

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA EMPOTRADO DE VISIÓN

José Fermi Guerrero Castellanos
José Miguel Sánchez Bautista
José Pedro Sánchez Santana

Facultad de Ciencias de la Electrónica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Av. San Claudio y 18 Sur, Colonia San Manuel. Puebla, Pue. CP. 72590.
msanchez@kim.ece.buap.mx, jfermi@ece.buap.mx, jpedro_s@hotmail.com

RESUMEN

Este documento presenta la implementación de un Sistema Empotrado de Visión (Embedded System) que tiene la finalidad de realizar la identificación de una fuente de luz así como la de la determinación de la posición que esta tiene dentro de un sistema de referencia.

Este es un ejemplo de las múltiples aplicaciones que se pueden obtener de una manera relativamente fácil, eficiente y de bajo costo utilizando Sistemas Empotrados, con la finalidad de que cualquier alumno o maestro de las carreras de ciencias aplicadas los puedan utilizar para desarrollar sus proyectos o probar teorías o algoritmos. Es claro que estos sistemas pueden también ser aplicados en el ámbito industrial.

1. INTRODUCCIÓN

En el procesamiento de imágenes mucha gente ha trabajado y obtenido resultados muy importantes [1], [2], [3] sin embargo para poder implementar un sistema de visión tradicionalmente se requiere de una cámara separada, un grabador de frames y una computadora de alta velocidad para realizar la interfase entre estos elementos y poder correr el algoritmo. El reciente desarrollo de hardware hace posible reducir enormemente las dimensiones físicas así como el costo en el desarrollo de estos sistemas. Es claro que en todo sistema en el que el procesamiento de información es la base de su funcionamiento es necesario depender de un elemento o elementos que interpreten y clasifiquen la información, con la finalidad de mostrar resultados que el hombre pueda interpretar de una manera natural. Frecuentemente estos elementos son las computadoras, sin embargo en ocasiones una computadora puede poseer capacidades sobradas o puede ser que presente dificultad en añadir elementos de hardware necesarios para el procesamiento de la información y la realización de la tarea encomendada.

Por lo tanto se propone la aplicación de sistemas dedicados los cuales como su nombre lo dice tienen el objetivo de realizar solamente una tarea específica. El tamaño de estos sistemas permiten su incorporación al

sistema que van a gobernar por lo cual suelen llamarse sistemas empotrados (Embedded System)[4].

Nosotros implementamos un sistema empotrado para el reconocimiento de la posición de una fuente de luz en un sistema de referencia, tomando ventaja de los siguientes dispositivos: modulo de cámara a color CMOS de alta velocidad CMUcam un microcontrolador de bajo costo, servomotor y pantalla de cristal liquido.

Nuestro sistema esta definido en el sistema de referencia (x,y) el dispositivo debe buscar la posición de la fuente de luz dentro del sistema definido.

2. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL DEL SISTEMA PROPUESTO

El sistema propuesto tiene como finalidad, encontrar la posición de una fuente de luz en un sistema de referencia de dos dimensiones, esto se logra a través de una secuencia de imágenes digitales que son tomadas en un tiempo preestablecido sobre la base de un movimiento angular que realiza una sistema mecánico en el cual esta montada la cámara. Cada imagen que es tomada se procesa para determinar el centro de masa de la fuente de luz, basándose en una comparación de un patrón previamente establecido. Si el sistema determina que existe una fuente de luz entonces se efectúan los cálculos con la ayuda de ángulo recorrido para determinar los puntos (x_L, y_L) donde se encuentra la fuente de luz.

El espacio de trabajo donde se define este sistema de referencia es de 1 m^2 , la fuente de luz con la que se trabaja tiene un diámetro de 2 cm y que se supone esta sobre plano (x,y).

El sistema se encuentra dividido en tres áreas: mecánica, software y hardware; siendo la parte mecánica la encargada de realizar un desplazamiento angular de la cámara, la parte de hardware la encargada de la captura de las imágenes digitales y la parte de software la encargada del análisis y procesamiento de las mismas.

El área mecánica se basa en el servomotor Futaba S3003 que es el encargado de desplazar de forma angular a la cámara en búsqueda del objeto de interés.

El área de hardware se encuentra implementada por una cámara a color CMOS de alta velocidad desarrollada por The Carnegie Mellon University [5], un microcontrolador PIC16F877 [6] de la compañía Microchip, y una pantalla de cristal líquido (LCD) donde se mostraran los datos de interés: g_x , g_y , x_1 , y_1 , x_2 , y_2 , píxeles, donde g_x y g_y son las coordenadas del centro de masa del objeto; mientras que el software con el cual se lleva a cabo todo el algoritmos de control y reconocimiento fue desarrollado en forma modular en lenguaje ensamblador con el objetivo de tener todo el control sobre los datos procesados.

El diagrama a bloques de este sistema puede mostrarse de la manera siguiente:

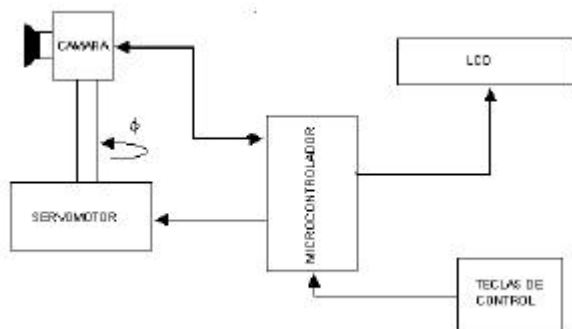


Fig. 1.- Diagrama a bloques del sistema de visión

2.1 Sistema Mecánico

El sistema mecánico encargado de desplazar angularmente la cámara 90° con pasos de 5° esta a cargo del servomotor Futaba S3003, el cual tiene la característica de poseer un sistema de control de posición integrado, por lo cual solamente se requiere generar una señal con modulación de ancho de pulso (PWM) para lograr el desplazamiento requerido, a la vez de que se tiene el conocimiento certero de la posición angular en la que se encuentra la cámara.

2.2 Hardware

El principal componente de este sistema es la cámara CMUcam, la cual tiene las siguientes características: Resolución de 80 x 143, 17 frames por segundo así como de un modulo de transmisión serie con velocidades de 115,200/38, 400/19, 200/ 9600 baudios. El dispositivo encargado del procesamiento de la información es el microcontrolador PIC16F877 trabajando a una velocidad de 4 MHz, el cual establece una comunicación vía serial con la cámara a una velocidad de 9600 baudios, también controla el desplazamiento angular del servomotor a través de la generación de una señal PWM. Los datos obtenidos son procesados para posteriormente ser mostrados de una manera amigable en una pantalla de cristal líquido (LCD) de 16 caracteres por línea y dos de ellas.

Todo el sistema trabaja con un voltaje de 5 voltios, los cuales pueden ser suministrados por una fuente de poder o baterías. El diagrama eléctrico de este sistema se muestra en la figura 2.

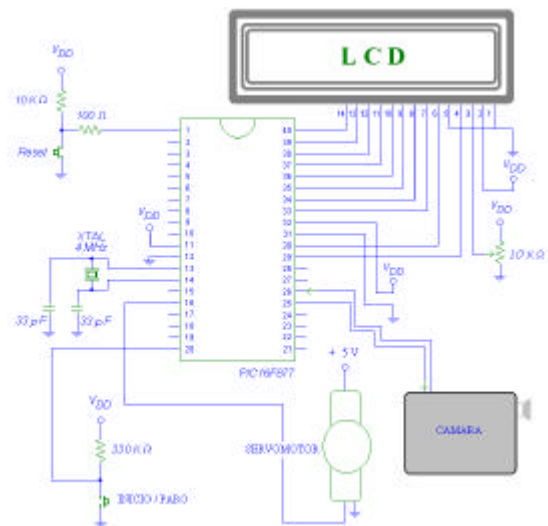


Fig. 2 Diagrama eléctrico del sistema de visión

2.3 Software

El software fue realizado en lenguaje ensamblador con el objetivo de tener el control de cada uno de los datos procesados y fue realizado en el programa MPLAB distribuido por la compañía Microchip. El software fue implementado en pequeños módulos que fueron primeramente probados de manera individual, que posteriormente constituyeron el programa principal del sistema.

Los módulos principales del programa son los siguientes:

- Configuración de la Cámara
- Adquisición y análisis de la imagen
- Cálculo geométrico para la determinación los puntos (x_L, y_L)

2.3.1 Configuración de la Cámara

Aquí se alteran la configuración de los registros de control de la cámara [5], desactivando el registro de auto ganancia, así como disminuyendo la exposición, esto permitirá que una fuente de luz dentro de un espacio de trabajo aparezca como una mancha brillante en un ambiente oscuro, esto facilita la búsqueda de esta, en un ambiente con severa iluminación o superficies brillantes.

La cámara también es configurada de tal forma que los datos transmitidos al microcontrolador sean solo los necesarios para nuestro interés, evitando una transmisión incomoda que provoque pérdida de datos.

2.3.2 Adquisición y análisis de la imagen

Los datos son adquiridos cada 100ms (la imagen es tomada cada 100ms) tiempo en el que variamos 5° la posición de la cámara, los datos adquiridos son almacenados en la memoria RAM del microcontrolador, así como el ángulo en el que se encuentra la cámara, cuando se termina la adquisición

de la imagen, los datos que previamente fueron almacenados en la memoria son leídos con el objetivo de determinar la existencia de una fuente de luz por medio de la comparación con un patrón preestablecido. Si en la imagen capturada existe una fuente de luz el programa extraerá el centro de masa de la mancha de brillo (fuente de luz), así como el número de píxeles que la conforman, estos datos son manipulados para mostrarlos de una manera entendible en la pantalla de cristal líquido. Con esta función el usuario puede ir observando los cambios en el número de píxeles así como las coordenadas del centro de masa de la fuente de luz, los cambios que puedan ser observados están en función del rango de estimación de la fuente de luz.

2.3.3 Cálculo geométrico para la determinación los puntos (x_L,y_L)

Después de determina la existencia de una fuente de luz, el ángulo en el que se encuentra la cámara es conocido, así como el dato *gy* que es la coordenada “y” del centro de masa, con estos datos y con las restricciones enunciadas previamente es posible determinar el punto (x_L,y_L) de la fuente de luz. De acuerdo con la figura 3 y por el análisis geométrico tenemos:

$$x_L = d \cos j$$

$$y_L = d \sin j$$

$$d = K * gy$$

K = Constante de normalización

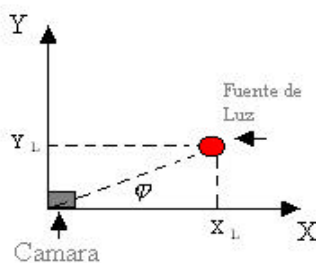


Fig. 3 Sistema de referencia

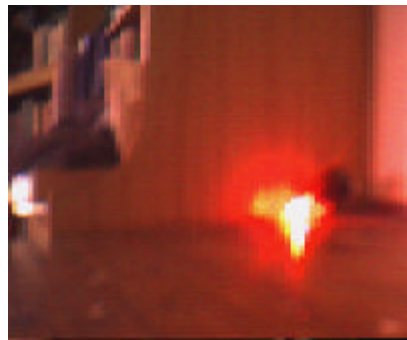
Estos cálculos son realizados para posteriormente mostrarlos en la segunda línea de la pantalla LCD.

3. RESULTADOS

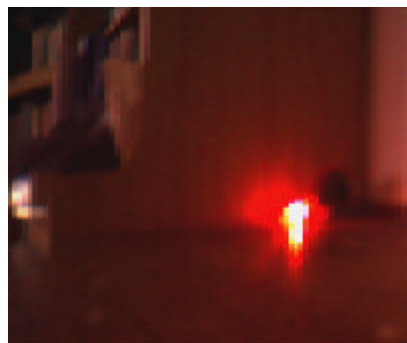
Enseguida son mostradas tres imágenes de una misma escena, la primera es tomada con la cámara digital MAVICA de SONY, la segunda es tomada con la cámara utilizada en este sistema de manera normal, y la tercera es tomada también con la misma cámara pero con la alteración que realizamos en los registros de esta para tener una mayor facilidad de búsqueda. El software utilizado para la adquisición de las imágenes esta hecho en Visual Basic .



Fig. 4 Imagen capturada con la Mavica de SONY



a)



b)

Fig. 5 a) Imagen capturada con la CMUcam de manera normal b) con registros reconfigurados por nuestro software

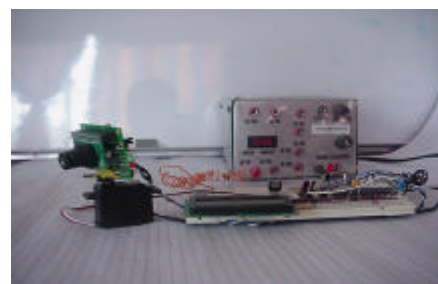


Fig. 6. Implementación de un sistema empujado de visión

4. CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto permitió observar la forma en que la mayoría de la gente trabaja en el procesamiento de imágenes, también nos permitió el estudio de la transmisión de datos vía serial el cual es muy utilizado en muchos equipos. La selección del PIC16F877 fue sobre la base de las múltiples alternativas que ofrece, como lo es el modulo de transmisión serial, modulo PWM, así como la forma fácil y barata de adquirirlo. Todos los dispositivos electrónicos empleados demandan muy poca corriente, por lo cual el sistema es muy eficiente.

El proyecto esta orientado hacia una perspectiva de desarrollo de la tecnología de sistemas empustrados los cuales pueden ser aplicados en laboratorios de las universidades e incluso en la industria.

Una posible aplicación industrial es la verificación de fracturas en materiales, donde estos pueden ser sometidos a una fuente de luz intensa, y si existiera alguna fractura el sistema detectaría el paso de la misma.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la dirección de la FCE, al grupo de investigación *ComunikECE*, al profesor W. Fermín Guerrero y a la Dra. Rocío Alba Flores su valiosa ayuda para realizar este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] C. Barnhart, The MIT Cheap Vision Machine, <http://www.ai.mit.edu/people/ceb/cvm.html>
- [2] J. Bruce and T. Balch and M. Veloso, "Fast and Inexpensive Color Image Segmentation for Interactive Robots," *Proceedings of IROS, 2000*.
- [3] I. Horswill, "Polly: A vision-based artificial agent," *The proceedings of the eleventh National Conference on Artificial Intelligence, 1993*
- [4] Philip J. Koopman, Jr "Embedded System Design Issues," *The proceedings of the International Conference on Computer Design (ICDD 96)*
- [5] A. Rowe, C. Rosenberg, I. Nourbakhsh "A simple Low Cost Color Vision System," Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburg, PA 15213.
- [6] <http://www.microchip.com>