

Reconocimiento de voz humana aplicado a la domótica

Human Voice Recognition Applied to Domotics

Recibido: julio de 2012
Arbitrado: septiembre de 2012

Camargo, Julián*, García, Luis**, Gaona, Elvis***

Resumen

En el documento se presentan los resultados obtenidos de la implementación de un dispositivo de reconocimiento de voz humana mediante el uso de DSP con codificación lineal predictiva (LCP). El sistema domótico controla diversos elementos cotidianos ubicados en el hogar a través del protocolo de comunicaciones IEEE 802.15.4 con radios zigbeePro.

Palabras clave

Domotica, reconocimiento de voz, zigbee, IEEE 802.15.4

Abstract

This paper presents the results of implementing a human speech recognition device using DSP with linear predictive coding (LCP). The automation system controls various everyday items located in the home through the communication protocol IEEE 802.15.4 with radios zigbeePro.

Keywords

Home automation, speech recognition, zigbee, IEEE 802.15.4.

I. Introducción

El crecimiento de soluciones integrales en el campo de la domótica ha sido de gran importancia en

los últimos años en la industria; el gran avance de componentes especializados en cuanto a sensores y a la aceptación del mercado de este tipo de desarrollos mejora la respuesta del sistema domótico en sus diferentes aplicaciones. Esto permite que la interacción repetitiva del usuario con diversos elementos en la industria y el hogar requiera de procesos automatizados empleando otros mecanismos de activación como la voz humana, generando así ambientes inteligentes [1], interfaces multimodales para robots [2] y control por voz y mando a distancia [3] entre otras aplicaciones.

II. Marco teórico

A. Sistemas domóticos

En términos generales, un sistema domótico es un sistema inteligente que permite la integración de diferentes áreas del hogar como el accionamiento de electrodomésticos, control de acceso, control de comunicación, control de iluminación, vídeo vigilancia, control de sistemas climáticos internos, entre muchos otros [1].

* Ingeniero Electrónico, Magíster en Ciencias de la Información y las Comunicaciones Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Docente y Director Grupo investigación GITUD en la Universidad Distrital. jcamargo@udistrital.edu.co

** Ingeniero Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Magíster en Ingeniería Electrónica Universidad de los Andes. Docente de la Universidad Manuela Beltrán. luis.garcia@umb.edu.co

*** Ingeniero Electrónico, Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Especialista en Bioingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del Laboratorio de Ingeniería de la Universidad Distrital. egaona@udistrital.edu.co

El principal objetivo de la domótica aplicada es la inserción al hogar de características de confort, seguridad, eficiencia y distinción que sumado a un fácil control del sistema por parte del usuario final ofrece una sensación de aumento de la calidad de vida del residente del hogar. Además de esto, el

correcto aprovechamiento de nuevas tecnologías más eficientes ha conllevado en un auge de este tipo de integraciones tecnológicas.

Un sistema básico de control domótico se observa en la figura 1.



Figura 1. Diagrama de bloques de un sistema domótico básico. Fuente: Autores.

En todo sistema domótico se encuentran presentes los denominados *operadores domóticos* [2], que son los encargados de realizar alguna acción o proceso determinado a partir de una señal de entrada. Así, se tienen como operadores domóticos los controladores, las interfaces, los actuadores y los sensores. En este trabajo se enfatiza en los controladores de los sistemas domóticos, así que se hará un breve repaso de los actuales sistemas de control para analizar algunas características y posibilidades en esta sección.

1. Formas de control

El control de un sistema domótico es la fase en que mediante una interfaz se puede acceder a las diferentes acciones que permite dicho sistema domótico. El objetivo al diseñar el control domótico es el de dar al usuario la forma más completa, compacta y sencilla de acceder al sistema. Entre los principales sistemas de control actuales se tienen los siguientes [3]:

- **Control por teclado**

Se compone en general de un teclado matricial que al accionarse cada una de sus teclas se produce una acción en el hogar. Este es el

control más general de los que actualmente existen y el más económico de implementar.

- **Control por comunicación infrarrojo (IR)**

Es un control de tamaño reducido que se compone de un teclado que controla el sistema domótico enviando la señal seleccionada por haz de luz que se recibe en el sistema de accionamiento. Debe existir una línea visual entre el control remoto y la unidad receptora.

- **Control por comunicación celular**

En este tipo de control, se envían las señales de control del sistema mediante el espectro de la banda celular mediante equipos móviles, PDA's y Smartphone. Así se puede controlar el sistema en cualquier lugar que tenga cobertura celular.

- **Control por comunicación bluetooth**

Es un control que envía las señales de accionamiento mediante dispositivos móviles bluetooth a la unidad central de procesamiento. Su uso no es tan numeroso debido entre otros al costo energético que representa.

- **Control mediante web**

En este tipo de control, se envían las señales de accionamiento del sistema domótico desde cualquier terminal conectada a Internet y es recibida por un servicio Web instalado en la unidad central de procesamiento. Es muy frecuente este tipo de control debido a la accesibilidad que se tiene a Internet aunque su desventaja es la seguridad de acceso al sistema.

- **Control por pantalla táctil**

Este control que es uno de los más costosos, tiene una pantalla de tipo táctil que permite además del accionamiento del sistema observar el estado del sistema y el sistema de alarmas y registros que se ha generado en un tiempo determinado.

Así, se ha hecho un recuento de los principales sistemas de control de sistemas domóticos que se tienen en la actualidad. Como se puede analizar, estos controles son accionados manualmente, es decir, mediante manipulaciones de un botón se determina la acción a ejecutar por el sistema. A pesar de su fácil desarrollo, y conforme avanza la tecnología de dispositivos electrónicos como procesadores y microcontroladores, se pueden involucrar otras formas de accionamiento que no deban ser manuales. Una posibilidad es el uso de sistemas reconocedores de habla humana para controlar el sistema domótico de una forma no convencional.

En la sección V del presente trabajo se evalúan algunas posibilidades adicionales de control de sistemas domóticos de una forma no manual que pueden inducir en un futuro desarrollo innovador.

B. Sistemas de reconocimiento automático del habla (RAH)

Los sistemas de reconocimiento automático del habla (RAH) son sistemas que implementan en su estructura los algoritmos necesarios para el procesamiento y análisis de diferentes características de la voz humana con el fin de obtener un estimado de las palabras que se han dicho previamente [4]. El principal objetivo en este punto es lograr extraer de una señal de entrada algunos parámetros fundamentales que caracterizan la voz humana (como el tono, la frecuencia entre otros) y así realizar métodos comparativos para lograr la mejor estimación. También cabe aclarar que el nivel de confiabilidad de un sistema RAH está determinado en primera instancia por la pureza y estructura de la señal de entrada. Esta señal debe estar lo mejor formada posible para no generar incertidumbre en la decisión tomada al final del proceso.

Otro aspecto fundamental en la confiabilidad del sistema son los algoritmos implementados para el procesamiento de la voz. Así, se debe establecer con que hardware se cuenta para la implementación de dichos algoritmos ya que es en este punto que parte el diseño de la solución total. De igual manera, el diseño de estos algoritmos debe usar metodologías innovadoras que hagan uso de funciones matemáticas complejas que generalmente tienen mayor eficiencia procesal que las funciones básicas. De nuevo, se resalta el hecho de siempre tener presente el hardware con que se cuenta o se puede contar para la implementación de estos sistemas.

A continuación se evaluarán las técnicas que actualmente hacen parte de los sistemas RAH y que son el punto de partida para la visión general del sistema de control implementado.

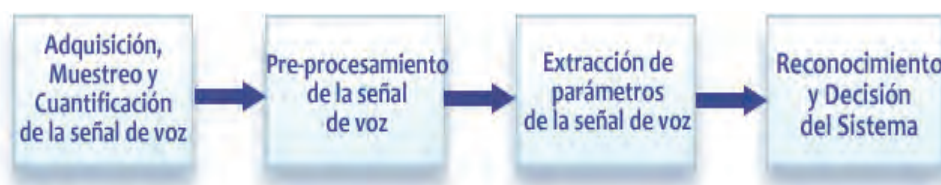


Figura. 2. Esquema procesal de un sistema básico RAH. Fuente: Autores.

1. Técnicas de procesamiento de la señal de voz

Las técnicas de procesamiento de la señal de voz involucran algoritmos basados en funciones matemáticas que permiten extraer parámetros fundamentales de la voz [5]. Los procesos generales de procesamiento de la señal de voz se basan fundamentalmente en 4 bloques complementarios [6]: Adquisición, muestreo y cuantificación de la señal de voz, Preprocesamiento de la señal de voz, Extracción de parámetros de la señal de voz y finalmente la etapa de reconocimiento, como se observa en la figura 2. En [7], esta metodología procesal se ha usado en la evaluación de un RAH y los resultados obtenidos demuestran una capacidad de reconocimiento del sistema a diferentes palabras predichas por el mismo locutor.

El sistema RAH descrito en la figura 2 tiene las siguientes características:

- Dependencia del locutor
- Bajo costo computacional
- Sistema sin adición de las características de ruido [8]
- Implementación no compleja en procesadores DSP

La primera etapa, la adquisición, muestreo y cuantificación de la señal de voz se realiza mediante un transductor que permite tomar la señal de voz en una forma eléctrica. El micrófono gracias a sus diferentes desarrollos que ha sufrido es la mejor opción para este proceso. El muestreo y cuantificación de la señal de voz es el proceso mediante el cual la señal de voz se convierte a un lenguaje digital y se divide en muestras para su posterior procesamiento [9]. En la figura 3, se representa el modelo predicho basado en la metodología propuesta por [9].

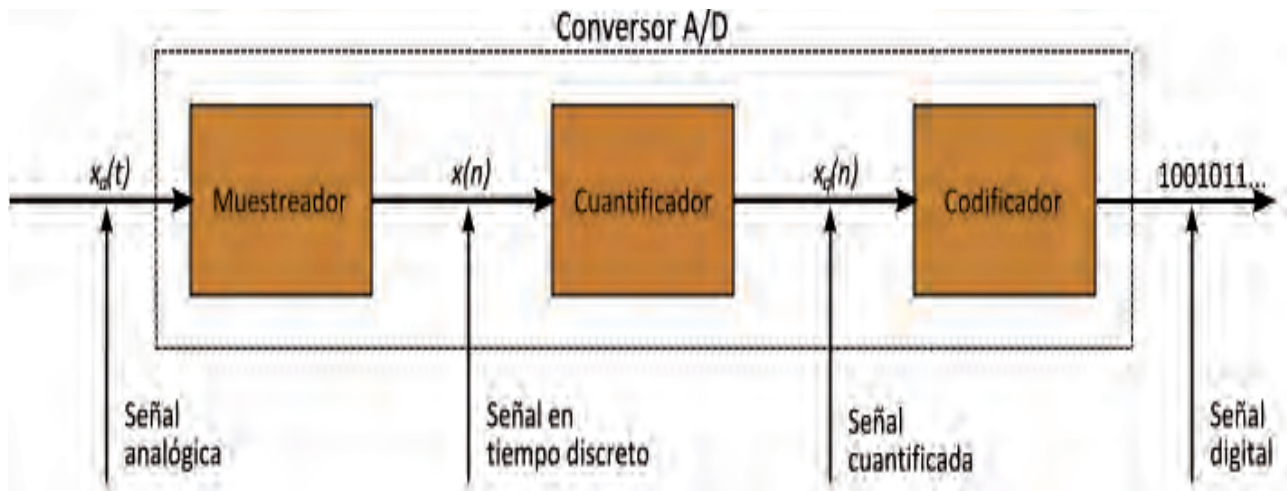


Figura 3. Codificación digital. Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Codificaci%C3%B3n_digital

Para la etapa de preprocesamiento de la señal de voz, se involucran algoritmos de filtraje y redefinición de la señal de voz original, como se explica claramente en [10]. Las técnicas que se muestran en la anterior referencia, así como en [11], involucran los siguientes procesos:

- Detección de punto final.
- Filtraje de la señal de voz (filtro FIR)

- Formación de bloques por trama.
- Aplicación de función de ventaneo.

Así con esta metodología se asegura una señal con unas condiciones aptas para la posterior extracción de sus parámetros fundamentales. En la figura 4 se observa el proceso y los respectivos efectos de cada bloque.



Figura. 4. Etapa de preprocesamiento de la señal de voz. Fuente: Autores.

Se recomienda en [4] que la señal digital que ingresa a la unidad central de procesamiento lo haga por comunicación serial con el fin de aprovechar el bit ACK. Luego de recibir esta señal, el procesador inicia el ciclo realizando la detección de punto final (e inicial) de la señal con el objetivo de eliminar los espacios en blanco que presenta la señal en una ventana de tiempo especificada. De esta manera se logra tener una señal más coherente y más inmune al procesamiento de valores no deseados en la palabra generada por el locutor.

Una vez se tenga esta señal manipulada, se procede a realizar un preénfasis que consiste en acentuar o resaltar los valores que debido al muestreo y a la transmisión se pudieron haber degenerado [5]. Así con esta señal resaltada, se segmenta en cortos periodos de tiempo, esto debido a que la señal de voz es muy variable y es recomendable procesar esta señal en cortos tiempos donde se considera cuasi-estacionaria. Una vez se ha segmentado, se aplica a la señal una función de ventaneo que permite suavizar los bordes. La función elegida y recomendada por [6] es la función de Hamming, debido a la simplicidad y buenos resultados obtenidos.

El proceso de extracción de parámetros se encarga de tomar de la señal de voz algunos parámetros que caracterizan esta señal y así hacer el método

de comparación de una manera más sencilla, rápida y eficiente. De acuerdo con [12], los principales métodos de extracción de parámetros son los siguientes:

- Algoritmo de características acústico fonéticas.
- Algoritmo basado en Transformada de Fourier.
- Algoritmo basado en coeficientes cepstrales.
- Codificación predictiva lineal (LPC).
- LPC – Cepstrum.
- Coeficientes cepstrales en escala de Mel (MFCC).
- Predicción Perceptual Lineal (PLP).
- MFCC con longitud de tracto vocal normalizada.
- Algoritmos basados en wavelets.

Cada uno de los anteriores algoritmos cumple la función de extraer los parámetros fundamentales de la voz. Naturalmente algunos tienen más eficiencia que otros, pero de igual manera consumen más recurso computacional que otro. En la tabla 1 se muestran las características principales de cada uno de los métodos de extracción de parámetros descritos en [12].

Tabla 1. Características de los algoritmos de extracción

ALGORITMO	CARACTERÍSTICAS
Características Acústico Fonéticas	Parametriza la señal de voz de acuerdo a datos como fricación de voz, energía de la frecuencia entre otros.
Transformada de Fourier	Se obtienen los parámetros al aplicar directamente la transformada de Fourier. No da una buena caracterización.
Coefficientes Cepstrales	Aplica una transformación que desconvoluciona la señal de entrada.
Codificación Predictiva Lineal (LPC)	Se aplica una función de autocorrelación para minimizar el error de predicción. Luego se extraen los parámetros aplicando derivación implícita.
Coefficientes cepstrales en escala de MEL (MFCC)	Es un método muy robusto y hace uso de la transformada de Fourier pero en escala de frecuencia no lineal. Este es el método más usado comercialmente.
Predicción Lineal Perceptual (PLP)	Hace uso de la función de Durbin para calcular los coeficientes LPC aunque estos no son computados en el dominio del tiempo.
MFCC con longitud de tracto vocal normalizada	A diferencia del método de coeficientes cepstrales, este normaliza primero la voz a una longitud fija y la caracteriza como un tracto vocal.

Finalmente, el método de medición de distancias que hace parte de la comparación de patrones de voz entre los extraídos por los procesos anteriores y los que se han previamente grabados, se realiza mediante el algoritmo DTW como se especifica en [13] y en [14].

La comparación efectuada en esta etapa se realiza a cada palabra del vocabulario de entrada generando un plano bidimensional en el cual el eje horizontal se conforma de los parámetros calculados, es decir del proceso aplicado a la palabra dicha por el locutor, y el eje vertical de los parámetros almacenados previamente en el codebook, en donde, cada punto o intersección en el plano es la distancia euclidiana calculada. Teniendo como finalidad encontrar la ruta mínima desde el origen hasta la última intersección de ambos ejes, mediante la suma de las distancias de la diagonal en el plano se logra conseguir que patrón concuerde con la entrada.

C. Sistema de comunicación por zigbee

Como se especifica en [15], la comunicación se basa en el estándar IEEE 802.15.4 que define un protocolo para la interconexión de dispositivos de baja potencia y baja tasa de transferencia en una red de área personal inalámbrica WPAN [16].

Entre las principales características de este protocolo se encuentran las siguientes de acuerdo a [17] y a [18]:

- Transferencia de datos aproximadamente de 250 Kb/s.
- Operación en topología estrella, peer-to-peer y red mesh.
- Asignación de direcciones cortas (16 bits) y direcciones largas (64 bits).
- Asignación de ranuras de tiempo asignado.
- Protocolo de acceso múltiple con detección de portadora y evasión de colisiones (CSMA-CA).
- Uso de ACK para detección de errores de transmisión.
- Bajo consumo de potencia, aproximadamente 1 mW.
- Indicador de calidad del enlace (ILQ).
- 16 canales en la banda 2.4 GHz, 30 canales en la banda 915 MHz y 3 canales en la banda 868 MHz.

III. Implementación de un sistema RAH aplicado a la domótica mediante ZIGBEE y DSP

De acuerdo a todas las características evidenciadas en la sección II se procede a realizar la implementación de un control que haga uso del protocolo

ZigBee como sistema de comunicación con una unidad central que usa un DSP como procesador de la voz y reconocedor de comandos de control.

La señal de salida de esta unidad central puede ser usada en un sistema domótico para controlar los diferentes actuadores de una casa.

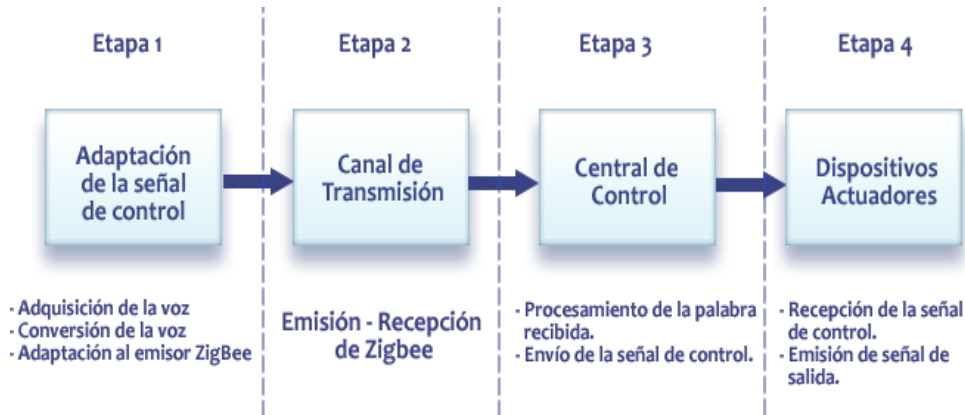


Figura. 5. Esquema del control domótico implementado. Fuente: autores.

El esquema general del control se evidencia en la figura 5. En él se han adoptado las metodologías propuestas en la sección II y se ha desarrollado el algoritmo de Codificación por Predicción Lineal (LPC) ya que por sus características de bajo consumo computacional es ideal para la implementación en un DSP. El sistema inicia con la adquisición, muestreo y cuantificación de la señal de voz, proceso que se lleva a cabo en el control remoto. En este dispositivo, se hace uso de un

microcontrolador que por su fácil programación y gran capacidad de procesamiento es ideal para esta labor. Cabe resaltar además el uso de un micrófono electret y un sistema de amplificación análogo para la adecuación de la señal obtenida. En este control remoto además, se dispone del dispositivo emisor ZigBee, que transmite la señal de voz digital que entrega el microcontrolador. En la figura 6 se observa la implementación del control remoto bajo las condiciones anteriormente descritas.

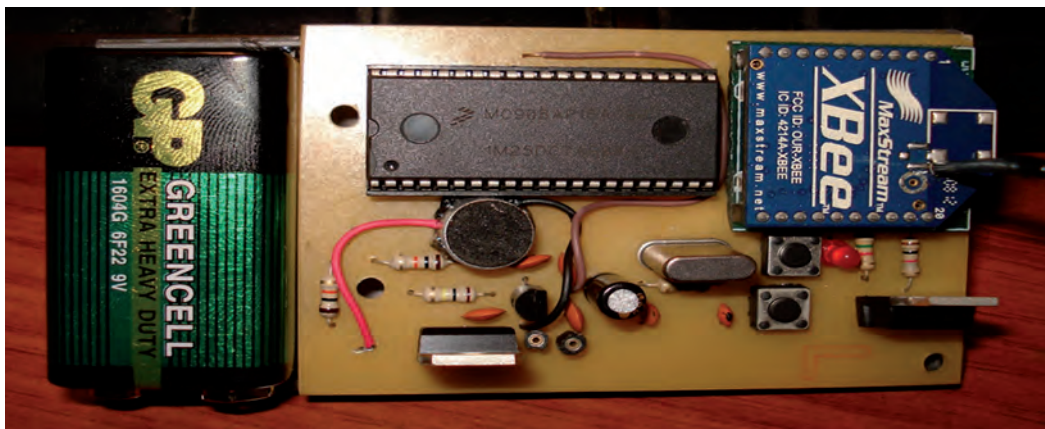


Figura. 6. Implementación del circuito de adquisición de voz, el microcontrolador de muestreo y cuantificación de la señal y el dispositivo ZigBee emisor. Fuente: autores.

La unidad central de procesamiento se compone de un dispositivo ZigBee receptor, que envía la señal de voz digital obtenida desde el control re-

moto hacia el DSP que procesará dicha señal de voz. El DSP hace uso del proceso que se sugiere en [9] y en [4].



Figura. 7. Unidad de procesamiento basada en DSP.

La implementación de la unidad central de procesamiento basada en un DSP se observa en la figura 7. El sistema completo se coloca a prueba y se evidencian los resultados obtenidos en la sección IV. La señal de salida proporcionada por la unidad de procesamiento está disponible para ser utilizada por un controlador que utilice los diferentes actuadores de un sistema domótico. De esta manera, se tiene un sistema que a partir de la voz humana genera una señal de control que puede operar un controlador de una casa.

IV. Resultados

Se realizaron pruebas con el módulo implementado consistentes en la activación de elementos de

uso cotidiano en el hogar, como activar una ventana, un sistema de riego, encender un bombillo y apagar un equipo de sonido. Los resultados se muestran en la tabla 2; mostrando un porcentaje de éxito alto en condiciones de propagación en ambientes internos. La palabra usada para activar el sistema de riego presenta el menor valor de eficiencia, debido al bajo nivel de energía que tiene esta palabra que se confunde en varias circunstancias con silencio y su frecuencia de tono no es lo suficientemente alta para evitar el solapamiento de la señal con el ruido ambiente. Esta palabra se puede cambiar por una de mayor realce para obtener mejores resultados, o bien, utilizar un algoritmo que permita obtener y procesar un mayor número de parámetros o trabajar en el filtro FIR de preénfasis para delinear mejor esta señal.

Tabla 2. Porcentajes de éxito de las pruebas realizadas

Palabra	Pruebas Realizadas	Pruebas Exitosas	Porcentaje de Éxito
Ventana	20	20	100%
Riego	20	16	80%
Bombillo	20	18	90%
Silencio	20	20	100%

El tiempo de retardo desde que el interlocutor emite la orden de voz por el micrófono y el de salida

en el DSP es de aproximadamente 50 ms como se puede ver en la figura 8.

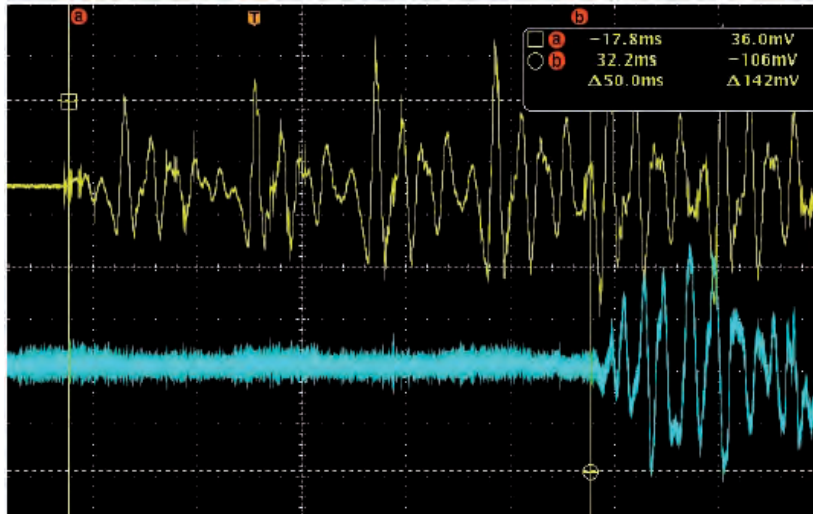


Figura. 8. Tiempo de retardo de la unidad de procesamiento basada en DSP.

V. Discusión

La señal de voz, a un muestreo de 8000 datos por segundo se caracteriza correctamente por el DSP. A un menor valor de muestreo el sistema no es fiable y a un muestreo mayor el sistema aumenta su tiempo de procesamiento, debido a esto 8000 muestras representó un valor adecuado de muestreo de la señal. De acuerdo a los resultados obtenidos, el sistema es aceptablemente funcional de acuerdo a [19].

Finalmente, a partir del gran desarrollo que últimamente se viene dando en el ámbito de los DSP con su reducción de costos y de tamaño, las posibilidades para la complejidad de procesamiento que traen un mayor rango de características como doble procesamiento de la voz para asegurar la palabra predicha serán posibles con la continuación de la innovación de los dispositivos procesadores digitales.

VI. Conclusiones

El diseño y desarrollo del sistema domótico con reconocimiento de voz está supeditado al nivel de procesamiento del DSP, debido a que es quien realmente ejecuta las labores que consumen ma-

yor gasto computacional. El receptor del comando del DSP puede actuar sobre una cantidad de dispositivos bastante amplia, gracias a su cantidad de puertos que se puede activar como salida, sin embargo, al momento de instalarse el sistema se deben realizar varias consideraciones mecánicas y eléctricas debido a los bajos niveles de señal que opera y que no son suficientes para realizar este tipo de procesos.

La fidelización del sistema de reconocimiento de voz en diferentes entornos mejorará las condiciones de trabajo del sistema domótico, donde esta solución puede implementarse en sistemas que impliquen el reconocimiento de voz como ayuda automática para niños con déficit motriz, adultos de tercera edad que requieran asistencia automática, personas que por alguna enfermedad no puedan efectuar labores comunes que pueden ser suplidas por sistemas electrónicos que controlen por su voz.

Referencias bibliográficas

- [1] E. Cerezo, S. Baldassarri, and E. Cuartero, «Agentes virtuales 3D para el control de entornos inteligentes domóticos» *Proceedings VIII*, pp. 363-372, 2007.
- [2] «Desarrollo de una interfaz multimodal para un robot domótico móvil. Control por voz y mando a distancia» *lorien.die.upm.es*, 2009.
- [3] S. A. Segura, «tecnología Proyecto de Sistema de Control Domótico Abstracto» pp. 1-36.

- [4] Pardo, Mauricio Esteban; Strack, Guillermo Enrique Y Martinez, Diego. Una Implementación de un sistema de control Domótico basado en servicios WEB. Universidad Nacional del Sur, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: www.cacic2007.unne.edu.ar/papers/054.pdf
- [5] Molina, A.I.; Ortega, M.; Bravo, J. Y Redondo M. La realidad virtual como herramienta para el aprendizaje de la domótica. Disponible en: <http://chico.inf-cr.uclm.es/eCLUB/articulos/CapitulosLibrosNacionales/CLN36.pdf>
- [6] Casadomo, Página Oficial. www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?c=14&m=21&idm=21&pat=20&n2=20
- [7] San Martín, César Y Carrillo, Roberto. Implementación de un reconocedor de palabras aisladas dependiente del locutor. Revista Facultad de Ingeniería. Chile, Vol. 12, 2004. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rfacing/v12n1/art02.pdf>
- [8] Borrero, H. Baquero, Y Y Alezones, Z. Reconocimiento de Palabras aisladas utilizando LPC Y DTW, para control de navegación de un mini-robot. Disponible en: <http://catic.unab.edu.co/2congresomecatronica/images/docum/13robotvoz.pdf>
- [9] Proakis, John Y Manolakis, Dimitris. Digital Signal Processing: Principles, Algorithms and Applications. Third Edition. Ed. Prentice Hall, 746p.M. Young, *The Technical Writers Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.
- [10] Martínez, Jorge. Redes de comunicaciones: sistema simplificado de transmisión digital de una señal de voz. Ed. Universidad Politécnica de Valencia, P. 54, 2004.
- [11] Milone, D. Fundamentos del reconocimiento automático del habla. 2004. Disponible en: <http://bioingenieria1.wdfiles.com/local--files/descargas/hmmsweet.pdf>
- [12] Haykin, Simon. Sistemas de comunicación: codificación de voz y audio. Ed. Limusa Wiley, 2002
- [13] Aguayo Rodríguez, Juan Marcelino. Kemper Vásquez, Guillermo y Moran, Antonio. Calculadora Controlada por Voz. Perú, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2007. Disponible en: www.upc.edu.pe/html/0/0/carreras/ing-electronica/proyectos/calculadora%20controlada%20por%20voz.pdf
- [14] Rabiner, L.; «Fundamentals of Speech Recognition», Prentice-Hall, USA., 1993.
- [15] Díaz, Jorge Luis. Reconocimiento Automático del Habla. Disponible en: www.titonet3000.zobyhost.com/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=7&Itemid=55
- [16] Stuart N. Wrigley; «Speech Recognition By Dynamic Time Warping (DTW)». Disponible en: www.dcs.shef.ac.uk/, 1999.
- [17] Velásquez Ramírez, Genoveva. Tesis: Sistema de Reconocimiento de Voz en Matlab. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_8515.pdf
- [18] Moreno Espinoza, José Antonio, «Comunicaciones aplicadas a la Domótica», Instituto de Electrónica y Computación. Disponible en: www.utm.mx/~edith/070808.pdf
- [19] Zhao, Feng Y Guibas, Leonidas. Wireless Sensor Networks: IEEE 802.15.4 Standard and ZigBee. Ed. Elsevier, p. 67-75.
- [20] Zigbee. Página Oficial: ZigBee Alliance. <http://www.zigbee.org>
- [21] Donayre, Javier. Comunicación con protocolo ZigBee: Estrategias de conexión de los dispositivos en una red ZigBee. Automatronica E.I.R.L.,2008. Disponible en: <http://issuu.com/noragc/docs/edicion68issu?mode=embed&documentId=081223044529-c037e2b7ffd448b29f86df452001a8c9&layout=grey>
- [22] Flores Espinoza, Andrés; «Reconocimiento de Palabras aisladas». Disponible en: www.alek.pucp.edu.pe/~dflores/INDEX