



SEÑALES Y SISTEMAS

(66.74 - 85.05)

TRABAJO PRÁCTICO ESPECIAL

DEMODULACIÓN DE TONOS DE DISCADO DE

TELÉFONO

Octubre 2018

Objetivo

Utilizar las técnicas de procesamiento digital de señales estudiadas en la materia para el diseño de un sistema que decodifique los tonos de marcado a dígitos, en la codificación del sistema de transmisión de los teléfonos comúnmente utilizados en Argentina. El trabajo práctico apunta a una comprensión paulatina de los temas, tanto en el aspecto del sistema en sí, como en la aplicación de las herramientas de procesamiento de señales utilizadas. Acompañando este objetivo principal concreto está el no menos importante de desarrollar la capacidad de entender a las herramientas de procesamiento de señales como una parte más de los sistemas de ingeniería electrónica, muchas veces reemplazando a los sistemas convencionales con amplias ventajas debido a la versatilidad que estos sistemas tienen intrínsecamente sobre los sistemas de procesamiento de señales analógicos. Para la realización de este trabajo práctico el alumno deberá aplicar los conocimientos aprendidos en la materia acerca de:

- Relación entre señales continuas y discretas mediante muestreo.
- Transformada discreta de Fourier (DFT).
- Transformada de Fourier de corto tiempo (STFT)
- Diseño de filtros.

Requisitos para la aprobación

Este trabajo práctico será evaluado exclusivamente en la fecha indicada en el calendario y en el turno en el cual el alumno se halle inscripto. La fecha de entrega del trabajo es inamovible, el alumno que no entregue su trabajo en dicha fecha deberá considerarse libre. La evaluación del proyecto es individual y se hará en forma oral o escrita por los docentes auxiliares. Por ese motivo las evaluaciones podrán fijarse para el día de la entrega o posteriores, del modo que lo designen los docentes de cada grupo. Esto de ninguna manera implica que el trabajo pueda entregarse en fechas posteriores, sino sólo que la evaluación se puede realizar después, de acuerdo a la cantidad de alumnos de cada turno. Queda a criterio de los docentes de cada práctica exigir entregas parciales no definitivas (sin nota) para regular el desarrollo del trabajo por parte de los alumnos. La evaluación final puede incluir preguntas sobre:

- Ítems particulares sobre los ejercicios de esta guía y su implementación en Matlab/Octave.
- Conceptos teóricos necesarios para realizar los ejercicios.

Puede requerirse también al alumno que implemente alguno de los ejercicios similares en la computadora en el momento de la evaluación. Por lo tanto el alumno debe presentarse el día de la evaluación con:

- Esta guía.
- Las soluciones a los problemas planteados:

Cuando el problema requiera una implementación, la misma debe estar adecuadamente descripta y debidamente justificada. Es decir, si es necesario justificación teórica, ésta debe estar desarrollada. Si se pide una implementación práctica la misma debe estar adecuadamente documentada de modo que el docente pueda constatar que las especificaciones requeridas se cumplen. Esto incluye la presentación del programa de Matlab/Octave utilizado, y los gráficos necesarios para mostrar los resultados obtenidos en formato electrónico e impresos. Se sugiere que el formato electrónico no dependa de que funcione internet para poder verse, para evitar inconvenientes. Todos los gráficos deberán tener título, comentarios en ambos ejes sobre la unidad a representar y el eje de abscisas debe estar en unidades de tiempo o frecuencia según corresponda.

Introducción

El sistema de discado por tonos de nuestros teléfonos utiliza los principios de la codificación DTMF, o Dual Tone Multi Frequency. Este sistema de codificación convierte los códigos de información (los 10 dígitos decimales en el caso del discado) en otras tantas señales analógicas, cuya frecuencia debe estar contenida en el rango de las frecuencias de la voz humana, o más bien en el rango de frecuencias del canal telefónico. De este modo se crea un sistema de codificación que puede ser interpretado por todos los sistemas que se conectan a la red telefónica, como (obviamente) teléfonos, pero también, modems, máquinas de fax, centrales telefónicas, hubs, switches, y hasta las distribuidoras de televisión por cable.

La versión de DTMF utilizada en el discado telefónico se conoce con la marca registrada “Touch-Tone” y esta estandarizada por la recomendación Q.23 de la ITU-T. El código es muy sencillo y consiste en combinar dos tonos de distintas frecuencias (Dual Tone), de un número de frecuencias distintas (Multi Frequency) pero conocidas y fijas elegidas según se indica en la tabla siguiente:

	1209	1336	1477	1633
697	1	2	3	A
770	4	5	6	B
852	7	8	9	C
941	*	0	#	D

La duración de cada señal para ser considerada un dígito es variable. Cada dígito debe tener una longitud de 70ms como mínimo, aunque algunos equipos pueden aceptar menor duración de pulso.

Desarrollo

1. La señal <http://materias.fi.uba.ar/6607/adicional/modemDialing.wav> contiene en ciertas partes un código DTMF (convertido a señal discreta mediante un A/D). Caracterizar la señal en el tiempo. Escuchar la señal e identificar dentro de la misma la sección donde se realizó el discado. Distinguir las zonas de la señal en donde se están transmitiendo los símbolos y los silencios. Podría considerarse que las señales del código DTMF corresponden a una sección temporal de una señal periódica infinita? Si es así, identifique la frecuencia fundamental de dicha señal.
2. Si se tiene una señal periódica infinita suma de dos senoides de frecuencias 800Hz y 1200Hz, identifique los coeficientes de la serie de Fourier. Genere una sección de señal como la descripta y escúchela. Cuál sería la distribución de los coeficientes de las series de Fourier para cada una de las 16 combinaciones posibles de las frecuencias del DTMF.
3. Analizar el espectro de los distintos símbolos de la señal modemDialing en forma individual. Comparar los espectros entre sí. Realizar la transformada de Fourier del discado completo. Se puede identificar la secuencia a partir de este espectro? Realizar la transformada de corto tiempo de la señal y caracterizarla a partir del mismo. Comprobar el efecto de distintas ventanas en la visualización del espectrograma.
4. ¿Cuál es la frecuencia mínima de muestreo requerida para poder trabajar digitalmente con las señales de discado?
5. Sabiendo que las señales discretas se obtuvieron muestreando las originales con $F_s = 8000\text{Hz}$, generar una tabla análoga a la dada en la sección teórica para frecuencias en el campo discreto.
6. Utilizar el espectrograma y la transformada de Fourier para encontrar la secuencia de dígitos marcada por inspección visual.
7. Construir un generador de secuencias de discado, que acepte como parámetros un vector con los dígitos a discar y la duración de los tonos y los silencios deseados. En este punto el objetivo final perseguido es que el alumno tenga disponible una manera fácil de generar una señal de DTMF para cuando tenga que testear el decodificador de dígitos que se analizará en los siguientes ejercicios y comprobar su funcionamiento.
8. Se quiere construir un decodificador DTMF a dígitos, es decir un dispositivo que a partir de una señal de número de teléfonos codificada en DTMF sea capaz de determinar la secuencia de números discados. Los siguientes ítems constituyen un esquema tentativo:
 - Dividir la señal de entrada en segmentos (ventanas)
 - Realizar un detector de silencio, considerando las características que este tipo de señal tiene (energía, duración mínima).
 - Realizar una segmentación de la señal, utilizando como “marco” los silencios.
 - Para cada porción de señal de dígito, identificar el número correspondiente utilizando DFT.
 - Generar la salida final del sistema consistente en el número telefónico correspondiente a la señal de entrada.

9. Segundo decodificador: Banco de filtros. En esta sección el método que se utilizará para realizar la decodificación es un banco de filtros pasabanda centrados en las frecuencias de la codificación DTMF. Los siguientes pasos constituyen un esquema tentativo de los pasos a seguir para el diseño del decodificador:
 - Diseñar los filtros pasabanda utilizando el método de ventaneo. Justificar la elección del ancho de banda del filtro y de la longitud y tipo de ventana utilizados.
 - Colocar un sistema a la salida de cada filtro que genere una estimación de la energía de corto tiempo.
 - Utilizar estas señales para construir la lógica de detección.
 - Informar el número telefónico decodificado.
10. Realizar el diagrama de polos y ceros para los filtros del banco. ¿Tienen fase lineal? Realice los gráficos de fase de la respuesta en frecuencia correspondiente.
11. Testear la inmunidad al ruido de ambos decodificadores. Se pueden agregar a las señales distintos tipos de ruido, como ser ruido blanco o voces superpuestas con el marcado. (Opcional)

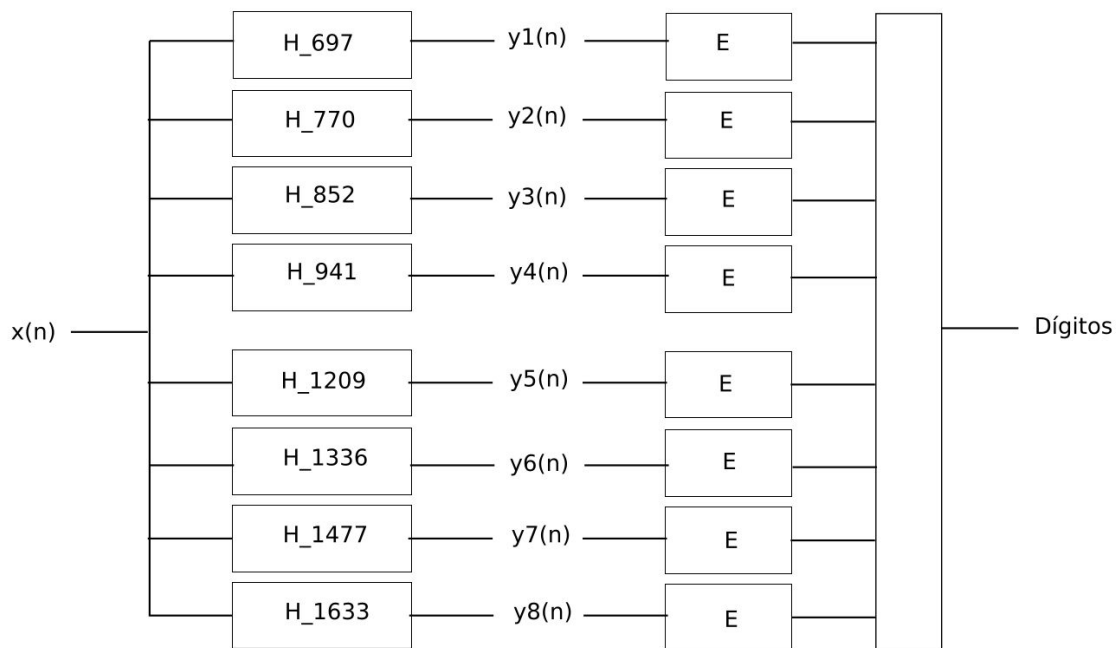


Figura 1: Esquema del decodificador con banco de filtros