

THE REMIN: PROPUESTA FORMATIVA INTERDISCIPLINAR PARA EL APRENDIZAJE COLABORATIVO DE CONCEPTOS DE LAS TELECOMUNICACIONES A TRAVÉS DE UN INSTRUMENTO MUSICAL ELECTRÓNICO

Carmen Bachiller,¹, Carlos Hernández², Isaac Roldán³, Iris Parra⁴, Ismael Hernández⁵,
Jesús Bonache⁶, Ignacio Roca⁷, Sergio Ortega⁸,

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicaciones^{3,4,5,6,7,8}, Departamento de
Comunicaciones^{1,2}

Universidad Politécnica de Valencia

Resumen

El proyecto que se presenta consiste en la creación de grupos de trabajo para la enseñanza/aprendizaje de forma colaborativa de aspectos relacionados con circuitos eléctricos empleados en sistemas de telecomunicaciones. La propuesta formativa interdisciplinar de conceptos de las telecomunicaciones hace uso del "Theremin", uno de los primeros instrumentos musicales de la historia que hace uso de la electrónica. Dicha enseñanza colaborativa o grupal se implementa haciendo uso de la aplicación informática, de libre distribución en entornos universitarios y de investigación, "Basic Support for Cooperative Work". Además de comprobar de forma práctica conocimientos teóricos adquiridos en las clases de teoría, los alumnos desarrollan competencias formativas que resultarán fundamentales en sus currícula como futuros profesionales. Los resultados que se alcancen son mostrados al resto de alumnado mediante charlas divulgativas tanto durante la impartición de una clase de teoría, como en el horario establecido de actividades culturales del centro, etc.

Palabras Clave: Circuitos Eléctricos, Tecnologías, Sociedad de la Información, Theremin, Universidad, Aprendizaje Colaborativo, BSCW, Interdisciplinariedad

1. Introducción

El proyecto docente tuvo como principales objetivos la mejora en la comprensión y el análisis de circuitos básicos de telecomunicación, que los alumnos se empezaran a familiarizar con herramientas de análisis de circuitos, que vieran su utilidad práctica y que se implicaran más en las asignaturas recibidas.

Tradicionalmente, la enseñanza universitaria se ha basado en la clase magistral, donde el proceso educativo se desarrolla entorno a las explicaciones suministradas por el profesor. Este se encarga de proporcionar conocimientos y técnicas al grupo de alumnos para que ellos las memoricen y asimilen. Sin embargo, en los últimos años hay una fuerte corriente para introducir en la enseñanza universitaria métodos de aprendizaje activos donde los alumnos tengan un papel más participativo en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Las enseñanzas técnicas permiten introducir en el aula métodos de aprendizaje activos, que complementen la lección magistral. Por ejemplo, tanto las horas dedicadas a la resolución de problemas, como las dedicadas a las prácticas de laboratorio, permiten organizar a los alumnos en grupos pequeños donde sea posible la enseñanza colaborativa o el trabajo en equipo.

Así, hay que tener presente que para poder desarrollar un buen trabajo en equipo y que los resultados sean aprovechados por todos los alumnos, el profesor no sólo debe facilitar los conocimientos de la materia en cuestión, sino que también debe facilitar la metodología y las herramientas necesarias para que los alumnos trabajen de forma colaborativa. Por tanto, enseñar a trabajar en equipo se convierte en un objetivo más de la asignatura.

Se debe dejar claro desde el principio que no hay que confundir trabajo en equipo con división del trabajo, ni tampoco en una oportunidad de camuflarse en el grupo para “aprobar” la asignatura. También deben saber los profesores y los alumnos que el trabajo en equipo consume más tiempo que el trabajo individual, pero además de aportar los conocimientos concretos sobre una materia permite desarrollar habilidades sociales y de trabajo que serán muy valiosas para su inserción en el mercado laboral. Por supuesto, se debe enfatizar también en que la puesta en común propia del trabajo colaborativo, donde cada miembro puede aportar cosas distintas, sólo es posible con el trabajo individual previo.

Así pues, la evaluación final no sólo dependerá de los contenidos asimilados, sino también de las actitudes desarrolladas a lo largo del proceso. Para ello es importante el seguimiento de la actividad de los grupos de trabajo, así como la valoración que cada miembro del grupo tiene sobre el resto. Esto último es importante pues permite detectar aquellas personas que resuelven problemas y facilitan el trabajo a los demás, lo que puede servir en el futuro para conformar grupos de trabajo equilibrados.

2. Desarrollo del proyecto

El theremin es uno de los primeros instrumentos electrónicos de la historia. Data de principios del siglo pasado (1919) y fue desarrollado por un físico ruso Lev Sergeyevich Termen. El instrumento musical se toca con las manos en el aire, sin contacto físico con el mismo. El theremin tiene dos antenas, una para controlar la frecuencia y la otra el volumen.

El principio de funcionamiento del theremin es la oscilación en un circuito resonante y el principio del receptor superheterodino [1][2].

En la circuitería que genera y controla la frecuencia de la señal se tienen dos osciladores, uno fijo y otro variable, la frecuencia del oscilador variable viene controlada por el movimiento de una de las manos del músico, cuando la mano se acerca o aleja de la antena de tono se produce un cambio en su impedancia de entrada que provoca que la frecuencia del oscilador variable cambie, esa señal se mezcla con la señal del oscilador fijo y luego se filtra el resultado, así se obtiene una señal acústica cuyo tono va variando conforme el músico acerca o aleja la mano de la antena.

La circuitería que controla el volumen de la señal también posee dos osciladores, uno fijo y el otro variable. Cuando la mano se acerca o aleja de la antena de volumen, se genera un cambio similar en la impedancia de la antena de volumen y por lo tanto un cambio en la frecuencia del oscilador variable, si esa frecuencia variable coincide con la frecuencia de oscilación del oscilador fijo, entonces la señal de salida es máxima, máximo volumen de señal acústica, en cualquier otro caso la señal es menor.

Los movimientos de una mano nunca interfieren en el circuito que controla la otra porque las antenas están desadaptadas en polarización [3].

Desde el punto de vista de la ingeniería electrónica y de telecomunicación resulta muy interesante, ya que permite experimentar y entender conceptos complejos y abstractos que son básicos para esas áreas de conocimiento: amplitud y frecuencia de una señal, señales en el dominio del tiempo y de la frecuencia, distintas formas de onda, circuitos osciladores o resonantes, frecuencia de resonancia, filtrado de señales, receptor superheterodino, diagramas de radiación de antenas, impedancia de entrada de una antena, polarización y un largo etcétera.

El theremin en acción es muy espectacular ya que es un instrumento musical diferente y fascinante [4][5][6]. La primera vez que alguien, no importa su edad o formación, ve y escucha un theremin siente una gran curiosidad por saber cómo funciona el instrumento. Esta curiosidad es lo que se aprovecha en esta experiencia docente: el theremin sirve como vehículo para introducir a los alumnos en el complejo mundo de la electrónica, el procesado de la señal y el electromagnetismo.

El proyecto ha involucrado a cinco profesores de la UPV: cuatro de ellos del Departamento de Comunicaciones y uno del Departamento de Electrónica, dos titulaciones: Ingeniero Superior de Telecomunicación e Ingeniero Aeronáutico, y más de 150 alumnos en conjunto.

2.1 Niveles formativos

El proyecto empezó como una experiencia piloto en una asignatura de primer curso de Ingeniería Superior de Telecomunicación y fue tomando cada vez mayor entidad. Actualmente se articula en 4 niveles formativos diferentes, pero es un proyecto vivo que va integrando las aportaciones de sus participantes así que no se descarta que en un futuro se desarrollen otras actividades.

Los niveles formativos actuales son los siguientes:

- Uso del theremin en asignaturas de grado
- Trabajo colaborativo entorno al funcionamiento del theremin
- Introducción a la música electrónica y taller de construcción de un theremin
- Charlas y conciertos

2.2 Uso del theremin en asignaturas de grado

El theremin se empezó a utilizar en la asignatura de primer cuatrimestre de primer curso de Ingeniería Superior de Telecomunicación "Teoría de Circuitos", durante el curso 2007-08. En dicha asignatura se introducen por primera vez en los estudios del alumno los conceptos de régimen permanente sinusoidal de señales, frecuencia y amplitud de una señal. Estos conceptos resultan complejos y confusos para los alumnos que vienen del bachillerato con una aceptable formación matemática y física, pero una prácticamente nula formación en electrónica, teoría de la señal y electromagnetismo. Durante ese curso se les mostró a los alumnos el funcionamiento básico de un theremin, sin entrar en detalles, y se les enseñó el instrumento y cómo se tocaba. Los alumnos pudieron "oír" la frecuencia y la amplitud de una señal.

Esos alumnos cursaron en el segundo cuatrimestre de ese mismo año la asignatura "Laboratorio de Teoría de Circuitos". Ésta es una asignatura eminentemente práctica que se imparte en un Laboratorio de Procesado de Señal, en la asignatura se pretende que los alumnos experimenten con circuitos electrónicos para profundizar en los conceptos aprendidos en "Teoría de Circuitos". En dicha asignatura los alumnos tuvieron oportunidad de experimentar con un theremin en el laboratorio: oyeron la música y vieron en el osciloscopio cómo variaba la forma de onda de la señal cuando se movían las manos que controlaban la frecuencia y la amplitud, vieron las distintas formas de onda que permite generar un theremin: sinusoidal, rectangular, triangular... y oyeron cómo añadir más armónicos a una señal sinusoidal para hacerla cuadrada hace que la señal musical suene más rica, vieron el espectro en frecuencia de las señales y cómo variaba cuando se modificaba la amplitud, frecuencia o forma de onda.

Durante el curso 2008-09 se pretende proseguir con la actividad formativa en las asignaturas "Teoría de Circuitos" y "Laboratorio de Teoría de Circuitos". Además se va a introducir el uso del theremin en las prácticas de la asignatura "Sistemas de Radionavegación" de cuarto curso de la titulación "Ingeniería Aeronáutica". En dichas prácticas se experimenta con dispositivos, sistemas y simulaciones de radionavegación: antenas, radar, líneas de transmisión, etc. Los alumnos de Ingeniería Aeronáutica tienen una formación básica en electrónica, pero no en teoría de la señal y electromagnetismo, la asignatura "Sistemas de Radionavegación" incide en esos puntos y las prácticas refuerzan los conceptos. El uso del theremin en el laboratorio de "Sistemas de Radionavegación" perseguirá los mismos fines que se han presentado para la asignatura "Laboratorio de Teoría de Circuitos" y además ayudará a los alumnos a aprender a utilizar los instrumentos de medida del Laboratorio de Radiofrecuencia: osciloscopio digital y analizador de espectros.

Durante el desarrollo de las actividades formativas que involucraban el uso del theremin en la titulación Ingeniería de Telecomunicación, diversos alumnos se interesaron por el instrumento musical: unos querían ampliar sus conocimientos acerca del funcionamiento del mismo, a otros les interesaban las posibilidades del instrumento desde un punto de vista artístico. Eso dio origen a las siguientes acciones formativas.

2.3 Trabajo colaborativo entorno al funcionamiento del theremin

El proyecto consistió en la creación de grupos de trabajo para la enseñanza/aprendizaje de forma colaborativa de los principios de funcionamiento de un theremin. Para extender el aula “más allá del tiempo y el espacio” y fomentar el trabajo colaborativo de forma más eficiente y amplio, se hizo uso de la aplicación Basic Support for Cooperative Work (BSCW). Mediante el desarrollo de una metodología de “aprendizaje por descubrimiento”, los alumnos desarrollaron los temas contenidos en el plan de trabajo que se describe a continuación [7]-[12].

Los temas analizados fueron los siguientes:

Tema 1 “Introducción histórica a la música electrónica”

Tema 2 “Análisis del Theremin”

- 2.1 Circuitos de control de la frecuencia
- 2.2 Circuitos de control del volumen
- 2.3 Antenas

Tema 3 “Taller de fabricación de un Theremin de 1 antena”

El Plan de Trabajo, consensuado por el grupo de profesores del curso, orientativo y con cierta “flexibilidad” en su implementación semanal, fue el siguiente:

1ª Semana:

- 1. Matriculación en el Curso
- 2. Alta en el espacio de trabajo BSCW
- 3. Distribución de contenidos
- 4. Formación de 3 Grupos de Trabajo para las tareas

2ª Semana:

- 5. Tema 1 “Introducción histórica a la música electrónica”

3ª, 4ª y 5ª Semana:

- 6. Tema 2 “Análisis del Theremin”
 - a. 2.1 Circuitos de control de la frecuencia
 - b. 2.2 Circuitos de control del volumen
 - c. 2.3 Antenas

6ª, 7ª y 8ª Semanas:

- 7. Tema 3 “Taller de fabricación de un Theremin de 1 antena”

9ª Semana:

- 8. Evaluación del curso
- 9. Conclusiones y cierre del Curso

Finalmente cinco alumnos se involucraron activamente en el proyecto y lo terminaron. Se empezó a trabajar en la actividad formativa durante el segundo cuatrimestre del curso 2007-08, pudiendo finalizar las actividades hasta la 6 inclusive. El resto de actividades se han desarrollado durante el primer cuatrimestre del curso 2008-09.

Hay que decir que la actividad formativa era voluntaria y los alumnos únicamente obtenían dos créditos de libre elección por participar.

2.4 Introducción a la música electrónica y Taller de construcción de un theremin

Otra faceta de las actividades llevadas a cabo es la realización de un curso de “Introducción a la música electrónica y taller de construcción de theremin” ofertado por la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, a través del Centro de Formación Permanente de la UPV.

Dicho curso está orientado a estudiantes y profesionales de Ingeniería Técnica y Superior de Telecomunicación de las diversas especialidades: telecomunicación, telemática, electrónica e imagen y sonido, a estudiantes y profesionales de Comunicación Audiovisual y a músicos.

El curso se articula en 4 bloques:

1. Breve historia del uso de la tecnología electrónica en la música:

- Relación entre la física y la música durante el Renacimiento y el Barroco
- Estudio del electromagnetismo
- Los primeros circuitos electrónicos
- Theremin, Martenot...
- Los sintetizadores analógicos
- Los sintetizadores digitales
- MIDI
- Procesado digital de audio
- La última frontera

2. Análisis del funcionamiento de un Theremin:

- Principio de funcionamiento
- Circuitos de control de la frecuencia
- Circuitos de control del volumen
- Antenas
- Controladores de forma de onda y brillo

3. Fabricación del Theremin:

- Diseño de un Theremin de una antena
- Montaje de los componentes
- Montaje de la antena y los controles

4. Demostración pública

El curso se va a realizar durante el mes de noviembre de 2008.

2.5 Charlas y Conciertos

La idea tuvo muy buena acogida entre los alumnos de primer curso y suscitó el interés entre alumnos de otros cursos, profesores y músicos. Los profesores involucrados pensaron que una buena manera de dar a conocer las posibilidades del theremin sería realizar una charla informativa. Aprovechando que uno de los alumnos de primero de Ingeniería de Telecomunicación mostró interés por las posibilidades musicales del theremin y está aprendiendo a tocar el instrumento, se organizó el día 22 de mayo de 2008 una charla concierto sobre "Theremin: historia, tecnología y música" en la ETSIT, ésta contó con la presencia de unas 100 personas de muy diversa índole: muchos estudiantes de telecomunicaciones y profesores, pero también músicos y personal del conservatorio José Iturbi, estudiantes de Bellas Artes y creadores multimedia asistieron al evento.



Concierto para Soprano, Theremin y Piano en la Escuela de Telecomunicaciones de la UPV

El pasado mes de mayo de 2008 se realizó una entrevista en la Televisión de la UPV para dar a conocer las actividades llevadas a cabo por el grupo de trabajo.

El día 16 de Octubre de 2008 se repetirá la charla concierto "Theremin: historia, tecnología y música" en el Escuela Politécnica Superior de Gandía. Mientras que en la segunda quincena del mes de Febrero de 2009 está prevista su realización en el Conservatorio Municipal de Música de Valencia "José Iturbi". Asimismo, el Conservatorio Superior de Música de Salamanca ha mostrado su interés por la charla concierto y actualmente se está negociando con ellos las fechas de impartición. Por último como clausura del curso "Introducción a la música electrónica y Taller de construcción de un theremin" el día 5 de Diciembre de 2008 se ha planificado un concierto en el Paraninfo de la UPV con la actuación de dos thereministas de renombre acompañados por el Grupo de Cámara de la UPV.

3. Conclusiones y resultados

Los alumnos han estado muy motivados por la posibilidad aprender de manera colaborativa y muy activamente conceptos sobre electromagnetismo, circuitos electrónicos, tratamiento de la señal, etc, bastante complejos. La posibilidad de adaptarse y aprender en un medio diferente al habitual les ha resultado muy atractiva. Asimismo, los alumnos han podido comprender un caso práctico de aplicación de conceptos que se estudian de forma teórica, unido a las competencias o habilidades necesarias para realizarlo. A la motivación inicial se unió, además, la comprobación práctica de los conocimientos adquiridos, que posibilita la fabricación, en breve tiempo, de un "theremin casero", esto es, un dispositivo electrónico para la generación de ondas sonoras.

4. Referencias

- [1] THOMAS, R. E.; ROSA, A.J.: "Circuitos y Señales", Ed. Reverte, 1991
- [2] VALKENBURG, M. E.; KINARIWALA, B.K.: "Linear Circuits", Ed. Prentice-Hall, 1982
- [3] CARDAMA, A. et alters "Antenas", Edicions UPC, Barcelona, 1998
- [4] <http://es.wikipedia.org/wiki/Ceremin>
- [5] www.thereminhispano.com
- [6] www.thereminworld.com
- [7] <http://www.escolar.net/MT/archives/001972.html>
- [8] <http://www.pisotones.com/Theremin/Theremini.htm>
- [9] <http://axxon.com.ar/zap/223/c-Zapping0223.htm>
- [10] <http://www.moogmusic.com>
- [11] <http://www.youtube.com/watch?v=cl78K8kU-SY&feature=related>
- [12] <http://www.ieee-virtual-museum.org/collection/people.php?id=1234782&lid=1>