

Sistema de Monitoreo de Autos por Mini-Robot inteligente utilizando Técnicas de Visión Computacional en Garaje Subterráneo

Leonardo León-Vera¹, Felipe Moreno-Vera²

^{1,2} Universidad Nacional de Ingeniería, Perú, lleonv@uni.pe¹, felipe.moreno.v@uni.pe²

Abstract– Se plantea el uso de un mini-robot para un sistema de monitoreo de objetos como carros, bicicletas, y objetos de tamaño considerable para un garaje subterráneo de un edificio usando algoritmos de visión computacional, deep learning para ser más específicos. Además, se implementará un sistema de localización indoor mediante el uso de tecnologías beacons que nos permita identificar el estacionamiento correspondiente a cada inquilino del edificio.

Keywords– Detección de objetos, Localización, Self-Driving, Low energy, Bluetooth.

I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día las familias prefieren vivir en departamentos (Figura 1) debido a que encuentran mayores ventajas que en una casa propia. Así mismo, la dimensión de ellos son cada vez más reducidos, por consiguiente las familias optan por guardar sus pertenencias en los estacionamiento al costado de su carro o en vez de ello, siempre y cuando estos sean subterráneos.

A primera impresión es un lugar seguro donde puedes dejar tus pertenencia ya que es un lugar cerrado. Sin embargo, se han presentado casos donde las familias se han visto afectadas por la pérdida de sus bienes, entre ellos carros, sillas, mesas, bicicletas, etc.

Se propone un mini-robot que vigile constantemente durante un horario el cual no perturbe a los vecinos del edificio. Mediante técnicas de conducción autónoma y detección de imágenes se propondrá un sistema de visión computacional basado en algoritmos de deep learning.

Además, para el sistema de localización se plantea una red de bluetooth, los cuales son emitidos por los dispositivos conocidos como beacons, los cuales son dispositivos que utilizan conexión del tipo BLE (Bluetooth Low Energy) los cuales emiten una señal broadcast fácilmente detectadas.

Un Beacon se diferencia del GPS debido a que pueden ser utilizados para localización dentro de entornos cerrados y se puede obtener una exactitud de las posiciones de objetos gracias a estos.

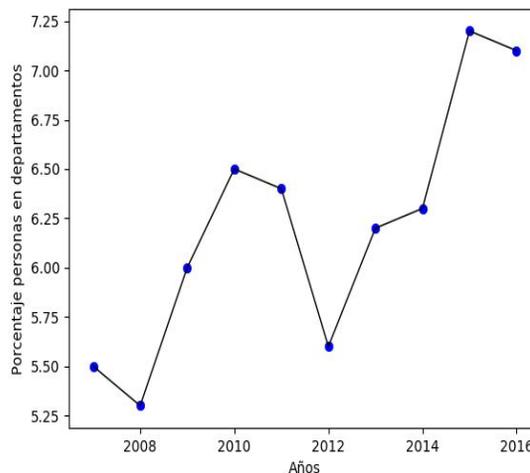


Fig. 1. Crecimiento de personas que viven en departamentos. Fuente: Viviendas particulares de peruanos 2007-2016. INEI.

II. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

La implementación de un mini-robot que recorra el garaje subterráneo y verifique que las pertenencias de los inquilinos se encuentren en sus respectivo estacionamientos.

Se propondrá iniciar la solución al problema mediante la detección de objetos para reconocer el modelo y marca del carro.

A. Recolección de Datos de Inquilinos

Se recolectó datos de los inquilinos del edificio como el número de departamento en el que viven, sus objetos que guardan en el estacionamiento (especialmente el modelo de su carro) y el número de identificación de su estacionamiento.

B. Conducción Autónoma

i. Resumen

Para resolver esta tarea se usa cámaras web las cuales son mucho más baratos que Lidars y Radars que son muy usados para self-driving. Además, las cámaras emulan la forma en

que las personas pueden ver el entorno dando una mejor clasificación e interpretación de las texturas de lo que observa en comparación a los anteriores[3]. Se usa una Red Convolutiva basado en el modelo de NVIDIA (Figura 2) para el problema de regresión.

ii. Recolección de Datos

Al ser aprendizaje supervisado se recolectó una grabación de video del recorrido que el mini-carro debe seguir para obtener un óptimo desempeño. El piso es liso de cemento el cual no hubo problemas de baches. Sin embargo, al obtener un entorno donde las paredes son muy similares en cada frame dentro de las cuales se necesitará distinguir. Los datos de entrada son las imágenes de la cámara y los valores de salida son los ángulos entre 0° y 180° proporcionados por la red neuronal en cada instante.

iii. Arquitectura de la Red Neuronal

Se usó un modelo de deep learning de secuencia de capas de la siguiente manera, con sus respectivas cantidad de filtros: Conv24-Conv36-Dropout-Conv48-Dropout-Conv64-Dropout-Conv64-Dropout-FC-FC-FC-FC con la función de activación no lineal ReLU en las capas Convolucionales. Se agregaron métodos de regularización como Dropout con probabilidad de 0.5, debido al overfitting que se da con el modelo de NVIDIA.

iv. Entrenamiento de la Red Neuronal

Se realizó el entrenamiento de la data en un servidor con la placa NVIDIA P4000 con una partición del 20% validation set y 80% training set. Se usó la función de pérdida MSE y la método optimizador ADAM sin la necesidad de configurar manualmente la velocidad de la tasa de aprendizaje.

C. Detección de Carros

i. Resumen

La tarea de detección de carros se obtendrá mediante una Red Neuronal Convolutiva usando el modelo Tiny Yolo[1] el cual es modelo con mejor rendimiento en detección de objetos en tiempo real como autos y otros (Figura 3). Como se puede ver en las Figura 6 y Figura 7, se detectará también los espacios vacíos.

ii. Dataset

El dataset usado es para entrenar el modelo es el “Visual Object Classes Challenge 2012” (VOC 2012). El cual presenta 20 clases entre ellas se encuentran los carros (se considerará en un trabajo a futuro incluir bicicletas, sillas, mesas, etc que se ven frecuentemente en garajes).

iii. Arquitectura de la Red Neuronal

El modelo consiste en una red convolutiva de 9 capas convolucionales de 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 512, 425 filtros cada uno. Este modelo tiny yolo es ligero en comparación a [2].

iv. Test Red Neuronal

El testeo se realiza en un servidor NVIDIA P4000 y en la placa NVIDIA TX1 la cual usamos en las testeo del mini-robot en el garaje con una cámara C920 obteniendo 15 fps el cual funciona sin ningún problema con el modelo tiny yolo.

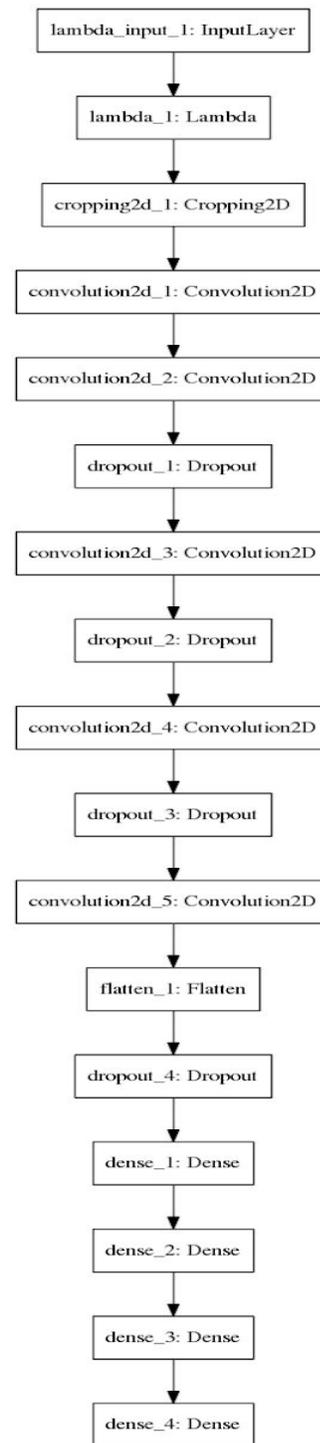


Fig. 2. Arquitectura de CNN basado en [1] para conducción autónoma

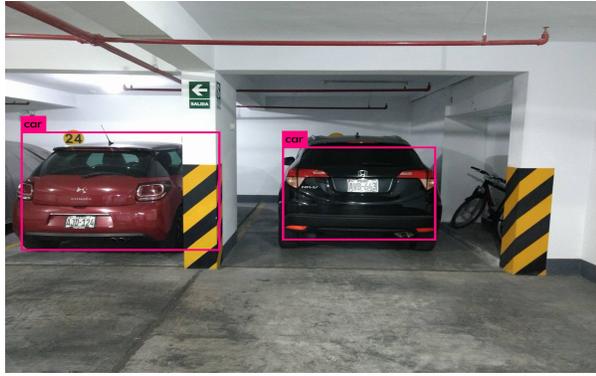


Fig. 3. Detección de carros en garaje subterráneo usando el modelo tiny YOLO

D. Mecanismo del Mini-Robot

El mini-robot se construyó con la base de un Monster Truck 1/18 el cual incluye un motor y 2 servos para el movimiento de las llantas delanteras y traseras. Se le agregó un Arduino Uno que permitía la comunicación entre el motor y la placa NVIDIA TX1, como se puede ver en la Figura 5.

El Arduino manda instrucciones al motor mediante sus GPIOs donde le indica velocidad de las ruedas y ángulo de giro de las ruedas delanteras.

La comunicación de la placa TX1 al Arduino es serial la cual permite enviar valores enteros codificados en caracteres para indicar el giro de las ruedas delanteras y las instrucciones de avanzar, detener y retroceder.

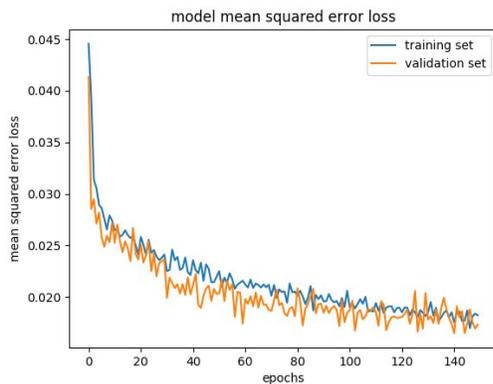


Fig. 4. Gráfico de rendimiento en entrenamiento y validación del modelo de la figura 2. Función de pérdida mínimo error cuadrático vs Epochs .

Mediante un programa en python en la placa TX1 se realiza el envío de instrucciones al Arduino y la recepción de imágenes, las cuales mediante entrenamiento validamos el modelo cuya curva de aprendizaje (*learning curve*) se puede observar en la Figura 4.

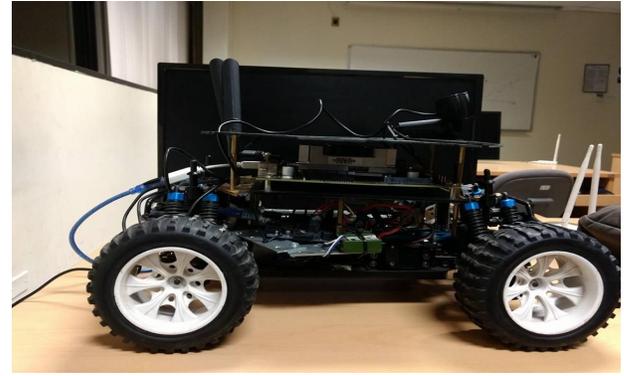


Fig. 5: Mini-Robot para el testeo en garaje

E. Mapeo de Estacionamiento por Inquilino por Beacons

i. Resumen

Se propone el mini-robot autónomo el cual paseara por el subterráneo reconociendo los objetos, número de placas, obstáculos y otros, también deberá identificar a qué inquilino le pertenece la zona analizada, es decir, cuando el mini robot detecta unos objetos (cercanos a un auto o a un espacio de aparcamiento) tendrá que marcar como leído al determinado espacio.

Dicha acción se puede regular con la lectura de MAC de un dispositivo de Bluetooth a través de los Beacons, los cuales al poseer una MAC única, sirven para la localización indoor en lugares donde no se presenta el internet o lugares donde se tiene difícil acceso [5], incluso permitiendo el seguimiento en aplicaciones de tiempo real [6].

ii. Detección de los Beacons

En el área estudiada, se cuenta con una distancia de separación de aproximadamente 8 metros entre las paredes y aproximadamente 2,45 o hasta 7,35 metros la separación entre los vehículos, como se muestran en las Figuras 6 y Figura 7.



Fig. 6: Posicionamiento de los beacons en el estacionamiento. Véase los colores: amarillo (beacons), rojo (campo de detección de objetos), verde (dirección de ruta) y celeste (señal de bluetooth).

Como se puede observar, los beacons se ha distribuido de tal manera que no haya interferencia de señales entre ellos y además que sean fácilmente reconocidos por el mini-robot.

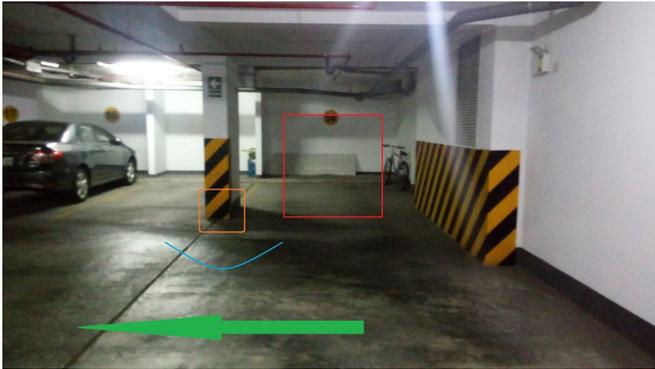


Fig. 7: Detección de los objetos, paredes y señales de los beacons. Véase los colores: amarillo (beacons), rojo (campo de detección de objetos), verde (dirección de ruta) y celeste (señal de bluetooth).

El mini-robot detecta las señales de los beacons y determina en dónde se encuentra, así como también identifica a quien le pertenece tal área debido a la información contenida en los beacons.

El posicionamiento que se muestra en la Figura 8 de los Beacons fue medido a precisión para evitar interferencias o accidentes que se puedan causar, por lo cual, al pas del mini-robot son rápidamente calculables y detectables, basados en trabajos anteriores [7].

iii. Determinación de la posición del mini-robot

Se plantea las ecuaciones según se desplaza el mini-robot mientras va detectando los beacons.

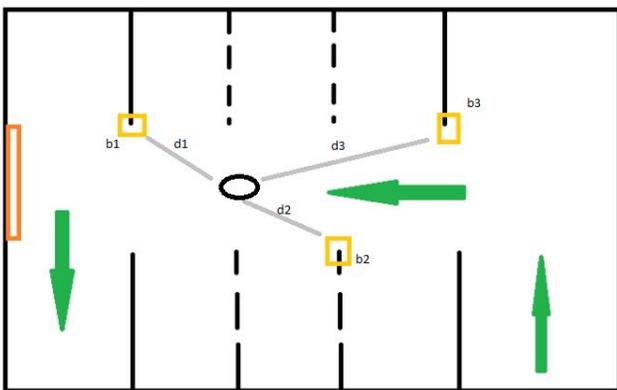


Fig. 8: Ubicaciones de los beacons en el garaje y variables a tomar para el cálculo e identificación de los beacons. Véase los colores: amarillo (beacons), rojo (campo de detección de objetos), verde (dirección de ruta).

Formando unos círculos imaginarios alrededor de cada beacon, se obtienen los radios respectivos. Entonces se procede a calcular la posición relativa respecto del sistema

global de beacons en base a ecuaciones de distancia formando un sistema de ecuaciones de la forma:

$$E_i : (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 = d_i^2$$

Donde (x, y) es la posición actual del mini-robot y los índices i corresponden a los beacons y los r_i corresponden a los vectores respectivos.

En caso de tener más beacons (que no es el caso) se procede a añadir otra ecuación respectiva. Para este sistema formado se procede a resolver:

Tomando como (x_i, y_i) como coordenada de cada beacon y $r_i = r_0 + d_i$ donde r_0 es la posición del mini-robot. Se obtiene tomando módulo:

$$\|r_i\|^2 = \|r_0\|^2 + 2r_0r_i + \|d_i\|^2.$$

Efectuando $\|r_i\|^2 - \|r_j\|^2, i \neq j$ obtenemos:

$$r_0(d_i - d_j) = \frac{\|d_i\|^2 - \|d_j\|^2 + \|r_i\|^2 - \|r_j\|^2}{2} = Y_i$$

Por el cual tendríamos:

$$x_0(x_i - x_j) + y_0(y_i - y_j) = Y_i$$

El cual forma un nuevo sistema lineal que se resuelve mediante métodos numéricos y se representar como:

$$Y = AX.$$

En donde:

$x = (x_0, y_0)^t$: es el vector columna de las variables de posición del mini-robot.

A: es la matriz formada por los vectores fila $[x_i - x_j, y_i - y_j]$.

Y: es el vector columna de las diferencias entre las distancia de los beacons.

III. CONCLUSIONES

Vimos que durante la implementación del carrito robot, se tuvo que tomar en cuenta muchas cosas que no se habían previsto para poder lograr el manejo autónomo de un carro sobre un simulador usando navegación por imágenes.

En el procedimiento del trabajo se obtuvo un desempeño óptimo para la tarea de detección de objetos usando algoritmos de Inteligencia Artificial.

Para la determinación de las posiciones del mini-robot en base al terreno delimitado por columnas y paredes se tiene que precisar las ubicaciones y encontrar un método numérico que solucione el sistema de ecuaciones generado de tal forma que se obtenga un error mínimo, el cual sirve para determinar e

identificar el lugar por donde está mientras detecta autos y objetos de un determinado aparcamiento, generando la relación objeto detectado - ubicación.

IV. TRABAJO A FUTURO

Mejorar la detección de objetos ampliando la cantidad de clases de imágenes que puede detectar el robot móvil, con ello lograr identificar más objetos en los estacionamientos y obtener mejores resultados para con los inquilinos del departamento.

Además, se mejorará la navegación autónoma del robot móvil usando algoritmos de filtro de partículas y Kalman. Para ello realizará el SLAM con sensores de mayor costo, entre ellos cámaras de profundidad y lidars.

En una mejora también se reconocerá los dígitos de las placa de los carros mediante técnicas de visión computacional, para el cual se plantea usar la base de datos de la SUNARP[8] para consultas vehiculares, para corroborar si el carro verdaderamente es de la propiedad de la persona que se registró en la base de datos de los inquilinos.

Además, también se puede mejorar la precisión de la ubicación variando la cantidad de beacons distribuidos de tal manera que dependerá del relieve del lugar.

REFERENCES

- [1] M. Bojarski, D. Del Testa, D. Dworakowski, B. Firner, B. Flepp, P. Goyal, L. Jackel, M. Monfort, U. Muller, J. Zhang, X. Zhang, J. Zhao, K. Zieba, "End to End Learning for Self-Driving Cars", April 2016.
- [2] J. Redmon, A. Farhadi. "YOLO9000: Better, Faster, Stronger", arXiv preprint arXiv:1612.08242. 2016.
- [3] D. Santo, "Autonomous Cars' Pick: Camera, Radar, Lidar?" 2016. Available: https://www.eetimes.com/author.asp?section_id=36&doc_id=1330069. [Last visited 16- Mar- 2018]
- [4] L. Leon, "CarND Self-Driving Nanodegree Udacity - Behavioral-Cloning", 2018. Available: <https://youtu.be/e7D23Kdy72Q>. [Last visited: 16- Mar- 2018]
- [5] Jinglong Li, Meifeng Guo, Siwei Li. An indoor localization system by fusing smartphone inertial sensors and bluetooth low energy beacons. *Frontiers of Sensors Technologies (ICFST)*, 2017. Shenzhen, China.
- [6] Ievgen Gorovyi, Alexey Roenko, Alexander Pitertsev, Ievgen Chervonyak, Vitalii Vovk. Real-time system for indoor user localization and navigation using bluetooth beacons. *Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, 2017 IEEE First Ukraine Conference.
- [7] Ryoya Momose, Tomoyuki Nitta, Masao Yanagisawa, Nozomu Togawa, *An accurate indoor positioning algorithm using particle filter based on the proximity of bluetooth beacons. IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE)*, 2017
- [8] SUNARP, *Servicio Gratuito de Consulta Vehicular con datos relacionados a las características de los vehículos registrados a nivel nacional*. Available: <https://www.sunarp.gob.pe/ConsultaVehicular/>. [Last visited: 27- May - 2018]