

CONTROL POR VOZ DE UN ROBOT EXPLORADOR TIPO ORUGA

Desarrollado por:
Ing. Marcelo J. Arévalo L.
Ing. Miguel A. Pino Ch.

Dirigido por:
Ing. Nelson G. Sotomayor O.



Figura 1. Robot Explorador Arcángel

RESUMEN

El robot explorador Arcángel es un prototipo formado por un conjunto de dispositivos electrónicos y eléctricos que están controlados

por un microcontrolador PIC 16F876, todos ellos ensamblados dentro de un vehículo motorizado tipo oruga que permite la exploración de lugares remotos a la ubicación del usuario, dando la posibilidad de visualizar el entorno físico a través de una cámara móvil de video con la facultad de

visión en la oscuridad y la recolección de pequeños objetos por medio de una pinza, todo ello comandado por instrucciones audibles inalámbricamente. Dicho prototipo también tiene la capacidad de maniobrar de forma autónoma en la exploración evadiendo obstáculos y abismos sin interrumpir la transmisión de audio y video a un receptor de televisión común durante todo el recorrido.

ABSTRACT

The explorer robot Arcangel is a prototype with electric and electronic devices controlled with a PIC microcontroller. All this elements were put together in the explorer vehicle.

This prototype allows the user to explorer remote places to the user with a video camera the user can view the actual place even in the dark environments also the robot can pick little objects with a gripper. All these tasks are performed with audio commands transmitted in a airless formats. The Arcangel has an automatic mode of operation that avoids obstacles and sending the audio / video signals to a TV for the user.

1. INTRODUCCION

En el siglo XXI la tecnología se ha adelantado a la imaginación y ha convertido lo que eran sueños en algo posible y de hecho el control por voz es en la actualidad una área en evolución que no se ha desarrollado aun en el país, por lo que este proyecto plantea como alcance el de ser el pionero en investigar y aplicar este tipo de control en la vida diaria de las personas, con este prototipo se quiere conseguir e iniciar el desarrollo de esta tecnología en el Ecuador.

Dentro de la robótica existen un sin numero de dispositivos electrónicos capaces de realizar acciones y movimientos definidos. Para gobernar a estos dispositivos se necesita de un elemento inteligente programable que permita administrar y controlar todas estas acciones y movimientos. En este caso el prototipo trabaja con un microcontrolador PIC 16F876 por su facilidad en la programación y bajo costo ofrece todo lo necesario para realizar el control del mismo.

Como interfaz entre el usuario y el microcontrolador se utiliza un kit de reconocimiento de voz, donde se programan previamente las ordenes (palabras) que son almacenadas en localidades de memoria y al recibir cualquiera de las instrucciones enviadas por el usuario, éste compara con la señal almacenada, y envía un dato como señal de control hacia el microcontrolador PIC que por su parte es el encargado de administrar y controlar todos los actuadores que intervienen en el cumplimiento de dicha orden. Dentro de estas ordenes esta la de exploración de forma autónoma en la que el prototipo evadirá obstáculos en su trayectoria automáticamente usando para esto los sensores infrarrojos con el circuito integrado Sharp IS471F el cual transmitirá una señal al microcontrolador en el momento que encuentre un obstáculo o abismo en la trayectoria del robot.

2. RECONOCIMIENTO DE VOZ

El reconocimiento de voz automático es el proceso por el cual un computador convierte una señal acústica de voz a texto. Existen tres sistemas de reconocimiento de la voz: Dependientes, Independientes y Adaptables al hablante.

Un sistema **dependiente** del hablante es desarrollado para funcionar para un sólo hablante, estos sistemas, normalmente, son más fáciles de desarrollar, baratos de comprar, y precisos, pero no tan flexibles como los sistemas adaptables al hablante o los sistemas independientes del hablante.

Un sistema **independiente** del hablante es desarrollado para funcionar con cualquier hablante de un determinado tipo (por ejemplo, Inglés Americano). Estos sistemas son complicados de desarrollar, caros y la precisión es menor que la de los sistemas dependientes del hablante. Sin embargo son más flexibles.

Un sistema **adaptable** al hablante es desarrollado para adecuar su funcionamiento a las características de nuevos hablantes. Su dificultad reside en alguna zona entre los sistemas independientes del hablante y los dependientes de él. [1] De igual manera todos estos sistemas de reconocimiento pueden ser aplicados de una manera continua y discreta.

Un sistema de reconocimiento discreto funciona con palabras simples, necesitando de una pausa entre la dicción de cada palabra. Esta es la forma más sencilla de reconocimiento para llevar a cabo ya que los puntos de finalización son fáciles de encontrar y la pronunciación de una palabra no afecta a las demás. De este modo y ya que las ocurrencias de las palabras son consistentes, es más fácil reconocerlas.

Un sistema de reconocimiento continuo funciona sobre un lenguaje en el que las palabras están conectadas, es decir, no están separadas por pausas. El lenguaje continuo es más difícil de tratar debido a la variedad de efectos, primero, es difícil encontrar el comienzo y el final de las palabras, otro problema es la coarticulación, la generación de cada fonema se ve afectada por la generación de los fonemas adyacentes, y de modo parecido, el comienzo y final de las palabras se ven afectados por las palabras que les preceden y suceden. El reconocimiento del lenguaje continuo también se ve condicionado por la frecuencia de habla (un discurso rápido suele ser más difícil de reconocer). [2]

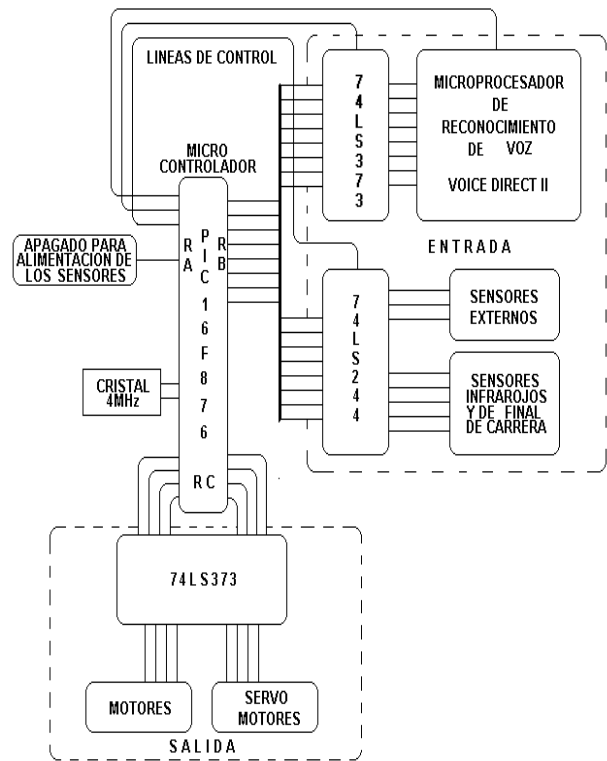


Figura 2. Esquema del Hardware del Robot Explorador Arcángel

3. HARDWARE DESARROLLADO

Todos los elementos electromecánicos y electrónicos que permiten el funcionamiento conjunto del prototipo están gobernados por un microcontrolador PIC que será el encargado de administrar el funcionamiento de los actuadores obedeciendo las órdenes recibidas a través del kit de reconocimiento de voz que a su vez será la interfaz entre el usuario y el robot.

3.1 Diseño de sensores infrarrojos de proximidad.

El Arcángel podrá realizar una exploración autónoma del entorno donde se encuentra para lo cual debe evadir los obstáculos próximos dentro de su trayectoria por lo que se diseñaron sensores infrarrojos de proximidad que están ubicados en lugares estratégicos para evitar que el robot se choque contra algo o lo que es peor caiga dentro de algún abismo de donde no pueda salir.

Estos sensores utilizan como principio de funcionamiento el de emitir una señal infrarroja hacia el frente esperando que ésta rebote en algún cuerpo y sea percibida por el receptor dando entonces una señal de presencia de objeto. Para el diseño se ha utilizado un circuito integrado SHARP IS471F que posee en su encapsulado todo el circuito receptor, necesitando para su funcionamiento solamente un diodo emisor y para la calibración de la distancia un potenciómetro que aumenta o disminuye la corriente en dicho diodo, haciéndolo más o menos sensible al sensor.

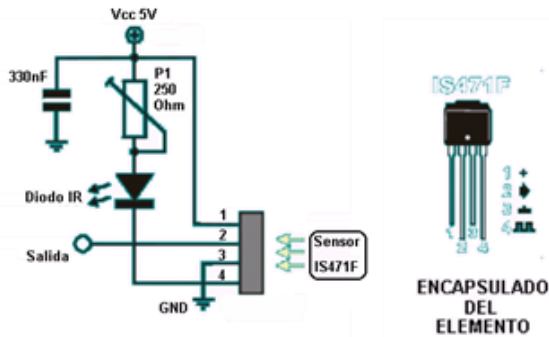


Figura 3. Circuito Acondicionador del sensor SHARP IS471F

Para la calibración se usó un potenciómetro de 100 ohmios que se lo varió desde 20 ohmios hasta un máximo de 60 ohmios. Así:

corriente en el diodo :

$$I_{d1} = \frac{V_{cc}}{R} = \frac{5[V]}{100[\Omega]} = 50mA \Rightarrow \text{Mayor Distancia (10 cm)}$$

$$I_{d2} = \frac{V_{cc}}{R} = \frac{5[V]}{280[\Omega]} = 1783mA \Rightarrow \text{Menor Distancia (3 cm)}$$



Figura 4. Tarjeta del sensor infrarrojo

3.2 Manejo del Arcángel

Para poder comandar todos los movimientos que efectúa el robot se deben primero conocer las órdenes de voz que los gobiernan, una vez encontrado el comando requerido se presiona el botón dos del control remoto, momento en el cual se escucha una voz en el televisor que indica que se puede ingresar la palabra u orden de acción; si la palabra es ingresada y reconocida como acertada el robot ejecuta el comando relacionado

a la misma caso contrario envía un mensaje de fallo en el reconocimiento.

Tabla 1. Comandos de voz

N°	Descripción de la Orden	PALABRA
1	Modo automático	Auto
2	Movimiento por pasos	Pasos
3	Cámara vista abajo	Abajo
4	Cámara vista arriba	Arriba
5	Cámara vista al medio	Medio
6	Movimiento hacia delante	Adelante
7	Movimiento hacia atrás	Atrás
8	Giro a la izquierda	Izquierda
9	Giro a la derecha	Derecha
10	Abre pinza	Abrir
11	Cierra la pinza	Cerrar
12	Pinza en posición horizontal	Horizontal
13	Pinza en posición vertical	Vertical
14	Cámara con vista al frente	Frente
15	Cámara con vista atrás	Posterior

Para conocer si el robot ha reconocido acertadamente la palabra y no hubo un reconocimiento falso, se puede comparar la respuesta del robot el momento que ha reconocido acertadamente una orden, esta respuesta es un número entre el 1 y 15, el cual se puede comparar con el número de la instrucción o comando de voz.

El usuario puede controlar tres objetos en el robot; la cámara, la pinza, y el movimiento en si. La cámara tiene cinco movimientos; Arriba, Medio, Abajo, Frente, Posterior, la posición original es al frente en posición media.

La pinza puede realizar los siguientes movimientos: abrir, cerrar, este último será hasta sentir presencia del objeto a sujetar, colocarse de forma horizontal y colocarse de forma vertical. La posición original es horizontal y abierta.

Por último el robot puede moverse de dos maneras de forma continua y a pasos, dentro de estas opciones podrá avanzar, regresar, girar hacia la derecha y girar hacia la izquierda. Adicionalmente puede realizar movimientos de manera autónoma donde evade los obstáculos dentro de su trayectoria.

Para poder detener al robot en cualquier momento basta solo con presionar el botón dos o de ingreso

de palabra y no dar orden alguna o en su defecto apagar los movimientos del mismo con el botón encendido / apagado.

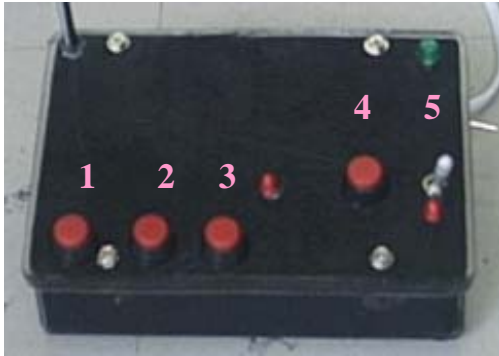


Figura 5. Control Remoto del Arcángel

- Botón 1 graba comandos de voz como instrucciones
- Botón 2 ingreso de orden al robot
- Botón 3 encendido / apagado de la parte móvil del robot
- Botón 4 resetea a la tarjeta de reconocimiento de voz
- Botón 5 borra todos los comandos de voz (15 palabras) almacenadas en la memoria del robot



Figura 6. Micrófono inalámbrico para enviar instrucciones al Arcángel

4. DESARROLLO DEL SOFTWARE

El software desarrollado para el sistema de exploración Arcángel se constituye en una serie de secuencias lógicas que permiten el manejo del robot haciendo que cada una de sus funciones sea confiable; detectando instrucciones falsas o vacías y protegiéndolo mediante la inmovilización hasta que se ingresen instrucciones acertadas, evitando choques e incluso caídas que puedan destruir la estructura del mismo.

Los tres estados primarios del Arcángel son:

- Encendido - Apagado
- Encendido - Escuchando
- Encendido - Explorando

El **Encendido - Apagado** es el estado en que el prototipo está energizado pero en reposo es decir no atiende a ninguna palabra u orden de control hasta recibir una activación manual por parte del usuario mediante un pulso en el botón ON/OFF, si bien este estado consume energía que al parecer es innecesaria, permite que el prototipo tenga tiempo para inicializar el posicionamiento de sus partes constitutivas como son; la cámara que indica al usuario en donde se encuentra el robot y la pinza que permite tomar objetos del medio externo en el cual se encuentre, de igual manera ofrece el tiempo necesario e indefinido para la calibración del receptor que se utiliza durante el proceso de exploración (sintonización del canal en el TV), así como también permite si es el caso borrar y reprogramar las palabras u órdenes de acción dentro del Voice Direct, teniendo en cuenta que dichas órdenes podrán tener otro nombre, más la acción de control será la misma.

Una vez realizada todas las calibraciones necesarias para obtener una señal nítida en el receptor y haber grabado todas las quince instrucciones para el funcionamiento del prototipo se pulsa el botón ON/OFF, aquí el microcontrolador empieza su funcionamiento específico en donde entra en modo de escucha continuo e identifica cualquiera de las palabras u órdenes de acción que lo llevan a su último estado, el de exploración propiamente dicho.

El **Encendido - Escuchando** es el estado en el que el microcontrolador paraliza su actividad para esperar una orden o nueva orden del usuario, en este momento el prototipo deja la exploración y únicamente espera que se ingrese una palabra u orden de acción, el motivo de dejar al robot sin movimientos es para proteger su integridad en el caso de que la palabra ingresada por el usuario no sea reconocida como correcta en primera instancia y sea necesario un segundo intento de reconocimiento.

Una vez que alguna palabra u orden de acción sea ingresada por el usuario el prototipo sale de este modo e ingresa al modo de exploración.

El **Encendido - Explorando** es el estado en el que el microcontrolador está apto para identificar

cualquiera las quince palabras u ordenes de control que conforman las funciones de exploración del robot, así el microcontrolador verificará una a una todas las posibles palabras u ordenes de acción dadas por el usuario y al identificar alguna de ellas como acertada realizará la subrutina de acción asociada a dicha orden, de lo contrario regresará al modo de Encendido – Escuchando para esperar una nueva palabra del usuario.

Cabe señalar que el robot puede ser apagado en cualquier momento y en cualquier modo en que se encuentre pulsando nuevamente el botón ON/OFF que deja al prototipo en modo Encendido – Apagado.

4.1 Identificación de palabras u ordenes

Para realizar la identificación de las palabras el microcontrolador revisa pin a pin el estado de su pòrtico de entrada hasta conseguir una identificación acertada que lo llevará a las subrutinas de acción

Para realizar el manejo del robot se tiene quince palabras u ordenes de control preestablecidas y almacenadas en el VOICE DIRECT que podrán ser borradas y reprogramadas al gusto del usuario en cualquier momento, más el orden de cada una de estas dentro del microcontrolador llevan al prototipo hacia una subrutina de acción específica y única que no puede ser alterada por el usuario. Todas estas subrutinas de acciones específicas y únicas se escriben a continuación:

Tabla 2. Palabras u Órdenes de Control

PALABRAS PREESTABLECIDA	SUBROUTINA DE ACCION
AUTOMÁTICO	EL ROBOT EXPLORA AUTOMÁTICAMENTE
ADELANTE	ACTIVA MOTORES DC ADELANTE
ATRÁS	ACTIVA MOTORES DC ATRÁS
DERECHA	ACTIVA MOTORES DC DERECHA
IZQUIERDA	ACTIVA MOTORES DC IZQUIERDA
PASOS	ACTIVA O DESACTIVA MOVIMIENTOS DEL ROBOT PASO A PASO
ARIBA	MUEVE CAMARA ARRIBA
ABAJO	MUEVE CAMARA ABAJO
MEDIO	MUEVE CAMARA MEDIO
FRENTE	MUEVE CAMARA AL FRENTE
POSTERIOR	MUEVE CAMARA HACIA ATRÁS
ABRIR	ABRE LA PINZA
CERRAR	CIERRA LA PINZA
VERTICAL	MUEVE LA PINZA VERTICALMENTE
HORIZONTAL	MUEVE LA PINZA HORIZONTALMENTE

5. CONCLUSIONES

El robot explorador tipo oruga controlado por voz es una realidad y permite recorrer caminos difíciles para otro tipo de vehículo, así como recoger muestras del lugar de exploración. Su costo es relativamente alto ya que esta constituido por elementos y partes no existentes dentro del mercado ecuatoriano, más si se compara el mismo con el del único modelo de robot similar actualmente como es el Spirit(USA) se puede decir que es muy barato.

Se ha comprobado que el reconocimiento de voz es una gran herramienta que no ha sido desarrollada aun en nuestro país, y que ofrece una verdadera comunicación directa y confiable entre el hombre y la maquina, cosa que antiguamente se constituía en un sueño, ya que la manera de comunicación con la maquina era por medio de interfaces graficas, botones o hmi's que necesitaban de acciones físicas del usuario. Mas ahora se puede controlar a todo tipo de maquinaria por medio de nuestra voz y con palabras comunes como si se estuviera hablando con un operario más dentro de la industria.

Se recomienda seguir trabajando con el microcontrolador RSC-300 de la sensory que posee grandes cualidades entre ellas la del manejo de la voz, muchas de estas cualidades no se las pudieron usar en todo su esplendor en el robot, pero sin duda constituyen un potencial de trabajo e investigación; para lo cual se requieren herramientas como son el ensamblador y el hardware de programación, que lastimosamente no existen en el país en la actualidad.

Por ultimo se logro contribuir con el avance tecnológico del Ecuador, creando un robot acorde con los avances científicos del nuevo milenio; se espera que esto sirva de ejemplo para generaciones futuras, ya que con esfuerzo y dedicación se pueden cumplir todas las metas trazadas

6. BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.euskalnet.net/iosus/speech/recog.html>
Ron Cole, "Aplicaciones de reconocimiento de voz", Oregon Institute, 2000
- [2] <http://www.euskalnet.net/iosus/speech/recog.html>
J.M. Montero*, J. Gutiérrez-Arriola*, J. Colás*, J. Macías-Guarasa*, E. Enríquez**, J.M. Pardo*, "desarrollo de un sintetizador de habla en español", Universidad Politécnica de Madrid



MARCELO JAVIER. ARÉVALO LUZURIAGA.

Nacido el 28 de Abril de 1978 en Quito. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio JUAN MONTALVO de la capital obteniendo el título de bachiller en humanidades modernas especialización Físico- Matemático y siendo declarado por el colegio como Abanderado del pabellón Nacional y mejor egresado en el año de 1997. Se ausento del país durante el año de 1994 a 1995 tiempo en el que viajó a Noruega para realizar un intercambio Estudiantil. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional obteniendo el título de Ingeniero en Electrónica y Control en Octubre del 2004. Fue instructor de los Laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional en los Departamentos de Automatización y Control Industrial así como del Departamento de Telecomunicaciones y Redes de la Información

Sus áreas de interés son las referentes a microcontroladores.



MIGUEL ANGEL PINO CHAVEZ.

Nacido en Riobamba el 25 de octubre de 1977, sus padres Luis Pino y Luisa Chávez, estudios primarios realizados en la escuela "La Salle". Estudio secundarios en ITS "Carlos Cisneros", y luego en el colegio técnico "Galápagos", en donde fue abanderado del pabellón de la ciudad. Sus estudios superiores los realizó en la Escuela Politécnica Nacional donde obtuvo el título de Ingeniero en Electrónica y Control, dirigió la unidad de mantenimiento electrónico de la escuela politécnica nacional en los periodos 2001-2002 y 2002-2003. Sus áreas de interés son la automatización industrial y robótica.



NELSON SOTOMAYOR.

Nació en Quito el 9 de Septiembre de 1971. Realizó sus estudios secundarios en el Instituto Nacional Mejía. Se graduó en la Escuela Politécnica Nacional como Ingeniero en Electrónica y Control en 1999. Egresado de la Maestría en Ingeniería industrial en diciembre del 2000. Actualmente desempeña el cargo de Profesor Agregado 2 en el Departamento de Automatización y Control Industrial de la Escuela Politécnica Nacional. Además es miembro de Subcomisión académica permanente de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Control.