

Fundamentos de Señales Telefónicas y Codificación de Voz en Matlab *

*Note: Sub-titles are not captured in Xplore and should not be used

Darwin Cristhian Turpo Quispe, Luque Llanqui Vladimir Williams, Maldonado Lima Roger Jhon
Escuela Profesional de Ingeniería en Telecomunicaciones
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Abstract—This document is a model and instructions for L^AT_EX. This and the IEEEtran.cls file define the components of your paper [title, text, heads, etc.]. *CRITICAL: Do Not Use Symbols, Special Characters, Footnotes, or Math in Paper Title or Abstract.

Index Terms—component, formatting, style, styling, insert

I. INTRODUCCIÓN

La transición de la telefonía analógica a la digital se basa en principios de procesamiento de señales que garantizan la eficiencia y calidad de la comunicación. Dos de los pilares de esta tecnología son la señalización DTMF para la marcación y la modulación PCM para la digitalización de la voz.

El objetivo de este laboratorio es comprender y simular estos fundamentos. Primero, se aborda la generación de tonos DTMF, visualizando su composición como la suma de dos sinusoides y verificando sus componentes espectrales. Segundo, se explora el proceso de digitalización de una señal de voz mediante PCM, analizando los efectos del error de cuantización. Finalmente, se compara la cuantización uniforme con la no uniforme, implementada a través de la técnica de companding Ley-A, para evaluar su impacto en la calidad de la señal de voz mediante métricas objetivas (SNQ) y subjetivas (MOS).

II. MARCO TEÓRICO

A. Tonos DTMF (Dual-Tone Multi-Frequency)

Sistema de señalización por tonos utilizado en telefonía donde cada dígito está representado por dos tonos sinusoidales simultáneos:

- Frecuencias bajas: 697, 770, 852, 941 Hz
- Frecuencias altas: 1209, 1336, 1477, 1633 Hz

B. Modulación PCM (Pulse Code Modulation)

Proceso de digitalización de señales analógicas:

- Muestreo: $f_s \geq 2f_{max}$ (Teorema de Nyquist)
- Cuantización: $Q = \frac{2^N - 1}{A}$
- Codificación: Representación binaria

Identify applicable funding agency here. If none, delete this.

C. Companding

Técnica de compresión-expansión:

- Ley A: $y = \frac{1+\ln(A)}{A}|x|$ para $|x| < \frac{1}{A}$
- Ley μ : $y = \frac{\ln(1+\mu)}{\ln(1+\mu|x|)}$

D. Métricas de Calidad

- SNQ: $SNQ = 10 \log_{10} \left(\frac{P_{señal}}{P_{error}} \right)$
- MOS: Escala subjetiva 1-5

III. DESARROLLO

A. Generación y Análisis de Tonos DTMF

Los parámetros iniciales, como una frecuencia de muestreo $f_s = 8000$ Hz y una duración de 0.5 segundos por tono.

TABLE I
MATRIZ DE FRECUENCIAS DTMF

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

B. Modulación PCM y Codificación de Voz

Carga de Señal: Se cargó un archivo de audio ‘voz_prueba.wav’ o, en su defecto, se generó una señal sintética. La señal fue normalizada.

PCM Uniforme: Se aplicó cuantización uniforme a la señal de voz utilizando diferentes resoluciones: 4, 8 y 12 bits. Se comparó gráficamente la señal original con la señal cuantizada.

PCM con Companding Ley-A: La señal de voz original fue primero comprimida usando la Ley-A con un valor estándar de $A = 87.6$. Posteriormente, se aplicó una cuantización uniforme de 8 bits a la señal comprimida.

Evaluación de Calidad: Se calculó y comparó la SNQ para la PCM uniforme de 8 bits y para la PCM de 8 bits con companding Ley-A. Con base en los valores de SNQ, se estimó una puntuación MOS para cada caso.

Análisis Espectral y Auditivo: Finalmente, se reprodujeron las señales de audio (original, PCM uniforme y PCM con companding) para una comparación auditiva y se graficaron sus respectivos espectros de frecuencia.

IV. RESULTADOS

A. *Análisis de Tonos DTMF*

La figura 1 muestra la forma de onda de la señal DTMF para el dígito '5' en el dominio del tiempo. Se observa una señal periódica compleja, resultado de la suma de dos sinusoides.

V. CONCLUSIONES

REFERENCES

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [6] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetism Japan, p. 301, 1982].
- [7] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.

IEEE conference templates contain guidance text for composing and formatting conference papers. Please ensure that all template text is removed from your conference paper prior to submission to the conference. Failure to remove the template text from your paper may result in your paper not being published.