

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

MODELO PARA LA LOCALIZACIÓN Y  
SEGUIMIENTO DE OBJETOS  
HOMOGÉNEOS EN AMBIENTES  
MULTICÁMARA

TESIS PRESENTADA POR PERCY WILIANSON LOVÓN RAMOS

2014

Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas

---

# Índice general

<b>1. Planteamiento y Justificación del Tema</b>	<b>7</b>
1.1. Contexto y Motivación . . . . .	7
1.2. Definición del Problema . . . . .	7
1.3. Objetivos . . . . .	8
1.3.1. Objetivo General . . . . .	8
1.3.2. Objetivos Específicos . . . . .	8
1.4. Organización de la tesis . . . . .	8
1.4.1. Capítulo 2 Estado del Arte . . . . .	8
1.4.2. Capítulo 3 Marco Teórico . . . . .	8
1.4.3. Capítulo 4 Diagramas . . . . .	9
1.4.4. Capítulo 5 Propuesta . . . . .	9
1.4.5. Capítulo 6 Evaluación . . . . .	9
1.4.6. Capítulo 7 Conclusiones y Recomendaciones . . . . .	9
<b>2. Estado del Arte</b>	<b>10</b>
2.1. Reseña Historica . . . . .	10
2.1.1. <b>Sistemas de Visión Global</b> . . . . .	10
2.1.2. <b>Seguimiento de Objetos en Ambientes Multicámara</b> . .	11
2.2. Estado del Arte . . . . .	13
<b>3. Marco Teórico</b>	<b>15</b>
3.1. Robótica . . . . .	15
3.1.1. Breve recorrido por la historia de la Robótica . . . . .	15
3.1.2. Definicion de Robótica y Sistema Robótico . . . . .	16

---

3.2. Redes Neuronales . . . . .	16
3.3. Procesamiento de Imágenes . . . . .	17
<b>4. Diagramas</b>	<b>19</b>
4.1. Diagrama de Casos de Uso . . . . .	19
4.2. Diagrama de Componentes . . . . .	19
4.3. Diagrama de Clases . . . . .	19
<b>5. Propuesta</b>	<b>22</b>
5.1. Sistema de Visión . . . . .	22
<b>6. Evaluación</b>	<b>25</b>
6.1. Sistema de Visión . . . . .	25
<b>7. Conclusiones</b>	<b>27</b>

---

# Resumen

La presente investigación presenta un nuevo modelo basado en redes neuronales para el seguimiento de objetos homogéneos en ambientes multicámara. El desempeño fue medido en función al error de la comparación entre la posición estimada y la posición real. Los resultados muestran una clara mejora de la localización de objetos en ambiente multicámara frente a los métodos tradicionales que usan una sola cámara. El trabajo presentado tiene implicancias en los sistemas de visión de fútbol de robots, casas inteligentes, vigilancia de ciudades, apoyo al control de velocidad vehicular.

---

# Introducción

A medida que la ciencia avanza, el desarrollo tecnológico también lo hace; sobretodo en lo que implica facilitar y mejorar la calidad de vida del ser humano, es así que los robots han tomado un papel importante en el cumplimiento de este propósito. Los robots tienen diversas aplicaciones, siendo una de ellas la industria, en la cual se pretende ayudar en el proceso de fabricación de productos y/o servicios utilizando robots para tal cometido[1]. Otra aplicación importante es la milicia, donde los robots tienen mayor repetitividad y precisión [2]. También se tiene una creciente influencia en la agricultura, debido a la falta de mano de obra en tareas que hacen peligrar la integridad del ser humano [3].

Para que los robots no necesiten intervención de la mano humana en su interacción con el mundo exterior (autonomía) es necesario que tengan sensores que sean eficientes. Una de las formas de sensoriamiento más importantes es la de visión. Baltes y Anderson mencionan que hay dos tipos de visión, una que es la visión local y la otra global. En la Visión Local el robot tiene una perspectiva de primera persona; en esta el robot tiene una cámara puesta sobre su propia estructura, este tipo trae ciertas dificultades como que el robot sólo puede ver lo que su campo de visión le permite, además si el ambiente multirobot se requeriría cámara para cada uno de los robots. [4]

Por otro lado, la visión global, es la que contiene una o mas cámaras (multicámara) las cuales cubren todo el espacio de trabajo, sería mejor llamada espacio inteligente. Un espacio inteligente contiene *sensores* los cuales tienen el rol de identificar los objetos y recibir información del mundo exterior, *procesadores* los cuales son el núcleo del proceso de vision ya que procesan la información, *actuadores* y *dispositivos de comunicacion* [5].

El presente trabajo se probara la técnica de procesamiento de imágenes llamada Transformada de Hough y las redes neuronales para realizar el seguimientos de objetos en ambiente multicámara.

---

# Capítulo 1

## Planteamiento y Justificación del Tema

### 1.1. Contexto y Motivación

En el contexto de la visión artificial, se tiene el tema de la visión global cuyo es la de detectar e identificar el objeto y a partir de allí hacerle el seguimiento (Moving Object Tracking-MOT). Según Achyara y Ray se tienen dos enfoques para realizar el MOT: el enfoque basado en el reconocimiento y el basado en el movimiento. En el primero se estudia bajo las características del objeto en el otro se usa las características del movimiento del objeto [6].

El desafío se presenta cuando se utilizan cámaras de bajo costo y sin ningún estándar que permita su conexión sencilla al computador.

### 1.2. Definición del Problema

Un problema en la visión global es el seguimiento de objetos, la aplicación en el tema de fútbol de robots ha sido explorada mediante sistemas de visión que utilizan una sola cámara, sin embargo al tener una sola cámara no es suficiente para cubrir espacios (campos de visión) amplios.

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Ampliar el campo de visión de un sistema de visión global mediante un ambiente multicámara

### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Estudiar el estado del arte con respecto al tema.
- Clasificar objetos estáticos de objetos en movimiento.
- Adquisición de secuencias de videos y procesamiento adecuado de ellas.
- Diseño e implementación de un sistema que, basado en procesamiento de imágenes y redes neuronales permita realizar la trazabilidad del objeto(robot).
- Probar el sistema propuesto, así como entrenar la red neuronal recurrente que permita realizar la predicción de posiciones sucesivas de un robot.

## **1.4. Organización de la tesis**

Se presenta una breve descripción de los contenidos en la presente tesis:

### **1.4.1. Capítulo 2 Estado del Arte**

Se presenta un compendio de una gran parte de las investigaciones hechas en nuestro tema, tanto de fuentes no recientes (Reseña Histórica ) y de las investigaciones mas recientes (Estado del Arte).

### **1.4.2. Capítulo 3 Marco Teórico**

Se presenta un recorrido breve por la historia de la Robotica, Redes neuronales, procesamiento de imágenes.



### **1.4.3. Capítulo 4 Diagramas**

Se presentan los diagramas de casos de uso, diagrama de componentes y diagrama de clases, todos basados en el estandar UML.

### **1.4.4. Capítulo 5 Propuesta**

Se presenta los componentes principales de la propuesta, se explica la forma en que se realiza el sistema de visión y además el sistema de predicción de las siguientes posiciones

### **1.4.5. Capítulo 6 Evaluación**

Se presenta la puesta en practica de la propuesta asi como las comparaciones debidas entre lo que la propuesta predijo y las posiciones reales de los objetos.

### **1.4.6. Capítulo 7 Conclusiones y Recomendaciones**

Se concluye con las conclusiones basadas en la experimentación realizada.

---

## Capítulo 2

# Estado del Arte

### 2.1. Reseña Historica

#### 2.1.1. Sistemas de Visión Global

Como ya mencionamos en la introducción se prefiere el uso de sistemas globales para tener un panorama de todo el ambiente, este tipo de visión nos evita la oclusion, pero sin embargo acarrea problemas como la sincronización, si es que fuera en una sola computadora el problema de conectar varias cámaras es solucionado a veces cámaras de determinado estándar de dispositivos. Generalmente los sistemas de visión global para los robots, se apoyan en marcas sobre los robots de forma de circulos los cuales les sirven en el reconocimiento.

El problema de visión global, tiene como uno sus focos principales el problema de la calibración de cámaras que permite establecer parámetros intrínsecos y extrínsecos (internos y externos) para que el funcionamiento de la camara sea correcto y no variable, dicho problema puede ser abordado con clustering por ejemplo el K-Means, en el que cada clase del algoritmo K-means es representado por un valor RGB(red,green,bluee) llamado centro y se escoge aleatoriamente al inicio. Después de tener los centros se podría agrupar todos los que tienen centros más cercanos, después se saca la media y ese es el nuevo centro, el algoritmo terminaria cuando los centros ya no varian [7]. Este mismo enfoque nos puede servir para la segmentacion, esto dividiendo el conjunto de píxeles y agruparlos segun su semejanza, ademas usar

de las redes neuronales para clasificar el color, en este caso tendríamos que darle a la red como valores de entrada los valores RGB de cada píxel para que nos pueda retornar la identificación del color[8].

El uso del color para obtener el reconocimiento del objeto deseado. Por ejemplo el sistema RoboRoos el cual es dividido en un total de 9 capas donde cada una tiene su tarea asignada. En este sistema se utiliza el color para diferenciar los diferentes objetos (robots, pelota), además se apoyan de cámaras que cumplen con el estandar IEEE Firewire, salvandose así del problema de bus del USB cuando se trata de conectar varias cámaras[9]. Además se puede aplicar el color usando mapas de color por ejemplo se puede realizar mapas de color para encontrar la crominancia (el componente que contiene información del color en cualquier video), después de aplicar los mapas de color se verifica a través de los contornos si es una pelota, o un jugador[10].

### 2.1.2. Seguimiento de Objetos en Ambientes Multicámara

Si bien los sistemas de visión globales nos proporcionan la ubicación, identificación de los objetos, es necesario hacerles un seguimiento, esto se hace por distintos métodos que se tratarán en esta sección. Esta tarea se puede realizar con una sola cámara pero no se puede cubrir todo el espacio bajo este enfoque, es por ello que se recomienda necesario implementar sistemas multicámara.

Uno de los enfoques que realizan los investigadores en el tema es el de la lógica fuzzy el cual nos otorga un grado más cercado a la percepción humana, esto debido a las funciones de membresía que nos indican grados de pertenencia a los cuales puede pertenecer un color. Se pueden usar la lógica fuzzy de diferentes formas por ejemplo utilizar autómatas fuzzy donde cada estado de la autómata  $S_i$  representa en la cámara  $i$  la aptitud para que sea esta cámara candidata a que en ella este el objeto que se sigue[12], sin embargo este enfoque no es lo suficientemente robusto contra las oclusiones, además de solo realizar con una cámara. También apoyados por un grafo de región de adyacencia para representar las imágenes del foreground, se pueden utilizar histogramas de color fuzzificados asociados a cada región de adyacencia, los cuales combinados tienen bajo costo computacional y son aplicables en

tiempo real[17].

Sin embargo existen otros enfoques relacionados también con el color como los que se basan en histogramas de color, los cuales son fuertes contra el problema de oclusión (los objetos tienden a confundirse mientras más alejados están de la cámara). Una forma es utilizando el coeficiente de Bhattacharyya el cual apoya a la decisión sobre cual cámara es la que tiene en su enfoque el objeto a seguir mediante un histograma [11]. Otra forma en la se puede hacer el seguimiento basado en histogramas es apoyarse del COBMAT (Color-Based Multiple Agent Tracking), este algoritmo nos permite distribuir el procesamiento del seguimiento de objetos, evitando así la centralización. Además de apoyarnos en cámaras inalámbricas[18].

Algunos autores abordan el problema desde el punto de vista estocástico, en el cual es necesario a veces tener las probabilidades a priori, esto se puede hacer un entrenamiento previo mediante una simulación de objeto para que el método reconozca todo el espacio de trabajo utilizan una persona cargando una pelota y se reconoce la pelota, entonces después de esto se puede utilizar una cadena de Markov para dividir el espacio cubierto en una matriz de estados y poder así realizar el seguimiento[13], sin embargo este enfoque tiene debilidades de cuando hay dos personas caminando en sentido contrario, se le puede confundir.

Además existen abordajes que se basan en las características de determinados dispositivos y estándares para realizar el seguimiento. Por ejemplo las cámaras Firewire, basadas Estándar IEEE 1394, el cual da facilidades para conectar varias cámaras, un problema vital para el enfoque de multicámaras[15].

Un problema parecido al que se aborda en este paper, sería un enfoque distribuido en el que la comunicación se realiza mediante el protocolo de comunicación UDP (User Datagram Protocol), esto con el objetivo de seguir varios robots en ambiente multicámara, para facilitar el proceso de identificación del robot les ponen unas marcas con formas geométricas (círculos). Utilizan dos tipos de enfoques para realizar la identificación uno es basado en el color y otro es basado en formas geométricas. Tienen dos programas diferentes, en uno es para controlar las cámaras y la adquisición de imágenes y el otro programa es para centralizar la información obtenida de las cámaras [14].

## 2.2. Estado del Arte

Los estudios más recientes en seguimiento objetos en ambientes multicámaras nos muestran diferentes métodos como son los planos homográficos cuya principal característica es que ahorran costo computacional. Santos y Thiago llegan a la conclusión que algunos de los anteriores métodos enfrentan problemas como la oclusión y la confusión por colores cuando se tratan de objetos homogéneos. Ellos abordan de diferente forma ya que primero realizan la localización, luego hacen una segmentación (*locate-then-segment*), en contraste con los métodos tradicionales que realizan primero la segmentación (*segment-then-locate*). Además integran la información de todas las cámaras antes de tomar una decisión, la homografía la usan para fusionar la información de el *foreground* para resolver oclusiones y localizar en este caso personas en planos referenciales [20]. Yaldaz además de utilizar la homografía aumentan a ello los llamados *Voting Methods* los cuales les otorgan la facilidad de hacerlos paralelizables, no son iterativos y mas rápidos [19].

Otra forma actual de abordar el problema de seguimiento es haciendo una representación en grafos basada en las diferentes vistas de la cámara. Hofmann utiliza un solo hipergrafo para realizar con el cual resuelve el problema de asociación de data, además su enfoque sirve para ambientes multicámara en las cuales hay superposición de las vistas de las cámaras. Cada nodo de el hipergrafo contiene los acoplamientos factibles entre las cámaras para asegurarse que cada detección es en la misma dirección (para ambas cámaras), esto nos hace señalar que usan unas restricciones de acoplamiento. El problema de seguimiento lo abordan como un problema de máximos globales a posteriori, cada detección es definida como una tupla en la que componen la posición el tamaño del pixel, el índice de la cámara, y el tiempo [21]. Leal aplica un grafo para cada posible vista de las cámaras, y si es necesario para cada tupla de cámara [22].

También se pueden usar sistemas de visión ya realizados por ejemplo el sistema de Visión Anafocus Eye-RIS con un algoritmo que combina la detección de objetos en movimiento con la extracción de características, el Eye-Ris utiliza el sensor de imagen inteligente (*SIS*) Anafocus [16].

El problema también se está abordando haciendo una representación en 3D dinámica basándose en las vistas de cada cámara sin embargo se enfrentan 3 problemas

principalmente: (1) Costo y complejidad computacional, (2) como cargar la representación hallada, (3) Los métodos son muy generales y las aplicaciones muchas. Bilir hace una malla para hacer la representación inicial y la va cambiando según el tiempo, liberándose así del problema de tener representación (mallas) ya predefinidas para hacer la reconstrucción. Utilizan el método *Shape Tracking* el cual trata de hacer una reconstrucción de una superficie en el tiempo  $t+1$  en función a la representación hallada en  $t$ . Ellos realizan el seguimiento tomando atención a los cambios de la conectividad y desplazamientos de los vertices. Con este enfoque se puede recibir cualquier forma haciendo este enfoque mas dinámico.[23]

Un abordaje que se realizó es el de usar el *background* y el *foreground* esto para saber cual es el objeto de fondo y el objeto en movimiento esto nos da la facilidad de evitar la oclusión y las ambigüedades de apariencia, sin embargo esto necesita intervención del usuario para poder asistir al programa. Sin embargo se puede realizar un enfoque que no necesita de la intervención del usuario. Emplean *Confidence Maps* que son calculados a través de la fusión de *Foregrounds*, cada mapa es calculado para cada una de las vistas de las cámaras, esto consiste en puntajes que representan la acumulativa confianza en el ambiente multicámara si el pixel es *foreground* o no lo es. Varias cámaras están de acuerdo que un punto específico es parte del *foreground*, además utilizan *Particle Swarm Optimization* para optimizar la función de ajuste, este algoritmo sugiere que pixeles pertenecen al *foreground* y que parámetros más se pueden incluir para descartar los píxeles que no los son, siendo así un algoritmo que no necesita intervención del usuario[24].

---

## Capítulo 3

### Marco Teórico

#### 3.1. Robótica

##### 3.1.1. Breve recorrido por la historia de la Robótica

La Robótica fué un término acuñado por Isaac Asimov, el cual fue un escritor en su tiempo de ciencia ficción, realidad en nuestra era. La robótica tuvo sus inicios en la cultura griega, los cuales llamaban *automatos* que era la palabra que tenían para denominar a sus máquinas, de esta palabra deriva *automata*.

Los árabes (siglo VII a XV) utilizaron los conocimientos griegos para realizar máquinas que ya no solo las usaban para su diversión sino que comenzaron a darle aplicaciones prácticas un ejemplo de ello eran los dispensadores de agua automáticos.

Durante los siglos XVII y XVIII se crearon algunas máquinas con forma similar a los humanos y algunos animales, estos dispositivos creados en la mayoría por el gremio de relojeros se utilizaban para la diversion y entretenimiento.

A finales del siglo VIII y principios del XIX se crearon algunas invenciones mecánicas como la hiladora giratoria de Hargreaves(1770), el telar mecánico de Cartwright (1785) y el telar de Jacquard (1801).

En 1948 R.C. Goertz del *Argonne National Laboratory* desarrollo, el primer telemanipulador con el objetivo de manipular los elementos reactivos sin riesgo a los operadores humanos, este es el antecedente más cercano a los robots, después estos telemanipuladores evolucionaron y luego ya se hablaba de robots, cuyas primeras

configuraciones eran como de esferas y antropomórficas. En 1982 El profesor Makino de la Universidad Yamanashi de Japon desarrolla el robot SCARA (*Selective Compliance Assembly Robot Arm*) cuyo principal objetivo era el de ensabamblado de piezas en cadenas de produccion industriales. [25].

En la Tabla a continuación podemos ver una breve linea del tiempo de los sistemas llamados Automatas durante el tiempo, anteriormente citados.

Año	Autor	Autómata
1352	Desconocido	Gallo de la catedral de Estrasburgo
1499	L.Da Vinci	León Mecánico
1525	J. Turriano	Hombre de Palo
1738	J de Vaucanson	Flautista, tamborillero, pato
1769	W. Von Kempelen	Jugador de Ajedrez
1770	Familia Droz	Escriba, organista, dibujante
1805	H.Maillardet	Muñeca mecanica dibujante

### 3.1.2. Definicion de Robótica y Sistema Robótico

La definicion de robótica es la ciencia de estudio de la conexión inteligente entre la percepcion y accion. Comúnmente un sistema robótico es un sistema complejo compuesto por múltiples subsistemas (Fig 3.1).

La capacidad de un robot para poder ejecutar una accion viene dada por el *Sistema de Actuadores* el cual anima los componentes mecánicos del robot. La capacidad de percibir el mundo exterior esta dado por el *Sistema de Sensores* el cual modifica el estado interior del sistema mecanico tomando datos del mundo exterior. La capacidad de conectar la accion con la percepción viene dada por el *Sistema de Control* el cual ejecuta comandos siguiendo las reglas de la tecnica de planificación del robot.[26]

## 3.2. Redes Neuronales

Las redes neuronales artificiales son estructuras paralelas las cuales se acercan al comportamiento de las redes neuronales humanas. Estan compuestas por neuronas



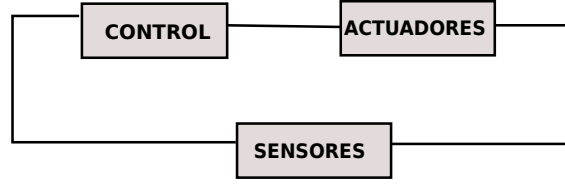


Figura 3.1: Subsistemas dentro de un robot (Fuente: Elaboración Propia)

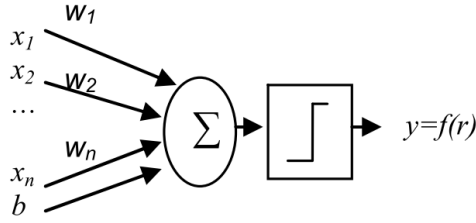


Figura 3.2: Red Neuronal de Salida Binaria

interconectadas mediante axones donde varias neuronas pueden formar una capa (si se tratara de una red neuronal multicapa), y varias capas formar una neurona. Podemos explicar una red neuronal con salida binaria en la figura 3.2:

Donde  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  son las entradas para la red neuronal,  $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$  son los pesos sinápticos, y  $b$  es un factor de polarización. El resultado final de la función se calcular así:

$$r = \sum_{i=1}^n x_i w_i + b \quad (3.1)$$

El resultado de esta ecuación nos dará 1 o 0 y si se tratara de una red multicapa este sería la entrada para otra red neuronal.[27]

### 3.3. Procesamiento de Imágenes

El procesamiento de imágenes es utilizado para mejorar las imágenes, prepararlas correctamente para un análisis por parte de máquinas. Consta de 4 procesos básicamente.[27]

1. Preprocesamiento: Son operaciones para adaptar la información de una imagen y tenerla lista para el siguiente paso. Por ejemplo cambiar el brillo, reducir ruido.



Figura 3.3: Pasos del Procesamiento de Imágenes(Fuente: elaboración propia)

2. Segmentacion: Separar la imagen en partes de las cuales se pueda hacer un analisis independiente.
3. Deteccion de objetos y clasificacion: Determinar cual objetos es cual.
4. Analisis de Imagen Obtener Informacion de alto nivel acerca de la imagen.

---

## Capítulo 4

### Diagramas

4.1. Diagrama de Casos de Uso

4.2. Diagrama de Componentes

4.3. Diagrama de Clases

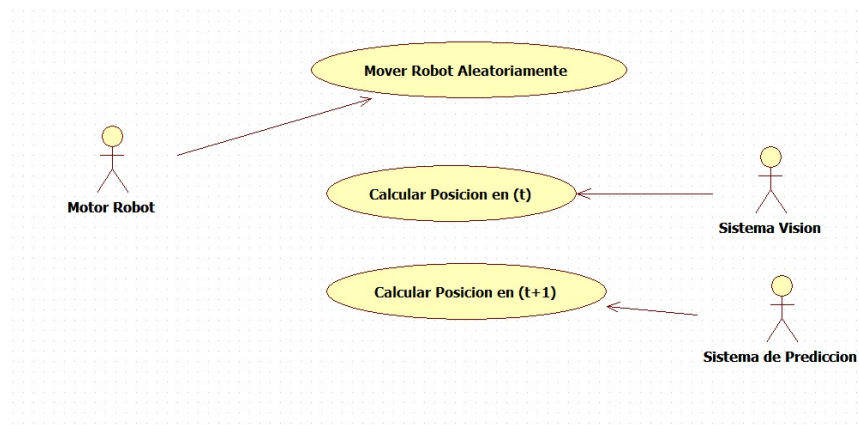


Figura 4.1: Diagrama de Casos de Uso

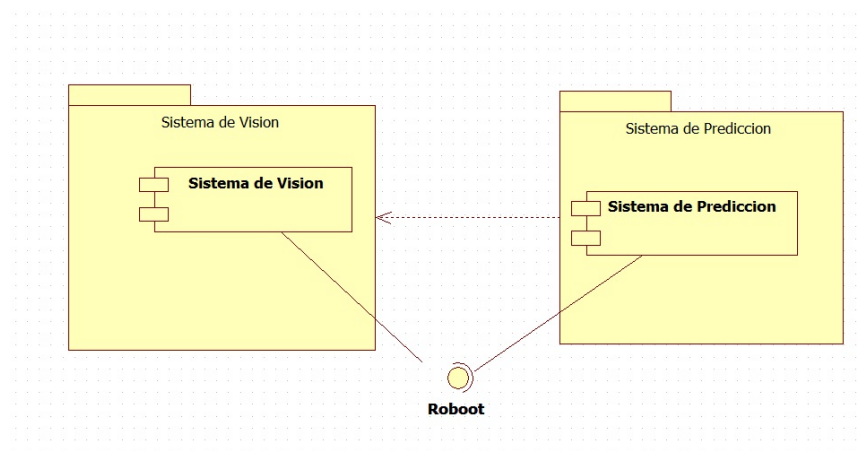


Figura 4.2: Diagrama de Componentes

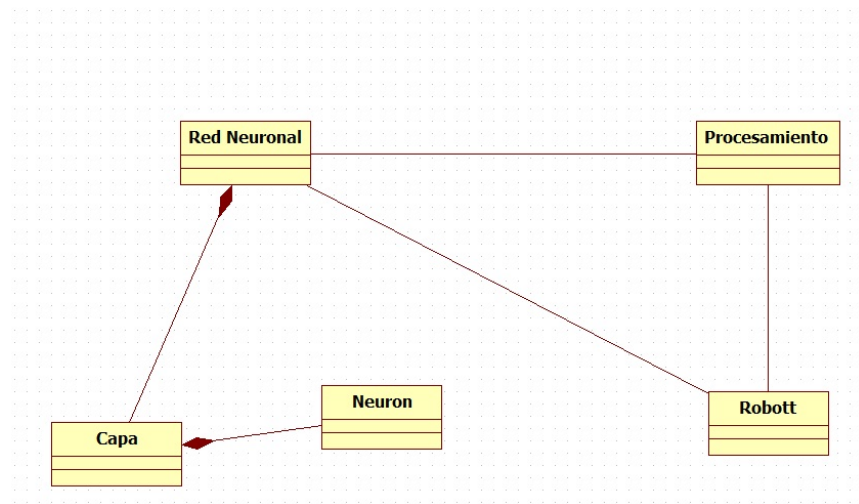


Figura 4.3: Diagrama de Clases

---

# Capítulo 5

## Propuesta

Se propone un abordaje basado en la técnicas de procesamiento de imagenes que servirán para implementar el sistema de visión global, el cual tendrá como salida la posición y orientación actual en cada frame del robot. Luego de este proceso se utilizará una red neuronal que aprenderá de los estados y las posiciones y predecirá los siguientes estados para hacerle el seguimiento.

Para esto utilizamos marcas encima de los robots, las cuales nos dan mas facilidades para realizar la identificación de cada robot como se muestra en la Fig 6.2.

### 5.1. Sistema de Visión

En el sistema de vision proponemos utilizar los métodos de el filtro de Gauss y la transformada de Hough. Para realizar esto utilizamos la libreria de OpenCv, la cual nos da soporte para primero aplicar un filtro de gauss para eliminar el ruido en nuestra imagen, luego convertimos nuestra imagen a la escala de grises, y finalmente aplicamos la transformada de Gauss para obtener los círculos en la imagen, cuyos centros tambien son hallados.

Una vez hallados los centros y radios de cada circulo procedemos a realizar el calculo de la ubicacion de nuestro robot, el cual utilizara unos circulos marcados como se muestra en la Fig 5.2. Entonces como tenemos dos circulos de ubicacion conocida procedemos a aplicar el metodo que nos dice que la posicion basado en esos dos circulos estara en el punto medio de la recta que une los dos centros  $c_i$  y  $c_j$  de los

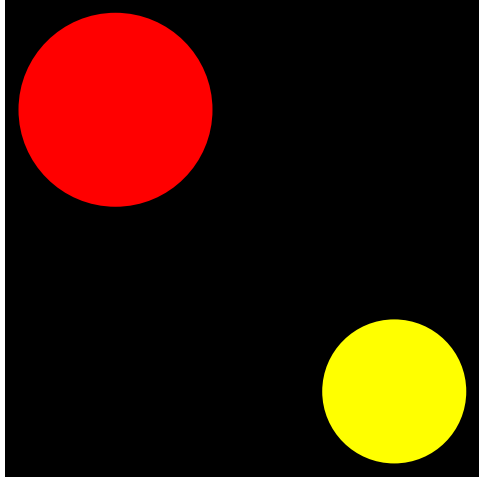


Figura 5.1: Marcas en cada robot

dos circulos [7]. Entonces aplicamos la siguiente igualdad:

$$\cos(\theta) = \frac{y_1 - y_2}{a} \quad ; \cos(\theta) = \frac{y - y_2}{\frac{a}{2}} \quad (5.1)$$

de la misma manera se puede hallar la coordenada  $y$ :

$$\sen(\theta) = \frac{x_1 - x_2}{a} \quad ; \sen(\theta) = \frac{x_2 - x}{\frac{a}{2}} \quad (5.2)$$

Entonces al igual las ecuaciones anteriores, se puede hallar la posicion actual del robot la cual es:

$$x = x_2 - \frac{1}{2} \cdot (y_1 - y_2) \quad ; y = y_2 + \frac{1}{2} \cdot (x_1 - x_2) \quad (5.3)$$

Una vez hallada la posicion actual del robot procedemos a hallar la orientacion con respecto al eje inicial de la imagen, de la misma forma utilizamos un metodo ya utilizado anterioremente, el cual consiste en comparar los puntos centrales y con su tangente hallar la orientacion (angulo)[7]. El angulo  $\theta$  de orientacion seria dado por:

$$\theta = \arctan\left(\frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2}\right) \quad (5.4)$$

Asi ya tenemos la posición actual en cada frame y la orientación que sigue cada

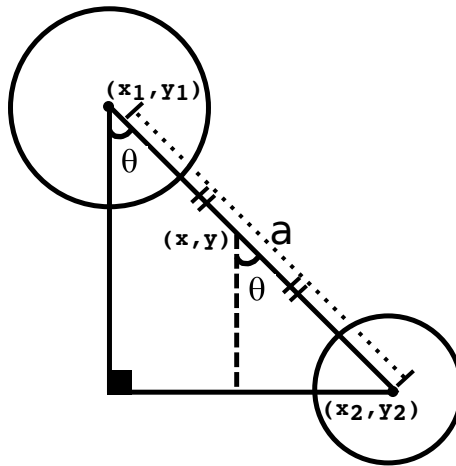


Figura 5.2: Cálculo de la posición

robot, y estamos preparados para darle estos parámetros a la red neuronal y se pueda predecir su siguiente posición.



---

## Capítulo 6

# Evaluación

### 6.1. Sistema de Visión

Se ha hecho pruebas con el sistema de visión el cual encuentra los círculos de las marcas sobre los robots, esto es realizado con la transformada de Hough.

Después podemos calcular la posición actual del robot, con los métodos explicados en la propuesta.



Figura 6.1: Ubicacion de los círculos

```
qtcreator_process_stu
radio de la posicion 1 73.5935
posicion143 , 323
La supuesta distancia seria:183.358
La posicion del robot es: 164 , 328
ciclo numero 0
numero de circulos2
2
radio de la posicion 0 69.3109
posicion309 , 241
ciclo numero 1
numero de circulos2
2
radio de la posicion 1 73.2462
posicion143 , 325
La supuesta distancia seria:186.043
La posicion del robot es: 168 , 332
ciclo numero 0
numero de circulos1
1
radio de la posicion 0 69.4622
posicion307 , 239
La supuesta distancia seria:185.181
La posicion del robot es: 172 , 328
La supuesta distancia seria:185.181
```

Figura 6.2: Cálculo de la posición actual del robot y la orientación

---

# Capítulo 7

## Conclusiones

- El Sistema de Vision fue implementado utilizando la biblioteca OpenCV y se uso la IDE de programacion QT Creator.
- Se tuvo alta complejidad para utilizar cámaras de bajo costo y sin ningun estandar ni tarjeta adicional.
- El bus USB de el sistema operativo probado (Ubuntu 12.04) no alcanza para los formatos predeterminados de las cámaras no alcanza para hacer un ambiente multicámara
- Se utilizo cámaras Logitech C210, las cuales fueron configuradas para utilizarlas en formato MJPEG, el cual es un formato de video comprimido que nos permite tener varias camaras conectadas al mismo tiempo si exceder el ancho de banda del Bus USB.

---

# Bibliografía

- [1] E.F.Morales and L.E. Sucar, *Robots y su importancia para México*, 1st ed. Mexico, Instituto Nacional de Astrofisica, Optica y Electronica, Komputer Sapiens 2009
- [2] Pablo Garcia-Robledo and Jesus Torrijos *Robots de Seguridad y Defensa* España, Universidad Politecnica de Madrid, 2010
- [3] J.A. Garcia and L.A. Vasquez *Los Robots en el Sector Agrícola* Espaa, Departamento De automatica, Ingenieria Electronica e Informatica Industrial, Universidad Politecnica de Madrid,2010
- [4] Jacky Baltes and John Anderson *Intelligent Global Vision for Teams of Mobile Robots, Mobile Robots:Perception & Navigation, Sascha Kolski (Ed.), ISBN: 3-86611-283-1, InTech,Available from: <http://www.intechopen.com/books/mobile-robots-perception-navigation/intelligent-global-vision-for-teams-of-mobile-robots>*, 1st ed. Pro Literatur Verlag, Germany/ARS Austria 2007.
- [5] Misel Brezac, Ivan Petrovic and Edouard Ivanjko, *Robust and accurate global vision system for real time tracking of multiple mobile robots,Robotics and Autonomous Systems 56 (2008) 213-230.* Elsiever, 2008
- [6] Tinku Acharya and Ajoy K. Ray, *Image Processing Principles and Applications*, pag. 6, 1st ed. B. Michaelis and G. Krell (Eds.): DAGM 2003, LNCS 2781, pp. 591599, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003.
- [7] Kelson Romulo Teixeira Aires, Pablo Javier Alsina, Adelardo Adelino Dantas de Medeiros , *A GLOBAL VISION SYSTEM FOR MOBILE MINI-ROBOTS* ed. SIMPSIO BRASILEIRO DE AUTOMAO INTELIGENTE, 5, Canela, 2001

- 
- [8] Manu Chhabra, Anusheel Nahar, Nishant Agrawal, Tamhant Jain, Amitabha Mukerjee, Apurva Mathad and Siddhartha Chaudhuri, *Novel Approaches to Vision and Motion Control for Robot Soccer* ed. Proceedings of the National Conference on Advance Manufacturing and Robotics, India 2004
- [9] Ball, David and Wyeth, Gordon and Nuske, Stephen, *A global vision system for a robot soccer team* ed. SAustralasian Conference on Robotics and Automation, 6-8 December 2004, Canberra
- [10] Gnner, Claudia and Rous, Martin and Kraiss, Karl-Friedrich, *Real-Time Adaptive Colour Segmentation for the RoboCup Middle Size League* ed. RoboCup 2004: Robot Soccer World Cup VIII, Springer Berlin Heidelberg
- [11] Kajta Nummiaro, Esther Koller-Meier, Tomas Svoboda, Daniel Roth, and Lucas Van Gool and Ajoy K. Ray, *Color-Based Object Tracking in Multi-camera Environments*, 1st ed. B. Michaelis and G. Krell (Eds.): DAGM 2003, LNCS 2781, pp. 591-599, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2003
- [12] Kazuki Morioka, Silvester Kovacs, Peter Korondp, Joo-Hoo Lee and Hideki Hashimoto, *Adaptative camera selection based on fuzzy automaton for object tracking in a Muticamera System* ed. Journal of Engineering Annals of Faculty of Engineering Hunedoara, 2008
- [13] Anthony R. Dick and Michael J. Brooks, *A Stochastic Approach to Tracking Objectcs Across Multiple Cameras* ed. Springer -Verlag Berlin Heidelberg, 2004
- [14] Renato F. Garcia, Pedro M. Shiroma, Luiz Chaimowicz, Mario F.M. Campos, *Um Arcabouco para Localizacao de Enxames de Robos* ed. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, VIII Simposio Brasileiro de Automacao Inteligente, Brazil 2007
- [15] Piyush Kumar Rai, Kamal Tiwari, Prithwijit Guha and Amitabha Mukerjee, *A cost-Effective Multiple Camera Vision System using Firewire Cameras and Software Synchronization* ed. IIT Kanpur, UP, India 2003.
- [16] Fethullah Karabiber, Paolo Arena, Luigi Fortuna, Sabestiano De Fiore, Guido Vagliasindi and Sabri Arik, *Implementation of a Moving Target Tracking*

- Algorithm Using Eye-RIS Vision System on a Mobile Robot* ed. Springer Science+Business Media, LLC 2010
- [17] Amir Hossein Khalili and Shohreh Kasaei , *Object Modeling for Multicamera Correspondence Using Fuzzy Region Color Adjacency Graphs* ed. Springer Berlin Heidelberg, Advances in Computer Science and Engineering 2009
- [18] Emre Oto, Frances Lau, and Hamid Aghajan , *Color-Based Multiple Agent Tracking for Wireless Image Sensor Networks* ed. Proceedings of the 8th international conference on Advanced Concepts For Intelligent Vision Systems, Springer-Verlag, 2006
- [19] Yildiz, Alparslan and Akgul, YusufSinan , *A Fast Method for Tracking People with Multiple Cameras* ed. Trends and Topics in Computer Vision, Springer Berlin Heidelberg, 2012
- [20] Santos, Thiago T. and Morimoto, Carlos H. , *Multiple camera people detection and tracking using support integration* ed. Journal Pattern Recognition Letters, Elsevier B.V., 2011
- [21] Hofmann, M., Wolf, D., & Rigoll, G. (2013). *Hypergraphs for Joint Multi-view Reconstruction and Multi-object Tracking*. 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 36503657. doi:10.1109/CVPR.2013.468
- [22] L. Leal-Taixe, G. Pons-Moll, and B. Rosenhahn. *Branch-and-price global optimization for multi-view multi-object tracking*. In 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, June 2012
- [23] Bilir, S. C., & Yemez, Y. (2012). *Non-rigid 3D shape tracking from multi-view video*. Computer Vision and Image Understanding, 116(11), 11211134. doi:10.1016/j.cviu.2012.07.001
- [24] Tzevanidis, K., & Argyros, A. (2011). *Unsupervised learning of background modeling parameters in multicamera systems*. Computer Vision and Image Understanding, 115(1), 105116. doi:10.1016/j.cviu.2010.09.003

- 
- [25] Antonio Barrientos, Luis Felipe Peñin, Carlos Balaguer & Rafael Aracil (1997). *Fundamentos de Robótica* . McGraw-Hill/ Interamericana España. ISBN 84-481-0815-9
- [26] Bruno Siciliano, Lorenzo Sciavicco, Luigi Villani & Giuseppe Oriolo (2009). *Robotics Modelling, Planning and Control* . Springer-Verlag London Limited. ISBN 978-1-84628-641-4
- [27] Juan, R. Q., & Chacn, A. (2011). *Redes neuronales artificiales para el procesamiento de imgenes , una revisin de la ltima dcada.* Revista de Ingenieria Electrica, Electronica y Computacion ISSN 1870-9532