

# Implantar una Red de Sensores Inalámbricos de NI para Monitorizar la Ocupación de Plazas de Aparcamiento

Por Yeung lam, Dr. William Kaiser y Dr. Thanos Stathopoulos

Yeung lam  
- UCLA Center for  
Embedded Networked  
Sensing  
Dr. William Kaiser  
- UCLA Center for  
Embedded Networked  
Sensing  
Dr. Thanos Stathopoulos  
- UCLA Center for  
Embedded Networked  
Sensing



## El reto

*Implantar una red de sensores inalámbricos (WSN) de NI para monitorizar la ocupación de plazas de aparcamiento*

## La solución

*Implantar un sistema de monitorización de la ocupación de plazas de aparcamiento basado en una plataforma (WSN) de red de sensores inalámbricos de NI para monitorizar los eventos de entrada y salida que ocurren en las estructuras de aparcamiento, transmitir de forma inalámbrica los datos a una estación base de NI CompactRIO para procesar la información y enviarla a una base de datos accesible mediante la Web.*

## Síntesis del proyecto

### Sector Industrial:

- Automoción

### Tipo de Aplicación:

- Logística de almacenaje

### Productos utilizados:

#### Software:

- LabVIEW Real-Time

#### Hardware:

•NI cRIO-9014: Controlador embebido que ejecuta LabVIEW Real-Time para control, registro de datos y análisis determinísticos

- NI WSN-9791: Ethernet gateway

•NI WSN-3202: El nodo de medida NI WSN-3202 es un dispositivo inalámbrico que ofrece cuatro canales de entrada analógica de  $\pm 10$  V y cuatro canales digitales ...

Entrada Analógica: 4 SE • 1 S/s

E/S Digital: 4 DIO

Tipos de Medida: Voltaje

Hemos aprovechado la plataforma NI WSN para llevar a cabo de forma económicamente factible la monitorización de la ocupación de la estructura de aparcamiento y así eliminar la necesidad de un sistema de cableado.

Muchos sistemas permiten la monitorización de aparcamientos, pero requieren su instalación durante la construcción de la propia estructura. Los sistemas implementados para

los aparcamientos ya existentes suelen requerir una instalación compleja. Además, la información capturada por estos sistemas está típicamente limitada a las estructuras en que se capturó. Se dispone de la capacidad de archivar estos datos, pero no existe un protocolo central o uniforme de acceso a los datos.

Hemos implementado un sistema de monitorización de la ocupación de aparcamientos de bajo costo y fácil de instalar, que se integra con una base de datos en línea para proporcionar información de espacios libres de aparcamiento tanto a nivel local como a distancia. Este sistema proporciona información a los vehículos que llegan sobre la disponibilidad de aparcamiento mediante acceso en línea utilizando ordenadores y teléfonos móviles.

## Enfoque técnico

Hemos creado este sistema para dar a los clientes de los aparcamientos acceso a la información de manera eficiente de manera que les ayude a elegir una estrategia de aparcamiento. También necesitamos proporcionar datos a los administradores del aparcamiento que les ayuden a gestionar eficazmente los recursos del mismo. El sitio de implantación inicial fue uno de los niveles de aparcamiento del edificio de medicina de UCLA que se benefició de nuestra aplicación, ya que se subdivide en dos zonas, una para pacientes y otra para el personal y pacientes.

Para proporcionar información útil a los clientes del aparcamiento, el sistema proporciona un recuento general de las plazas ocupadas dentro de la estructura del aparcamiento, así como una información adicional de la zona correspondiente a ese nivel.

Se colocaron sensores en cada entrada, salida y en los puntos de transición entre las zonas. Los sensores en los puntos de entrada y salida transmitían datos de forma inalámbrica relativos a la entrada y

salida de vehículos a una estación base central en la cabina de control de salida. Los sensores de vigilancia de los puntos de transición entre las zonas detectan el tráfico y la dirección para determinar si los vehículos se mueven entre zonas. Los sensores envían esta información a la estación base central, en la cual se analizan todos los datos entrantes para contar en tiempo real el total de plazas de aparcamiento disponibles y su número en cada zona.

## Diseño del sistema de hardware

### Sensores

Usamos los sensores infrarrojos pasivos (PIR) de Parallax Technologies como nuestros detectores principales del tráfico de vehículos. Estos sensores detectan los cambios en la radiación infrarroja de un cuerpo negro emitida por los objetos y requieren poca energía; ya que, la detección se produce sin ningún tipo de excitación. También proporcionan una salida digital que puede ser configurada para dar salida a pulsos durante la detección continua del movimiento, o permanecer a nivel alto de tensión durante la detección continua de movimiento y pasar a nivel bajo después de alcanzar el equilibrio.

### Los nodos de sensores inalámbricos





Para desarrollar nuestro sistema, hemos usado tres nodos de entradas analógicas NI WSN-3202, cada uno equipado con cuatro entradas de tensiones analógicas y cuatro E/S digitales. Conectamos las salidas del módulo de sensores PIR a una entrada digital y las baterías del sensor a una entrada analógica para controlar el consumo de potencia. Además, se utilizaron cuatro pilas AA para alimentar los nodos WSN. Aunque existía la posibilidad de una transmisión continua de datos en bruto del sensor a la estación base, se utilizaron las capacidades de procesamiento de los nodos para calcular a nivel local los eventos de entrada y salida y así limitar la transmisión de datos a la estación base. El nodo puede decidir a nivel local cuando un vehículo ha pasado en lugar de enviar los datos en bruto a un servidor para su procesamiento. Al añadir esta capacidad, el nodo sólo tiene que transmitir mensajes cuando se detecta un vehículo, lo que aumenta la duración de la batería.

#### Estación Base



Un controlador embebido en tiempo real NI cRIO-9014, alimentado por una fuente de CA, constituía la estación base en una de las dos cabinas de control de la salida de la estructura de aparcamiento. Se conectó la estación a la red de transporte de UCLA mediante Ethernet. Debido a las

políticas de seguridad de transporte de UCLA, los datos son inaccesibles fuera de esta red, pero pudimos acceder a nuestro servidor de bases de datos para su almacenamiento.

#### Puerta de enlace inalámbrico

Gracias a la puerta de enlace de Ethernet de NI WSN-9791, hemos facilitado la comunicación entre la estación base CompactRIO y los nodos de los sensores inalámbricos. Se instaló esta puerta de enlace en el interior de la cabina de control de la salida junto a la caseta en la que alojamos el controlador CompactRIO. Una fuente de la alimentación de CA de pared alimenta a la estación y está conectada a la misma red que CompactRIO.



#### Depósito de datos en línea

Hicimos que el flujo de datos fuese en tiempo real desde el controlador CompactRIO al depósito de datos de "detectorbase.org", sitio que proporciona una amigable interfaz de tipo Web para descargar, navegar, compartir y organizar los datos. Además, este depósito ofrece una capa de aplicación para el servicio de Web que se utilizó para desarrollar páginas Web personalizadas y presentar la información del aparcamiento a los usuarios de ordenador y teléfono móvil.

#### Arquitectura del software

##### Adquisición de datos

En primer lugar, los nodos de sensores inalámbricos muestrean los datos de los módulos PIR. El nodo ejecuta un VI personalizado programado usando NI LabVIEW Wireless Detector

Network (WSN) Module Pioneer que utiliza la característica de notificación de E/S digitales del nodo WSN. Cuando se detecta movimiento por el módulo PIR, este evento provoca un disparo y el nodo WSN continua muestreando la entrada digital hasta que cae a nivel bajo. Una vez que se detecta un evento, el nodo WSN envía un mensaje de radio a la estación base de CompactRIO que indica la ocurrencia del evento y su duración. Mediante el uso del sistema de notificación de E/S digitales y la realización del muestreo de las señales analógicas a muy baja velocidad, se minimiza la cantidad de tiempo que hay que mantener los nodos WSN activados para el envío de datos.

Los datos de longitud de los pulsos se envían desde los nodos WSN a la estación base CompactRIO y se clasifican por la duración que tomó el objeto en pasar por el detector para determinar si uno o más vehículos han pasado o si lo ha hecho un peatón. CompactRIO mantiene un contador interno del número total de automóviles presentes en el aparcamiento. Después de cada evento de salida o entrada, los datos del evento y el recuento total se registran internamente en un archivo en la memoria flash de CompactRIO y a continuación se envía al depósito de datos de "detectorbase.org".

##### Contenido en línea

En estos momentos estamos enviando los datos del sistema al depósito de datos "detectorbase.org" para navegar, descargar y dibujar gráficos mediante la Web incorporada. Los datos también están disponibles para las aplicaciones personalizadas de Web a través de la capa de servicios de Web. Se construyó una sencilla interfaz de Web que utilizan estos servicios Web para crear gráficos a partir de los datos durante un cierto período de tiempo y proporcionar el número total de automóviles en el aparcamiento.

#### Medidas del consumo

Además de los datos de detección de vehículos, se configuró cada nodo WSN para muestrear un canal analógico cada 10 minutos destinado a medir el estado de carga de la ba-



tería del detector. A continuación se transmitieron los datos de la batería y de la calidad del enlace a la estación base y se registraron y enviaron a la base de datos. También se creó una sencilla interfaz Web para proporcionar información sobre la salud del sistema a nuestros usuarios.

### Mejoras futuras del sistema

Después de la instalación inicial, queremos mejorar el sistema para que las estaciones base puedan enviar información, así como descargar datos de otros aparcamientos “vinculados”

de forma que se ayude a los usuarios a elegir otro aparcamiento si aquel en el que están ya está lleno. El objetivo principal de la ampliación de la actual implantación sería el mismo nivel del aparcamiento del edificio médico, así como la estructura de aparcamiento adyacente. Toda la información estará disponible en línea y la señalización del sitio puede informar a los clientes de la disponibilidad de aparcamiento en aparcamientos cercanos.

También tenemos previsto instalar señalizaciones en pantallas de LEDs en las estructuras de aparcamiento. Las pantallas se actualizarán automáticamente para ofrecer a los vehículos que llegan información sobre la disponibilidad de plazas de aparcamiento en lugar de utilizar señales colocadas manualmente por el personal del mismo.

Además, se aprovechó la plataforma NI WSN para llevar a cabo de forma económicamente factible la monitorización de la ocupación de la estructura de aparcamiento y así eliminar la necesidad de un sistema de cableado. 