

Robots Futbolistas

cámara donde dichos autómatas deben ser capaces de realizar

Jesús David Miranda Mercado, Daniel Isaías Cruz, Jesús David Polo

jemiranda@utb.edu.co
Universidad Tecnológica de Bolívar
Ingeniería Mecatrónica
2024

Resumen -Este proyecto tiene como objetivo el diseño y desarrollo de dos prototipos omnidireccionales autónomos que emulan las dinámicas fundamentales del fútbol. Los prototipos estarán equipados con sistemas avanzados de control que les permitirán moverse en cualquier dirección. Para supervisar y coordinar las acciones de los prototipos, se utilizará un sistema de monitoreo basado en visión artificial, donde una cámara capturará los movimientos en tiempo real. Dicha cámara estará integrada en la interfaz HMI (Interfaz Hombre-Máquina), permitiendo a los usuarios observar el comportamiento de los prototipos y realizar ajustes si es necesario. Esta interfaz será el puente entre los prototipos y los operadores, facilitando el análisis y control de las dinámicas autónomas de los robots.

Palabras clave – Omnidirrecional, autónomo, HMI y futbolista.

Abstrac: - This project aims to design and develop two autonomous omnidirectional prototypes that emulate the fundamental dynamics of soccer. The prototypes will be equipped with advanced control systems that will allow them to move in any direction. To monitor and coordinate the actions of the prototypes, a vision-based monitoring system will be used, where a camera will capture real-time movements. This camera will be integrated into the HMI (Human-Machine Interface), allowing users to observe the behavior of the prototypes and adjust if necessary. This interface will serve as the bridge between the prototypes and the operators, facilitating the analysis and control of the autonomous dynamics of the robots.

Keywords – Omnidirectional, autonomous, HMI and football.

I. INTRODUCCIÓN

El fútbol es un deporte en el que consiste en dos equipos de 11 jugadores intentar marcar goles moviendo una pelota hacia la portería contraria, usando habilidades como controlar el balón, pasarlo a tus compañeros y anotar en la portería del rival.

En este proyecto, se utilizará este concepto para diseñar dos prototipos de ruedas Omnidireccionales que competirán entre sí en un campo reducido, mientras son monitoreados por una

las dinámicas básicas de este deporte.

II. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A. Planteamiento

En un entorno de fútbol dinámico, la coordinación y control de robots omnidireccionales presenta un desafío significativo. Los robots deben ser capaces de moverse con precisión y tomar decisiones estratégicas en tiempo real, mientras interactúan con un entorno que cambia constantemente debido a los movimientos del balón y de otros jugadores. La dificultad radica en desarrollar un sistema que permita a los robots realizar estas tareas de manera autónoma, precisa y adaptativa, enfrentando las complejidades del juego y la necesidad de una respuesta rápida y adecuada en situaciones impredecibles.

Además, la implementación de un sistema con visión artificial para captar y procesar información precisa sobre el entorno es esencial pero compleja. La visión artificial debe poder identificar, rastrear el balón y los jugadores con gran precisión, proporcionando datos que permitan a los robots ajustar estrategias y acciones según la situación del juego. El problema para resolver es diseñar un sistema integrado que combine integralmente la visión artificial con el control de los robots, mejorando su capacidad de adaptación y toma de decisiones, en un entorno competitivo y en constante evolución.

B. El problema

La problemática abordada en este proyecto es la creación de un sistema para la coordinación y control de robots omnidireccionales en un entorno dinámico, como es el caso de un partido de fútbol. Los retos incluyen cómo lograr que los robots interactúen de manera inteligente con su entorno, tomando decisiones en tiempo real, como posicionarse estratégicamente o reaccionar a los movimientos del balón y de otros jugadores. Además, se busca solucionar el desafío de capturar información precisa mediante una cámara con visión artificial, de modo que los datos procesados permitan a los robots adaptarse y reaccionar de forma óptima en un juego competitivo. Todo esto plantea la pregunta de cómo diseñar un sistema de visión artificial y control capaz de cumplir con estas exigencias en un entorno tan cambiante y rápido como lo es un partido de fútbol.

C. Antecedentes

RoboCup: Es una competencia internacional de robótica y de inteligencia artificial que se centra en el desarrollo de robots autónomos capaces de jugar al fútbol. Los equipos participantes desarrollan sistemas avanzados de visión artificial y algoritmos de control para que los robots puedan tomar decisiones en tiempo real y adaptarse a un entorno dinámico.[1]

MIT's Robot Locomotion Group: El Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) ha trabajado en el desarrollo de robots omnidireccionales con capacidades avanzadas de navegación y control. Sus investigaciones incluyen el uso de cámaras y sensores para la captura de información del entorno y la implementación de algoritmos de aprendizaje automático para mejorar la toma de decisiones de los robots.[2]

ETH Zurich's Autonomous Systems Lab: Este laboratorio ha desarrollado robots omnidireccionales para diversas aplicaciones, incluyendo el fútbol robótico. Utilizan técnicas avanzadas de visión por computadora y control en tiempo real para permitir que los robots interactúen de manera efectiva con su entorno.[3]

Carnegie Mellon University's Robotics Institute: Han trabajado en proyectos de robótica que incluyen la coordinación de múltiples robots en entornos dinámicos. Sus investigaciones se centran en la integración de sistemas de visión artificial y algoritmos de control para mejorar la autonomía y la cooperación entre robots.[4]

D. Justificación

El proyecto de robots omnidireccionales que juegan fútbol y son controlados mediante visión artificial tiene justificaciones desde diferentes ángulos. Si lo vemos desde el punto de vista académico, esta investigación contribuye al desarrollo de nuevas técnicas en robótica, inteligencia artificial y procesamiento de imágenes, áreas clave en la formación de profesionales para la industria 4.0. Permite a estudiantes e investigadores abordar problemas complejos relacionados con la toma de decisiones en tiempo real, control autónomo y coordinación de sistemas múltiples, lo que abre la puerta a innovaciones tecnológicas en áreas más amplias, como la logística y la automoción.

E. Objetivos

- 1) *Objetivo general: Desarrollar un sistema de coordinación y control inteligente para robots omnidireccionales en un entorno de fútbol, utilizando visión artificial para la toma de decisiones en tiempo real y optimizando la interacción de los robots con el entorno dinámico del juego*

2) Objetivos específicos:

- Desarrollar un algoritmo de visión artificial capaz de identificar y seguir el balón y los jugadores en tiempo real durante el partido de fútbol.
- Diseñar la estructura física y los sistemas electrónicos de los robots omnidireccionales, asegurando la integración de componentes mecánicos y electrónicos.
- Implementar un sistema de comunicación entre robots que permita la coordinación y el intercambio de información sobre la posición y el estado del balón, así como la estrategia de juego.

F. Alcances y limitaciones

1) Alcances:

- Puede moverse libremente en un plano, sin tener que cambiar su orientación.
- Los prototipos serán autónomos en el campo de juego.
- Cámara incorporada a una interfaz HMI encargada de procesar y analizar el partido de juego para así poder controlar los prototipos.

2) Limitaciones:

Las condiciones climáticas y la naturaleza del terreno son factores que considerar, pues puede afectar negativamente el rendimiento del hardware y software de los prototipos.

- La duración de la batería es crucial, pues esto puede definir el tiempo de juego de los robots y su rendimiento.
- La precisión de la cámara puede ser un limitante a la hora de rastrear tanto a los robots como a la pelota.
- El campo de juego debe de ser cerrado para que no se pierda la pelota.
- Los prototipos, el balón y los contrincantes, deben tener cierta característica física, como color o forma para que la cámara pueda identificarlo

III. MARCO REFERENCIAL

A. Marco teórico

• Robots Móviles

Los robots móviles son aquellos que pueden desplazarse en su entorno sin restricciones físicas de movimiento donde también tenemos los robots móviles autónomos que estos pueden entender y moverse de manera independiente en el entorno.[5]

• Cinemática de los robots omnidireccionales

Se usa un modelo cinemático para poder considerar las posiciones y orientaciones que tomara el robot en un entorno real donde además se puede utilizar la cinemática directa para poder calcular la velocidad lineal y angular del robot a partir de la velocidad de las ruedas. [6].

IV. I. METODOLOGÍA

A. A. Fases del proyecto

ACTIVIDADES	agosto				septiembre				octubre				noviembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Ideas																
Selección de proyecto y enfoque																
Selección y compra de elementos																
Diseño de chasis y logica de control																
Impresión del chasis																
Estudio y practica de la camara y actuadores																
Pruebas individuales de elementos																
Diseño y montaje de la pcb																
Desarrollo de código completo																
Desarrollo de la interfaz HMI																
Validación de correcto funcionamiento																
Possibles mejoras																
Entrega final																

Figura 1. Diagrama de fases del proyecto.

B. B. Desarrollo general del proyecto

Hasta el momento, se han alcanzado únicamente los dos primeros objetivos específicos de la lista, los cuales son: (1) Desarrollar un algoritmo de visión artificial capaz de identificar y seguir tanto el balón como a los jugadores en tiempo real durante un partido de fútbol, y (2) Diseñar la estructura física y los sistemas electrónicos de los robots omnidireccionales, garantizando la adecuada integración entre los componentes mecánicos y electrónicos.

Para la consecución del primer objetivo, se consultaron fuentes especializadas que guiaron el correcto funcionamiento de los distintos elementos implicados. Problemas como la detección de los componentes en el campo de juego fueron resueltos mediante un proceso iterativo basado en ensayo y error, lo que permitió avanzar de manera efectiva en el proyecto. En cuanto al segundo objetivo, se planteó inicialmente un diseño mecánico preliminar, seguido de la implementación y evaluación de su funcionamiento físico.

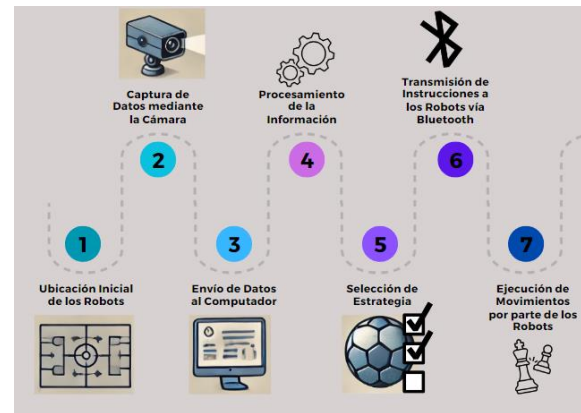


Figura 2. Lógica de funcionamiento del sistema.

C. Desarrollo de Interfaz hombre-maquina o HMI

Para la interfaz se plantearon los siguientes requerimientos para su desarrollo:

REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

a) Módulo de Visualización:

- **Ventana de Juego:** Mostrar en tiempo real la transmisión del partido, incluyendo la cancha, los robots y la pelota.
- **Monitoreo de Batería:** Visualizar en tiempo real el porcentaje de batería restante de cada robot autónomo, representado gráficamente (por ejemplo, una barra de progreso).
- **Estadísticas del Partido:** Mostrar en tiempo real lo siguiente:
 - Número de goles por equipo.
 - Tiempo de juego transcurrido.
 - Registro de goles por cada robot (jugador, minuto del gol).
- **Barra de control:** Botones para controlar la continuidad del juego, como lo son:
 - **Detener**
 - **Play/Pausa**
 - **Reset**
- **Botón de Menú:** Acceder a las siguientes opciones:
 - **Configuraciones:** Permitir al usuario ajustar parámetros como la frecuencia de actualización de datos, unidades de medida, etc.
 - **Corrección de Lecturas:** Manipulación manual de los datos registrados en caso de lecturas erróneas.

- **Temas:** Ofrecer diferentes opciones de personalización visual de la interfaz.
- **Ayuda:** Proporcionar un manual de usuario y una sección de preguntas frecuentes.
- **Conexión a puertos COM:** Desplegar una lista con los puertos COM disponibles para que el usuario pueda seleccionar el correspondiente al arduino.
- **Iniciar nueva partida:** Le permitirá al usuario iniciar una partida con un nuevo registro de robots visitantes.

b) Módulo de Gestión de Robots:

- **Registro de Nuevos Robots:** Permitir al usuario introducir información de nuevos robots, como nombre, ID, tipo de sensor (si posee), etc.
- **Gestión de Perfiles:** Almacenar los perfiles de cada robot para futuras referencias y análisis.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES

c) Desempeño:

- El software debe responder de forma rápida a los cambios en el estado del partido, evitando retrasos en la visualización.
- La interfaz debe ser fluida y evitar congelamientos.

d) Usabilidad:

- La interfaz de usuario debe ser intuitiva y fácil de usar, tanto para usuarios técnicos como no técnicos.
- La información debe presentarse de forma clara y concisa.

e) Seguridad:

- Los datos de los robots y los partidos deben ser almacenados de forma segura, evitando accesos no autorizados.

f) Confiabilidad:

- El software debe ser robusto y capaz de funcionar de forma continua durante los partidos.

g) Escalabilidad:

- El software debe ser capaz de gestionar un número creciente de robots y partidos.

h) Extensibilidad:

- El software debe ser diseñado para permitir la adición de nuevas funcionalidades en el futuro, como análisis de datos más avanzados o integración con otras aplicaciones.

CONSIDERACIONES ADICIONALES

- **Integración con Hardware:** El software deberá integrarse con los sistemas de control de los robots, así como con los sensores de posición, velocidad y batería.
- **Comunicación:** Se deberá definir un protocolo de comunicación eficiente para el intercambio de datos entre el software y los robots.
- **Análisis de Datos:** A largo plazo, se podría considerar la implementación de herramientas de análisis de datos para obtener información valiosa sobre el rendimiento de los robots y las estrategias de juego.

TECNOLOGÍA POSIBLES

- **Lenguaje de Programación:** Python, C++, Java.
- **Framework:** PyQt, Tkinter, Flutter.
- **Base de Datos:** SQLite, PostgreSQL, Excel.

LÓGICA GENERAL

- a) Registro de los Robots Visitantes.

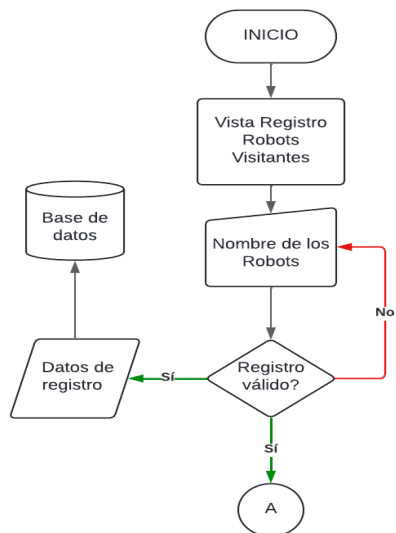


Figura 3. Registro de visitantes.

b) Visualización de Juego.

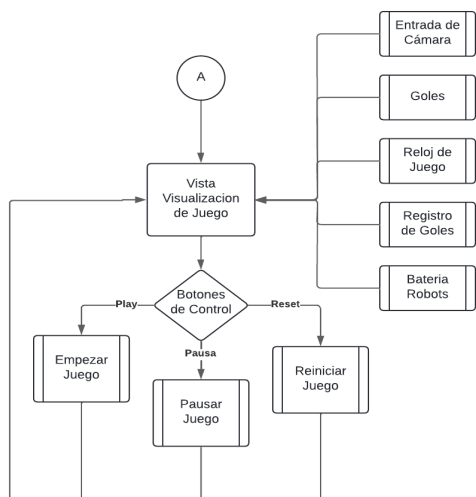


Figura 4. Vista del juego.

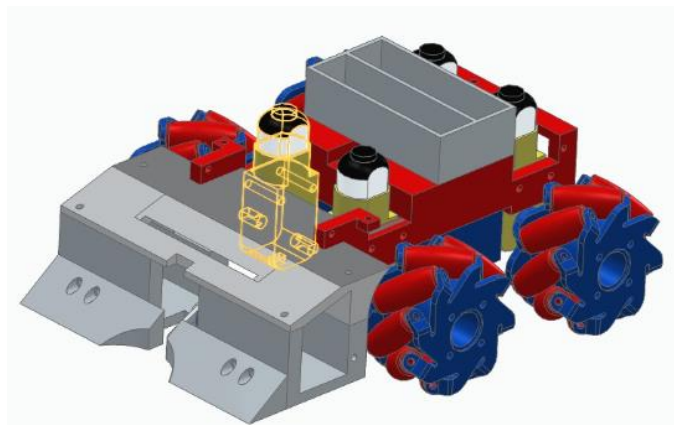


Figura 5. Modelo 3D del robot.



Figura 6. Cámara utilizada para el sistema de detección de los robots en el campo de juego.



Figura 7. Pantalla de registro de locales y visitantes

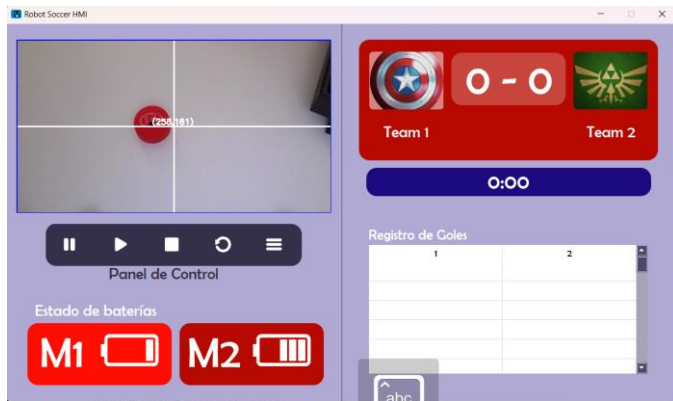


Figura 8. Pantalla principal de Juego

V. CONCLUSIONES

El desarrollo de un sistema de coordinación y control para prototipos omnidireccionales en un entorno dinámico como un partido de fútbol representa un desafío técnico significativo, pero ofrece grandes oportunidades para avanzar en la robótica y la inteligencia artificial. La integración eficaz de un sistema de visión artificial y un algoritmo de control inteligente permitirá a los autónomos tomar decisiones en tiempo real, adaptarse a las rápidas variaciones del juego y coordinar sus acciones de manera autónoma.

REFERENCES

- [1] *Robot Locomotion Group*. (s. f.). Mit.edu. Recuperado 8 de septiembre de 2024, de <https://locomotion.csail.mit.edu/>
- [2] *Homepage*. (s. f.). Ethz.ch. Recuperado 8 de septiembre de 2024, de <https://asl.ethz.ch/>
- [3] Krause, A., & Lindahl, M. (2015, octubre 23). *Robotics Institute Carnegie Mellon University : Robotics Education and Research Leader*. Robotics Institute Carnegie Mellon University. <https://www.ri.cmu.edu/>
- [4] “Robots móviles: ¿qué son y cuál es su importancia en la industria?” Collaborative robotic automation | Universal Robots Cobots. Accedido el 8 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: <https://www.universal-robots.com/mx/blog/robots-moviles-que-son-y-cual-es-su-importancia-en-la-industria/>
- [5] “Modelo cinemático y dinámico de un robot móvil omnidireccional.” AMM AC. Accedido el 8 de septiembre de 2024. [En línea]. Disponible: https://www.mecamex.net/anterior/cong12/Articulos_pdf/Articulo_2013_022.pdf