

Módulo de Resolución de Conflictos para DGV's de GoodRoute¹

Gregorio Martín Romero

gmr@tid.es. Div. Automóvil Conectado. Telefónica I+D. Madrid.

Abstract — Se presenta el Módulo de Resolución de Conflictos (MRC) desarrollado dentro del proyecto GoodRoute. El módulo trata de detectar y resolver los conflictos en las infraestructuras viarias cuando múltiples DGV's intentan acceder a nodos con capacidad limitada. Se describe el Módulo explicando el algoritmo utilizado, las entradas de información, la plataforma de ejecución, una descripción del simulador desarrollado y unas conclusiones finales sobre los resultados alcanzados.

I. INTRODUCCIÓN

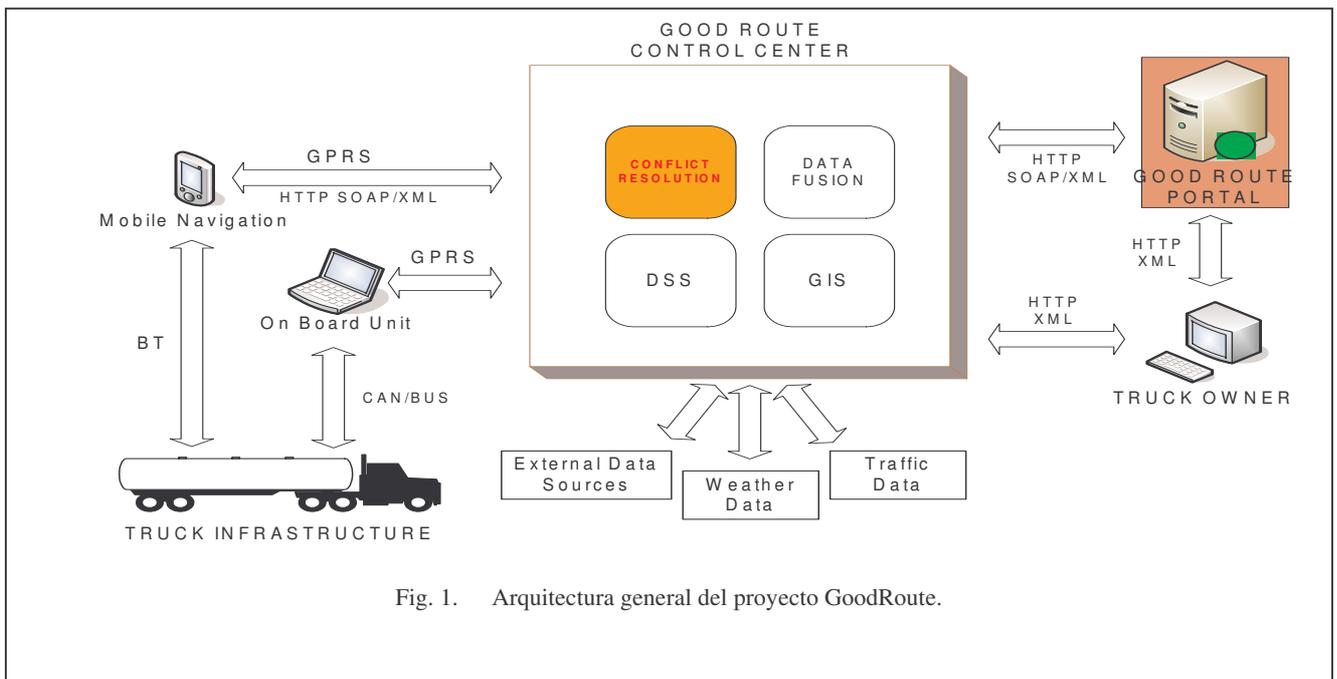
Millones de vehículos pesados atraviesan todos los días las carreteras europeas. La UE en su programa *European Road Safety Action Programme* para el periodo 2003-2010 establece como prioridad la reducción del número de accidentes e intenta promover iniciativas tendentes a conseguir esa reducción. El proyecto GoodRoute es una de esas iniciativas de la UE.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO GOODROUTE

GoodRoute (acrónimo de *Dangerous Good Transportation Routing, Monitoring and Enforcement*), es un proyecto STREP perteneciente al 6º Programa Marco que trata de desarrollar un sistema cooperativo para los vehículos que transportan mercancías peligrosas con la misión de: enrutar, monitorizar, reenrutar (en caso necesario), controlar por parte de las Autoridades competentes y apoyar a los conductores; basado en la adquisición de datos dinámicos en tiempo real de cara a conseguir reducir los riesgos inherentes al transporte de estas mercancías peligrosas pero, a la vez, generando valor para las todo¹s los actores involucrados en este sector.

Se trata de un consorcio formado por 14 empresas de 6 países de la UE.

En la figura 1 se presenta la arquitectura general del proyecto: en ella se pueden apreciar los diferentes actores: camiones, cadena logística, sistema de vigilancia y el Centro de Control de GoodRoute (del que forma parte el Módulo de resolución de conflictos (Una descripción más detallada del proyecto GoodRoute y de sus componentes se encuentra en la web del proyecto (www.goodroute-eu.org)).



[1] Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto EU FP6-2004-IST 4-027873 GOODROUTE.

III. MÓDULO DE RESOLUCIÓN DE CONFLICTOS

Origen del problema

Existe mucha literatura relativa a la resolución de conflictos [1] habiendo sido estudiado el tema en profundidad en los sectores de aviónica y del ferrocarril. En nuestro caso se trata de un problema de asignación de recursos escasos: los conflictos surgen cuando hay que compartir N recursos entre un número superior de usuarios. Hay que establecer un reparto de los recursos basado en alguna política (FIFO, reparto equitativo para los diferentes perfiles de usuarios, etc.).

En el caso de los DGV's los conflictos se producen cuando hay que acceder a determinados puntos de la infraestructura (túneles, puentes, etc.) que tienen limitado la frecuencia de paso para este tipo de vehículos (A nivel de planificación de la ruta) o bien cuando algún segmento está temporal o permanentemente bloqueado (A nivel de tiempo real).



Resolución del problema

Se utiliza un algoritmo de tipo heurístico para intentar resolver el problema del tráfico acumulativo y la capacidad fija de ciertas partes del sistema. El MRC intenta reducir la complejidad utilizando una metodología “paso a paso” que consta de las siguientes etapas: detección de los posibles conflictos, clasificación y resolución de los mismos.

IV. DESCRIPCIÓN DEL ALGORITMO UTILIZADO

Procedimiento de detección

Para cada infraestructura crítica de la que se supone conocida su capacidad se construye una matriz cuyas columnas representan la ventana de tiempo de paso a través de la estructura y las filas son las rutas que se supone van a pasar a través de ella. La ventana de tiempo de cada infraestructura depende de cuanto se tarde en pasar a través de ella. Una celda $a(i, j)$ es

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1 & \text{if DGV } i \text{ pass through at } j \text{ time - window} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

igual a 1 si el DGV i pasa a través de la infraestructura durante la ventana de tiempo j . En la penúltima fila se computa el número de rutas que piden paso para cada ventana de tiempo y en la última una función *check* de la capacidad de la infraestructura. La

siguiente inequación muestra cuando se produce un conflicto para la ventana j : $\sum_{i=1}^{n_k} a_{i,j} > c_j$.

De esta manera se obtienen todas las ventanas de tiempo para las que se ha producido una violación del requisito de capacidad y se tiene toda la información necesaria de dónde, cuándo y por quién se ha producido cada conflicto a investigar.

Procedimiento de clasificación y resolución

Primeramente se deben de encontrar los conflictos para las diferentes infraestructuras. Para cada una de ellas se realizan las siguientes tareas:

- Comprobar si hay incidentes (segmentos no operativos por bloqueo o cierre) en esa parte de la infraestructura. En caso de que haya, se realiza una búsqueda de las rutas que contengan alguno de ellos y se informa del problema el módulo encargado del cálculo de rutas para que proceda a calcular una ruta alternativa.
- Se realiza una primera clasificación en rutas con problemas de capacidad y rutas sin problemas.
- Se procede a agrupar las rutas mediante clustering [2] en conjuntos de rutas que puedan tener conflictos debido a la hora de llegada a los diferentes nodos de la red.
- Se produce una segunda clasificación en clusters más pequeños usando la capacidad de los nodos de la red.
- Se hace una última clasificación usando como elementos el tiempo de llegada y la compañía de los DGV mediante un algoritmo de optimización lineal.

V. DATOS DE ENTRADA UTILIZADOS POR EL ALGORITMO

Las entradas necesarias para el algoritmo son los siguientes:

- Tabla con los segmentos con incidentes (Dato en tiempo real).
- Datos geográficos GIS de la infraestructura (en formato shapefile de ESRI [3]).
- Capacidades de los segmentos de la infraestructura (Dato histórico).
- Información de la ruta (Identificador de la ruta, compañía propietaria e información sobre los segmentos de la ruta: índice del nodo, segmento, sentido del segmento y tiempo de llegada al segmento) (Dato en tiempo real)..

VI. Implementación del Módulo de Resolución de Conflictos (MRC)

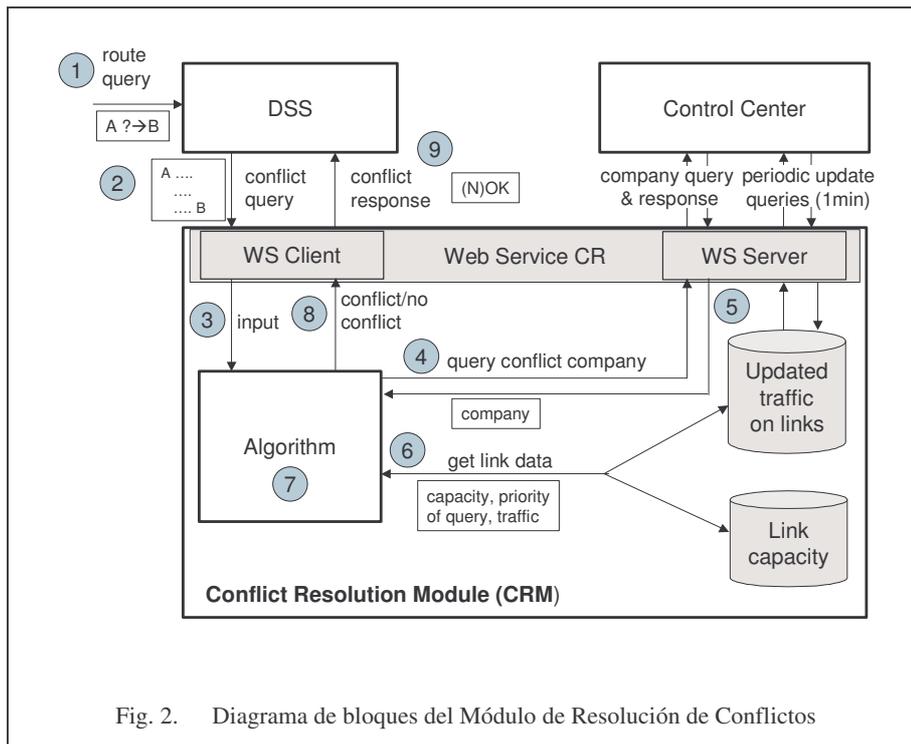
El Módulo de Resolución de Conflictos se ha implementado dentro del Centro de Control de GoodRoute mediante dos Web Services: uno admite peticiones de confirmación de la ruta por parte del Módulo encargado del cálculo de las mismas (Y por lo tanto realizando el papel de servidor) y un segundo WS que consulta los incidentes en tiempo real que se producen en la infraestructura (Haciendo el papel de cliente).

Por otro lado se dispone de dos bases de datos en las que se guardan las capacidades de los segmentos de la red y los incidentes que están ocurriendo en el sistema.

En cuanto a los detalles de implementación, los Web Services se han implementado usando el servidor Tomcat y la tecnología AXIS2 de Java y el código del Módulo tiene partes desarrolladas en C++ y otras en Java.

Por lo que hace a las plataformas en las que puede correr el MRC se trata de Windows XP y Linux Ubuntu.

A continuación se presenta el diagrama de bloques del Módulo de Resolución de Conflictos (figura 2) en el que se describe el flujo del programa para un proceso de consulta de ruta por el módulo de cálculo de rutas (DSS).



VII. Simulador empleado y pruebas

Para probar el MRC se necesita utilizar una gran cantidad de rutas, cada una con cientos de segmentos, por lo que de forma manual no se puede probar realmente las bondades del algoritmo teniendo que esperar a su instalación real dentro del Centro de Control de GoodRoute, o bien utilizar un simulador realizado ad-hoc. Esta ha sido la opción elegida: se ha diseñado un simulador de las rutas de los posibles camiones que puedan acceder al sistema.

Parametrización del simulador

Los parámetros que se pueden configurar son los siguientes:

1. Número de rutas a generar (1 a 500)
2. Ruta del DGV actual
3. Número de rutas de cada cluster
4. Número de puntos conflictivos para la ruta actual.

Tareas básicas del simulador

Las dos tareas básicas del simulador son el cálculo de una ruta y el cálculo del cluster de rutas que tienen parte en común con la ruta del DGV que quiere atravesar por una zona de la infraestructura con limitaciones de capacidad.

Los datos a rellenar para la generación de la ruta patrón son:

- Identificativo de la ruta y de la compañía del DGV
- Posición inicial-Posición final
- Tiempo inicial
- Tiempo en cada segmento
- Puntos fijos (de 0 a MAX_PUNTOS_FIJOS)

En cuanto a los datos para definir un cluster (El cluster de rutas es un grupo de rutas que coinciden en el tiempo con la ruta que se presenta al simulador) son los siguientes:

1. Parámetros de la ruta objetivo:
 - Identificativo de la ruta
 - Identificativo de la compañía del DGV
 - Tiempo inicial
 - Tiempo en cada segmento
 - Puntos fijos (de 0 a MAX_PUNTOS_FIJOS)
2. Parámetros del cluster:
 - Rango de Identificativos de la ruta

A continuación se muestra una ruta simulada y el resultado de ejecutar el algoritmo.

The image contains two screenshots. The left one is a terminal window showing a list of nodes and their associated data. The right one is a screenshot of the 'GoodRoute WS Client (v3)' software interface.

Node	Date	Time	Value 1	Value 2
0:	01/01/2007	00:00:00	336	55199750
1:	01/01/2007	00:02:47	337	55214682
2:	01/01/2007	00:04:39	344	55193921
3:	01/01/2007	00:07:33	325	55221617
4:	01/01/2007	00:08:40	327	55221616
5:	01/01/2007	00:13:16	263	55193879
6:	01/01/2007	00:13:33	264	55221644
7:	01/01/2007	00:15:06	265	55221645
8:	01/01/2007	00:15:13	266	55221828
9:	01/01/2007	00:15:47	267	55221829
10:	01/01/2007	00:16:01	268	55221830
11:	01/01/2007	00:21:19	26	55221880
12:	01/01/2007	00:21:56	29	55221881
13:	01/01/2007	00:22:05	30	55221882
14:	01/01/2007	00:22:17	31	

The right screenshot shows the 'GoodRoute WS Client (v3)' window. The 'Target Endpoint' is set to 'http://nuvolari:8080/axis2/services/GoodRoute'. The 'Result[0]' is 'Route 192 KO' and the 'Problem Node(s)' are '55193921 55221881'. At the bottom, there are two buttons: 'Load Route File...' and 'CheckRoute'.

VII. Conclusiones

Se ha presentado el Módulo de Resolución de Conflictos (MRC) desarrollado dentro del proyecto GoodRoute. El módulo trata de detectar y resolver los conflictos en las infraestructuras viarias cuando múltiples DGV's intentan acceder a nodos con capacidad limitada. Se ha hecho una descripción del Módulo, del algoritmo seleccionado para la resolución de los conflictos. También se han mostrado algunos detalles de implementación y el simulador desarrollado para probar el MRC.

GLOSARIO

- [1] **DGV** Dangerous Goods Vehicles (Vehículos que transportan mercancías peligrosas). Se rigen por el European Agreement concerning the international carriage of dangerous goods by road (ADR).
- [2] **MRC** Módulo de Resolución de Conflictos.
- [2] **DSS** Decision Support System (DSS).

REFERENCIAS

- [1] KUCHAR J. K. and YANG L. C. (2000): "A review of Conflict Detection and Resolution Modelling Methods", IEEE Transactions On Intelligent Transportation Systems, Vol. 1, No. 4, December 2000 (<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/6979/19442/00898217.pdf>).
- [2] Kantardzic, Mehmed (2003). Data Mining: Concepts, Models, Methods, and Algorithms. John Wiley & Sons. 2003.
- [3] ESRI Shapefile Technical Description- ESRI 1998 <http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/shapefile.pdf> 1980.