### Simulador para detección de obstáculos en vías férreas, basado en técnicas ópticas.

J. Jesús García, Cristina Losada, Jesús Ureña, Manuel Mazo, Álvaro Hernández, Patricio Donato Departamento de Electrónica Universidad de Alcalá Alcalá de Henares, Madrid, España jesus@depeca.uah.es

Fernando Álvarez
Departamento de Ingeniería Electrónica y
Electromecánica
Universidad de Extremadura
Cáceres. Extremadura. España.

Abstract—En este trabajo se muestra el simulador de un sistema de detección de obstáculos en vías férreas, basado en técnicas ópticas. Concretamente, el sistema simulado está basado en una barrera de emisores infrarrojos y otra de detectores, siendo el área de vigilancia la que se encuentra entre ambas barreras. El simulador, además de detectar la existencia del obstáculo, permite informar de su posición relativa en la vía (longitudinal y transversal), cumpliéndose además los requerimientos ferroviarios impuestos a estos sistemas. Debido a que en la barrera se utilizan técnicas de multiemisión, ha sido necesaria la codificación de cada emisor, aspecto este contemplado en el simulador. El software desarrollado, permite además su conexión al sistema hardware de control de la barrera.

Keywords: detección de obstáculos mediante técnicas ópticas, topologías de detección, codificación de emisiones infrarrojas

#### I. INTRODUCIÓN

El ferrocarril no es ajeno a los grandes cambios que se están viviendo en los sistemas de transporte, cada vez más necesarios en la sociedad que vivimos. Valgan las cifras de viajeros que se mueven diariamente en los trenes de cercanías. Por otra parte, la revolución que se está produciendo en el sector con la implantación de líneas de alta velocidad es espectacular. Dentro de toda esta transformación aparece un concepto fundamental: seguridad. Definir qué es la seguridad es a la vez complejo y subjetivo. Se podría decir que algo es seguro cuando no presenta un riesgo o no existe la posibilidad de que se produzca ninguna consecuencia adversa. Pero en el sector del transporte, se puede decir que cualquier circunstancia, en mayor o menor medida, presenta un riesgo.

Indagando en las circunstancias que llevan a accidentes ferroviarios, en gran parte de los casos, la razón fue la existencia de un obstáculo en la vía que resultó peligroso para la circulación. Estos obstáculos pueden ser de diversa índole: rocas que caen en la vía por un desprendimiento, vehículos y personas que cruzan indebidamente un paso a nivel o se quedan atrapados en el mismo, peatones que cruzan las vías por zonas no habilitadas, o incluso, otro tren.

Aunque técnicamente la detección del obstáculo es posible [1][2], desde el punto de vista de la explotación a veces los accidentes son inevitables. Una circulación a 350 km/h no

podría detenerse nunca sin evitar la colisión si se detecta un obstáculo a 100 metros de ella. E igual de imposible resulta evitar que un peatón se suicide lanzándose a una vía.

Pero sí se pueden disminuir los riesgos, en definitiva aumentar la seguridad, si se realiza una detección del obstáculo con suficiente antelación como para que el tren pueda frenar. De esto dependen muchos aspectos: desde el simple sensor que detecta el obstáculo, hasta los complejos sistemas de señalización y comunicaciones que deben hacer que el tren se detenga, evitándose el impacto.

En [3] se propone un sistema de detección de obstáculos basado en técnicas ópticas. Dicho sistema consta de una barrera de emisores y receptores infrarrojos. Aunque la detección se basa en la ausencia de una emisión en el sistema receptor, se pueden afrontar diferentes topologías de detección, según las emisiones simultáneas que se reciben sobre un mismo receptor. Este sistema puede ser ubicado en cualquier parte del trayecto ferroviario, siendo las zonas de mayor necesidad de supervisión los pasos elevados (túneles y puentes) o los pasos a nivel. Esto se debe a que son las zonas en las que con mayor probabilidad puede haber un obstáculo.

Este trabajo analiza las diferentes topologías de detección que se pueden establecer en una barrera infrarroja como la descrita en [3], así como la simulación de las mismas, como paso previo a su instalación en la zona de vigilancia. Además de las topologías, se proponen también los algoritmos de detección y localización de obstáculos, teniendo en cuenta diferentes especificaciones ferroviarias.

#### II. SISTEMA SENSORIAL BAJO ESTUDIO

#### A. Especificaciones

El sistema que se desea diseñar, está fuertemente condicionado tanto por las características de su ubicación – las vías férreas – como por los resultados que se espera obtener en cuanto a fiabilidad, disponibilidad, movilidad, etc. A continuación se indican los aspectos más relevantes a tener en cuenta en el sistema sensorial, descritos en su mayor parte en [4].

#### 1) Características geométricas

Las características geométricas del sistema vienen impuestas por la geometría de las vías así como por el tamaño de los obstáculos a detectar.

- Distancia entre emisores: es la distancia entre dos emisores (o receptores) consecutivos. En el caso que nos ocupa, este valor se fija a 25 centímetros.
- Distancia entre emisores y receptores: el valor de esta distancia está condicionado por la anchura de las vías. En este caso se supondrá que la distancia mínima es de 14 metros.

#### 2) Condicionantes del sistema

- Tamaño mínimo del obstáculo a detectar: 50x50x50 centímetros.
- Exigencia de un funcionamiento adecuado con degradación del sistema del 90%.
- Inmunidad al sol, así como a las adversidades climatológicas (lluvia, nieve, niebla, viento...)
- Alta disponibilidad y modularidad
- Máximo nivel de seguridad (SIL4)
- Posibilidad de discriminación entre las situaciones de obstáculo y avería.
- Tiempo de scan de 500 ms. En este tiempo se adquiere y procesa la información de todos los sensores.

#### B. Sistema propuesto

El sistema que se propone [3] está basado en una barrera activa de infrarrojos la cual constituye un sistema de detección de gran funcionalidad. Dicha barrera está formada por una unidad de emisión y otra de recepción. Ambas unidades se encuentran enfrentadas entre sí a lo largo de la distancia que se quiere proteger. La estructura de este sistema se representa en la figura 1.

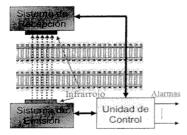


Figura 1. Esquema del sistema sensorial

En la transmisión del haz de infrarrojos entre un emisor y un receptor, la energía del mismo se dispersa, generando un patrón cónico dependiente del emisor elegido, según se observa en la figura 2.



0

0

(1)

0

0

0

0

6

0

0

0

0

0

Figura 2. Dispersión de la energía en el enlace de infrarrojos

El efecto de dispersión de la energía permite que la emisión generada por una fuente pueda ser detectada en varios receptores de forma simultánea, permitiendo distribuir los enlaces entre emisores y receptores según diferentes topologías.

Con el objeto de permitir la discriminación entre las diferentes señales detectadas en un receptor, se codifica cada emisión con un *conjunto de cuatro secuencias complementarias*. La peculiaridad de estos conjuntos de secuencias radica en que es posible obtener cuatro conjuntos complementarios ortogonales [5] de modo que pueden emitirse hasta cuatro señales de forma simultánea sin que interfieran entre sí.

#### III. TOPOLOGÍAS

La topología determina la disposición de los enlaces que componen la barrera activa de infrarrojos. A la hora de elegir cuál es la distribución más adecuada no hay que perder de vista las especificaciones impuestas al sistema. La distancia entre detectores consecutivos (25 cm) junto al obstáculo mínimo detectable (de 50 cm de lado) impone que cuando se detecta un obstáculo, al menos dos haces deben ser cortados (no serán recibidos en sus correspondientes receptores). Según la topología que se elija, la fiabilidad del sistema puede aumentar considerablemente, pudiéndose incluso detectar la posición transversal del obstáculo en la vía. A continuación se enumeran las situaciones analizadas.

#### A. Emisión simple con haces paralelos

Esta es la solución más inmediata, consistente en utilizar una barrera de infrarrojos formada por haces paralelos entre sí. En esta formación cada receptor debe detectar únicamente la señal debida al emisor con el que se encuentra enfrentado.

La característica más significativa de esta topología es la sencillez de la misma. Sin embargo presenta algunas desventajas vinculadas a la seguridad, como puede ser la no discriminación entre las situaciones de detección y avería en el sistema. Además, únicamente puede detectar la posición longitudinal del obstáculo, y en caso de obstáculo mínimo sólo se interceptarían dos haces, no siendo una solución demasiado fiable.

#### B. Multiemisión y multidetección

Para tratar de solventar los inconvenientes que plantea la emisión simple, se propone un sistema basado en *detección múltiple*, denominada así porque cada receptor detecta las señales debidas a más de un emisor. El uso de detección múltiple presenta numerosas ventajas, ya que permite la

ubicación del obstáculo de forma transversal *en zonas*, así como la discriminación de la situación de detección de obstáculo frente a la de avería, añadiendo, además, redundancia al sistema, con el consiguiente aumento de fiabilidad.

#### 1) Detección de 3 emisiones. Recepción en sensores contiguos

La base de esta propuesta es la detección, en cada receptor, de los haces asociados a tres emisores distintos. De este modo, el receptor  $R_{\rm j}$  debe detectar los haces del emisor al que se encuentra enfrentado  $E_{\rm j}$  (haz principal) así como los de los dos emisores contiguos a éste  $E_{\rm j-1}$  y  $E_{\rm j+1}$  (haces laterales).

En la figura 3 se observa que los cortes entre los diferentes rayos dividen el área bajo estudio, en dos zonas, de forma transversal. En cuanto a los inconvenientes de este sistema, destaca el aumento de la complejidad del algoritmo, junto con la necesidad de utilizar un número mayor de receptores. Además la discriminación en dos zonas puede no ser suficiente en algunas aplicaciones.

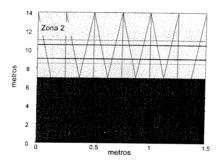


Figura 3. Detección de tres haces con en sensores contiguos

#### 2) Detección de 5 emisiones. Recepción en sensores contiguos

Con el objeto de aumentar la resolución en la determinación de la posición transversal del obstáculo se propone la detección de cinco haces de emisores consecutivos, en cada receptor. De este modo, como puede observarse en la Figura 4, los cortes entre haces dividen el área de detección en cinco zonas.

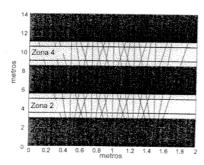


Figura 4. Emisión de cinco haces con recepción en sensores contiguos

Esta topología presenta características similares a las de la anterior, ya que divide el área bajo estudio en zonas que permiten la localización transversal y disminuye el tamaño mínimo de un obstáculo que es detectado a la mitad de la distancia entre emisores contiguos. No obstante, el aumento del número de haces, provoca un aumento considerable de complejidad ya que cada uno de los receptores debe ser capaz de procesar y diferenciar hasta cinco señales deseadas procedentes de emisores distintos.

Observando las gráficas anteriores, se plantea la posibilidad de llegar a una solución de compromiso, reduciendo el número de haces por emisor, de modo que se reduzca la complejidad, pero manteniendo un nivel de resolución aceptable para la aplicación.

#### 3) Detección de 3 emisiones con recepción en sensores alternados

Al emplear receptores alternados, con tres haces por emisor, el área bajo estudio queda dividida en tres zonas, manteniendo la ventaja que proporcionaba el caso anterior al disminuir el tamaño mínimo de obstáculo que se detecta.

En la Figura 5 se observan los haces que se detectarían así como las zonas resultantes al aplicar esta configuración.

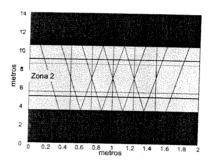


Figura 5. Detección de tres haces en receptores alternados

Un detalle importante de esta propuesta, según se muestra en la figura 5, es que las zonas 1 y 3 se corresponden a las áreas de gálibo, y la zona 2 se corresponde justo con la zona de las vías. Este hecho es importante, ya que permite informar si el obstáculo detectado está sobre las vías, o fuera de las mismas.

Tras el estudio anterior, se concluye que para la aplicación que nos ocupa la topología más adecuada es la basada en emisión y detección múltiple, con tres haces por emisor, y recepción en sensores alternados.

#### IV. ALGORITMOS DE LOCALIZACIÓN

Estos algoritmos deben ejecutarse en cada uno de los periodos de scan, de modo que a partir de la información de los receptores sea posible determinar la zona en la que se encuentra el obstáculo

Para la obtención de la zona de ocupación - zona en la que es posible que se encuentre el obstáculo - se proponen

diferentes soluciones. La primera de ellas se basa en el análisis geométrico de los haces que forman la barrera:

#### A. Localización basada en el análisis geométrico de la barrera

El análisis geométrico consta de dos procesos diferentes. El primero de ellos se encarga de determinar la presencia o ausencia de obstáculos grandes (tamaño mayor o igual a 50x50x50cm) en el área de detección, mientras que el segundo permite conocer, en caso de que exista obstáculo, la zona de posible ocupación.

#### 1) Detección

El algoritmo de detección se ejecutará una vez, en cada periodo de muestreo del sistema, permitiendo determinar la presencia de un obstáculo grande en caso de que se detecte el corte de al menos dos haces axiales de emisores consecutivos. Se detectará la situación de corte de un haz cuando dicho haz no supere el umbral fijado en recepción.

#### 2) Localización

El Algoritmo de Localización permite determinar la posición transversal de obstáculo, ubicándolo en una de las tres zonas en que se ha dividido el área de detección. En la Figura 6 se presenta la nomenclatura que se empleará a la hora de referirse a las citadas zonas.

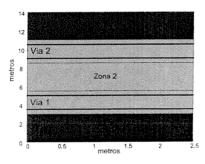


Figura 6. Nomenclatura de las zonas

El primer paso para la localización es comprobar en que *mitad* (superior o inferior) del área de detección se encuentra el obstáculo. Para ello, únicamente se tienen en cuenta el número de emisores y receptores cuyos haces se encuentran cortados. Una vez hecho esto, y mediante un estudio geométrico de los haces cortados por el obstáculo, y los que no lo están, se obtiene la zona en la que es posible que exista un obstáculo, dicha zona estará limitada por haces de infrarrojos que no hayan sido cortados por el obstáculo. En la figura 7 se representan las diferentes etapas de este algoritmo.

#### B. Localización basada en funciones lógicas

La base de esta propuesta es la elección del conjunto de haces más pequeño para el que es posible ubicar el obstáculo en tres zonas diferentes, y que se repite longitudinalmente en la vía hasta formar la barrera de infrarrojos. El conjunto de haces elegido se muestra en la Figura 8 donde puede observarse que se consideran 8 emisores y 4 receptores de infrarrojos.

En la estructura indicada, se asigna a cada uno de los receptores tres bits, asociados a los tres haces que debe recibir dicho receptor. De este modo, a partir de los valores de los doce bits resultantes de los cuatro receptores, y aplicando una serie de funciones lógicas es posible determinar la zona en la que se encuentra el obstáculo. Siendo  $[R_{i1}, R_{i2}, R_{i3}]$  los tres bits asignados al receptor i (i = 1, 2, 3 y 4), y teniendo en cuenta que dichos bits toman el valor 1 en caso de que el haz que representan se reciba correctamente, y 0 en caso contrario. Las

0

0

0

(1)

(

0

0

0

000

0

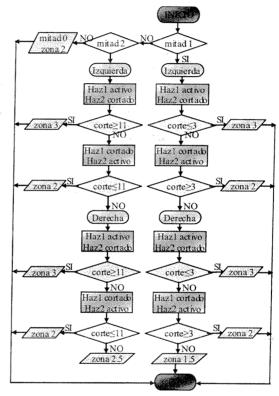


Figura 7. Algoritmo de localización

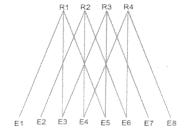


Figura 8. Fragmento básico de la barrera de IR

funciones lógicas que determinan la existencia de obstáculo en cada una de las zonas de estudio se muestran a continuación:

$$\begin{split} &zona_{1} = \overline{R_{12}} \cdot R_{13} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot R_{32} \cdot \overline{R_{41}} \cdot R_{42} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot R_{22} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot R_{41} \cdot \overline{R_{42}} \\ &zona_{2} = \overline{R_{12}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot R_{21} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot R_{32} \cdot R_{41} \cdot R_{42} + \\ &+ R_{12} \cdot R_{13} \cdot R_{22} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot R_{42} + \\ &+ \overline{R_{12}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot R_{32} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot R_{13} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot R_{13} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot R_{13} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R$$

$$\begin{split} zona_{3} &= \overline{R_{12}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ \overline{R_{12}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{21}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{31}} \cdot \overline{R_{32}} \cdot \overline{R_{33}} \cdot \overline{R_{41}} \cdot \overline{R_{42}} + \\ &+ R_{12} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{13}} \cdot \overline{R_{22}} \cdot \overline{R_{23}} \cdot \overline{R_{23$$

Estas funciones lógicas se aplican a cada uno de los fragmentos fundamentales que forman el área de detección, siendo la zona de ocupación la que resulta de la superposición de las zonas obtenidas para cada fragmento.

Un aspecto importante de la detección mediante el uso de funciones lógicas, es la facilidad en cuanto a la implementación de los algoritmos, pudiéndose fácilmente exportar a plataformas hardware basadas en FPGAs.

#### C. Proceso de detección sujeto a criterios temporales

Debido a que el entorno de aplicación de este sistema son las vías férreas, es posible que aunque algunos obstáculos permanezcan inmóviles, otros tengan un comportamiento dinámico. Por este motivo, la detección está sujeta a criterios de temporalidad, no pudiendo asegurarse las condiciones de ocupación o vía libre con los datos de un solo periodo de scan.

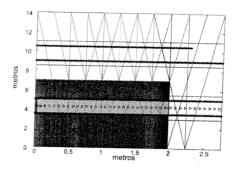
En el simulador es posible observar esta circunstancia ya que permite configurar obstáculos que describen una trayectoria a través del área de detección.

El proceso de detección para objetos en movimiento se basa en los algoritmos vistos anteriormente que son ejecutados en cada periodo de scan y cuyos resultados se almacenan, de modo que cuando se cumple una de las condiciones de detección de obstáculo, finaliza el proceso, y se muestran los resultados.

#### V. RESULTADOS

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los algoritmos de detección y localización se presentan de dos modos diferentes.

El primero de ellos es el que aparece durante el tiempo configurado para la simulación, en el que se muestra en la pantalla una representación en dos dimensiones del área de detección, en la que puede verse las vías, y sobre ellas, los haces de infrarrojos que forman la barrera, así como el obstáculo. La zona en que la que el simulador ha determinado que es posible que se encuentre el citado obstáculo aparece sombreada. En la figura 9 se representa la simulación del paso de un tren, así como el cruce de un peatón a través del área de detección.



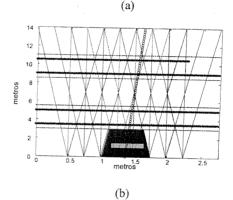


Figura 9. Ventana de simulación (a) Paso de un tren (b) Peatón cruzando

Por otro lado, también se realiza un análisis temporal de los resultados de detección, de modo que al finalizar el tiempo de simulación, se muestra el informe de la detección similar al mostrado en la figura 10.

En este informe se detallan las diferentes etapas temporales, y se finaliza clasificando el obstáculo en uno de los escenarios de aplicación del simulador. Estos escenarios de aplicación se dividen en dos grupos fundamentales, en función de si la presencia del obstáculo es permanente o temporal.

- La detección de la presencia de un objeto de forma permanente se da cuando se detecta el corte de al menos dos haces axiales de receptores adyacentes durante un tiempo superior al tiempo mínimo de detección de objeto.
- 2. En cuanto a la detección de la presencia de un objeto de forma temporal, cabe considerar dos casos distintos:
  - Si la detección va precedida, como en el caso de un tren o circulación, de un movimiento de entrada en la zona de detección, el tratamiento del sistema será

análogo al de una circulación. En este caso, el simulador diferencia la situación del paso de un tren, de aquella en el que un objeto se desplaza a lo largo de las vías.

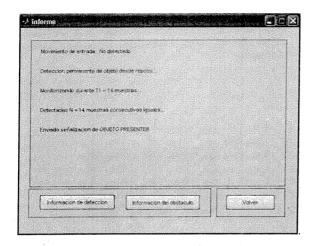


Figura 10. Informe de detección temporal

 En caso de que la detección no vaya precedida de un movimiento de entrada, el análisis que se realice dependerá del tiempo durante el que el objeto permanezca en el área de detección, enviándose la alarma de objeto presente únicamente en el caso en que se supere el tiempo de permanencia configurado.

#### VI. CONCLUSIONES

Actualmente no existe una solución completamente satisfactoria para el problema de la detección de obstáculos, ya que todos los sistemas tienen sus desventajas y casi todos los métodos son susceptibles a problemas causados por las condiciones del entorno.

Particularizando los sistemas de detección de obstáculos a los basados en barreras ópticas, del análisis de las diferentes topologías que pueden emplearse se concluye que la topología de uso propuesta en este trabajo supone notables ventajas con respecto a la situación actual de este tipo de sistemas basados en *emisión simple con haces paralelos*. Esto es debido a que, por una parte se aumenta la fiabilidad de la detección, ya que cualquier obstáculo de dimensiones superiores a 50x50x50 centímetros cortará al menos 6 haces de infrarrojos. Por otro lado, el uso de esta topología aumenta la precisión con que es posible determinar la situación del objeto tanto en el eje transversal, en el que se sitúa dentro de una zona, como en el eje longitudinal.

Además, debido al uso de emisión múltiple, es posible discriminar la situación de detección de obstáculo frente a la de avería.

Al ser necesaria la detección de tres haces diferentes en cada receptor, se hace obligatorio el empleo de codificación de las emisiones, usándose secuencias ortogonales de modo que sea posible separarlas en recepción. Esta situación ha sido contemplada en el simulador diseñado.

0

0

0

0

(

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

El software desarrollado permite analizar diferentes casuísticas de detección de obstáculos, como pueden ser: circulaciones ferroviarias, peatones o animales en movimiento u obstáculos fijos.

Reseñar que el simulador está preparado para interactuar con el sistema de control de la barrera infrarroja, de forma que sirva de elemento de supervisión de la misma, además de poder generar las alarmas correspondientes hacia etapas superiores en la cadena de seguridad de la gestión ferroviaria.

#### **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido posible gracias a la financiación del Ministerio de Ciencia y Tecnología: proyectos SILPAR (referencia DPI2003-5067) y PARMEI (referencia DIP2003-08715-C02-01).

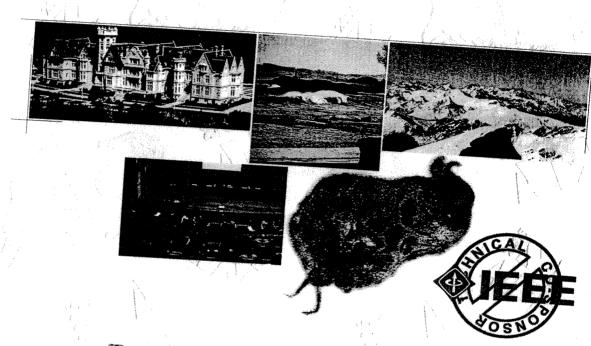
#### REFERENCIAS

- [1] http://www.laseroptronix.com/rail/
- [2] http://www.smartmicro.de/computer vision.html
- [3] García, J.J.; Hernández, Á.; Ureña, J.; García, J.C.; Mazo, M.; Lázaro, J.L.; Pérez, M.C.; Álvarez, F. Low cost obstacle detection for smart railway infrastructures, IEEE Intelligent Vehicles Symposium, Parma, Italy, June 14-17, 2004.
- [4] Sistema de detección de caída de obstáculos a vía. Requisitos técnicos y funcionales. GIF. 2001
- [5] Fernando J. Álvarez, Jesús Ureña, Manuel Mazo, Álvaro Hernández, Juan J. García, José A. Jiménez y Patricio G. Donato. Nuevo Algoritmo para la Generación Eficiente de Conjuntos de Cuatro Secuencias Complementarias, TELEC'04 International Conference: Telecommunications, Electronics and Control. Santiago de Cuba (Cuba), July 2004



## SAAE12005

### XII Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación



Resúmenes de los trabajos



Palacio de la Magdalena (SANTANDER), 28-30 de Septiembre de 2005

## SAAEI

# Automática, Electrónica Industrial e Instrume XII Seminario A

Santander, 28, 29 y 30 de Septiemb

### Organiz

Grupo de Ingeniería Microele E.T.S. de Ing. Industriales y de Telecomunicación Universidad DE



## Patrocinadores Prir

Universidad de Vicerrectorado de Investigación

Plan Nacional de I+D Ministerio de Educación

Ayuntamiento de Santander 25

Gobierno de Dirección Genera

## Colaboradores **Patrocinadores**

Agilent Technologies

Colegio de Ingenieros Industriales de E.T.S. de Ing. Industriales y de Telec Capítulo Conjunto Español del IEEE Mc Graw Hill

homson

0 0

0

0 0 0

0

0 0

() 0

0 0 (h)

D. Legal; SA-XXX-2005 ISBN: 84-8102-964-5

© Los Autores, 2005 © Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria.

Diseño de Cubierta: Miguel A. Allende