

## CONTROL DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS EN UN FERROCARRIL PRIVATIZADO

Kevin Fry; David Hooper

*AEA Technology Rail (Antes British Rail Research)*

*Señas de Contacto:*

*Urogallo 4, Molino de la Hoz*

*28230 Las Rozas - Madrid*

*Tel: 91 630 51 46; Fax: 91 630 51 45*

### RESUMEN

El empleo de técnicas de control del estado de los equipos ofrece un potencial importante para mejorar muchos aspectos de la operación y mantenimiento ferroviario. AEA Technology Rail lleva más de veinte años trabajando en aplicaciones relacionadas con infraestructura y material rodante en el Reino Unido. Con la privatización del ferrocarril, la necesidad de controlar el estado de los equipos se ha hecho aún más importante, sobre todo en el área de la interacción entre los trenes y la vía, que representa una frontera contractual entre las distintas partes.

Esta ponencia considera los aspectos más importantes del control del estado de los equipos con ejemplos extraídos de la experiencia propia de AEA Technology Rail. Se comentan sistemas de control de la interacción de los vehículos con la vía desde las perspectivas de la infraestructura y de los vehículos. Se describen los sistemas que se emplean para controlar la calidad de la vía, contacto con la vía y la calidad de la catenaria. También se comentan sistemas para controlar equipos propios de los vehículos como son los pantógrafos, ruedas y frenos.



## **1. INTRODUCCIÓN**

Esta ponencia considera en primer lugar los aspectos más importantes del control del estado de los equipos. A continuación ofrece ejemplos sacados de la amplia experiencia propia de AEA Technology Rail. Se comentan algunos sistemas existentes y otros que están siendo preparados para el nuevo ferrocarril privatizado en el Reino Unido.

## **2. CONTROL DEL ESTADO DE LOS EQUIPOS - PUNTOS PRINCIPALES**

Para poder optimizar las ventajas que ofrecen los sistemas de control del estado de los equipos, es preciso tener en cuenta una serie de puntos importantes. Aunque la gama de aplicaciones es muy amplia, todas ellas tienen una serie de elementos en común.

En primer lugar, es preciso entender que los sistemas en sí no afectan ni mejoran el comportamiento de los equipos controlados. Nos son más que suministradores de información. Para poder aprovechar las ventajas del sistema es preciso poder emplear la información suministrada para tomar decisiones acertadas. Para ello es preciso tener una visión general clara del sistema entero, dado que implica aspectos operacionales, de mantenimiento y humanos, y no solamente la tecnología de control en sí.

Otros puntos importantes siguen naturalmente a esto. Por ejemplo, existe la necesidad de convertir enormes cantidades de datos en información útil y concisa. Para evitar el empleo de grandes cantidades de recursos humanos es preciso realizar esta tarea automáticamente, y esto suele ser uno de los aspectos más exigentes de la fase de diseño. Para tener éxito, es preciso tener un conocimiento de los elementos que son variaciones normales pero que pueden afectar al análisis, y los que pueden afectar a la fiabilidad del sistema.

A continuación, está la necesidad de presentar la información al usuario final en el formato correcto. Ha de ser puntual, (es útil tener un registro de la hora de la recepción, lectura y acción tomado referente a cada mensaje del sistema), clara y el usuario ha de tener suficiente formación para poder saber exactamente lo que tiene que hacer. Según llegan a ser más comunes los sistemas de control del estado de los equipos, llega a ser más común que el punto más débil es el interface humano.

## **3. APLICACIONES**

Los ejemplos que se detallan a continuación presentan algunos de los sistemas existentes y proyectados para el ferrocarril británico y se comentan las ventajas que ofrecen a la hora de gestionar la interacción entre los vehículos y la infraestructura.



## 3.1. CONTROL DE LA INFRAESTRUCTURA

### 3.1.1. COCHES DE CONTROL GEOMÉTRICO DE VÍA

Hace muchos años que se emplean vehículos para la auscultación geométrica de vía y forman la base del sistema de recogida de datos para la gestión del mantenimiento de vía. Son vehículos sofisticados, dedicados y diseñados para funcionar a velocidades altas para dar buena cobertura y no entorpecer las operaciones normales.

En los coches de control geométrico se emplea un sistema inercial que, conjuntamente con el resultado de una doble integración de señales procedentes de acelerómetros en la caja del coche, es capaz de crear una línea teórica en el espacio a partir del cual se puede medir la geometría vertical y horizontal de la vía. La medida vertical se logra empleando sensores de desplazamiento entre las suspensiones primarias y secundarias del coche para dar el perfil vertical de la vía. Para el desplazamiento lateral se emplea una fuente de luz para iluminar la cabeza del carril y cámaras para identificar la cara interior. A partir de estas medidas, y con la señal del giróscopo y otros acelerómetros, se pueden deducir todos los demás parámetros de la vía.



Estas señales se filtran en filtros que se pueden ajustar en función de la velocidad del coche y ser muestreados en intervalos espaciales discretos. Esto sirve para convertir parámetros medidos a base de frecuencia en valores espaciales. A continuación se procesan los datos para facilitar información estadística y se combinan con los datos posicionales para definir la ubicación en la vía.

En los últimos años se han desarrollado mucho estos sistemas. Se ha reemplazado el sistema de proceso y filtrado de señal analógico con otro digital informatizado llamado TRACs que es más fiable, consistente y flexible. Con el nuevo sistema, el operador puede ajustar fácilmente operaciones como frecuencias de corte de los filtros y el análisis estadístico. La conversión al sistema digital ha resultado también en una reducción dramática del tamaño del sistema.

Recientemente, AEA Technology Rail ha equipado para RENFE un coche de control geométrico con estos sistemas.

Mientras estos coches dedicados llevan a cabo una cantidad considerable de procesamiento de datos a bordo en tiempo real, también producen grandes cantidades de datos que han de ser transferidos a otros sistemas para ser procesados en diferido.

### **3.1.2. RIDEMON™**

A partir de una tecnología diferente que facilitaba equipos para vigilar el estado de motores diesel y el número de pasajeros en los trenes, AEA Technology Rail ha logrado una experiencia única en el equipamiento de trenes de servicio con equipos de control. RideMon™ forma parte de una familia creciente de sistemas que se emplean para vigilar la infraestructura a partir de trenes normales. Cada sistema incorpora un dispositivo de navegación por satélite GPS y un teléfono móvil. Son totalmente automáticos, por lo que no precisan la intervención del personal del tren.

RideMon™ consiste en una base de datos de percepción de calidad de trayecto y una pantalla de presentación vinculada por teléfono a uno o más sistemas montados en los trenes. El sistema de a bordo mide aceleraciones ISO sin compensar y RMS compensados para movimientos laterales y verticales. Los valores del RMS se calculan sobre secciones de vía de 200 m que permiten una comparación cualitativa con los datos del coche de control geométrico.

La pantalla del RideMon™ ofrece lo siguiente:

- Presentación de la calidad del trayecto en un mapa codificado por colores
- Presentación de lugares con una excesiva mala calidad
- Grabación de datos sucesivos para obtener comparaciones históricas
- Comparación de secciones de vía con el paso del tiempo
- Mapas impresos de calidad de vía
- Clasificación de secciones de vía por calidad de trayecto

El empleo de RideMon™ en trenes de servicio constituye un método potente y de bajo coste para asesorar sobre la condición general de la vía. Ofrece una cobertura mayor de lo que es posible con un coche de control geométrico convencional y permite identificar la evolución de un fallo con antelación.

RideMon™ está instalado en tres trenes de la empresa privada South West Trains Limited de Inglaterra.



### 3.1.3. LAWS™

Los operadores de los trenes suburbanos se basan en la capacidad de aceleración y frenado de los vehículos para operar un servicio satisfactorio. En condiciones de mala adherencia en la vía, el efecto sobre las aceleraciones y frenados es de gran preocupación para los operadores. En muchos casos esto lleva a retrasos significativos y puede comprometer la seguridad de la operación de los trenes. La falta de adherencia puede ocurrir en cualquier época del año, pero es de especial preocupación durante la época otoñal, por la caída de las hojas de los árboles sobre los carriles.

AEA Technology Rail ha desarrollado un sistema de aviso de condiciones de baja adherencia (Low Adhesion Warning System -LAWS™) que proporciona un registro en tiempo real de ubicaciones y ocurrencias de falta de adherencia. El ordenador del LAWS™ vigila la actividad de todos los sistemas anti-deslizamientos del tren durante las fases de aceleración y frenado. Mediante el análisis de los datos es posible identificar ruedas motrices que giran sin avanzar en la fase de aceleración o ruedas que patinan en la fase del frenado. Se graba el tiempo que dura la actividad del sistema anti-deslizamientos conjuntamente con la velocidad del tren, su ubicación y dirección. El posicionamiento geográfico se obtiene mediante una combinación de navegación por satélite y distancia que se calcula a partir de la velocidad del tren.

La información recabada se transmite automáticamente a un ordenador remoto que registra los eventos de mala adhesión. Este sistema crea la imagen geográfica de las ubicaciones con problemas de adhesión.

La información se emplea para avisar a los maquinistas de las ubicaciones de los problemas de adhesión, para dirigir los trabajos de reparación a las ubicaciones de mayor conflictividad y como prueba, en casos de disputas, de las causas de retrasos en los trenes.

El LAWS™ está en servicio en un tren de tipo cercanías operado por la empresa Thames Trains Limited de Inglaterra y se están instalando tres sistemas adicionales.

### 3.1.4. OLIVE®

Después de la vía, la catenaria es el punto de contacto más importante entre el tren y la infraestructura. Un enganche de catenaria puede resultar en una perturbación importante del servicio, además de una considerable penalización económica. OLIVE® ha sido desarrollado por AEA Technology Rail para detectar e informar acerca de fallos en la catenaria. El sistema consiste en unos sensores colocados en el pantógrafo de un vehículo de servicio y un puesto de control remoto equipado con un PC y software de presentación de datos para informar acerca de los defectos encontrados.



El OLIVE® puede detectar dos tipos de fallos, que son una aceleración excesiva (impacto) en la cabeza del pantógrafo y un descentramiento del hilo conductor. Los impactos se miden con un acelerómetro de fibra óptica montado en la mesa del pantógrafo. El descentramiento se mide con interruptores mecánicos en los cuernos del pantógrafo que funcionan con el cierre de una fibra óptica. Se localizan los fallos con un sistema de GPS de abordó, pudiendo ser confirmado con información de velocidad de ruedas e imanes fijos en la vía.

Los datos de los fallos se almacenan en el ordenador de abordó y se descargan en intervalos regulares a uno o más puestos de control remotos que suelen estar en los puestos de mando. Los puestos remotos consisten en un PC, módem y software de presentación fácil de manejar. La información presentada ofrece los datos de localización y gravedad de todos los impactos y descentramientos encontrados. Las ubicaciones de los problemas se presentan en un mapa de forma similar al RideMon™ y al LAWS™.

OLIVE® está funcionando en trenes que pertenecen a las empresas GNER y Virgin West Coast en los ferrocarriles de las costas Este y Oeste del Reino Unido.

## **3.2. CONTROL DE LOS VEHÍCULOS**

### **3.2.1. WHEELCHEX™ (DIV)**

Los daños en la infraestructura causados por vagones sobrecargados y planos en las ruedas representan un coste muy significativo para los gestores de la infraestructura ferroviaria. Durante los últimos años, AEA Technology Rail ha desarrollado un sistema llamado WheelChex® o DIV (Detector de Impactos en Vía) que ha sido diseñado para ayudar en la identificación de vagones con defectos y así evitar los daños en la infraestructura y ahorrar los gastos correspondientes.

El sistema WheelChex™ emplea bandas extensométricas en el alma del carril para medir las cargas verticales de trenes que pasan a velocidad de vía. Es necesario instalar las bandas extensométricas en entre ocho y doce espacios consecutivos entre traviesas, que se han de replantear para optimizar la cobertura de los diámetros de ruedas más frecuentes. El sistema calcula la carga media y máxima para cada rueda. Se procesan los datos y se transmiten por teléfono a un ordenador remoto, normalmente en el puesto de mando.

El software en el ordenador remoto emplea un interface sencillo que usa para presentar los datos. En caso de detectar un impacto por encima de un umbral predeterminado, suena un alarma y se presenta un mensaje recomendando la acción a tomar.

Se puede emplear la información producida para evaluar lo siguiente:



- Peso total del tráfico
- Predicción de vida de componentes de la vía y de los carriles
- Frecuencia y tamaño de los impactos dañinos
- Daños a la vía
- Vigilancia de la evolución del estado de los vehículos
- Análisis de las ahorros a conseguir mediante la identificación de ruedas defectuosas

Se están instalando dos sistemas WheelChex™ para RENFE en el Corredor Mediterráneo.

### 3.2.2. PANCHEX®

Los costes de una interrupción del servicio ferroviario debido a un enganche de la catenaria pueden ser enormes. Después de ocurrir, es frecuentemente difícil saber si el enganche se ha debido a un defecto en el pantógrafo, a la infraestructura o a las condiciones meteorológicas en la zona.

Es preciso realizar tareas de mantenimiento regulares en los pantógrafos para asegurar la buena condición de los contactos, la correcta posición de la alerones y que el esfuerzo hacia arriba está dentro de los límites prefijados. Sin embargo, estas son medidas estáticas y no pueden garantizar el rendimiento del pantógrafo cuando el tren está viajando a velocidad.

La experiencia ha dictado que es posible determinar la condición general del pantógrafo midiendo el esfuerzo que produce sobre el hilo de contacto cuando pasa a velocidad por un punto fijo. Esto es la función del sistema Panchex®.

El Panchex® consiste en un potenciómetro de desplazamiento vertical montado en el hilo de la catenaria y un enlace de fibra óptica para llevar la señal a un armario de equipos electrónicos al borde de la vía. Se emplean detectores en la vía para detectar la presencia de los trenes y otros sensores para medir la velocidad y dirección del viento y la temperatura de ambiente. Se emplea un sistema de identificación automática de vehículos para identificar el tren.

Una vez pasado un tren, el Panchex® transmite la información a uno o más puestos de control remoto por módem. Los equipos de medida Panchex® pueden ser ubicados en



varios emplazamientos estratégicos en el ferrocarril y los sistemas de control remoto en varios puestos de mando en la zona.

En caso de detectar con el sistema un levantamiento del hilo de la catenaria por encima de un umbral predeterminado, el sistema produce un alarma en el puesto de mando local, lo que permite al controlador la posibilidad de imponer una restricción de velocidad o inclusive parar el tren antes de que ocurra una avería. Adicionalmente, tanto el controlador como el encargado de mantenimiento puede recuperar datos históricos sobre la condición de un pantógrafo en concreto que le permitirá implantar un sistema de mantenimiento predictivo.

Panchex® esta instalado en 25 emplazamientos en todo el Reino Unido con 30 puestos de control. Se están instalando dos sistemas para RENFE en el Corredor Mediterráneo.

### **3.2.3. PADVIEW®**

Los nuevos desarrollos en el campo de la visión artificial ofrecen muchas posibilidades interesantes en la inspección automatizada de vehículos ferroviarios. Esto tiene la ventaja de reducir el tiempo y coste dedicado a la inspección, incrementar los intervalos entre intervenciones y optimizar el empleo de consumibles. AEA Technology Rail ha desarrollado una familia de equipos de este tipo que han sido instalados y que están produciendo ahorros significativos para sus clientes.

Para los operadores de trenes suburbanos, la inspección de las pastillas de los frenos constituye una de las más importantes actividades de mantenimiento. Las pastillas en sí representan el gasto más importante en el mantenimiento de los vehículos y su inspección es el factor que decide el intervalo de mantenimiento del vehículo. Durante los últimos años AEA Technology Rail ha desarrollado PadVIEW® que es un sistema que mide automáticamente el espesor de las pastillas. PadVIEW® puede también calcular la velocidad de desgaste y espesor de las pastillas individuales, con lo que es capaz de predecir la vida útil de cada pastilla, o detectar frenos que no funcionan o que gastan las pastillas demasiado rápido.

Se ubican los equipos de inspección en un punto donde los trenes pasan regularmente, como puede ser la entrada de un túnel de lavado. Consiste en cuatro cámaras y un sistema de iluminación instalados por debajo de la vía conectados a un ordenador local y un sistema de identificación automática de vehículos. Se toman y se analizan las imágenes de las pastillas automáticamente al pasar el tren por el túnel de lavado.

Los resultados se añaden automáticamente a la base de datos de mantenimiento de pastillas en la oficina del taller de mantenimiento. La base de datos recoge la historia de desgaste de cada pastilla y calcula su velocidad de desgaste, lo que permite la aplicación de una política de mantenimiento de frenos predictiva. El resultado es un aho-



ro significativo en el consumo de pastillas nuevas, un sistema de diagnóstico de fallos en el sistema de frenado y un incremento en los intervalos de mantenimiento de los vehículos.

PadVIEW® lleva cuatro años instalado en un centro de mantenimiento de Londres y ha sido recientemente entregado al ferrocarril de Kowloon y Cantón en Hong Kong.

### 3.2.4. TREADVIEW™

Los programas de mantenimiento de los vehículos ferroviarios incluyen inspecciones frecuentes de las ruedas, que en muchos casos necesitan el empleo de sistemas de medida manuales. Los resultados pueden ser subjetivos y la recogida de información sobre una flota entera de trenes puede ser extremadamente difícil. Se pierden muchos datos que podrían ser de utilidad en la programación de mantenimiento, empleo optimizado de consumibles e identificación precoz de problemas evolutivos.

AEA Technology Rail ha desarrollado un sistema basado en la visión artificial llamado TreadVIEW™ que mide el perfil de las ruedas automáticamente al paso de los trenes. Esto permite la medida de las características más importantes del perfil de las ruedas de una forma automática y consistente, asegurando así la seguridad de los vehículos. El sistema es además capaz de determinar la velocidad de desgaste de las ruedas por lo que se pueden programar las operaciones de torneado correctamente y se pueden identificar problemas que afectan a la flota antes de que lleguen a ser serios.

El sistema TreadVIEW™ consiste en un sistema de medida con cámaras de televisión y láser instalado debajo de la vía en una zanja protectora y sensores de ruedas colocadas en los carriles. El sistema es duplicado para cubrir los dos carriles. La instalación debajo de la vía está conectada con un ordenador cercano que contiene un dispositivo para recoger las imágenes y software para su análisis. Cada imagen es captada en el preciso momento en que el perfil de la rueda pasa por una línea generada por láser.

Se analizan las imágenes para extraer el perfil exacto de la rueda y otros parámetros como la altura, grosor y conicidad del solape de la rueda.

A continuación se descarga la información en un sistema de presentación de datos donde se emplean para crear una historial para cada rueda.

La información facilita una indicación de la velocidad de desgaste de la rueda y su estado actual permitiendo así pasar a un sistema de mantenimiento y gestión predictivo.

El software de presentación de datos permite:

- Ver perfiles de ruedas individuales



- Ver la evolución de parámetros individuales
- Identificar ejes que precisan mantenimiento
- Buscar problemas específicos en la base de datos

El primer sistema TreadVIEW™ está siendo evaluado por el Metro de Londres, London Underground Limited.

#### **4. CONCLUSIONES**

El empleo de sistemas de control del estado de los equipos constituye una manera sencilla de mejorar muchos aspectos de las operaciones y mantenimiento ferroviario. A partir de la privatización del ferrocarril en el Reino Unido, estos sistemas han llegado a ser de especial importancia. La información que se recoge puede ser empleada para repartir los gastos, costes de uso y averías de una manera más equitativa. Esto es más importante en el área de la interacción entre los vehículos y la infraestructura.

Los avances más importantes, desde un punto de vista técnico, son los desarrollos que permiten complementar la información producida por los coches de control geométrico con datos procedentes de equipos montados en vehículos de servicio. También son importantes las aplicaciones de la visión artificial en el mantenimiento de los vehículos y los sistemas que se emplean para proteger el interface entre los trenes y la vía.

