

Una experiencia de laboratorio virtual para la asignatura de Teoría de la Comunicación

A virtual laboratory experience to support a course of Communication Theory

de Castro Fernández, J. P.¹, Pérez Juárez, M. Á.¹, Verdú Pérez, M. J.¹,
Regueras Santos, L.M.¹, Verdú Pérez, E.¹

¹Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones e Ingeniería Telemática. E.T.S. Ingenieros de Telecomunicación. Universidad de Valladolid.
{jpdecastro, mperez, marver, luireg, elever}@tel.uva.es

Resumen

El presente artículo describe una experiencia de aplicación de la TI (Tecnología de la Información) al proceso de aprendizaje vinculado a la asignatura de Teoría de la Comunicación.

El principal objetivo era crear módulos didácticos que permitieran al alumno comprender de forma precisa los contenidos impartidos en la asignatura facilitando el seguimiento y asimilación de la misma.

Dichos módulos consistirían en materiales educativos multimedia que presentarían los contenidos teóricos abordados, complementados por ejercicios a desarrollarse en un laboratorio virtual.

La herramienta básica de dicho laboratorio virtual es un osciloscopio y analizador de espectros desarrollado en lenguaje Java 1.2 (o Java 2) y ejecutable como un applet embebido en un fichero HTML (Hypertext Markup Language), lo cual facilita su acceso desde cualquier PC con conexión a Internet, un navegador apropiado y la máquina virtual de Java, sin que sea necesario ningún componente hardware externo como una tarjeta de adquisición de datos o un generador de funciones.

Dicha herramienta permite representar cualquier señal tanto en el tiempo como en la frecuencia, pudiéndose modificar de forma sencilla diferentes parámetros de la misma para poder apreciar qué le ocurre a la señal como consecuencia de dicha modificación en uno de sus parámetros.

Palabras claves: Laboratorio Virtual, Contenidos Educativos Multimedia, Teoría de la Comunicación, Osciloscopio, Analizador de Espectros

Abstract

This article describes an experience that applies the IT (Information Technology) to the learning process within a course of Communication Theory.

The main objective was to develop didactic modules that would allow the student to better understand the contents taught within the course.

Those didactic modules were made up by multimedia educational materials used to present the theoretical contents complemented by exercises to be developed in a virtual laboratory.

The basic tool of the virtual laboratory is an oscilloscope and spectrum analyser developed using Java 1.2 (or Java 2) and executable as an applet embeded in an HTML (Hypertext Markup Language) code which facilitates the access from any PC with Internet connection, an adequate browser and the Java virtual machine, but without the need of any hardware component like a data acquisition card or a function generator.

The developed tool allows to represent any signal in the time and the frequency domains, and to modify, in an easy way, different parameters to observe the effect of this modification on the represented signal.

Keywords: Virtual Laboratory, Multimedia Educational Contents, Communication Theory, Oscilloscope, Spectrum Analysis

1 Introducción

El presente artículo describe una experiencia de aplicación de las NTICs (Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones) al proceso de aprendizaje vinculado a la asignatura de Teoría de la Comunicación que se imparte, con carácter obligatorio, en el segundo curso de la titulación de Ingeniero Técnico de Telecomunicación en la Escuela Politécnica de la Universidad de Valladolid (De Castro, J. P. 2005).

En esta asignatura se abordan los diferentes sistemas de comunicación y modulaciones, así como los distintos fenómenos que se producen en una comunicación, tales como el ruido, la atenuación o la distorsión.

El principal objetivo fijado era el de crear unos módulos didácticos que permitieran al alumno comprender de forma precisa los contenidos impartidos en esta asignatura facilitando así el seguimiento y asimilación de la misma.

Los módulos didácticos consistirían en materiales educativos multimedia que presentarían los contenidos teóricos abordados y que se verían complementados por ejercicios a desarrollarse en un laboratorio virtual.

La herramienta básica del laboratorio virtual propuesto la constituye un osciloscopio y analizador de espectros desarrollado en lenguaje Java 1.2 (o Java 2) y ejecutable como un applet embebido en un fichero HTML (Hypertext Markup Language), lo cual facilita su acceso desde cualquier PC que disponga de conexión a Internet, un navegador apropiado y que tenga instalada la máquina virtual de Java, sin que sea necesario ningún componente hardware externo como una tarjeta de adquisición de datos o un generador de funciones.

Esta herramienta desarrollada permite representar cualquier tipo de señal tanto en el tiempo (osciloscopio), como en la frecuencia (analizador de espectros), pudiéndose modificar de forma sencilla e intuitiva diferentes parámetros de la señal para poder así apreciar qué le ocurre a la señal como consecuencia de dicha modificación en uno de sus parámetros. Además, la herramienta ofrece la posibilidad de observar características como la Densidad Espectral de Potencia (DEP) de la señal representada, la envolvente de la onda o su promediado temporal.

Para finalizar esta introducción señalaremos que, otra bondad de la herramienta desarrollada, es que facilita notablemente la toma de medidas en la señal al incorporar unos cursores, tanto verticales como horizontales, que actualizan su valor automáticamente según su posición, lo cual permite realizar medidas en la señal de manera sencilla.

2 Objetivos

Como ya se ha comentado en la Introducción, el principal objetivo de este proyecto de marcado carácter didáctico, era la creación de recursos educativos basados en las NTICs de apoyo a la docencia de la asignatura Teoría de la Comunicación donde una pieza clave es un laboratorio virtual compuesto de osciloscopio y analizador de espectros que permiten al alumno realizar ejercicios prácticos relacionados con la asignatura de forma flexible tanto en el tiempo como en el espacio.

Se espera así facilitar la comprensión del alumno que podrá, en este entorno virtual, apreciar de forma visual, los diferentes conceptos que se explican en la teoría de la asignatura escogida.

3 Situación de partida

Antes de iniciar el diseño y desarrollo de los recursos educativos planteados se analizó la existencia de los ya disponibles para la materia abordada, Teoría de la Comunicación.

3.1 Laboratorio Virtual

En la actualidad existen ya numerosos osciloscopios y analizadores de espectros virtuales. No obstante, la mayoría de los analizados necesitan de una tarjeta hardware para la adquisición de datos debido a que el software no es capaz de generar la señal, sino que necesita de datos externos para hacerlo.

Otros muchos recursos educativos existentes hacen uso de Matlab para representar las señales (en el pasado también nosotros usamos este software), mientras que la herramienta propuesta elimina la dependencia con MATLAB al ser una solución Java que usa el paquete JEP (Java Evaluation Parser): un conjunto de clases que evalúan expresiones matemáticas, una librería a la que se pueden añadir todas las funciones que se considere necesario tras diseñarlas y programarlas¹. La herramienta propuesta aporta además la potencialidad del lenguaje de desarrollo utilizado en cuanto a grado de interactividad con el usuario y posibilidad de ampliación. De esta forma eliminamos la necesidad de tener licencias completas de MATLAB sólo para visualizar demostraciones y se pueden utilizar los materiales en Internet y en cualquier plataforma disponible.

Otra de las características de las herramientas analizadas es que muy pocas ofrecen osciloscopio y analizador de espectros dentro de una misma aplicación y en cambio, existen aplicaciones que simulan un osciloscopio y, otras distintas a las anteriores, que realizan las funciones de un analizador de espectros.

Además, no se ha encontrado ninguna aplicación capaz de visualizar ciertos aspectos importantes para el desarrollo de un laboratorio virtual para esta asignatura como la DEP de una señal y muchas limitan el trabajo a ciertos tipos de señales predeterminadas lo que supondría reprogramar partes del código para cada señal en concreto.

Por tanto, no existe ninguna herramienta “a medida” para el desarrollo de un laboratorio virtual en la asignatura objetivo y las que más podrían aproximarse cuentan con diferentes inconvenientes como los mencionados anteriormente a los que se suma en ocasiones el pago de una licencia de uso educativo.

3.2 Contenidos Educativos Multimedia

Existen también numerosos tutoriales sobre Teoría de la Comunicación disponibles en Internet pero, de los que se han podido analizar (algunos sólo estaban disponibles para los alumnos y profesores de la Universidad desarrolladora) ninguno abordaba los

¹ Para este proyecto se añadieron las funciones para generar tipos específicos de señales necesarias para las simulaciones.

contenidos recogidos en la asignatura objetivo de este proyecto de forma interactiva y adaptada al nivel de los alumnos. Los casos más avanzados localizados implementan ejercicios concretos de una manera muy específica y difícilmente reutilizable (Guerra, M. y Suárez, A., 2005) (Integrated Publishing, 2005).

4 Diseño e Implementación

Tras constatar en el análisis previo la no existencia de recursos educativos idóneos para la asignatura objetivo se comenzó el diseño y desarrollo de este proyecto que se dividió básicamente en dos grandes paquetes de trabajo, el primero tuvo como objetivo el diseño y desarrollo de la herramienta (osciloscopio y analizador de espectros) para la implementación del laboratorio virtual, mientras que el segundo se centró en la creación de los contenidos educativos multimedia para la exposición de los contenidos teóricos en forma de una guía de estudio con multitud de ejemplos interactivos (De Castro Fernández, J. P. et al., 2005).

4.1 Laboratorio Virtual

Con respecto a la primera tarea, cabe decir que, en primer lugar, se diseñó el osciloscopio como un componente genérico de visualización de señales y, posteriormente, el analizador de espectros, “heredando” la mayor parte de las funciones y adaptándolas a una visualización de componentes de frecuencia. Esto supuso que, el desarrollo del analizador de espectros, que se muestra en la Figura 1, consistió prácticamente en el desarrollo de los métodos propios de esta aplicación como la FFT (Fourier Fast Transform) o el cálculo de la DEP.

Como ya se comentó en la Introducción, ambas herramientas se han implementado como applets utilizando la versión 1.2 del lenguaje Java junto con JFC 1.1 (Java Foundation Classes) que corresponde a la API (Application Programming Interface) Swing, un grupo de características que facilitan la construcción de interfaces de usuario y garantizan una amplia disponibilidad en los sistemas informáticos actuales.

En el desarrollo se hizo uso de ECLIPSE, un IDE (Integrated Development Environment) cuyas ventajas se potencian cuando se combina con JDT (Java Development Tools), motivo por el que se ha convertido en una de las herramientas más populares en el desarrollo Java. Además ECLIPSE funciona sobre varios S.O. (Sistema Operativo): Windows, Linux, Solaris, etc., y con diversos lenguajes de programación lo que lo hace muy recomendable.

El código se ha organizado en cuatro paquetes:

- [org.uva.TC](#) que contiene los applets *OscilloscopeApplet.java*, que simula un osciloscopio, *SpectrumApplet.java*, que simula el analizador de espectros y *DualDisplay.java* que engloba ambos applets y simula simultáneamente un osciloscopio y un analizador de espectros.
- [org.uva.analyzer](#) que contiene la clase *SpectrumAnalyzer* la cuál implementa los métodos necesarios para el funcionamiento del applet *SpectrumApplet.java*, es decir, los métodos propios de un analizador de espectros como el cálculo de la FFT de una señal o de su DEP.

- [org.uva.oscilloscope](#) en el que se encuentran las clases *Animator.java*, *Controles.java*, *Cursor.java*, *Monitor.java*, *Osciloscopio.java*, *SignalGenerator.java*, *Variable.java*, el interfaz *InterfaceAnimacion.java* y el gráfico *Scope.jpg*. Estas clases, interfaz y gráfico, se utilizan en todos los applets que contienen el paquete `org.uva.TC`, dado que resultan necesarios para el desarrollo del applet *OscilloscopeApplet.java*. Tanto *SpectrumApplet.java* como *DualDisplay.java* heredan los métodos del applet *OscilloscopeApplet.java* y por tanto utilizan las clases ubicadas en el paquete `org.uva.oscilloscope`.
- [org.uva.functions](#) en el que se encuentran las clases creadas para simular algún tipo de señal particular, clases que son interpretables por el evaluador de expresiones matemáticas utilizado JEP. Las clases de este paquete son las siguientes: *GaussianNoiseFunction* (que genera una señal de ruido gaussiano), *NoiseFunction* (que genera una señal de ruido aleatorio), *PulseFunction* (que genera una señal de pulso rectangular), *SawFunction* (que genera una señal de pulso triangular) y *Lpnoise* (que genera una señal de ruido paso bajo). A este paquete, podrían añadirse todas aquellas funciones que fueran necesarias para la generación de señales.

Los componentes se pueden insertar en una página HTML en el número que sea preciso y con las señales que se desee representar. Para aumentar la interactividad del resultado, todos los osciloscopios de una página pueden estar enlazados para compartir las mismas señales o los valores de los parámetros de control. De esta forma se puede mostrar un resultado coherente en toda la página haciendo que el cambio de una variable en un osciloscopio se refleje automáticamente en el resto.

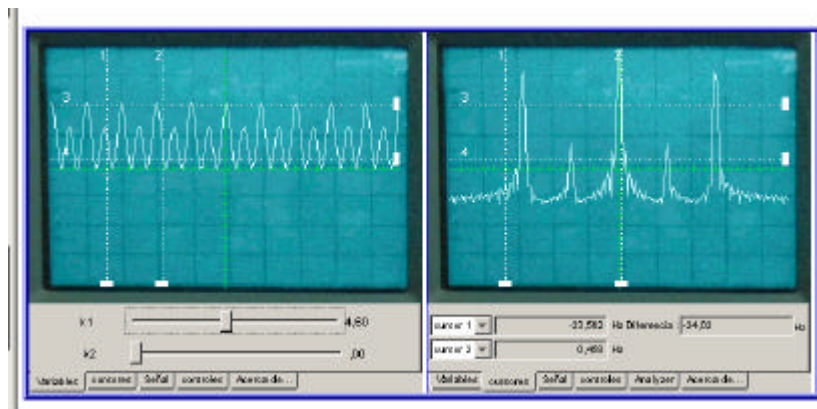


Figura 1: Representación de señales y componentes frecuenciales.

4.2 Contenidos Educativos Multimedia

Una vez creada la herramienta básica (osciloscopio y analizador de espectros) para la implementación del laboratorio virtual, la segunda tarea era la de diseñar los contenidos educativos multimedia para la exposición de los conceptos teóricos necesarios para la realización de los ejercicios propuestos.

Este proyecto piloto se ha centrado en dos unidades didácticas de la asignatura objetivo, que se acompañan del manual de funcionamiento del laboratorio virtual.

A continuación se presentan los conceptos clave de cada uno de los dos temas junto con una breve descripción de los ejercicios propuestos.

1. Introducción a los sistemas de comunicación, aborda los siguientes aspectos básicos:

- Caracterización temporal
- Caracterización espectral
- Densidad espectral
- Ancho de banda
- Distorsión

La caracterización temporal explica cómo se representan las señales en función del tiempo. Se presentan características propias de esta caracterización como la periodicidad en el tiempo de una señal o las señales definidas en energía y en potencia, conceptos útiles para la explicación del concepto de densidad espectral y la caracterización espectral.

La caracterización espectral define una señal en función de la frecuencia. Se intenta demostrar cómo se pasa una señal del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia mediante la FFT, intentando explicar de forma legible el significado de la FFT y el dominio frecuencial. Otro de los objetivos es comprender las ventajas del uso del dominio frecuencial frente al dominio temporal en algunas aplicaciones.

En este punto, se propone el primer ejercicio de los que componen el laboratorio virtual. Dicho ejercicio muestra una señal típica, tanto en el dominio temporal mediante el osciloscopio, como en el dominio frecuencial mediante el analizador de espectros.

Se permite al alumno modificar algunos de los parámetros de esa señal como son la amplitud y la frecuencia, para así poder visualizar, de forma interactiva, cómo modifican dichos parámetros la forma de onda de la señal representada, tanto en el dominio temporal como en el frecuencial.

Las preguntas que se plantean, van encaminadas a aclarar los conceptos explicados hasta el momento.

A continuación se introducen los conceptos de Densidad Espectral de Energía (DEE) y DEP como conceptos fundamentales para el cálculo del ancho de banda de una señal. Además se demuestra la importancia que tiene la caracterización espectral para el desarrollo de estos dos conceptos.

Se explica también el concepto de ancho de banda de una señal como un parámetro fundamental en la comunicación entre sistemas y las formas más habituales de medir el ancho de banda de una señal.

En este punto se plantea un nuevo ejercicio que muestra una señal típica en la teoría de señales como es un pulso rectangular. Se muestra su representación temporal y espectral mediante el osciloscopio y el analizador de espectros. Se permite visualizar su DEP y calcular su ancho de banda de las formas previamente explicadas.

Se permite también modificar su frecuencia y su amplitud y observar qué ocurre con el ancho de banda cuando estos dos parámetros se modifican.

Las preguntas van encaminadas a razonar y comprender lo que sucede con el ancho de banda cuando se ve modificada la amplitud y la frecuencia de la señal, permitiendo de esta forma que el alumno obtenga una completa comprensión del concepto ancho de banda.

Finalmente, en este tema se explica el fenómeno de la distorsión en la transmisión de señales de una forma práctica e interactiva gracias al osciloscopio y al analizador de espectros, como se muestra en la Figura 2. Además se analizan los distintos tipos de distorsión que intervienen en la comunicación de sistemas: distorsión lineal y no lineal (armónica y por intermodulación), los motivos de la distorsión y las formas que existen de medirla.

En este punto se plantean tres ejercicios. El primero muestra, tanto en el tiempo como en la frecuencia, una señal de tres tonos que atraviesa un sistema que le produce una distorsión lineal. El objetivo es mostrar lo que ocurre con una señal cuando se ve afectada por el fenómeno de la distorsión. Además se plantean preguntas relacionadas con los armónicos presentes en la señal, de forma que el alumno debe tener claro el concepto de armónico para responder a las cuestiones planteadas.

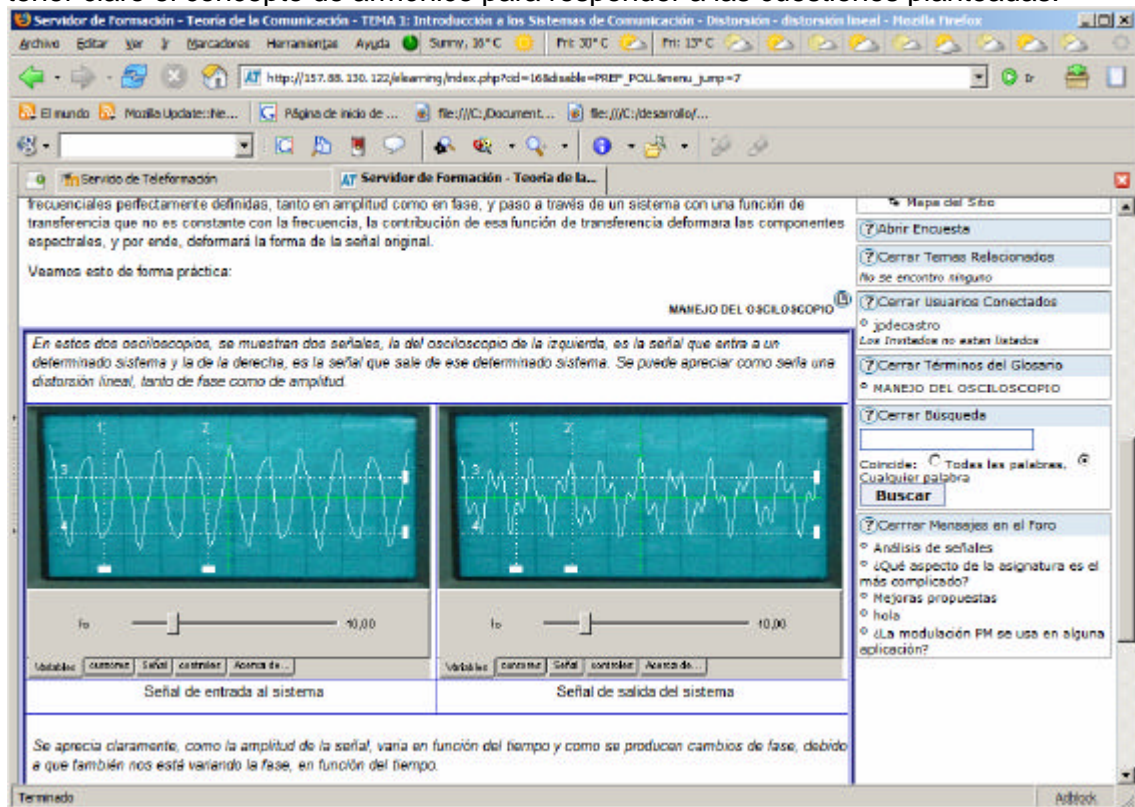


Figura 2: Distorsión lineal.

El segundo ejercicio muestra una señal que atraviesa un sistema que le produce una distorsión no lineal armónica. Se presenta, tanto en el dominio frecuencial como en el temporal, lo que ocurre cuando una señal se ve afectada por este tipo de distorsión. La herramienta permite modificar parámetros de la distorsión haciendo que se produzca en distintos armónicos o que se anule y se plantean cuestiones relacionadas con la medición de la distorsión, debiendo razonarse los resultados obtenidos.

El último ejercicio muestra lo que ocurre a una señal, que es suma de dos señales sinusoidales, cuando atraviesa un sistema que le acopla una distorsión no lineal, produciéndose así una distorsión no lineal por intermodulación. Nuevamente, la herramienta diseñada permite modificar los parámetros de la distorsión pudiendo incluso llegar a anularla. Las preguntas planteadas se centran en el concepto de intermodulación.

2. Modulación en amplitud, se estructura en los siguientes puntos:

- Introducción a las modulaciones
- Modulación AM (Amplitude Modulation)
- Modulación DSB-SC (Double SideBand – Supriest Carrier)
- Modulación QAM (Quadrature Amplitude Modulation)
- Modulación laterales VSB (Vestigial SideBand amplitude modulation) y SSB (Single SideBand amplitude modulation)

Este tema comienza con una explicación general del concepto de modulación y de los distintos tipos de modulación existentes, dependiendo del parámetro modulado. Asimismo se presentan los conceptos de señal portadora, moduladora y modulada y se analizan las ventajas del uso de la modulación.

A continuación se pasa a explicar en qué consiste la modulación AM y se definen términos como el índice de modulación o la sensibilidad en amplitud del modulador, para así poder abordar el fenómeno de la sobremodulación que se explica con ejemplos prácticos gracias a la herramienta desarrollada.

También se presenta el fenómeno de las bandas laterales que surgen con la modulación AM de una señal, así como el ancho de banda de transmisión de una señal modulada en AM.

Se analiza la eficiencia de potencia de una señal modulada en AM y se explica el proceso de demodulación AM mediante los detectores coherentes.

Se razonan las ventajas e inconvenientes de la modulación AM y se realiza un estudio del ruido sobre esta modulación, destacando el concepto de SNR (Relación Señal a Ruido) y el efecto umbral.

En este punto se plantean dos ejercicios. El primero presenta una señal modulada en AM permitiéndose modificar la sensibilidad en amplitud del modulador para que se produzca sobremodulación (ver Figura 3).

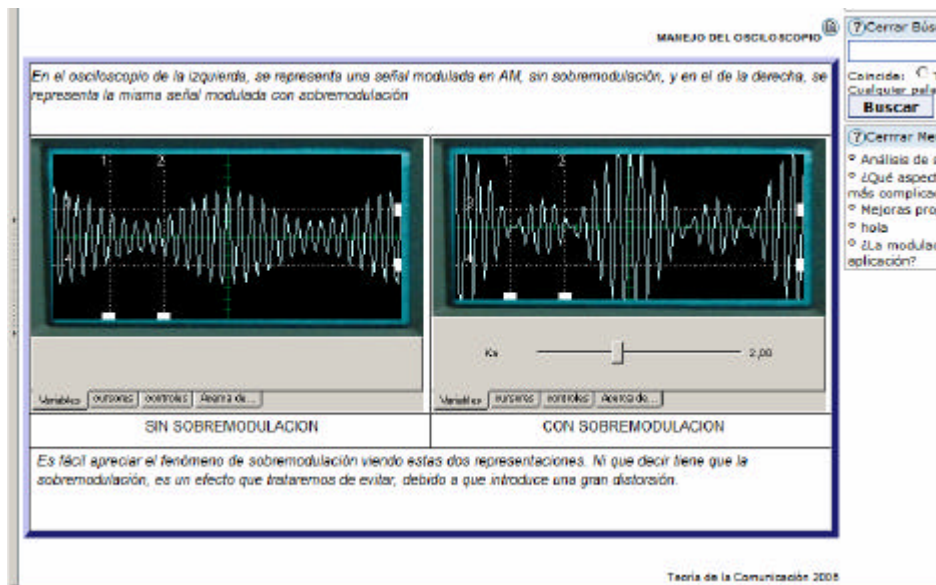


Figura 3: Modulación AM con sensibilidad de amplitud ajustable.

El segundo presenta una señal modulada en AM que se ve afectada por un ruido de densidad espectral desconocida. La herramienta desarrollada permite modificar parámetros que intervienen en la SNR de la señal. En la segunda parte de este ejercicio se muestra la señal a la salida de un detector coherente, sin filtrar, observándose la importancia del filtrado posterior al detector coherente en la demodulación y la importancia de la SNR para una mejor recuperación de la señal de información original.

La siguiente modulación que se explica es la modulación DSB-SC como una modulación que nace para intentar corregir los defectos de la modulación AM en relación a la eficiencia en potencia.

Se enumeran y analizan sus ventajas e inconvenientes, se muestra una señal modulada en DSB-SC y, de forma interactiva, mediante la herramienta desarrollada se permite modificar algunos de sus parámetros para observar lo que ocurre tanto en el dominio temporal como en el frecuencial.

Se explica la estructura de un modulador y de un demodulador basado en un detector coherente, presentando el concepto del efecto nulo en cuadratura del detector coherente de forma práctica mediante la herramienta desarrollada. También se realiza un estudio del efecto del ruido en este tipo de modulación.

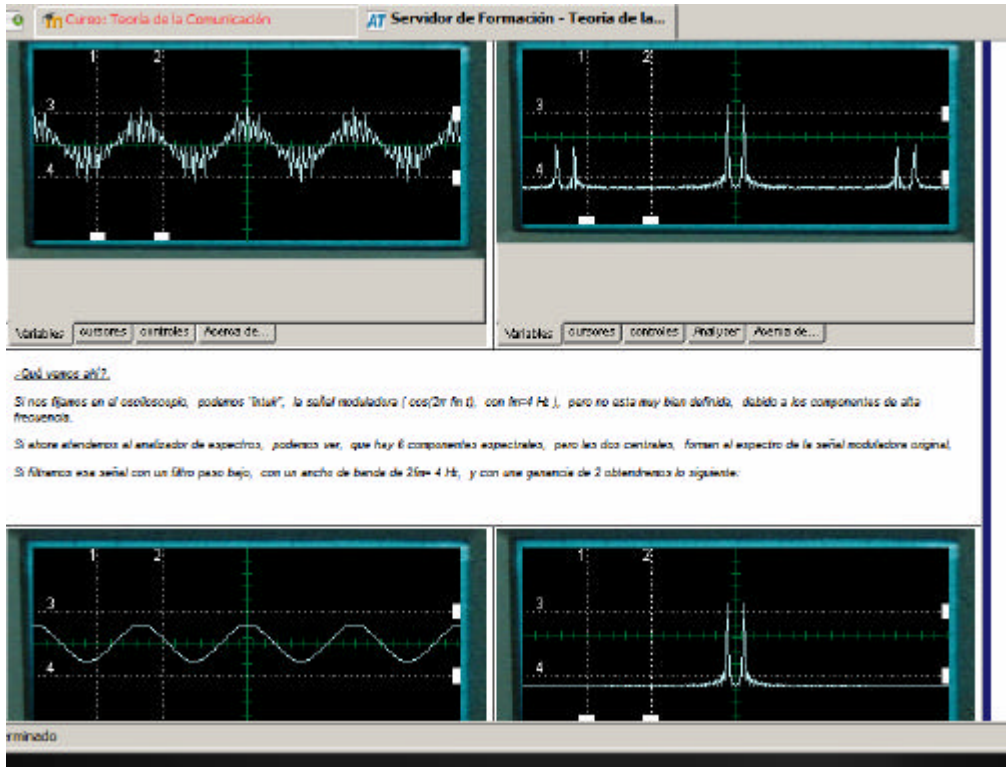


Figura 4: Detección coherente de señales DSB-SC.

En este apartado se plantean dos ejercicios. El primero presenta una señal modulada en DSB-SC que pasa a través de un detector coherente no sincronizado en frecuencia con la señal que le llega (ver Figura 4). Esto permite observar, por una parte, el proceso de demodulación y, por otra, la importancia del sincronismo en frecuencia de un detector coherente en el proceso de demodulación de una señal. También en este ejercicio se presenta una señal DSB-SC a la que se le acopla una distorsión para observar el efecto de la distorsión sobre este tipo de modulación.

El segundo ejercicio presenta una señal DSB-SC a la que se le acopla un ruido paso banda. El objetivo es el estudio del efecto del ruido en esta modulación y el análisis de unos de los ruidos más comunes en la comunicación de sistemas, el ruido paso banda.

La siguiente modulación que se explica es la modulación QAM. Se justifica su uso como una mejora con respecto al derroche de ancho de banda de transmisión que presentan las modulaciones AM y DSB-SC.

Se define el concepto de cuadratura y se analizan los procesos de modulación QAM y demodulación QAM mediante detectores coherentes, todo ello de forma práctica mediante el uso de la herramienta desarrollada que permite observar, de forma interactiva, la forma de onda de la señal modulada y la forma de onda después de la demodulación.

No se realiza un estudio del ruido en esta modulación, por ser éste idéntico al de la modulación DSB-SC, ya que en QAM las señales van moduladas en DSB-SC.

En este apartado, se plantea un ejercicio que muestra una señal modulada QAM acompañada de una serie de preguntas destinadas a identificar claramente las diferencias entre la modulación QAM y la DSB-SC.

En una segunda parte de este ejercicio se demodula dicha señal mediante un detector coherente y se intenta mostrar la gran importancia del filtrado después de pasar por un detector coherente. Las cuestiones planteadas para esta segunda parte del ejercicio van encaminadas al cálculo del ancho de banda de transmisión de la señal modulada QAM.

El último apartado de este tema aborda el concepto de modulación de banda lateral única. Se justifica su uso como una solución definitiva al problema de eficiencia de potencia que plantea la modulación AM y al derroche de ancho de banda de transmisión que plantean las modulaciones DSB-SC y QAM. Se presentan los dos tipos de modulaciones de banda lateral única más comunes: SSB y VSB.

Se analiza SSB como una modulación ideal y se explican las dificultades para conseguir una señal modulada en SSB. Se justifica VSB como una versión realista de SSB.

Se visualiza de forma práctica mediante la herramienta desarrollada la forma de onda, tanto en el dominio frecuencial como en el temporal, de señales moduladas en SSB y en VSB.

Se explican los procesos de y demodulación mediante detectores coherentes.

El análisis del ruido de este tipo de modulaciones se referencia al análisis de ruido de la modulación DSB-SC destacando como diferencia la reducción al 50% de la potencia media de la señal moduladora.

En este apartado se plantean dos ejercicios. En el primero se presenta una señal modulada con alguno de los tipos de modulaciones laterales estudiadas tanto en el dominio frecuencial como en el temporal y se pide al alumno que identifique el tipo de modulación, mediante el uso del analizador de espectros, y que observe cuál de las bandas es la que se está transmitiendo.

En una segunda parte del ejercicio, se pasa la señal por un detector coherente que no está sincronizado en frecuencia con la señal que le llega, así se pretende presentar el proceso de demodulación y recalcar la importancia de la sincronización en los detectores coherentes.

La herramienta desarrollada permite ajustar la frecuencia del detector hasta que esté perfectamente sincronizado, aclarando en mayor medida los conceptos explicados en el proceso de demodulación.

Las preguntas planteadas están relacionadas con el cálculo del ancho de banda de transmisión de esta modulación para observar, de forma práctica y realista, la mejora con respecto a otras modulaciones anteriormente vistas.

En el segundo ejercicio se presenta una señal con modulación SSB-U a la que se la acopla un tipo de ruido. Se pide identificar el tipo de ruido y se permite modificar algunos de los parámetros de la señal, en concreto, los relacionados con la SNR, permitiendo la mejora de la señal que, por culpa del ruido, se presenta muy deformada.

Manual de usuario del osciloscopio y del analizador de espectros.

Los contenidos educativos multimedia desarrollados correspondientes a dos unidades didácticas de la asignatura objetivo se acompañan del manual de funcionamiento de las herramientas del laboratorio virtual que se recoge a continuación de forma muy resumida.

Osciloscopio

Consta de dos paneles. El primero representa el monitor del osciloscopio donde se representa la señal en función del tiempo. En este panel, aparte de la señal representada, se presentan cuatro cursores que sirven para realizar medidas en la señal. El otro panel es el de mandos que está compuesto por varios subpaneles a los que se accede mediante un menú en forma de pestañas y que se describen a continuación:

- Variables: Agrupa las variables de la señal que puedan modificarse.
- Cursores: Muestra los valores, especificando las unidades, de los cursores así como la diferencia entre ellos, resultando útil para la medida de parámetros de la señal.
- Señal: Permite introducir en un cuadro de texto la expresión matemática correspondiente a la señal que representará el osciloscopio.
- Controles: Permite controlar algunos de los parámetros de la representación como la posibilidad de que el disparo del osciloscopio sea automático, lo cuál resulta útil para señales muy inestables.

Analizador de Espectros

Consta de dos paneles. El primero representa el monitor del analizador de espectros donde se representa la señal en función de la frecuencia. En este panel, además de la señal representada, se presentan cuatro cursores que permiten realizar medidas en la señal.

El otro panel es el de mandos que está compuesto por varios subpaneles cuyo funcionamiento es idéntico al osciloscopio salvo en dos puntos. Una de las diferencias es evidente, el osciloscopio representa la señal en función del tiempo mientras que el analizador de espectros trabaja en el dominio de la frecuencia. La otra diferencia es un nuevo subpanel (Analyzer) que dispone de dos opciones propias del dominio frecuencial: la visualización de la DEP de la señal representada que resulta útil para medir anchos de banda y la visualización del promediado temporal de la señal, que resulta útil para señales que tiene mucha variación con la frecuencia, al permitir observar de forma ralentizada la progresión del espectro de esa señal.

5 Conclusiones y líneas futuras

Uno de los principales logros de este proyecto ha sido la implementación de una herramienta que funciona como osciloscopio y como analizador de espectros y que es capaz de generar la señal a representar mediante la evaluación de una expresión matemática dada y de mostrarla, tanto en función del tiempo como en función de la

frecuencia, y todo, sin necesidad de una tarjeta de adquisición de datos externa para generar la señal a representar (De Castro Fernández, J. P. et al. 2005).

Además, la herramienta diseñada incorpora elementos novedosos con respecto a otras ya disponibles, como unos cursores que permiten la toma de medidas en la señal representada de una forma sencilla, intuitiva y bastante precisa o como la capacidad de calcular la DEP o el promediado temporal.

Cabe destacar también posibilidad de modificar de forma interactiva los valores de ciertos parámetros de la señal, mediante los objetos JSlider que proporciona el lenguaje Java y que son barras de desplazamiento que permiten modificar el valor de una variable de una forma sencilla.

La herramienta es, además, de manejo más sencillo que Matlab, habitualmente utilizado para la representación de señales, que requiere el aprendizaje de un lenguaje de programación y que no ofrece un grado de interactividad adecuado, ya que, para modificar los parámetros de la señal representada, se hace necesario introducir una nueva sentencia con nuevos valores y volverla a representar. Además, Matlab, sólo representa n puntos, con lo cuál, en cada gráfica sólo se representa un intervalo determinado, mientras que la herramienta desarrollada representa la señal en función del tiempo o de la frecuencia de la misma forma que lo haría un osciloscopio o analizador de espectros real.

Una vez diseñada la herramienta y justificado su uso frente a otras opciones que se venían manejando para el desarrollo de las prácticas de la asignatura que nos ocupa, el otro gran objetivo a cumplir era la implementación del tutorial con contenidos educativos multimedia para exponer los conceptos teóricos de la asignatura.

Con respecto a los tutoriales ya existentes sobre la materia abordada, se ha tratado de ganar en lo que respecta a la adaptación de los contenidos expuestos al público objetivo definido, manteniendo siempre el rigor en la exposición, pero, presentando los conceptos de forma escalonada y asequible para facilitar la comprensión de los mismos por parte de los alumnos. Además, la existencia de un laboratorio virtual basado en el osciloscopio y el analizador de espectros, dota al tutorial de un gran valor añadido frente a los tutoriales de carácter más teórico disponibles ya en Internet donde las señales se representan mediante gráficas, generadas con Matlab, recogidas de algún programa que simule un osciloscopio recibiendo las señales externamente mediante una tarjeta de adquisición de datos o de algún osciloscopio real que tenga la opción de imprimir gráficas, frente a una señal, en nuestro caso, no estática sino simulada en tiempo real.

El objetivo principal de este proyecto era didáctico, se trataba de enseñar los conceptos impartidos en la asignatura de la mejor manera posible. Para lograrlo, a la hora de diseñar, tanto el contenido del tutorial como las prácticas del laboratorio virtual, se persiguió la máxima de "intentar explicar la asignatura de la forma que resultara óptima para los alumnos" para lo cuál se involucró a antiguos alumnos de la asignatura y al profesor de la misma que cuenta ya con varios años de experiencia docente.

El resultado fue un tutorial y un laboratorio virtual con prácticas comprensibles y didácticas, pero sin caer en una falta de rigor en la exposición de conceptos, que facilitarían y reforzarán el seguimiento de la asignatura a los alumnos, tanto a aquellos que asisten regularmente a clase, como a aquellos que, por sus circunstancias, no pueden hacerlo.

Es importante señalar que las posibilidades de este proyecto van más allá de la asignatura de Teoría de la Comunicación ya que la herramienta desarrollada (osciloscopio y analizador de espectros) permitiría diseñar tutoriales y laboratorios virtuales para asignaturas similares a la asignatura objetivo de este proyecto.

Cualquier asignatura que necesitara de la representación de señales podría usar tanto el osciloscopio como el analizador de espectros para apoyar la explicación de los conceptos que aborde, aportando así todas las ventajas que ofrece y aumentando considerablemente el valor didáctico de las explicaciones ofrecidas. Por ejemplo, para asignaturas como Señales y Sistemas o Sistemas Electrónicos de Control, se podrían elaborar tutoriales y laboratorios aprovechando las posibilidades que nuestra herramienta ofrece.

6 Agradecimientos

El equipo del proyecto agradece su participación a los alumnos David Rebordinos Sánchez y José Manuel Rodríguez Tamayo.

Fecha de cierre de la redacción del artículo: 6 de Septiembre de 2005

Cita bibliográfica del artículo:

De Castro Fernández, J. P., Pérez Juárez, M. Á., Verdú Pérez, M. J., Regueras Santos, L.M., Verdú Pérez, E. (Septiembre, 2005). Una experiencia de laboratorio virtual para la asignatura de Teoría de la Comunicación. RED. *Revista de Educación a Distancia*. Consultado (día/mes/año) en <http://www.um.es/ead/red/17/>

7 Bibliografía y referencias

De Castro, J. P. (2005). *Web de la asignatura Teoría de la Comunicación de la titulación Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones especialidad en Sistemas Electrónicos*. Consultado 2 de Julio de 2005 en el sitio web de la Universidad de Valladolid:

http://www.uva.es/consultas/guia.php?menu=teoria&ano_academico=0405&codigo_plan=304&codigo_asignatura=44446&grupo=1

Guerra, M. y Suárez, A. (2005). *Herramientas de aprendizaje de componentes electrónicos para sistemas de comunicación*. Consultado 2 de Julio de 2005 en el sitio web del Departamento de Ingeniería de Comunicaciones de la Universidad de Cantabria:

<http://www.dicom.unican.es/espanol/departamentos/microondas/personal/almudena/ficheros/Spanish.htm>

Integrated Publishing (2005). *Electrical Engineering Training Series*. Consultada versión imprimible PDF 20 de mayo de 2007 en <http://www.tpub.com/content/neets/14182/>

De Castro Fernández, J. P. et al. (2005). *Demostración y ejemplos prácticos del laboratorio virtual*. Consultado 2 de Julio de 2005 en <http://itastserver.tel.uva.es/public/tutorialTC>