**REGISTRO DE INSCRIPCION - TEMA DE TRABAJO DE TITULO**

**CARRERA: INGENIERÍA CIVIL INFORMÁTICA**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **NOMBRE COMPLETO**  **MEMORISTA** | **Benjamín Nicolás Espinoza Huenunguir** | | |
| **E-MAIL que utiliza** | **benjamin.espinozahu@usm.cl** | | |
| **R.U.T.** | | **Rol USM** | **# CELULAR** |
| **20397877-4** | | **2019735907-1** | **+56961468656** |



|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CAMPUS** | | | | | | **MODALIDAD** | | | |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  | CASA CENTRAL |  |  |  | TRADICIONAL | |  | X |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |
|  | SAN JOAQUIN |  | X |  | FERIA DE SOFTWARE | |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  | |  |  |  |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **NOMBRE DEL TEMA DE TRABAJO DE TITULO** | | |
| SEGUIMIENTO, TRAZADO Y OPTIMIZACIÓN DE ROBOT ROBOTRACER MEDIANTE VISIÓN COMPUTACIONAL Y  APRENDIZAJE REFORZADO | | |
| EL MEMORISTA DEBE ADJUNTAR (máx. 5 páginas):  • RESUMEN (hasta 100 palabras *+keywords*) y OBJETIVOS  • DEFINICIÓN INICIAL DEL PROBLEMA  • DISCUSIÓN BIBLIOGRÁFICA PRELIMINAR  • PLAN DE TRABAJO | | **FIRMA DE MEMORISTA:** |
|  | | |
| **PROFESORES QUE AUTORIZAN EL TEMA DE MEMORIA:** | | |
| **NOMBRE DE PROFESOR(A) GUÍA o COGUIA o MENTOR:**  Ricardo Ñanculef | | **FIRMA PROFESOR(A) GUIA o COGUIA o MENTOR:** |
| **FIRMA DE PROFESOR INF-309**  **(TRABAJO DE TÍTULO I)** | **POSIBLES OBSERVACIONES:** | |

|  |  |
| --- | --- |
| **REGISTRADO CON EL NRO.: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **EN JEFATURA DE CARRERA, CON FECHA DE APROBACION: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | **FIRMA DE JEFATURA DE CARRERA (JC):** |

|  |  |
| --- | --- |
| **REGISTRADO CON EL NRO.: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**  **EN DIRECCION DE ESTUDIOS, CON FECHA DE APROBACION: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_** | **FIRMA DE DIRECCIÓN DE ESTUDIOS** |

cc: Dirección de Estudios

Jefatura de Carrera

Profesores: Guía, Co Guía o Mentor

Memorista

**Resumen**

Este trabajo se enmarca en la competencia japonesa *All Japan Micromouse & Robotracer*, la cual consta de un robot sigue líneas con el objetivo de recorrer un circuito en el menor tiempo posible. El enfoque recae en innovación en el ámbito del software, implementando técnicas de *Deep Learning*, en primera instancia mediante simulaciones y luego implementación real en un robot listo para competencia, con una instancia de participación real en la competencia a realizarse en febrero de 2025.

***Keywords****: robótica, visión computacional, aprendizaje reforzado.*

**Objetivos**

Se tiene como objetivo general Implementar un método nuevo de seguimiento y mapeo de línea, para su posterior optimización enfocada en la maximización de la velocidad aplicado en un robot sigue líneas mediante el uso de redes neuronales, específicamente visión computacional y aprendizaje reforzado.

En primera instancia, se espera validar el trabajo mediante simuladores en diferentes disposiciones de pista, variando el nivel de dificultad, para eventualmente poder aplicar lo logrado con este trabajo en un robot real, que conste únicamente de un control diferencial de ruedas y una cámara, en la siguiente versión de la competencia *All Japan* para la verificación en un entorno competitivo de los métodos abordados.

**Objetivos específicos**

* Implementar un algoritmo de visión computacional para un seguimiento exitoso de la pista en tiempo real.
* Implementar un algoritmo de mapeo de la pista en tiempo real, utilizando únicamente visión computacional.
* Implementar un algoritmo de aprendizaje reforzado para mejorar los tiempos entre intentos, optimizando el recorrido y velocidad a tiempo real.
* Desarrollar un simulador para realizar un pre-entreno de las redes neuronales involucradas.
* Desarrollar un robot sigue líneas para implementar los modelos anteriores en un entorno real.

**Definición inicial del problema**

En el mundo de la robótica existen diferentes categorías de competencias a lo largo del mundo. Una de las más antiguas es la *All Japan Robotracer & Micromouse Contest*[[1]](#footnote-1) con más de 40 años de trayectoria que consta de 2 categorías*, Robotracer y Micromouse*.

Esta competencia tiene dos principales objetivos. Por un lado, busca ser un punto de encuentro para desarrolladores con una perspectiva educativa, ya que se llama a participar a diferentes escuelas y universidades. Por el otro, es ser una cuna para la innovación en la que distintas empresas entran a la competencia para poner a prueba nuevas tecnologías y evaluar su factibilidad y utilidad, para luego poder implementarse en aplicaciones de la vida real. El enfoque de este trabajo será en la categoría denominada Robotracer.

Las bases de la competencia en la categoría a trabajar son las siguientes: Se tiene una pista consistente de una línea blanca continua sobre fondo negro (Ver figura 1). El robot debe ser capaz de recorrer la totalidad del trazado de forma válida, o sea, que la proyección del robot no se salga de este, además debe detenerse por su cuenta. Esta pista no es conocida hasta el momento de participar, por lo que no se puede hacer un pre mapeado de la pista.

Cada participante tiene 5 intentos dentro de un periodo de 3 minutos para lograr el menor tiempo posible. Lo normal es utilizar el primer intento para mapear la pista y los otros 4 para tratar de obtener vueltas válidas lo más rápido posible.



Figura 1: Ejemplo de pista. Elaboración propia

**Arquitectura actual**

En la última competencia realizada, la gran mayoría (por no decir todos) utilizó C/C++ para el control de los robots, aplicando distintos algoritmos de MATLAB (más adelante se detalla) para la optimización de la pista. La ventaja de esto es que MATLAB genera scripts en C/C++, por lo que se pueden utilizar algoritmos preexistentes sin mayores complicaciones, apoyado de la inclusión de Simulink para una interacción más directa y simple entre MATLAB y el robot.

**Seguimiento de línea**

El método actual para seguir la línea se basa principalmente en el uso de sensores infrarrojo para la obtención de la posición relativa del robot, y con esta información el uso de un PID para el control automático.

**Mapeo**

Para la primera vuelta, los robots deben ser capaces de las siguientes 2 características: identificar las marcas de curva que se encuentran en la pista en cada cambio de curvatura y poder saber su posición actual en términos de coordenadas cartesianas (x,y).

Para la primera, se necesitan sensores infrarrojos capaces de identificar blanco vs negro posicionados

de tal forma que siempre detecten las marcas correspondientes. Para la segunda se pueden utilizar 2 elementos de manera independiente o junta (esta última es la más óptima): Encoders en cada rueda (Odometría), lo cual permite saber la velocidad real de cada una. Y una IMU, que básicamente es un giroscopio + acelerómetro. De esta forma se puede hacer una estimación relativamente precisa de la posición del robot en términos de (x,y), resultando en una nube de puntos que representan la pista. Usualmente

esta información es guardada en un simple txt.

**Optimización**

Con la nube de puntos generada, se utiliza un algoritmo de MATLAB conocido como PRM, en donde se define un mapa binario donde la ruta generada, más el ancho del robot, se define como espacio válido para desplazarse, y el resto como obstáculo. Luego se generan puntos aleatorios dentro de la zona donde el robot puede pasar y finalmente se juntan los que permiten la ruta más corta posible. Con la ruta definida, mediante un algoritmo de seguimiento de rutas, se le dan las instrucciones de movimiento al robot, donde en cada intento se varían las variables de velocidad, aceleración y freno.

**Información del problema**

Los últimos años todos los esfuerzos de desarrollo se han enfocado en la mecánica y electrónica del robot, dejando de lado el software. Estas mejoras van desde el uso de motores más potentes, más eficientes,

sensores más precisos, más agarre y tracción del robot mediante turbinas, pero sin cambiar los algoritmos que hay por detrás.

Todos estos cambios no se han considerado como innovaciones grandes, por lo que existe un espacio de investigación en el que el software pueda ser el protagonista. Es por este motivo que en la última versión no se ha otorgado el premio a la innovación a ningún participante, siendo su obtención uno de los objetivos de esta memoria.

**Discusión bibliográfica preliminar**

1. 1https://www.ntf.or.jp/, Página oficial de la competencia [↑](#footnote-ref-1)