

Sistema de Detección y Evasión de Colisiones basado en Visión Computacional para Vehículos Autónomos

Rubén Martínez González

November 26, 2023

Introducción

El avance continuo en la tecnología de vehículos autónomos representa un logro significativo en la revolución del transporte. Existe la necesidad de desarrollar sistemas ‘inteligentes’ que permitan a estos vehículos aprender a conducir de manera autónoma y, al mismo tiempo, detectar posibles colisiones y reaccionar de manera similar a como lo haría un conductor humano. La convergencia de la inteligencia artificial, la visión computacional y los sistemas de control ha generado una nueva era en la movilidad, desafiando y redefiniendo las fronteras de la conducción convencional.

En este contexto, este trabajo se centra en el desarrollo de un sistema de detección y evasión de colisiones basado en visión computacional. Si bien los avances en la conducción autónoma han sido significativos, la detección y respuesta a situaciones de peligro, como colisiones inminentes, siguen siendo un desafío complejo.

La seguridad en la carretera y la confianza del público en esta tecnología dependen en gran medida de la capacidad de los vehículos autónomos para enfrentar situaciones de tráfico de manera eficiente y segura.

Esta investigación busca abordar esta problemática crítica, avanzando hacia un futuro en el que los vehículos autónomos sean capaces de igualar e incluso superar las habilidades de conducción humana en términos de detección y respuesta a situaciones de colisión.

Contexto y problemática

En la constante evolución de la movilidad, los vehículos autónomos representan una innovación trascendental. No obstante, el desafío primordial reside en dotar a estos vehículos con la capacidad de identificar y reaccionar ante situaciones de riesgo de manera precisa y oportuna. La detección temprana de posibles colisiones, amenazas viales y transgresiones graves a las normativas de tráfico es un aspecto esencial para garantizar la seguridad y la eficacia de estos sistemas autónomos. La visión computacional, utilizando las cámaras de video y sensores, se presenta como una estrategia central para esta detección, pero aún persisten desafíos tecnológicos significativos en la identificación y procesamiento oportuno de dichos eventos.

Objetivos

Objetivo general:

Implementar un sistema de detección y evasión de colisiones basado en visión computacional para vehículos autónomos,

Objetivos específicos:

- Modelar un ambiente de simulación donde un vehiculo circule por calles transitadas.
- Obtener datos de los sensores del vehiculo en simulación.
- Interpretar los datos de los sensores mediante técnicas de visión computacional.
- Procesar los datos y aprender a reaccionar.

Estado del arte - Trabajos previos relacionados

Referencia: (3)

Título: Autonomous Driving Architectures: Insights of Machine Learning and Deep Learning Algorithms

Autores: Bachute, Mrinal R and Subhedar, Javed M

Año: 2021

Revista: Machine Learning with Applications

URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666827021000827>

Resumen: El artículo ofrece una visión general de cómo se aplican algoritmos de Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo en sistemas de conducción autónoma y se enfoca en la evaluación de su desempeño en diversas tareas clave. Se analizan diversas tareas en la conducción autónoma, incluyendo la planificación de movimiento, la localización del vehículo, la detección de peatones, la detección de señales de tráfico, la detección de marcas viales, el estacionamiento automatizado, la ciberseguridad del vehículo y el diagnóstico de fallas del sistema.

Referencia: (4)

Título: Vision-based autonomous car racing using deep imitative reinforcement learning

Autores: Cai, Peide and Wang, Hengli and Huang, Huaiyang and Liu, Yuxuan and Liu

Año: 2021

Revista: IEEE Robotics and Automation Letters

URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9488179>

Resumen: se presenta un enfoque general de aprendizaje profundo imitativo y de refuerzo (DIRL) que logra el automovilismo autónomo ágil utilizando entradas visuales. Se valida el algoritmo en una simulación de conducción de alta fidelidad y en un automóvil RC a escala 1/20 en el mundo real con capacidad computacional limitada. Los resultados de la evaluación muestran que el método supera a los enfoques anteriores de IL y RL en eficiencia.

Referencia: (2)

Título: Model-based probabilistic collision detection in autonomous driving

Autores: Althoff, Matthias and Stursberg, Olaf and Buss

Año: 2009

Revista: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems

URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4895669>

Resumen:

El artículo se centra en la seguridad de los caminos planificados para autos autónomos en relación con otros participantes en el tráfico. Se predice la ocupación de la carretera por otros vehículos de manera estocástica. La predicción tiene en cuenta las incertidumbres derivadas de las mediciones y los posibles comportamientos de los otros participantes en el tráfico.

Referencia: (5)

Título: Vision-based autonomous vehicle systems based on deep learning: A systematic literature review

Autores: Pavel, Monirul Islam and Tan, Siok Yee and Abdullah, Azizi

Año: 2022

Revista: Applied Sciences

URL: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/14/6831>

Resumen:

El artículo realiza una revisión sistemática de la literatura sobre el uso del aprendizaje profundo en AVS durante la última década.

Referencia: (1)

Título: A cost-effective computer vision-based vehicle detection system

Autores: Alam, Altaf and Jaffery, Zainul Abdin and Sharma, Himanshu

Año: 2022

Revista: Concurrent Engineering

URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1063293X211069193>

Resumen:

Propone un sistema de detección de vehículos basado en visión por computadora que utiliza un algoritmo de Gentle Adaptive Boosting con características tipo Haar para generar hipótesis de vehículos de manera rápida.

Table 1: Tabla comparativa

Características	Autonomous Driving Architectures (3)	Vision-based Autonomous Car Racing (4)	Model-based Probabilistic Collision Detection (2)	Vision-based Autonomous Vehicle Systems (5)	Cost-effective Vehicle Detection System (1)
Uso de algoritmos de Aprendizaje Automático y Aprendizaje Profundo	X			X	
Enfoque en la conducción autónoma	X	X	X	X	X
Ventajas de la conducción autónoma	X				
Complejidad de los sistemas de conducción autónoma	X				
Análisis de tareas en la conducción autónoma	X				
Evaluación y comparación de algoritmos	X	X			
Predicción estocástica de ocupación de la carretera			X		
Eficiencia en cálculos intensivos		X	X		
Utilización de cámaras RGB como sensores principales		X		X	
Detección de vehículos en conducción autónoma					X

Metodología

La metodología propuesta se fundamenta en un enfoque iterativo que abarca diversas etapas para la implementación del sistema de detección y evasión de colisiones en vehículos autónomos. En primera instancia, se establecerá un entorno de simulación realista que refleje las condiciones de tráfico habituales. Posteriormente, se procederá a la adquisición y procesamiento de datos provenientes de los sensores de dicho entorno simulado. La fase siguiente implicará el diseño y la implementación de algoritmos de visión computacional para la detección temprana de eventos críticos en tiempo real. Estos algoritmos serán sometidos a un proceso de entrenamiento y ajuste utilizando técnicas de aprendizaje automático. Finalmente, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas y evaluaciones para validar la efectividad y la precisión del sistema propuesto en situaciones simuladas de riesgo vial.

Calendario de actividades

Table 2: Calendario de Actividades

Actividad	Descripción	Duración
Investigación Preliminar	Revisión bibliográfica y análisis de entornos de simulación	2 meses
Diseño y Configuración del Entorno Simulado	Configuración del entorno y modelos de comportamiento	1 mes
Adquisición y Procesamiento de Datos	Recopilación y procesamiento de datos de sensores	3 meses
Desarrollo y Entrenamiento de Algoritmos	Implementación y entrenamiento de algoritmos de detección	4 meses
Evaluación y Ajuste del Sistema	Pruebas exhaustivas y ajustes del sistema	2 meses
Documentación y Análisis de Resultados	Documentación y análisis crítico de resultados	1 mes
Redacción y Presentación de la Tesis	Redacción y preparación para defensa oral	1 mes

Referencias bibliográficas

References

- [1] ALAM, A., JAFFERY, Z. A., AND SHARMA, H. A cost-effective computer vision-based vehicle detection system. *Concurrent Engineering* 30, 2 (2022), 148–158.
- [2] ALTHOFF, M., STURSBERG, O., AND BUSS, M. Model-based probabilistic collision detection in autonomous driving. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 10, 2 (2009), 299–310.
- [3] BACHUTE, M. R., AND SUBHEDAR, J. M. Autonomous driving architectures: insights of machine learning and deep learning algorithms. *Machine Learning with Applications* 6 (2021), 100164.
- [4] CAI, P., WANG, H., HUANG, H., LIU, Y., AND LIU, M. Vision-based autonomous car racing using deep imitative reinforcement learning. *IEEE Robotics and Automation Letters* 6, 4 (2021), 7262–7269.
- [5] PAVEL, M. I., TAN, S. Y., AND ABDULLAH, A. Vision-based autonomous vehicle systems based on deep learning: A systematic literature review. *Applied Sciences* 12, 14 (2022), 6831.