

SOLUCIONES PARA LA INFRAESTRUCTURA FERROVIARIA: TECNOLOGÍA DE INFORMACIÓN EN LUGAR DE HORMIGÓN

Ing. J.G.W. Oonincx

ARCADIS BOUW/INFRA

P.O. Box 220

3800 AE Amersfoort - Holanda

Tfno: +31 33 460 44 00; Fax: +31 33 460 44 06

e-mail: s.klaver@amersfoort.bouwinfra.nl

Antonio Sánchez López

EPTISA (GRUPO EP)

Arapiles, 14 4ª Planta

28015 Madrid - España

Tfno: 91 445 03 00; Fax: 91 446 55 46

e-mail: infraestructur.eptisa@grupoe.es

RESUMEN

Es imposible utilizar la capacidad teórica conseguible de la infraestructura ferroviaria debido a las pérdidas originadas por:

- horarios con un patrón de hora fija
- diferencias en las velocidades del tráfico variado utilizando todos la misma infraestructura
- diferencias en las características de aceleración y frenado de los trenes
- pérdidas causadas por el sistema de seguridad. En la actualidad, por ejemplo, las distancias entre señales y tablas de frenado están basadas en el requisito de que trenes equipados sólo con frenos, a los cuales se permite viajar a una



velocidad dada, deben ser capaces de parar antes de una señal emitiendo un sonido de parada.

Es evidente que las reservas de partes de la infraestructura para trenes deberían estar basadas en las características individuales de frenado de un tren y en la velocidad real y posición del tren. Esto permitiría emplear un mayor porcentaje de la capacidad de la infraestructura.

En vez de ampliar secciones de vía de dos a cuatro líneas, construir pasos elevados o sectores de vía para tráficos similares (líneas de alta velocidad y líneas de mercancías), sería mejor invertir en nuevos sistemas de control y seguridad. Esto podría resultar en ahorros considerables.

1. INTRODUCCIÓN

Nederlandse Spoorwegen (NS) se enfrenta a grandes desafíos. El Gobierno ha definido unos ambiciosos objetivos de crecimiento para el transporte ferroviario. En el marco de la política de movilidad, estos objetivos se encuentran establecidos en el plan director "Verkeer en Vervoer" (Transporte y Tráfico).

Durante el próximo año, la sociedad holandesa tendrá que realizar un esfuerzo para situar el crecimiento de la movilidad en el camino adecuado. Este crecimiento exige al Gobierno de la Nación un paquete de medidas políticas coherente y equilibrado, con objeto de dirigir el desarrollo de los distintos tipos de transporte en la dirección correcta.

El Gobierno de la Nación ya dio un importante paso al definir una nueva política de tráfico y transporte. Esa política concede mucha más importancia al transporte público. En particular, los ferrocarriles tendrán que satisfacer una parte principal de la demanda creciente de transporte.

Hasta mediados de los ochenta, la utilización del tren apenas aumentó, mientras que el tráfico por carretera casi se duplicó. Sin embargo, entre 1986 y 1990 aumentó el 25%, mientras que la utilización del automóvil se incrementó en el 11% en ese mismo periodo. Para ajustar esta tendencia en las próximas dos décadas, el objetivo es limitar el crecimiento de la utilización del automóvil a un máximo del 35% hasta el año 2010, e incrementar el transporte público mucho más intensamente, con objeto de estar capacitados para manejar el esperado cambio en el uso del automóvil. El transporte de pasajeros por tren tiene que aumentar desde los 11.000 millones de pasajeros-kilómetro en 1990, a 18.000 millones en el año 2010.



En el transporte de mercancías por ferrocarril también se espera un importante crecimiento, por una parte, para fortalecer la posición del puerto de Rotterdam y de Holanda como el país de distribución para Europa, por otra parte, para prevenir el crecimiento ilimitado del transporte por carretera, para evitar congestiones y para proteger el medio ambiente. Por estas razones, NS ha desarrollado un ambicioso plan, dirigido a incrementar el volumen de transporte desde los 18 millones de toneladas en 1990, hasta 65 millones para el año 2010. Esto supone un crecimiento medio anual en las próximas dos décadas del 7,8%, mientras que en las pasadas dos décadas se ha experimentado un decrecimiento equivalente al 1,8% anual.

Para llevar a cabo un crecimiento de semejante magnitud en el transporte por ferrocarril, se necesita ampliar considerablemente la capacidad de la infraestructura ferroviaria (el sistema de tráfico ferroviario). Nederlandse Spoorwegen se enfrenta al enorme reto de casi duplicar el volumen actual de transporte durante los próximos 15 - 20 años.

En relación con esto, es importante aumentar progresivamente la oferta de transportes. Después de todo, la demanda de servicios de transporte se caracteriza por un alto grado de diferenciación, tanto en las necesidades de transporte (distancia, localización, hora del día) como en la importancia relativa que tienen los factores de compra (velocidad, precio, flexibilidad, comodidad, calidad, etc.).

Es necesario:

¿ampliar las secciones ferroviarias de 2 a 4 vías?

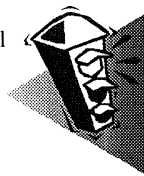
¿construir pasos elevados?

¿construir secciones ferroviarias especiales para el tráfico de los trenes del mismo tipo (líneas de alta velocidad y líneas de mercancías)?

¿No es ya el momento de abandonar la arquitectura actual del sistema?

Si observamos el proyecto Leiden - La Haya Mariahoeven, que se realizó, con la estructura del sistema actual en el periodo comprendido entre 1985 y 1996, vemos nuevas vías (de 2 a 4), nuevas estructuras de ingeniería, una nueva estación y una continua utilización de los sistemas existentes de Gestión y Enclavamiento. Coste total 95 millones de dólares.

Un conocimiento adecuado de la materia requiere una breve revisión de los sistemas actuales.



2. ENCLAVAMIENTO

La finalidad de los sistemas de enclavamiento de los ferrocarriles es prevenir riesgos en el tráfico ferroviario.

Los riesgos son inherentes a la naturaleza del tráfico ferroviario, un sistema de tráfico dirigido, con vehículos que no pueden controlar su propio camino, por lo que no pueden evitar los conflictos. Los errores en el sistema de guía pueden causar descarrilamientos y como regla, las distancias de frenado son más largas que las que el conductor del vehículo puede vigilar, por lo que la conducción visual es imposible.

Los riesgos que precisan medidas de seguridad incluyen:

1. Riesgo de descarrilamiento

Causado por fallos en la vía o por exceder el límite de velocidad. Por ejemplo agujas que no están en la posición correcta o puentes que no están cerrados.

2. Colisiones

Entre trenes, causando víctimas humanas, y entre trenes y otros vehículos en los pasos a nivel entre carretera y ferrocarril. Por ejemplo colisiones laterales y colisiones cabeza / cola.

El enclavamiento en el tráfico de trenes se basa en el principio general de que el tren sólo puede desplazarse cuando se le ha concedido permiso. El permiso solamente se concede cuando se ha establecido que las vías férreas están en buenas condiciones y que no existen movimientos de trenes, planeados o en marcha, que puedan entrar en conflicto.

Antes de concederse el permiso para el desplazamiento, una sección de la infraestructura se reserva par el uso exclusivo de un único tren. A esto se le denomina cantón. Este cantón no es liberado para el tráfico de ningún otro vehículo hasta que el tren en cuestión no ha abandonado totalmente la sección de la infraestructura.

Los conflictos con el tráfico de otros vehículos se previenen concediendo al tren prioridad absoluta sobre cualquier otro tráfico.

Los pasos a nivel están marcados, y cuando se aproxima un tren, se cierran al tráfico de otros vehículos en la medida de lo posible. Finalmente se debe prevenir que un tren se desplace fuera de la sección de la infraestructura reservada para ese tren y pueda entrar en la vía reservada para otro tren.



3. CONTROL

Para la gestión del tráfico de trenes se utilizan los sistemas de control. El horario se diseña basándose en la oferta de circulación agregando los trenes de mercancías, los servicios de transporte y los trenes extra. Sobre la base de este horario, se elabora un plan anual, semanal y diario. Un aspecto importante es la ubicación del equipo y del personal. Para la realización del plan, es necesario crear los cantones para los trenes. Un cantón se selecciona definiendo un punto de partida y un punto de llegada. Todas las agujas y puentes deben ser manejados.

Obviamente, otra tarea de los sistemas de control, es informar a todos los participantes en el proceso, a los pasajeros, conductores y operarios. La información del estado actual del proceso es necesaria para poder realizar los ajustes oportunos a las desviaciones en el plan.

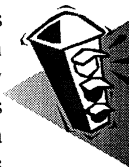
Básicamente, estas funciones se encuentran en cualquier sistema de tráfico ferroviario. El grado hasta el cual estas funciones se llevan a cabo mediante la tecnología depende del sistema de tráfico. Un tranvía urbano por ejemplo, se conduce visualmente. Su velocidad es lo suficientemente baja como para que el conductor pueda detenerlo dentro de la distancia de su alcance visual.

Lo habitual es que las agujas del tranvía sean operadas individualmente por el conductor, quien visualmente comprueba que se encuentran en la posición correcta, aunque en algunas ciudades se utilizan, con este propósito, indicadores de la posición de las agujas.

En muchos sistemas de ferrocarril ligero no es posible conducir visualmente y, en consecuencia, se utilizan sistemas técnicos para el enclavamiento de los trenes. Los sistemas de metro y ferrocarril requieren sistemas de control de tráfico y enclavamiento. Son característicos de los sistemas de metro, las propiedades uniformes de los vehículos y habitualmente, la operación basada en circuitos ya conocidos. En este caso el control es menos complicado y puede estar soportado por sistemas automatizados. Obviamente, la altísima frecuencia de trenes en los sistemas de metro hace que se necesiten técnicas específicas.

En la mayoría de los sistemas de metro, las vías férreas están completamente separadas de los alrededores. Debido a que su velocidad es alta y que a menudo circulan bajo tierra (túneles), las líneas de visión son limitadas. Los trenes subterráneos no pueden conducirse visualmente y requieren un sistema integral de señalización.

Un problema especial para los ferrocarriles es que el tráfico es mixto. La misma infraestructura es utilizada ampliamente por este tráfico mixto. La flota de vehículos es más numerosa y menos homogénea. Las características de arranque y frenado son diferentes.



Todas estas circunstancias aumentan la variedad de requisitos de actuación y funcionales que deben cumplir los sistemas de control y enclavamiento.

Hay una tendencia general a desviar la responsabilidad de la seguridad del hombre hacia la máquina. El riesgo de error humano es superior, en muchos órdenes de magnitud, que el que puede tener un funcionamiento técnico defectuoso. Naturalmente que la técnica también está hecha por personas, aunque en este caso por ingenieros. En interés de la simplicidad prescindimos de considerar este aspecto.

Este hecho significa que esperamos que los sistemas de control tengan un riesgo de error menor que un cierto valor aceptable. Las especificaciones típicas para los sistemas utilizados en el tráfico ferroviario en Europa asumen un riesgo de accidente, debido a fallos técnicos, más bajo que el de una vez cien años. Esto se traduce en un requisito para el TMEFF (Tiempo Medio Entre Fallos Fatales) superior a 10^{10} horas.

La aprobación de tales sistemas requiere un Certificado de Seguridad que demuestre que se cumplen estos requisitos. Tanto los métodos especiales de diseño y la tecnología requerida, como el obtener el Certificado de Seguridad, provocan costes muy altos y mucho tiempo empleado en el desarrollo de sistemas.

4. REALIZADORES DE LAS FUNCIONES

Por su naturaleza, las agujas están localizadas en una estación de clasificación. Las estaciones de clasificación o playas de vías, están interconectadas por secciones de vía libres. En una estación de clasificación, deben definirse las vías, deben operarse las agujas, comprobadas en la posición correcta y bloqueadas. Cuando el tren ha pasado en su totalidad, la vía, con las agujas, deben liberarse completamente. Solamente en una estación de clasificación pueden colisionar los trenes lateralmente. Las estaciones de clasificación requieren un enclavamiento de las vías.

Una vía libre puede considerarse como una especie de tubería. Los trenes saldrán en el mismo orden con el que han entrado (solo pueden adelantar en una estación de clasificación). Por esta razón, los sistemas de enclavamiento de las vías libres solamente tienen que prevenir las colisiones cabeza/cola. Las colisiones cabeza/cola se excluyen dividiendo las vías en bloques. A un bloque solamente puede tener acceso un tren a la vez. Cada bloque está cubierto por una señal. En NS las señales de los bloques son siempre automáticas e indican con seguridad que el bloque está libre y la dirección en sentido contrario está excluida. Básicamente la señal que da acceso al bloque está ligada con la señal del bloque siguiente, situada en una posición más alejada de la vía libre, de tal manera que la señal puede también indicar al conductor de la máquina cómo ajustar la velocidad para poder detenerse a tiempo antes del final de su cantón.



Las señales también dan acceso a los cantones en las estaciones de clasificación. Estas señales manejadas combinan la información de una señal sobre el estado de los elementos del cantón, con la información de la siguiente o siguientes señales, en el sentido de si existe seguridad o no. El significado de las imágenes de la señal es básicamente el mismo en ambos casos.

Así pues, las señales se operan solamente en las estaciones de clasificación. Al establecer o adjudicar un cantón en una vía libre, se establece un sentido de dirección para el sistema automático de bloques, y todo lo demás funciona automáticamente.

Las instalaciones de enclavamiento en los cruces a nivel son absolutamente autónomas. Cuando se detecta el paso de un tren, se sitúan en posición de “encendido” o “apagado”, mientras que en las estaciones de clasificación también existe una conexión con el sistema de enclavamiento de la estación de clasificación, para asegurar que un cruce solo se active por la aproximación de un tren cuando efectivamente se haya establecido un cantón para ese cruce, con objeto de evitar tiempos de espera largos e innecesarios para el tráfico de la carretera.

Los trenes se identifican por un número de tren. Los sistemas de seguimiento del número de tren son la base para controlar los trenes a lo largo del sistema y suministrar información para comparar la situación prevista con la real. Actualmente este proceso se realiza por ordenador en la medida de lo posible. Los sistemas informáticos elaboran los horarios, los planes semanales y diarios, el establecimiento automático de los cantones y la señalización de retrasos. El inspector de tráfico, que solía controlar únicamente cantones individuales, está evolucionando hacia un controlador de proceso tráfico, que deja el trabajo sistemático a los sistemas informáticos y solamente lo ajusta cuando el proceso parece estar poniéndose fuera de control.

5. DESARROLLOS

Los nuevos requisitos funcionales conducen a nuevos sistemas. La tecnología moderna ha llegado a un punto en el que los sistemas actuales pueden reemplazarse a un coste aceptable.

¿Qué tienen que ofrecer las nuevas generaciones de sistemas de Monitorización y Enclavamiento (sistemas BB21)?

Los sistemas BB21 pueden mejorar sustancialmente los sistemas de tráfico ferroviario en una serie de puntos:

- Un aumento de la calidad (utilización más flexible de la infraestructura, posibilidades de ajuste mejoradas, niveles de sistemas de emergencia en el caso



de fallo del sistema, mejores posibilidades de información/comunicación a los viajeros y transportistas);

- Interoperatividad internacional (conducción a través de las fronteras en conformidad con las directrices de la UE por aplicación de las especificaciones SECF) así como según la modalidad de transporte (por ejemplo, aplicable al ferrocarril ligero);
- Aumento de la seguridad ferroviaria (monitorización del frenado en las curvas, límites de velocidad asegurados temporalmente) y mantenimiento seguro (lugares de trabajo seguros como parte fundamental del concepto de seguridad) soluciones a los problemas técnicos (limitaciones del sistema de detención de los trenes; eliminación de interacciones no deseadas del sistema: energía tractora - control - enclavamiento, Compatibilidad Electro Magnética (CEM));
- Un aumento de la capacidad de la infraestructura física (a través de frenada retardada, tiempos de seguimiento más cortos, optimización del flujo del tráfico);
- Ahorro en costes de mantenimiento (optimización del sistema general, sin separaciones eléctricas de soldadura en las vías, sistemas de autodiagnóstico, el número más bajo posible de partes dentro de las distancias de despeje y nuevas construcciones (menos construcciones aunque mejor utilizadas, posibilidades de mejora de (re)-planificación));
- Una reducción de la carga para la sociedad y el medio ambiente (además del ahorro en costes: economización de la energía de tracción mediante las recomendaciones de conducción, menor uso del espacio mediante empleo mejorado de la infraestructura civil, evitando aceleraciones y frenadas innecesarias).

6. MEJOR UTILIZACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA

Debido a las propiedades del sistema, no se puede utilizar la infraestructura en toda su capacidad. El horario, con un patrón de tiempos definido, las diferencias de velocidad entre trenes lentos y expresos, las diferencias individuales entre trenes, respecto a sus distintas características de arranque y frenada, todo ello consume capacidad infraestructural.

Los sistemas de enclavamiento también contribuyen a la pérdida de capacidad, al estar basada la distancia entre señales en la distancia de frenado del tren en las peores condiciones de frenada.



Es política del Gobierno aumentar la capacidad de algunas líneas. Esta política conduce a la percepción de que serán los ferrocarriles los que particularmente proporcionarán la parte más importante en el crecimiento de la movilidad. Los nuevos sistemas tecnológicos de control y enclavamiento tendrán que aumentar la utilización de los ferrocarriles.

Para alcanzar estos objetivos, se han construido grandes extensiones infraestructurales, a menudo a costa de una fuerte oposición social. Es obvio que una nueva tecnología puede ofrecer una mejor utilización de las infraestructuras, cuando el control viario está basado en las características de frenado individuales de los trenes, en la velocidad y localización reales.

Este sistema, los bloques desplazables variables, ofrece una mejor utilización de la infraestructura existente.

7. LA APLICACIÓN HOLANDESA

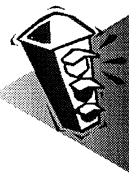
BB21: La ejecución holandesa del SECF^{plus}.

En 1998 la UE encargó el proyecto SEGTF (Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario). El propósito de este proyecto es definir las especificaciones del sistema "Europeo" de control y enclavamiento para asegurar la interoperatividad, a través de las fronteras, de los trenes de alta velocidad. Justo como en el caso del BB21, la ambición fue alcanzar un diseño nuevo e integral de las funciones BB.

Sin embargo, hasta la fecha, las cooperaciones ferroviarias y las industrias han centrado la atención principalmente en el sistema de enclavamiento de los trenes, en particular en aquellos componentes del sistema, que son decisivos en la posibilidad de utilizar conjuntamente (interoperatividad), los equipos e infraestructuras de varios países. A este respecto, el principal exponente es el SECF (Sistema Europeo de Control Ferroviario). En su forma más simple (nivel 1) este sistema tiene aproximadamente la misma funcionalidad que el ATB NG: "dile al tren lo lejos y rápido que debe desplazarse" y realiza la supervisión de ello. En los niveles superiores este proceso está complementado por elementos de las funciones "reserva sitio para el tren = (nivel 2)" y "localiza el tren = (nivel 3)". Estos componentes no se refieren, principalmente, a las propias funciones, sino más bien a la comunicación estandarizada entre el tren y los centros de mando y control (interfaces).

La necesidad del BB21 surge del limitado alcance del SECF.

El SECF especifica los sistemas importantes de enclavamiento internacionales (y de este modo se forma una base para el BB21) aunque no ofrece la gama completa de los sistemas requeridos. Para los distintos sistemas de enclavamiento alrededor del SECF, que no son críticos para la interoperatividad, el SECF (por ahora) apenas proporciona las especificaciones de los sistemas. Esto podría, por ejemplo incluir la completa logística ferro-



viaria, el control de agujas/señales, etc. Además, o no ha prestado atención a los aspectos del control. La principal fuerza directriz detrás del SECF, la UE, no está muy interesada en este aspecto debido a que su principal objetivo (el mercado abierto de los ferrocarriles) ya se ha logrado con los sistemas que determinan la interoperatividad. Para Holanda, sin embargo, existen una serie de funciones no proporcionadas por el SECF, que forman una parte importante de las ganancias (incluso un aumento adicional de la utilización de la infraestructura, que ya es la más ocupada del mundo, al mismo tiempo que una mejora adicional de la calidad del servicio de trenes, gestión de la energía, etc.). Todo esto se reduce a: El SECF proporciona importantes ingredientes para los sistemas holandeses de enclavamiento y control, pero estos no están completos. El BB21 está totalmente basado en el concepto del SECF, toma los productos del SECF que se encuentran disponibles (en el momento), convierte todo esto en un sistema que puede utilizarse en Holanda y lo complementa para alcanzar un concepto de sistema óptimo e integrado (SECF^{plus}).

Ejemplo: Proyecto Zaandam - Uitgeest

¡Con el BB21, y construyendo solamente instalaciones de adelantamiento en Wornerveer, no es necesario construir una completa sección de carriles de 4 vías!.

