esta práctica se realiza la modulación en FM de señales moduladoras de distintas frecuencias y formas de onda. Se visualizan las señales obtenidas en el osciloscopio y se estiman a partir de ellas la frecuencia de portadora y la desviación de frecuencia. También se miden las frecuencias máxima y mínima por el método de baja frecuencia. Asimismo, se demodula con un detector de relación y un detector de producto. Se comprueba,

además, el efecto de la etapa limitadora en la señal de FM y su conveniencia en la demodulación cuando la señal modulada presenta modulación parásita en amplitud.

Tema IV: Conversión analógica - digital de señales.
Práctica 4: Conversión A/D (2 horas)

La práctica de Muestreo en el laboratorio se realiza en una sesión de dos horas. Se pretende que el alumno muestree algunas señales sencillas (tonos principalmente) mediante trenes de pulsos con frecuencia y ciclo de trabajo variable y que reconstruya las señales mediante un filtro recuperador adecuado. En esta práctica también se comprueba el aliasing o solapamiento. Por último, con la ayuda de un filtro paso banda sintonizable, se extrae la señal de Doble Banda Lateral existente a la frecuencia de muestreo.

Tema VI: Transmisión digital paso banda.

Modulación PSK 4 horas
Modulación QAM (simulación): 2 horas

Se propone una práctica de PSK en el laboratorio, que tiene una duración de 4 horas. Para esta práctica se cuenta con módulos específicos que permiten generar esta modulación. Se estudian los circuitos correspondientes al modulador de PSK, observándose las formas de onda. A continuación, se estudia el funcionamiento del recuperador de portadora. Posteriormente, se realiza la detección síncrona de la señal, se regenera y se realizan mediciones del jitter y de la cantidad de errores para diferentes niveles de ruido. También se visualiza el diagrama de ojos de la señal demodulada. Posteriormente se analiza el comportamiento del sistema para una modulación DPSK.

Además, se realiza una práctica de QAM con la ayuda de un simulador, para la cual no es necesario que el alumno realice ningún tipo de programación. En ella se le presenta al usuario un sistema digital completo, en el cual puede variar una serie de parámetros y observar los efectos que se producen en las distintas señales. Se realiza en una sesión de dos horas.

Bibliografía

[1] Signals and systems /
Alan V. Oppenheim, Alan S. Willsky with Ian T. Young.
Prentice-Hall,, Englewood Cliffs, N. J : (1983)
0138111758

[2] DIGITAL COMMUNICATIONS
BERNARD SKLAR
PRENTICE-HALL - (2001)
0-13-084788-7

[3] Communication systems engineering /
John G. Proakis, Masoud Salehi.
Prentice Hall,, Upper Saddle River, N.J. : (2002) - (2nd ed.)
0130617938

[4] An introduction to analog and digital communications /
Simon Haykin.
John Wiley & Sons,, New York : (1989)
0471859788

Equipo Docente

RAFAEL PÉREZ JIMÉNEZ *(COORDINADOR)*

Categoría: *CATEDRATICO DE UNIVERSIDAD*

Departamento: *SEÑALES Y COMUNICACIONES*

Teléfono: *928459972* **Correo Electrónico:** *rafael.perez@ulpgc.es*

JOSÉ RAMÓN VELÁZQUEZ MONZÓN *(RESPONSABLE DE PRACTICAS)*

Categoría: *TITULAR DE ESCUELA UNIVERSITARIA*

Departamento: *SEÑALES Y COMUNICACIONES*

Teléfono: *928451278* **Correo Electrónico:** *joseramon.velazquez@ulpgc.es*

ANTONIO GABRIEL RAVELO GARCÍA

Categoría: *PROF. ASOCIADO LAB. TP 85% ATC*

Departamento: *SEÑALES Y COMUNICACIONES*

Teléfono: **Correo Electrónico:** *antonio.ravelo@ulpgc.es*