

Estacionamiento vehicular: un estudio de la implementación basado en visión artificial y de la confiabilidad del proceso de reconocimiento de patentes

Vehicular parking: a machine vision-based implementation and reliability study of license plate recognition process

Presentación: 26 y 27 de octubre de 2022

Marcelo Cejas

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
mcej@frvm.utn.edu.ar

Javier Gonella

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
jgonella@frvm.utn.edu.ar

Javier Panero

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
jpanero@frvm.utn.edu.ar

Fabián Sensini

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
fabiansensini@frvm.utn.edu.ar

Franco Salvático

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
fmsalvatico@frvm.utn.edu.ar

José Catalano

Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Villa María. Departamento de Ingeniería en Electrónica. Argentina
jlcatalano@frvm.utn.edu.ar

Resumen

Se ha diseñado un sistema de control de estacionamiento para ser aplicado en organismos públicos. Cuenta con dos unidades principales: la detección de matrículas en el acceso y el egreso, y la otra se compone de un conjunto de sensores que permiten obtener en tiempo real la ocupación de parcelas del lugar. El sistema es comandado por un servidor central en el que corren los procesos de detección y control estadístico. Su funcionamiento es identificar el vehículo ingresante, asignar un lugar disponible y registrar el evento. A la salida se procede de manera similar, llevando el historial de movimiento del vehículo. En base a las configuraciones y análisis realizados se pudo obtener

una gran confiabilidad del software de reconocimiento de patentes y de sistema de detección de ocupación. Además, se obtuvo un tiempo de autonomía de batería de sensor de al menos 3 años.

Palabras clave: Gestión de estacionamiento, ALPR, sensor magnético inalámbrico.

Abstract

A parking control system has been designed to be applied in public organizations. It has two main process units: the detection of license plates, and the other one is composed of a set of sensors that allow to obtain in real time the occupancy of the parking lots. The system is commanded by a central server in which the detection and statistical control processes run. Its basic operation is to identify the entering vehicle, assign an available place and record the event. At the exit, the system proceeds in a similar way, keeping the vehicle's movement history. Based on the configurations and analyses carried out, it was possible to obtain a high reliability of the license plate recognition software and the occupancy detection system. In addition, a sensor battery autonomy time of at least 3 years was obtained.

Keywords: Parking management, ALPR, wireless magnetic sensor.

Introducción

Existe gran cantidad de investigaciones sobre el desarrollo de técnicas de detección, seguimiento de vehículos y asistencia al conductor (Ozbay et al., 2005). En el presente trabajo se resalta el uso de técnicas de visión artificial y procesamiento de imágenes para resolver problemas que son de gran importancia en la actualidad: tal es el caso de estacionamiento vehicular en entidades públicas de dimensiones medias a grandes. Las imágenes obtenidas de una cámara de alta resolución son procesadas con el fin que una máquina pueda asimilar todos los elementos de la imagen, es así cómo se concibe la visión artificial como el “proceso de extracción de información del mundo físico a partir de imágenes utilizando para ello un computador” (Cha et al., 1992).

Para llegar al resultado deseado, se plantea una serie de etapas, que van desde el reconocimiento de un vehículo hasta obtener el texto de la matrícula. Luego de la localización del vehículo, se utiliza la detección de patrones y caracteres, mediante el reconocimiento automático de placas de patente (Automatic License Plate Recognition, ALPR) que es la técnica de obtención de la patente a partir de una imagen o serie de imágenes (Moretti et al., 2016).

Además, para un mayor control de espacios disponibles en el estacionamiento, es posible utilizar reconocimiento de patrones y sensores, para luego ir asignando de manera estadística la ubicación a los nuevos vehículos que ingresan al predio del organismo. De esta manera realiza un registro completo de la estadía de cada unidad, para optimizar el uso del espacio en días y horarios.

Desarrollo

El sistema de control es aplicado en el área de estacionamiento de vehículos automotores de la Facultad Regional Villa María de la Universidad Tecnológica Nacional (FRVM UTN), ubicada en la ciudad de Villa María, provincia de Córdoba, Argentina. Este espacio fue diseñado para ubicar 130 vehículos, de las cuales 4 son adaptadas para personas con movilidad reducida, del personal de la institución, docentes, estudiantes y visitantes.

De acuerdo con el día y horario, el flujo de vehículos que permanecen en el estacionamiento varía según el nivel de actividad académica, la cual principalmente se desarrolla por la tarde y la noche, a partir de las 12 Hs y hasta las 22 Hs. En base al estudio de ocupación previo mediante cámaras de seguridad, se pudo determinar que existe un flujo promedio de entrada/salida de vehículos de aproximadamente 31 por hora, con máximos de entrada entre las 17 y 18 horas y máximos de salida de 21 a 22 hs. Además, permite obtener el mayor pico de ocupación que se da entre las 19 y 20 horas, como se observa en la Figura 1.

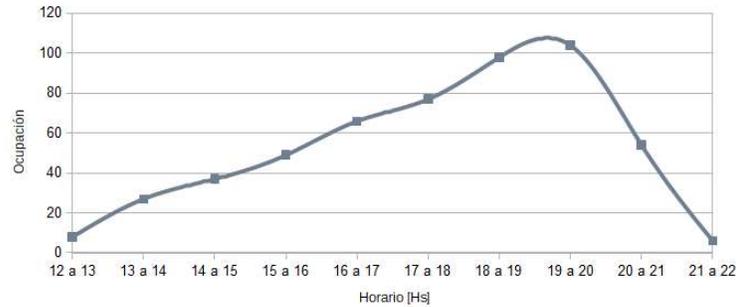


Figura 1. Ocupación promedio de parcelas

El desarrollo de este sistema se basa en la modularidad con el objeto de aislar cada una de las problemáticas y presentar soluciones de manera adecuada. El esquema general de módulos que intervienen en el funcionamiento se muestra en la Figura 2. Principalmente centrado en la etapa de reconocimiento de patentes, mediante la implementación de un prototipo funcional.

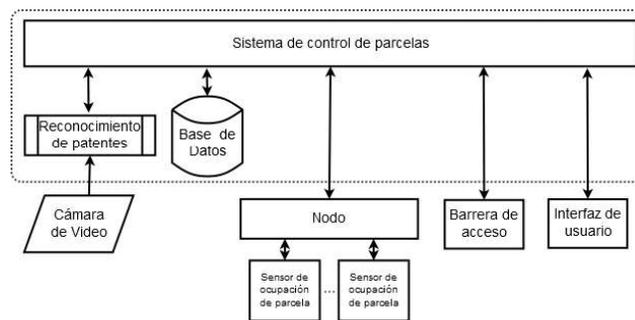


Figura 2. Esquema general de módulos

Para el reconocimiento de patentes existe una variedad de herramientas disponibles capaces de realizar esta tarea, las cuales en su mayoría requieren entrenamiento para reconocer las patentes de diferentes jurisdicciones. De manera sintética el reconocimiento de patentes conlleva una serie de etapas (Gaikwad et al., 2014), mostradas en la Figura 3.

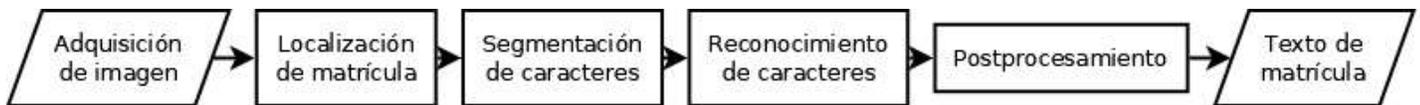


Figura 3. Etapas del reconocimiento de patentes.

El primer paso es la adquisición de una imagen que puede ser frontal o posterior del vehículo mediante una cámara digital de alta resolución. La imagen puede estar afectada por numerosos factores propios de la toma de imagen como son distorsión óptica, ruido, exposición incorrecta o movimiento, que dificultan el posterior procesamiento de esta. En la localización de la matrícula se hallan posibles áreas con formas compatibles. Para la segmentación de caracteres, se hace una separación de cada carácter respecto de los otros generando nuevas

imágenes. El paso más importante y crítico es el reconocimiento de caracteres, que consiste en escalar y redimensionar las imágenes obtenidas en la segmentación para compararlas con los posibles caracteres de las matrículas. Se realiza mediante el reconocimiento óptico de caracteres dando como resultado todas las posibles coincidencias en conjunto con el nivel de veracidad. La última fase es el postprocesamiento, que utiliza la lista de los posibles caracteres para determinar las mejores combinaciones compatibles con las matrículas, tomando los resultados del reconocimiento sobre cierto nivel de veracidad y contrastando con el número de caracteres y tipo (letras o números) que puedan formar el dominio del vehículo.

Cabe destacar que en Argentina se encuentran vigentes dos modelos de matrículas para vehículos automotores como se muestra en la Figura 4, las cuales tienen características particulares que debieron ser ajustadas en los archivos de configuración del software para obtener una mejor correlación de los resultados con la imagen suministrada. En la Tabla 1, se señalan las especificaciones fundamentales de cada modelo.

| Característica | Matrícula anterior Disp. N° 471/2011 DNRPA | Matrícula actual Disp. N° 411/2015 DNRPA |
|---------------------------------------|--|--|
| Ancho | 294 mm | 400 mm +/- 2 mm |
| Alto | 129 mm | 130 mm +/- 2 mm |
| Color fondo carácter | Negro | Blanco reflectivo |
| Dimensiones carácter | 32 mm / 67 mm | 30 mm / 65 mm |
| Tipografía | Sin datos | FE Engshrift |
| Color carácter | Blanco reflectivo | Negro |
| Número de caracteres | 6 | 7 |
| Combinación de caracteres | 3 letras, 3 números | 2 letras, 3 números, 2 letras |
| Separación entre caracteres / bloques | 10 mm / 90 mm | 10 mm / 31 mm |

Tabla 1. Especificaciones técnicas de las matrículas vigentes en Argentina



Figura 4. Ejemplos del banco de imágenes utilizado.

De acuerdo con las evaluaciones realizadas sobre las dos versiones de patentes, se obtuvo que se realiza una detección y reconocimiento más efectivo para el nuevo diseño, considerando tomas de imágenes con ángulos horizontales que van desde los -35° a 35° respecto del frente del vehículo, y con un ángulo vertical entre 0 y 30° , respecto del nivel promedio de ubicación de la matrícula.

La detección de parcela ocupada puede ser realizada mediante reconocimiento de patrones desde cámaras elevadas (Meduri, et al., 2018) o por sistema de sensores individuales en cada parcela de estacionamiento (Ma et al., 2014). De las dos, se ha tomado como prioritaria la segunda, debido a que parte del recinto de estacionamiento posee aleros de protección que dificultan la visión desde un plano elevado de los vehículos. Para ello, se diseñan sensores inalámbricos interconectados a concentradores o nodos que informan el estado al servidor central. Los sensores, uno por cada parcela, se ubican de forma tal que el vehículo al estacionar queda sobre el sensor. Cada sensor consta

de un microcontrolador, un transceptor inalámbrico, un magnetómetro de tres ejes y una batería, tal cual se observa en la Figura 5.

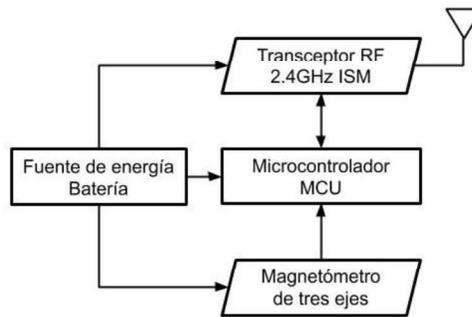


Figura 5. Sensor de ocupación de parcela

El magnetómetro de tres ejes es un circuito integrado que consta de sensores magnetorresistivos que junto a acondicionadores de señal permiten medir la magnitud y dirección del campo magnético con gran precisión. En presencia de campo magnético se produce un cambio en la resistividad del elemento lo que corresponde a un cambio en la salida. Los elementos se disponen ortogonalmente en tres ejes lo que permite medir la dirección de campo en cualquier orientación. Es posible detectar la presencia o ausencia de un vehículo sobre la parcela ya que éste modifica el campo magnético de forma local. El microcontrolador mide a intervalos específicos de tiempo el valor del campo magnético detectado. En caso de detección de un cambio en el campo magnético lo almacena y comunica al nodo concentrador. El transceptor es del tipo inalámbrico y trabaja en la banda ISM 2.4GHz (banda de radio industrial-científica-médica).

Es fundamental hacer uso eficiente de la energía consumida por cada sensor ya que depende de una batería para alimentarse. Todos los componentes son de bajo consumo, y el microcontrolador gestiona el encendido y apagado de acuerdo a la necesidad de funcionamiento del sistema.

De acuerdo con los consumos de energía medidos de cada componente y la duración de cada proceso se calcula la energía total consumida por día. La batería utilizada es de Litio con 2600mAh de capacidad nominal. Como se observa en la Tabla 2, teniendo en cuenta el flujo promedio de autos entrada/salida por día y la cantidad de parcelas disponibles en el estacionamiento podemos estimar la vida útil de batería según el número de vehículos. Para un promedio de 3 vehículos por día por parcela se calcula una vida útil de batería de 8,8 años y se observa que para 100 vehículos la vida útil se mantiene por sobre los 3 años lo cual nos da un buen desempeño para todo tipo de escenario.

| Número de Vehículos | Modo de trabajo | Tiempo de trabajo por día [s] | Corriente promedio [mA] | Vida útil [Años] |
|---------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------|------------------|
| 0 | Activo | 209 | 0,032 | 9,2 |
| | Inactivo | 86190 | | |
| 3 | Activo | 216 | 0,034 | 8,8 |
| | Inactivo | 86184 | | |
| 30 | Activo | 281 | 0,048 | 6,2 |
| | Inactivo | 86119 | | |
| 100 | Activo | 449 | 0,084 | 3,5 |
| | Inactivo | 85951 | | |

Tabla 2. Consumo de corriente promedio y vida útil de batería de sensor

Los sensores se comunican con el nodo que concentra todos los mensajes enviados a él. La comunicación se gestiona de forma asincrónica y cada sensor al detectar un cambio de estado de ocupación de parcela, enciende el transceptor e intenta comunicarse al nodo. Al producirse una falla en la comunicación intenta nuevamente hasta lograrla. El nodo además del transceptor ISM se compone de una minicomputadora industrial conectada al sistema de control centralizado vía red local IP.

Conclusiones

El sistema de detección de matrículas funciona correctamente con gran confiabilidad, utilizando las configuraciones aplicadas referidas a las dimensiones y patrones de caracteres de ambos modelos de patentes, esto permite continuar con la implementación global del sistema en la Facultad, integrando con el desarrollo de los sensores de ocupación y los dispositivos de interacción con el usuario como son el indicador de parcela asignada y las barreras de acceso y egreso.

El sensor inalámbrico de ocupación de parcela tiene una autonomía suficiente y no ha presentado inconvenientes frente al entorno de instalación, lo que impacta en el bajo mantenimiento requerido. El servidor central realiza correctamente la integración de los procesos planteados, de esta manera se logra un funcionamiento general del sistema, de acuerdo lo planteado y estipulado en las etapas de investigación.

Referencias

- Cha, Kichul, Kenneth W. Horch, and Richard A. Normann. "Mobility performance with a pixelized vision system." *Vision research* 32.7 (1992).
- Gaikwad, Dhiraj Y., and Pramod B. Borole. "A Review Paper on Automatic Number Plate Recognition (ANPR) System." *International Journal of Innovative Research in Advanced Engineering (IJIRAE)* 1.1 (2014).
- Ma, Sai, et al. "Reliable wireless vehicle detection using magnetic sensor and distance sensor." *International Journal of Digital Content Technology and its Applications* 8.1 (2014): 112.
- Meduri, Praveen, and Eric Telles. "A Haar-Cascade classifier based Smart Parking System." *Proceedings of the International Conference on Image Processing, Computer Vision, and Pattern Recognition (IPCV). The Steering Committee of The World Congress in Computer Science, Computer Engineering and Applied Computing (WorldComp)*, 2018.
- Moretti, I., Jorge, J., Amado, J., Caniglia, C., Puntillo, D., & Blasco, M. "Software libre para reconocimiento automático de las nuevas patentes del Mercosur". (2016).
- Ozbay, Serkan, and Ergun Ercelebi. "Automatic vehicle identification by plate recognition." *World Academy of Science, Engineering and Technology* 9.41 (2005).