

Reconocimiento y seguimiento de objetos móviles en un sistema de fútbol robótico.

Jorge Chicala¹, Rodrigo Jacho¹, Luis Atiencia¹, Boris Vintimilla²

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Prosperina, Km 30.5 vía Perimetral. 0901.5863 Guayaquil, Ecuador

jchicala@yahoo.com, rfjacho@hotmail.com, latienci@hotmail.com, boris.vintimilla@espol.edu.ec

Resumen

El elemento de visión en un sistema de fútbol robótico es el encargado de decir lo que está ocurriendo en el campo de juego, para lo cual cumple tareas como: reconocimiento y clasificación de los robots, diferenciando entre los robots locales y los oponentes, y adicionalmente indica la trayectoria del balón. Para lograr estas tareas se deben resolver problemas relacionados con la iluminación, limitación de los sensores y del equipo de adquisición (cámaras, tarjeta de digitalización, etc).

A lo largo de este artículo se muestra la implementación del sistema de visión de tal manera que no sea susceptible a cambios bruscos de iluminación y que el reconocimiento y seguimiento de los objetos móviles sea lo suficientemente robusto para lograr un buen desempeño de un equipo de robots en competiciones de fútbol robótico.

Palabras Claves: Visión por computador, procesamiento de imágenes, fútbol robótico, robótica móvil.

Abstract

The element of vision within a robotic soccer system is the one in charge to say what it is happening in the playground, for which fulfills tasks like: recognition and classification of robots, differentiating between robots local and the opponents, additionally indicate the trajectory of the ball. In order to obtain these tasks it must overcome obstacles related to illumination, limitation of the sensors and the acquisition equipment (cameras, frame grabbers, etc).

This article shows the implementation of the vision system in such a way that it is not sensitive to abrupt changes of illumination and that the recognition and tracking of the mobile objects are the sufficiently robust to obtain a good performance of a robots team in competitions of robotic soccer.

¹ Ingeniero en Computación Especialización Sistemas Tecnológicos 2006, ² Doctor en Ingeniería Industrial, Profesor de la ESPOL desde 2001

1. Introducción

La visión por computador es un área que complementa a la robótica ya que ayuda a que ésta logre cumplir uno de sus objetivos principales el cual es presentar autonomía en la realización de las tareas encomendadas a los robots.

En los inicios de la robótica la única tarea que realizaban los robots consistía en mover un brazo mecánico una cierta distancia fija para tomar objetos que se encontraban frente a él y luego colocarlos en recipientes ubicados igualmente a una distancia ya definida a los costados o detrás del robot. Para estos casos, la toma de decisión era prácticamente nula ya que el ambiente en el cual se desenvolvían no era dinámico.

Con el desarrollo y la investigación en el campo de la visión por computador se dio a los robots la capacidad de “percibir” el ambiente en el cual se encuentran. Esto, junto a los algoritmos de inteligencia artificial permitió la toma de decisiones de acuerdo a las circunstancias en que se encuentre el robot en un momento dado.

El desarrollo de un sistema de visión fue una experiencia única debido a que el objetivo al cual se quiere llegar es a tener un sistema tan bueno, como lo es su homólogo, el sistema visual humano.

A continuación la figura 1 muestra los componentes básicos a ser considerados para implementar un sistema de visión para fútbol robótico.

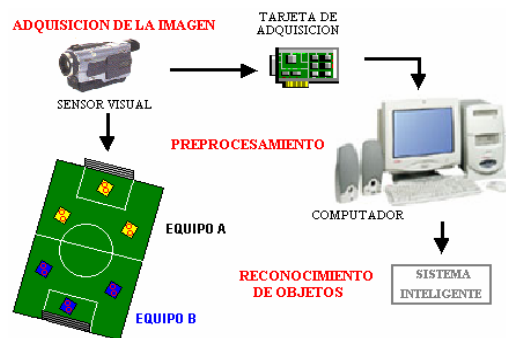


Figura 1.- Componentes básicos de un sistema de visión.

Cabe indicar que durante el proyecto hubo consideraciones que se tomaron en cuenta siendo una de ellas la iluminación. A pesar de tener un parámetro o valor de iluminación para competencias definido por la FIRA, el objetivo

que siempre se tuvo en mente es el de desarrollar un sistema de visión que funcione lo mejor posible frente a condiciones variantes de luz.

Este artículo resume las técnicas desarrolladas y probadas del componente de visión implementado para un sistema de fútbol robótico.

2. Estudio Bibliográfico

El estudio bibliográfico que se llevó a cabo en este proyecto abarcaba los elementos necesarios para el desarrollo de un sistema de visión. Se empezó analizando los diferentes métodos de iluminación existentes para lograr una distribución de luz lo más uniforme posible en el campo de juego y de esta manera obtener un valor de luminancia definido por la FIRA que era de 1000 lux. De los métodos estudiados se indicaron características, ventajas y desventajas con la finalidad de seleccionar aquel método que logre cumplir con el objetivo propuesto. Seguidamente se realizó un estudio de los componentes electrónicos o hardware utilizado para la captura y procesamiento de la imagen, estos elementos son la cámara y la tarjeta de digitalización (*frame grabber*) [1].

Un estudio de los diferentes espacios de colores se incluyó, indicándose ventajas y desventajas con la finalidad de seleccionar aquel espacio que permita un mejor reconocimiento de los objetos en la escena.

Finalmente se mencionó diferentes técnicas de reconocimiento de patrones de objetos, este reconocimiento abarcaba técnicas de selección de características y clasificación de los objetos analizados.

3. Sistemas de iluminación y adquisición de imágenes

El principal factor que afecta a un sistema de visión es la iluminación, una iluminación uniforme ayuda a que el reconocimiento de los objetos sea un proceso más preciso, en contraparte una pobre iluminación dificulta la apreciación y reconocimiento de los objetos dentro de la escena. Dos técnicas de iluminación son ampliamente utilizadas en iluminación de interiores y exteriores, estas técnicas son el *Método de los lúmenes* y el *Método de punto por punto* [2].

El primer método es ampliamente utilizado en alumbrado general y es una técnica que permite obtener un valor promedio de iluminación sobre

una determinada área, el segundo es utilizado para obtener valores de iluminancia deseados en puntos concretos. Para el desarrollo del proyecto se seleccionó el método de los lúmenes.

Para la determinación del tipo de luminaria se tuvo el soporte de la empresa *Cometace*, empresa encargada de iluminación de interiores y exteriores, dicha empresa recomendó el uso de luminarias COMFORT 318 PS/90.

El cálculo de la distribución y el número de las luminarias anteriormente mencionadas fue realizado mediante el software de distribución libre *LumenLux*; software muy útil para la definición de la iluminación, dicho programa genera como respuesta la distribución y números de luminarias a utilizar, este resultado lo obtiene posterior al ingreso de parámetros como cantidad de luz a obtener, tamaño del espacio a iluminar, posible posición o altura en que van a estar ubicadas las luminarias, entre otros.

En lo referente al sistema de adquisición de imágenes se realizó un amplio estudio en cuanto a las características de los equipos de hardware a utilizar, siendo estos las cámaras y la tarjeta de adquisición.

Se recopiló información de características y precios de los equipos tratando de obtener un balance entre la adquisición de un buen hardware que ayude en el desarrollo del proyecto y que el valor a gastar esté dentro del presupuesto establecido.

Gracias a una generosa donación de la FIRA (Federation of Internacional Robot-soccer Association), se pudo contar con una cámara y una tarjeta de adquisición. Estos equipos son los comúnmente utilizados por equipos internacionales para las competencias, es así que se contó con una cámara CCD marca Samsung SDC-410ND (Figura 2) y una tarjeta de digitalización marca MyVision (Figura 3), equipos que ayudaron al desarrollo del proyecto incluso con los cuales competimos en campeonatos internacionales como el FIRA Robot World Cup realizado en Seúl, Corea del Sur, en el año 2002. Las principales características de los equipos usados son mostradas a continuación en las tablas 1 y 2 respectivamente.



Figura 2. Cámara Samsung CCD SDC-410ND

Tabla I. Propiedades de la cámara SDC-410 ND

| Propiedad | Descripción |
|---------------------------------|---|
| Sistema de Escaneo | NTSC estándar:525 líneas, 30 cuadros/segundo (fps) |
| Dispositivo de Imagen | Interline transfer Super HAD CCD, 410,000 píxeles |
| Tamaño CCD | 1/3 pulgadas |
| Elemento Efectivo de Imagen | 768 (H) x 494 (W) |
| Interlazo | 2:1 Interlace |
| Frecuencia de Escaneo | Horizontal: 15.734kHz /15.750 kHz, Vertical: 59.94 Hz / 60 Hz |
| Resolución | Horizontal: 480 líneas TV, Vertical: 350 líneas TV |
| Nivel de Salida de vides | VBS 1.0Vp-p (75 ohms, composite) |
| Iluminación Mínima de la Escena | 0.4 Lux @F1.2(50IRE) |
| Montura de Lente | C/CS compatible |
| Socket E/S Salida de vides | BNC(atrás), AI Lens : 4-pin DIN(costado) Poder: 2 pin term. (atrás) |
| Poder | AC 24V, 60Hz o DC 12V (3.5W) |
| Tamaño | 65(W) x 52 (H) x 133(D) mm (2.65plg x 2.05plg x 5.24 plg) |
| Peso | 450 gr. (1lb) aproximadamente |



Figura 3. Tarjeta de adquisición MyVision

Tabla II. Especificaciones de la tarjeta MyVision

| Especificaciones | Descripción |
|--|---|
| Formato de Entrada | NTSC, SVideo |
| Terminal de Entrada | BNC, RCA x 2, SVideo |
| Resolución | 640 x 480, 320 x 240 |
| Formato del Color | RGB32bits, RGB24bits, RGB15bits, Y8(Gris), YUV422 |
| Método de Adquisición | Marco, campo (frame, field) |
| Velocidad de Adquisición | 30 marcos/Segundo (fps), 60 marcos/Segundo (fps) en tiempo real |
| Sistema Operativo sobre el cual puede trabajar | Windows 95/98 |
| PC Mínima | Pentium 150 |
| Librería | MV Library (para Visual C++ 5.0 o superior) |

4. Utilización del espacio de colores HSI

La imagen obtenida de la tarjeta de adquisición, es una imagen en el espacio de color RGB. El software para procesar imágenes (que vino como parte de la donación) utilizaba esta imagen y la transformaba al espacio de color YUV, el cual es un espacio alternativo para representar imágenes. En este espacio la componente del brillo es separada de la componente de color lo que origina que el sistema no se vea afectado por las variaciones de iluminación [3], [4].

Debido a que las componentes YUV no son instintivas para el ser humano y además debido a ciertas falencias en este espacio de color se procedió a analizar otro espacio alternativo el cual es el espacio HSI (Hue, Saturation, Intensity). Este espacio es intuitivo para el usuario y adicionalmente es mucho más robusto que YUV ante las variaciones de iluminación [5].

La transformación del espacio de color RGB a HSI requiere del cálculo matemático de fórmulas [6] lo cual consume tiempo de procesamiento que en el caso de que se realice en cada imagen en tiempo real consumiría mucho recurso computacional y tiempo. Para solucionar este problema se procedió al llenado de dos tablas de búsqueda (LookUp Table-LUT) con valores correspondientes a H y S. Los 256 posibles niveles de intensidad de las componentes R, G y B fueron usados como parámetros para la transformación al espacio HSI.

Los valores obtenidos son almacenados en una LUT_S y LUT_H , de saturación y tono respectivamente. El identificador de la posición de cada valor dentro de LUT_S (LUT_H) se obtiene combinando las componentes R, G y B.

El llenado de las tablas anteriormente mencionadas se lo realiza fuera de línea, es decir antes de poner en funcionamiento el sistema de captura de imágenes. De esta manera se ha ahorrado tiempo y recurso computacional, obteniéndose un tiempo de reconocimiento de objetos cercano al tiempo real.

5. Algoritmo para reconocimiento y seguimiento de objetos móviles.

La función principal del módulo de visión consiste en reconocer, indicar la posición y realizar el seguimiento de los objetos en la escena. En un sistema de fútbol robótico los elementos a reconocer son el balón, los robots locales y los robots oponentes (Figura 4).

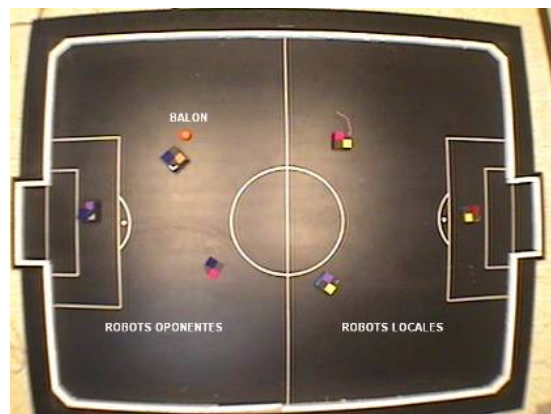


Figura 4. Objetos móviles a reconocer: robots locales/oponentes y balón

Para el reconocimiento de los objetos se utilizaron las características cromáticas o colores de los mismos como en el caso del balón y en el caso de los robots locales y oponentes se utilizaron parches de colores para identificar aquellos pertenecientes a un equipo y también identificarlos de manera individual dentro del campo de juego. Con la finalidad de aumentar la precisión en el reconocimiento de los objetos se procedió a seleccionar el material de los parches de tal manera que sean fácilmente reconocibles por el sistema de visión.

Una vez obtenidos los parches a utilizar se procede a seleccionar los valores de píxeles que representen el color del objeto analizado, esta operación de selección se realiza offline es decir antes de poner en funcionamiento el sistema de

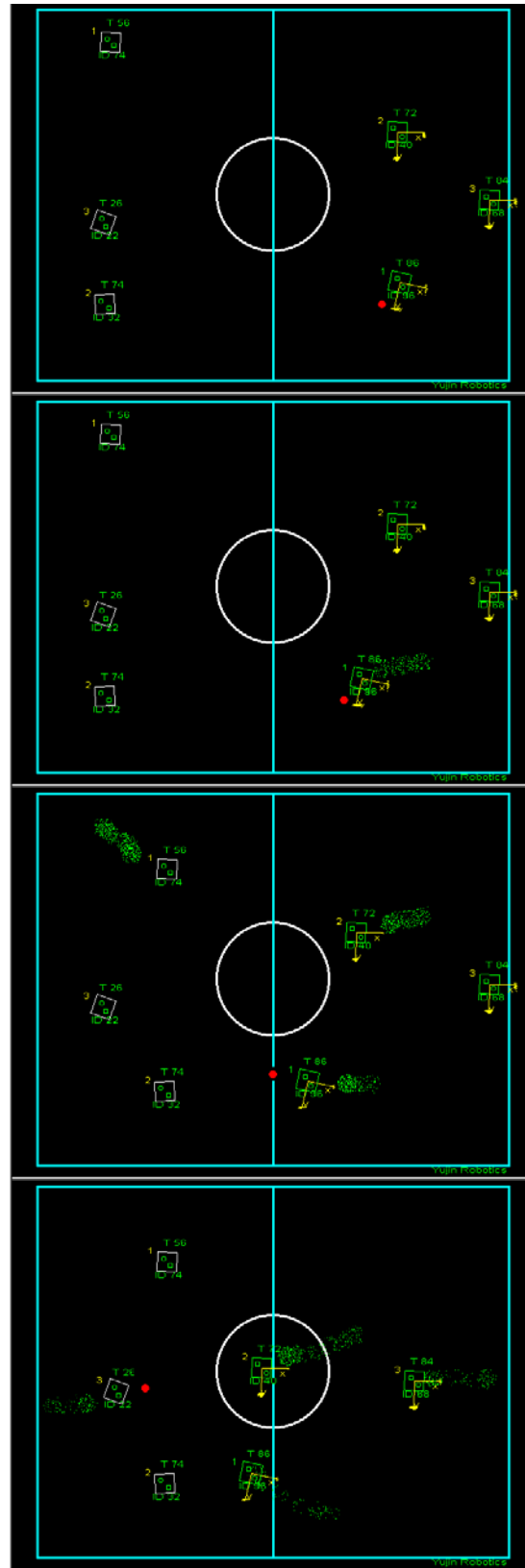
captura de imágenes. El objetivo de este paso es obtener un conjunto de píxeles para calcular la media y desviación estándar y de esta manera tener un rango de valores de píxeles dentro del cual se pueda identificar a un objeto y clasificarlo como perteneciente a un determinado grupo.

Seguidamente se utilizan estos rangos de píxeles para obtener una estimación de la posición de los robots y del balón dentro de la escena.

Una vez reconocido el objeto en la escena, para su seguimiento fue necesario calcular la posición y orientación del objeto [7], esto es muy importante ya que permite calcular su próxima ubicación dentro del campo de juego y de esta manera poder darle seguimiento.

Para el cálculo de la posición del objeto se posee de antemano el ancho y el largo de la cancha en unidades de números de píxeles por fila y columna, la posición del objeto estará dada por la posición en píxeles que este ocupa en la escena. En lo referente a la orientación del objeto el cálculo se realiza por medio del reconocimiento del número de píxeles que forman parte del color del equipo de robot y también por medio del número de píxeles del color del robot como jugador individual, de esta manera se puede conocer la parte frontal del jugador y la orientación que esta tiene con respecto al eje coordenado que forma la cancha.

La Figura 5 mostrada a continuación ilustra una secuencia de juego en un partido de fútbol robótico. Note que tanto los robots (locales y oponentes) y el balón son reconocidos durante la ejecución de los movimientos



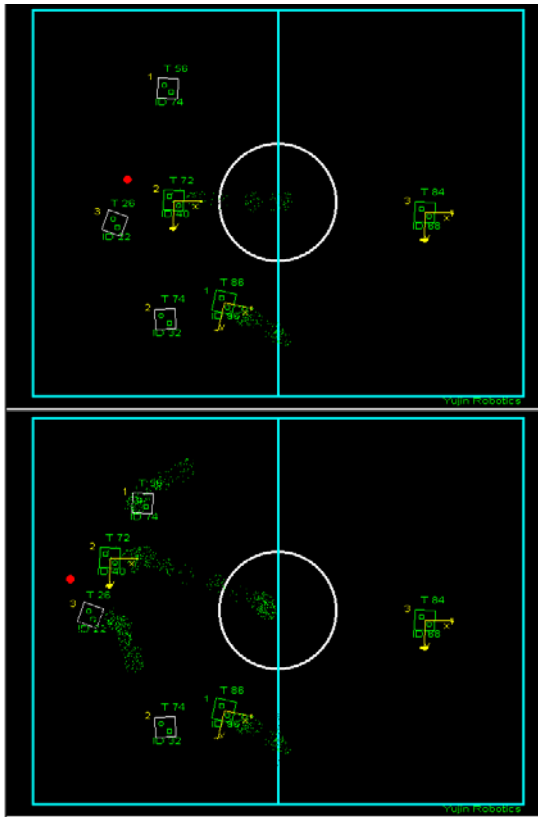


Figura 5. Reconocimiento y predicción de movimiento en una escena de juego.

6. Conclusiones

Se ha presentado los pasos necesarios para la implementación de un sistema visión artificial para reconocer y seguir varios objetos móviles en tiempo real. El ambiente usado para probar el sistema fue un sistema de fútbol robótico, donde los objetos móviles de interés son los robots y el balón.

Se ha demostrado que el uso del espacio de color *HSI* es adecuado para la segmentación en entornos con iluminación poco uniforme. Cabe indicar que a pesar de la robustez del espacio de color *HSI* ante la variación de intensidad de iluminación, adicionalmente, el sistema mejora grandemente su desempeño si los parches para la identificación de los robots son seleccionados correctamente. Materiales que no reflejan la luz son mucho más fáciles de calibrar sus valores *H* y *S* y además el reconocimiento se realiza de una manera más precisa.

La estrategia utilizada para el etiquetado y la detección de las regiones de color se la ha considerado eficiente ya que el tiempo en el cual realiza su labor es un tiempo cercano al tiempo real, la eficiencia de estas fases se mejoró enormemente mediante el llenado de las tablas

LUTs y *LUT_H* fuera de línea. Estas tablas indican el valor de *H* y *S* de un píxel analizado.

La mayoría de las veces la iluminación de la cancha no es uniforme, es por este motivo que las esquinas de las canchas presenta una escasa iluminación siendo prácticamente imposible el reconocimiento de los objetos. Una solución para esta deficiencia en el reconocimiento consistiría en tomar una muestra del objeto en estos lugares y los valores obtenidos considerarlos dentro de los valores de calibración del color del objeto.

5. Referencias

- [1] J. Chicala, R. Jacho, L. Atienza, "Reconocimiento y Seguimiento de Objetos Móviles en un Sistema de Fútbol Robótico" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006)
- [2] Edison – Aprendizaje basado en el Internet, "Luminotecnia: Iluminación de Interiores y Exteriores" disponible en <http://edison.upc.es/curs/ilum#mlum>.
- [3] María de los Angeles Junco Rey, Ricardo Swain Oropeza, Alejandro Aceves López, Jorge Ramírez Uresti "RoboCup: El Reto" Laboratorio de Telemática, Electrónica y computación, CLASITEC, Arequipa, Perú, 8-12 julio 20002, p.5.
- [4] Kentaro Oda, Takeshi Ohashi, Shuichi Kouno, Kunio Goara, Toyohiro Hayashi, Takeshi Kato, Auki Katsumi, Toshiyuki Ishimura "ASURA: Kyushu United Team in the Four Legged Robot League" pp. 2. Tech Report 2002
- [5] Pajares G., De la Cruz J. Visión por computador: imágenes digitales y aplicaciones. Editorial Ra-Ma, pp. 128-134, 2001.
- [6] NEC/Mitsubishi, "sRGB: A Standard for Color Management", White Paper August 2001
- [7] Sargent, R., Baiey, B., Witty, C., and Wright, A, "Dynamic object capture using fast vision tracking" Artificial Intelligence Magazine, vol. 18:1, pp. 65-72, 1997.