

STIMULO: Sistema de Transporte Logístico Inteligente Multimodal

Amelia del Rey⁽¹⁾, Jorge Sanz⁽¹⁾, Benjamin Molina⁽²⁾, Carlos E Palau⁽²⁾, Luis de la Cruz Piris⁽³⁾, Ricardo Guerrero Gómez-Olmedo⁽⁴⁾, Nuria Martínez⁽⁵⁾, Beatriz Rodríguez⁽⁵⁾

⁽¹⁾ PRODEVELOP, adelrey@prodevelop.es, jsanz@prodevelop.es.

⁽²⁾ Departamento de Comunicaciones, Universitat Politècnica de Valencia, Camino de Vera s/n, 46022, Valencia, benmomo@upvnet.upv.es, cpalau@dcom.upv.es

⁽³⁾ Departamento de Automática, grupo GIST. Universidad de Alcalá, luis.cruz@uah.es

⁽⁴⁾ Departamento de teoría de la señal y comunicaciones, grupo GRAM. Universidad de Alcalá, Pza. San Diego, s/n - 28801 Alcalá de Henares (Madrid), ricardo.guerrero@edu.uah.es

⁽⁵⁾ Answare, nmartinez@answare-tech.com, brodriguez@answare-tech.com

RESUMEN

En áreas urbanas densas y desarrolladas, las congestiones de tráfico rodado son uno de los desafíos más críticos en cuanto a movilidad se refiere, provocando retardos masivos en los desplazamientos, aumentos en el gasto de combustible, incremento de las emisiones de gases de efecto invernadero y, en ocasiones, pérdidas económicas significativas. Los sistemas de transporte inteligente (Intelligent Transport Systems, ITS) pretenden integrar las tecnologías de información y comunicaciones con la infraestructura de transporte existente, con objeto de reducir la congestión, mejorar la seguridad, reducir las emisiones de CO₂. Dentro de este contexto nace el proyecto STIMULO que tiene como objetivo la construcción de servicios inteligentes de gestión del tráfico por medio de la predicción en tiempo real del estado de los componentes del sistema de transporte.

El proyecto STIMULO es un proyecto de I+D+i que se presentó en la convocatoria de Plan Innovación 2012 dentro del programa INNPACTO y está cofinanciado por Ministerio de Economía y Competitividad y los fondos FEDER. El consorcio interesado en la ejecución del presente proyecto está compuesto por PRODEVELOP, CBT, ANSWARE, la Fundación Valenciaport, la Asociación Innovalia y las universidades de Alcalá de Henares y Politécnica de Valencia.

Los elementos principales de la infraestructura propuesta son el modelo de simulación, la minería de datos de sensores heterogéneos en tiempo real, la generación de indicadores de tráfico y el uso de esos indicadores junto con técnicas de inteligencia colectiva para la provisión de servicios asociados al sistema de transporte que permitan una mayor eficiencia y desempeño. Mediante la definición de un modelo de tráfico gracias a los datos obtenidos en tiempo real, y aplicando diferentes funciones de optimización, se realizarán simulaciones que pretenden determinar las condiciones de tráfico a corto plazo de un vehículo.

El caso de uso al que se pretende aplicar el proyecto es la optimización de la llegada de los vehículos de transporte a las terminales de contenedores del puerto de Valencia.

Se presentará la arquitectura general del proyecto, haciendo hincapié en los avances obtenidos hasta la fecha en la captación de datos de tráfico en tiempo real mediante técnicas de visión artificial, servicios basados en localización y otros sensores; se presentarán también los avances en la

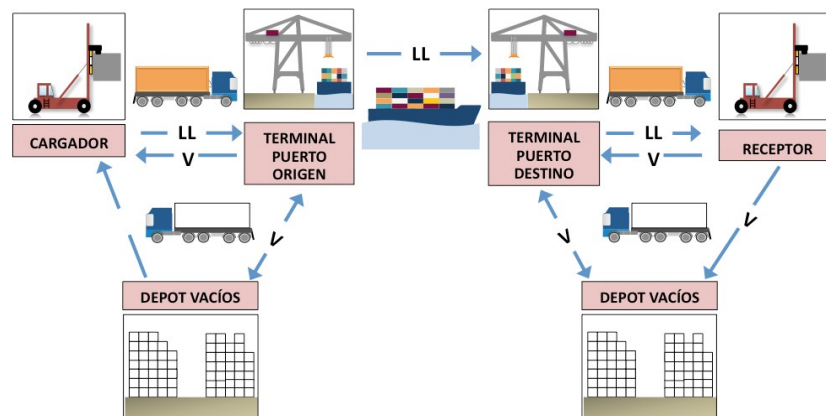
gestión colectiva de tráfico y la simulación del modelo de tráfico usando tecnologías libres así como la difusión de la información recibida mediante el conjunto de estándares SWE de OGC.

Palabras clave: Intelligent Transport Systems, tiempo real, SWE

INTRODUCCIÓN

El flujo de mercancías en contenedor se compone de una sucesión de tramos de transporte entre los diferentes agentes de la cadena logística. Cada uno de los tramos puede realizarse en distintos modos de transporte, terrestre (carretera o ferrocarril), marítimo o aéreo.

En el proyecto STIMULO se detallan como casos de uso los tramos terrestres por carretera, tanto para operaciones de importación como para operaciones de exportación de mercancías en flujos de transporte intermodal marítimo-terrestre (carretera), entendiendo por operación de exportación aquella en la que el contenedor llega al puerto en transporte terrestre y sale de éste en transporte marítimo y por operación de importación aquella en la que el contenedor llega al puerto por vía marítima y sale de éste en transporte terrestre, independientemente de los lugares de origen o destino.



Los procesos descritos requieren de un número elevado de gestiones que llevan asociados ciertos documentos. En el caso de estudio, el Puerto de Valencia, todos estos documentos son tramitados a través de Valenciaportpcs.net, el Port Community System (PCS) de Valenciaport.

Los casos de uso estudiados en el proyecto son los siguientes:

1.- **Exportación de mercancía en contenedor:** Se describe el tramo terrestre de una operación intermodal marítimo-terrestre en un caso típico de exportación de mercancía.

El demandante de transporte terrestre, emite la **Instrucción de Transporte** al proveedor u operador del mismo, indicándole la solicitud en firme de un servicio de transporte.

Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

VIII Jornadas de SIG Libre

A continuación el proveedor de equipamiento debe emitir la **Orden de Entrega (Entréguese)** del contenedor vacío (para el depósito de contenedores o *depot*) y la **Orden de Admisión (Admítase)** del contenedor lleno (para la terminal) a través de Valenciaportpcs.net.

Es importante destacar que ambos documentos incluyen un código de barras a través del cual se puede identificar en Valenciaportpcs.net toda la información relacionada.

Una vez se han emitido los documentos indicados, el proveedor del transporte informa sobre ciertos datos para la planificación de dicho transporte (como la matrícula del vehículo, matrícula del remolque, nombre, NIF, teléfono del chofer) o sobre la realización efectiva del mismo (fechas reales de carga/descarga, matrícula del contenedor vacío recogido, etc) mediante la **Asignación del transporte**.

La empresa de transporte facilita los documentos al conductor del camión y éste se dirige al *depot* donde le entregan el contenedor vacío al presentar la Orden de Entrega. El *depot* informa al resto de agentes a través de Valenciaportpcs.net de la recogida del mismo mediante la **Confirmación de Entrega**.

Después el camión se dirige al almacén del exportador donde llenan y precintan el contenedor y le firman el albarán de transporte. El transportista debe confirmar que el contenedor se precinta en presencia del exportador.

A continuación el camión se dirige al puerto de Valencia donde accede al recinto portuario a través de las puertas automáticas. A su llegada a la terminal portuaria el acceso a la misma también se realiza de forma automática, se autorizará el acceso siempre y cuando los trámites previos requeridos se hayan cumplido. Una vez entregado el contenedor, a la salida, la terminal facilita un albarán al transportista, que se denomina **Boletín de Entrega o Interchange** que acredita el depósito de la mercancía. El caso de estudio finaliza cuando la terminal informa al resto de agentes a través de Valenciaportpcs.net de la entrega del contenedor mediante la **Confirmación de Admisión**.

2.- **Importación de mercancía en contenedor**: Se describe el tramo terrestre de una operación intermodal marítimo-terrestre en un caso típico de importación de mercancía.

Al igual que en el caso de exportación, el demandante de transporte terrestre emite la **Instrucción de Transporte** a través de Valenciaportpcs.net.

A continuación, el proveedor del equipamiento de transporte emite la **Orden de Entrega (Entréguese)** del contenedor lleno (para la terminal) y la **Orden de Admisión (Admítase)** del contenedor vacío (para el depot) a través de Valenciaportpcs.net. A partir de los tres documentos se generará el Documento Único de Transporte (DUT).

El proveedor de transporte, cuando recibe el DUT realiza la **Asignación del Transporte** que informa sobre ciertos datos que se han detallado en el apartado anterior y se envía la actualización al resto de agentes implicados.

La empresa de transporte contratada hace llegar a su transportista los documentos de transporte elaborados por el proveedor del equipamiento de transporte. Con toda esta documentación el transportista se dirige al puerto de Valencia para la recogida del contenedor con la mercancía y accede al recinto portuario a través de las puertas automáticas. Una vez en la terminal entrega el Entréguese, que contiene un código de barras, de manera que la terminal puede, leyendo este código, acceder a toda la

información asociada a la Orden de Entrega a través de Valenciaportpcs.net. Tras este trámite, el chófer recibe instrucciones de dónde debe posicionarse para recibir el contenedor.

Una vez cargado el contenedor, la terminal expide en puertos el **Albarán de Salida** para el transportista, así como se realiza la **Confirmación de Entrega** a través de Valenciaportpcs.net.

Cuando el contenedor ha sido entregado en el destino acordado y vaciado, el transportista lleva el contenedor vacío a un *depot* o a la terminal donde es admitido con la presentación de la Orden de Admisión. El proceso finaliza cuando el *depot* tras la admisión del contenedor vacío realiza la **Confirmación de la Admisión** a través de Valenciaportpcs.net.

La principal aportación del proyecto STIMULO a los casos de uso de importación y exportación de mercancía en contenedor es el aviso de las previsiones de llegada de camiones al puerto. Otra importante aportación del proyecto consiste en la posibilidad de una gestión dinámica del sistema de cita previa.

STIMULO tiene como objetivo la construcción de servicios inteligentes de gestión del tráfico por medio de la predicción en tiempo real del estado de los componentes del sistema de transporte y llevando a cabo un demostrador en el Puerto de Valencia.

Mediante la definición de un modelo de tráfico gracias a los datos obtenidos en tiempo real, y aplicando diferentes funciones de optimización, se realizarán simulaciones que pretenden determinar las condiciones de tráfico a corto plazo de un vehículo.

Dado que las herramientas y tecnologías de la información y la comunicación (TIC) tienen un papel clave en la gobernanza y en la eficiencia de los flujos de mercancías en los puertos, el caso de uso al que se pretende aplicar el proyecto es la optimización de la llegada de los vehículos de transporte a las terminales de contenedores del puerto de Valencia.

En la actualidad, uno de los conceptos más extendidos, basados en herramientas TIC, para dar soporte a la modernización de los puertos son los "Sistemas de Comunidad Portuaria (PCS)".

Un sistema de información portuario o Port Community System se puede definir como una plataforma de intercambio de información ligada a un puerto y, por lo tanto, limitada geográficamente, cuyo principal objetivo es servir a los intereses de las distintas empresas y entidades ligadas a las actividades portuarias. Estas empresas son bastante heterogéneas e incluyen a operadores de terminal, operadores de transporte (marítimo/oceánico, rodado y ferroviario), transitarios, aduanas, organismos de control y autoridades portuarias.

El principal objetivo de STIMULO es que tanto la Autoridad Portuaria como las terminales de contenedores (y otros organismos que puedan estar interesados como la Aduana), dispongan de información adelantada de la previsión de llegada de camiones al recinto portuario y a las puertas de las terminales, basadas en el resultado de una simulación en tiempo real del tráfico. El proceso seguido podría ser el siguiente:

- STIMULO: Representa el núcleo del sistema, proporciona la inteligencia e interacciona con el resto de módulos y agentes implicados en el servicio.

VIII Jornadas de SIG Libre

- STIMULO recupera de ValenciaportPCS.net las Instrucciones de Transporte emitidas, selecciona aquellas a las que se les ha realizado la asignación del transporte ya que en este momento comienza el caso de estudio y la instrucción ya incluye datos como tipo de operación (import/export); matrícula camión; punto de recogida del contenedor vacío o lleno; punto de carga/descarga del contenedor (terminal o depot); punto de entrega del contenedor vacío o lleno (terminal o depot).
- El sistema STIMULO recibe información de la situación del tráfico en la red a través de diferentes fuentes de información externas. Determinados agentes como la Autoridad Portuaria deberían poder tener la posibilidad de informar sobre incidencias puntuales o previstas que puedan no ser captadas por las fuentes de información externas establecidas.
- El transportista encargado de realizar el transporte identifica su dispositivo móvil (conectado con el sistema de STIMULO) con el camión y la orden de transporte.
- El sistema STIMULO recibe información en tiempo real de la localización y movimiento del camión a través del dispositivo móvil.
- El sistema STIMULO realiza simulación en tiempo real de la previsión de llegada de los camiones al puerto. Para ello, tomará como referencia tiempos estimados para las operaciones de entrega de contenedor y carga o descarga de contenedor. Estos tiempos pueden variar de forma considerable por lo que en el caso de la exportación las estimaciones de llegada al puerto serán más fiables (e interesantes para los agentes portuarios) a partir del momento en el que el contenedor ha sido cargado e inicia su viaje al puerto.
- El sistema STIMULO informará al transportista de posibles incidencias de tráfico que puedan afectar al servicio de transporte.
- El sistema STIMULO podrá proponer al transportista rutas alternativas a la principal como resultado de la simulación. El transportista podrá aceptar o no dichas alternativas propuestas.
- El transportista encargado de realizar el transporte informará en tiempo real en su dispositivo móvil del momento de recogida o entrega del contenedor y del momento de la carga o descarga del contenedor.
- El sistema STIMULO permitirá la visualización de las previsiones de llegadas de los camiones al puerto junto con la información de los eventos intermedios del servicio de transporte (recogida/entrega de contenedor, carga/descarga de contenedor). El acceso a la información debe ser restringido según el usuario.
- El sistema STIMULO permitirá (al PCS y a otros posibles usuarios) el acceso a la información de las previsiones de llegadas de camiones y de los eventos intermedios del servicio de transporte a través de *webservices* y/o mensajería electrónica. El acceso a la información debe ser restringido según el usuario.

ARQUITECTURA GENERAL DEL SISTEMA

La arquitectura general del sistema STIMULO está formada por los siguientes bloques principales:

- **STIMULO:** Representa el núcleo del sistema, proporciona la inteligencia e interacciona con el resto de módulos y agentes implicados en el servicio.
- **PCS (Port Community System):** Sistema actualmente en uso en el puerto de Valencia. El PCS interactúa principalmente con el bloque principal (STIMULO) para intercambiar información relativa a la previsión de llegada de uno o más vehículos vinculados a una o varias órdenes de transporte (OT) respectivamente.
- **Agentes:** Representa a todos los agentes que interactúan actualmente con el PCS. Aunque esta interacción ya está operativa, es interesante considerarla porque alguno de los mensajes (interacciones) de los agentes puede representar un evento para STIMULO. Desde el punto de vista de los posibles modelos de negocio también es interesante esta consideración porque algún agente se puede beneficiar de la información proporcionada por el core de STIMULO al PCS.
- **Fuentes de información:** Representa a todos los sensores externos capaces de proporcionar información relevante para estimar el tráfico en un tramo o ruta concreta. Algunos ejemplos son las cámaras de tráfico del Ayuntamiento de Valencia, de la DGT y de la Generalitat Valenciana y Catalana. Otros ejemplos pueden ser páginas web de la DGT con información de tráfico, redes sociales, etc.
- **Transportista (TR):** Representa el elemento remoto y móvil que interactúa con STIMULO para señalar su posición y obtener planes de ruta. El colectivo de transportistas se divide básicamente en dos grupos: empresas transportistas con sistemas de gestión de flotas y autónomos. Por simplicidad, se va a suponer inicialmente un TR que interactúa directamente con STIMULO.

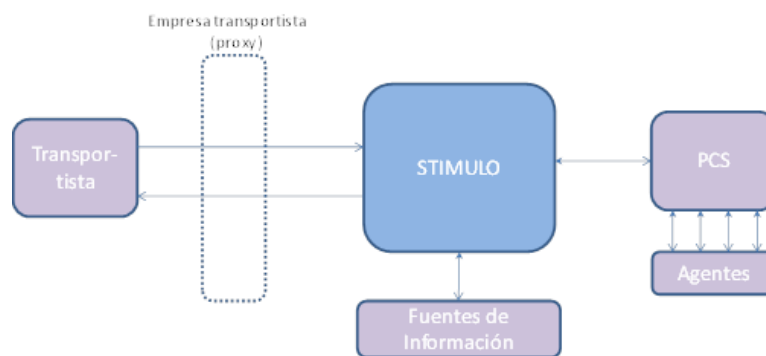


Figura 1: Visión de alto nivel de la arquitectura.

Interacción STIMULO-PCS

El core de STIMULO dispone de un servicio básico, que corresponde a la previsión de llegada (PLL) de un camión determinado al Puerto de Valencia y a la terminal correspondiente. Durante el proceso de transporte, el core de STIMULO dispone de dos tipos de eventos que le son notificados por el TR (actualmente el PCS no lo gestiona):

- Recogida/entrega de un contenedor: En una operación de importación, el TR notificará cuando ha recogido la mercancía en la terminal del puerto. Una vez llegue el TR a la empresa destinataria o almacén para entregar la mercancía, el TR notificará la entrega.
- Carga/descarga de un contenedor: En una operación de exportación, el TR notificará cuando ha cargado la mercancía en el contenedor (almacén). Una vez llegue al puerto, el TR notificará cuando ha descargado el contenedor en la terminal.

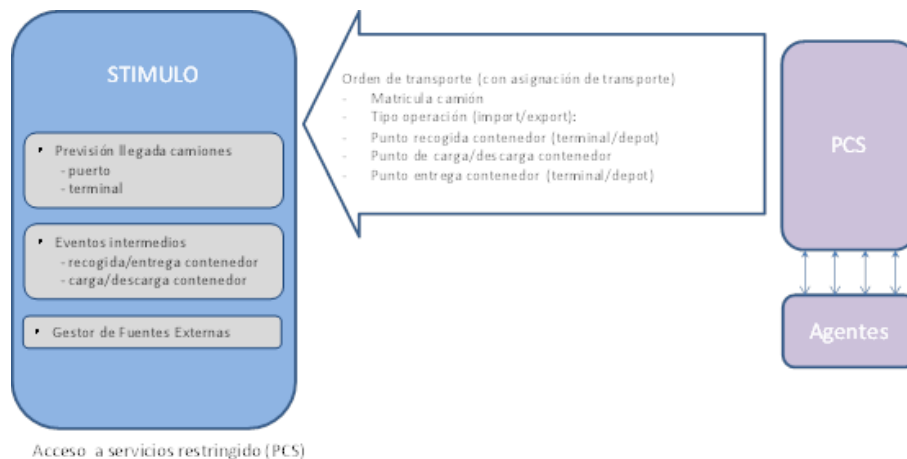


Figura 2: Interacción STILUO-PCS.

En relación con el PCS, éste interactúa con el core de STIMULO para obtener la previsión de llegada de uno o varios camiones. En realidad, la 'unidad de medida' o parámetro que emplea el PCS es una orden de transporte (OT), con asignación de transporte. Esta OT de transporte se compone de varios ítems, como son: la matrícula del camión, tipo de operación (import/export), punto de recogida del contenedor (terminal/depot), punto de carga/descarga del contenedor, punto de entrega del contenedor (terminal/depot).

El servicio de Cita Previa Dinámica (CPD) en el core de STIMULO se basa en el servicio de PLL, sin más que añadir una capa de monitorización proactiva. El proceso básicamente es el siguiente:

- El PCS envía una OT junto con la cita previa prevista.
- El core de STIMULO estima si un camión vinculado a la OT es capaz de llegar en la franja temporal estipulada. Si no es posible cumplir los plazos marcados, el core de STIMULO genera una alarma hacia el PCS, indicando que dicha cita previa no se puede cumplir.

Interacción STIMULO- Fuentes de información

Para poder disponer de un modelo de tráfico con cierto grado de fiabilidad que permita generar estimaciones (tiempo de llegada de los camiones) útiles, es necesario disponer de información externa sobre el estado de tráfico. Esta información proviene de diferentes fuentes externas, que se pueden asimilar a sensores. El bloque dentro del core de STIMULO encargado de obtener toda la información de los sensores se denomina Gestor de Fuentes. Dentro de este bloque, se pueden apreciar dos secciones diferentes:

Servicio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección

VIII Jornadas de SIG Libre

- Procesado de datos de tráfico: dentro de este bloque existen una serie de módulos encargados de procesar diferentes fuentes de información (sensores) heterogéneas
- Alarmas: dentro de este bloque se agruparían aquellos avisos que son notificados por ciertos agentes que interactúan con el PCS.

Dentro del bloque de procesado de datos de tráfico se ha prestado un especial interés a las cámaras de tráfico. Este módulo es el encargado de obtener imágenes (o vídeos, según disponibilidad) de las cámaras de tráfico disponibles en los tramos del mapa de tráfico a considerar. Un bloque de Visión Artificial (VA) será el encargado de procesar dichas imágenes y obtener información a partir de ella, típicamente IMT (Índice Medio de Tráfico).

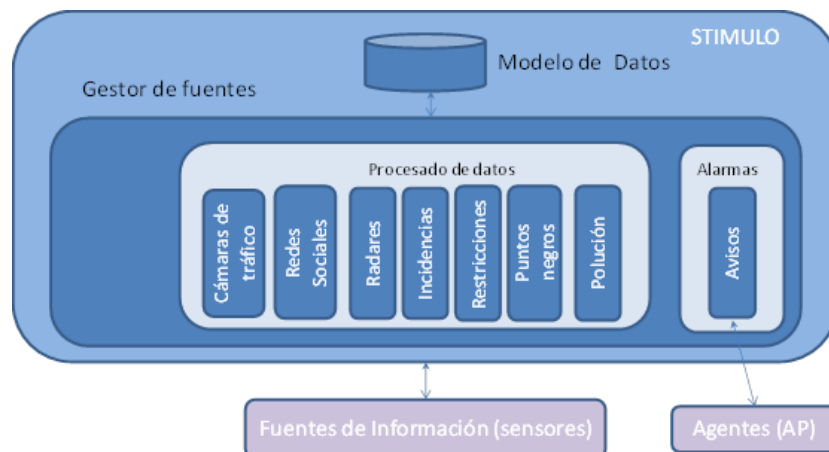


Figura 3: Interacción STIMULO-Fuentes de Información.

Interacción STIMULO –Transportista

El servicio de previsión de llegada (PLL) es ofrecido por STIMULO tanto al PCS como al transportista (TR). Para ello, es necesaria una interacción entre el TR y el core de STIMULO :

- El TR debe registrarse inicialmente en el sistema para que STIMULO sea consciente de su actividad. Típicamente, el TR se registra justo antes de iniciar el transporte para que se le ofrezca un plan de viaje por parte de STIMULO. La forma de registrarse debe identificar al camión y la orden de transporte (OT).
- Una vez el TR se ha registrado en el sistema STIMULO, debe enviar cierta información de geolocalización que incluye los siguientes datos: origen, destino, posición actual (de forma periódica), velocidad (de forma periódica) y ruta seleccionada.
- El TR debe notificar los eventos intermedios al core de STIMULO, esto es: recogida y entrega de mercancía (importación), carga y descarga del contenedor (exportación).
- Adicionalmente, el TR puede indicar ciertas incidencias al core de STIMULO. Por ejemplo, si hay atasco o retención, el TR puede notificarlo de forma manual. También existe la posibilidad de detectar incidencias automáticamente. Por ejemplo, si la velocidad es inferior a un cierto umbral durante un intervalo de tiempo concreto, se puede asumir que hay retención en ese tramo.

Por otra parte, el core de STIMULO proporciona, a través del servicio de previsión de llegada, una serie de informaciones de utilidad al TR:

- En primer lugar, el core de STIMULO proporciona un plan de viaje al TR una vez dispone de su identificación, localización, origen y destino. Este plan de viaje incluye una ruta óptima (tiene en cuenta varios parámetros) al destino y una serie de rutas alternativas que optimizan un parámetro en concreto. Este plan de viaje puede incluir una serie de paradas recomendadas durante el trayecto. El TR puede seleccionar la ruta óptima sugerida o alguna de las restantes. El plan de ruta se puede actualizar durante el trayecto.
- Adicionalmente, aquellas incidencias de tráfico y alarmas del sistema se indican al TR (a la aplicación móvil).

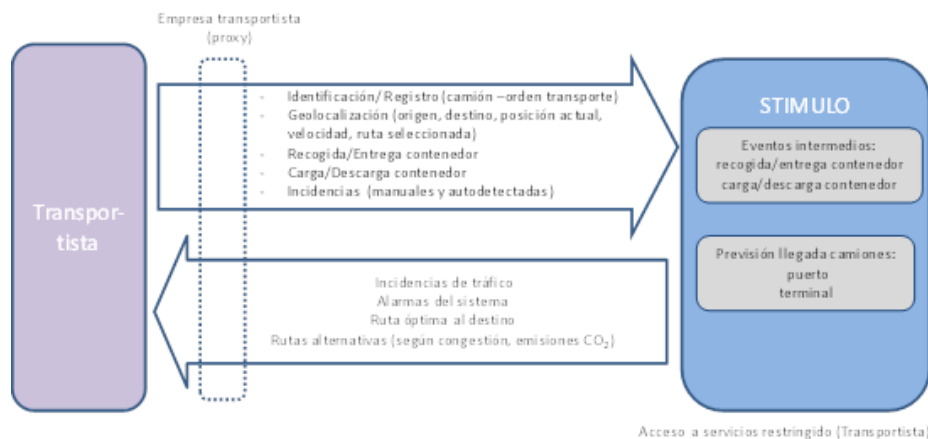


Figura 4: Interacción STIMULO-Transportista.

ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Diseño del sistema e integración entre componentes

STIMULO, tal como se ha descrito en la arquitectura del sistema es un proyecto con diferentes componentes externos que interactúan con un núcleo (*core*) que engloba tanto a la capa de persistencia de datos como a los diferentes componentes intermedios (*middleware*) que se encargan de las tareas de procesamiento y comunicación con los componentes externos a este núcleo.

La persistencia de la aplicación se realiza mediante una base de datos relacional Postgres con su módulo espacial PostGIS. Esta base de datos es alimentada y consumida por todos los componentes del sistema que tienen que generar datos.

Los diferentes componentes de *middleware* están desarrollados en varios lenguajes de programación, pudiendo ser aplicaciones J2EE, PHP o Python en función de la experiencia previa de cada colaborador del consorcio. Estas aplicaciones interactúan con el exterior utilizando APIs REST o *webservices* en el caso del PCS.

Internamente se ha implementado un sistema de mensajería basado en el patrón publicador/suscriptor de tal forma que cada componente envía mensajes al sistema ante cualquier evento interesante para que cualquier componente suscrito a dicho tipo de evento reciba inmediatamente una notificación. El receptor puede tener toda la información necesaria en el cuerpo del mensaje enviado, si éste es sencillo, o bien requerir del apoyo de la base de datos para obtener toda la información necesaria

para realizar el trabajo derivado de dicho evento. El sistema de mensajería seleccionado es el producto de software libre RabbitMQ¹. Este sistema destaca por su alta eficiencia, flexibilidad para implementar diferentes patrones (no solo el de publicación/suscripción) y por disponer de implementaciones de clientes para un gran abanico de lenguajes de programación, por lo que resulta ideal para el contexto de STIMULO.

Modelado de tráfico e Inteligencia Colectiva

Para poder realizar una labor de optimización sobre el tránsito y llegada de los camiones en su camino hasta el Puerto de Valencia, necesitamos ser capaces de hacer predicciones sobre el estado futuro de las vías y de los tiempos de viaje a través de las mismas. Para ello necesitamos contar con un Modelo de Tráfico adecuado que nos ofrezca un conjunto de datos que se desvíen lo menos posible de la realidad para poder realizar la toma de decisiones de nuestro sistema. Este modelo contiene la información relativa al comportamiento del escenario de trabajo dividida por tramos temporales siguiendo la estructura mostrada en el siguiente esquema:

```
model_dic =
  {"data_aux" : [ 'length',
                 'speed',
                 'speed_T(0)',
                 'speed_T(1)',
                 ...
                 speed_T(n-1)],
   "edge(0)" : [ 'length_edge(0)',
                 'max_speed_edge(0)',
                 'speed_edge(0)(T(0))',
                 'speed_edge(0)(T(1))',
                 ...
                 'speed_edge(0)(T(n-1))'],
   "edge(1)" : [ 'length_edge(1)',
                 'max_speed_edge(1)',
                 'speed_edge(1)(T(0))',
                 'speed_edge(1)(T(1))',
                 ...
                 'speed_edge(1)(T(n-1))'],
   .
   .
   "edge(m-1)" : [ 'length_edge(m-1)',
                  'max_speed_edge(m-1)',
                  'speed_edge(m-1)(T(0))',
                  'speed_edge(m-1)(T(1))',
                  ...
                  'speed_edge(m-1)(T(n-1))']}]
```

Para cada enlace o porción de enlace (edge(0, m-1) siendo m el número total de porciones de vías de la red en la que hemos dividido el escenario), junto con su longitud y velocidad máxima de cada vía, se almacenan la previsión de la velocidad media de los vehículos que transiten por esa porción de terreno en un periodo de tiempo determinado (T(0, n-1) siendo n el número de divisiones que hayamos realizado del tiempo total que abarca el modelo de tráfico).

De igual forma es imprescindible contar con un simulador de tráfico de vehículos, que nos ayude a verificar el correcto funcionamiento de nuestro modelo de tráfico y a comprobar la validez y mejorar las indicaciones ofrecidas por nuestro sistema antes de su aplicación en un

caso real. En STIMULO, el simulador que se ha escogido es SUMO (Simulation of Urban MObility) (Krajzewicz , 2012).

Una vez disponemos de un modelo de tráfico realista y de un simulador que nos permita hacer predicciones sobre la llegada de los camiones al puerto, el módulo de inteligencia colectiva se encarga de proporcionar mecanismos para la optimización distribuida de los planes de viaje de los camiones, intentando tener en cuenta tanto la función de utilidad del Puerto (en esencia, cumplir con una determinada planificación de llegada de camiones) como las preferencias de los conductores o empresas de transporte. Para ello se prevé emplear técnicas de coordinación cooperativa basadas en negociación automática, donde las variables negociables son, además de las propias rutas, los instantes de salida y los lugares, momentos y duración de las paradas reglamentarias. Inicialmente se están considerando, por simplicidad, únicamente las rutas y los instantes de salida.

¹<https://www.rabbitmq.com/>

Adquisición de datos

Si bien es posible obtener información desde diferentes fuentes de datos, esta sección se centrará en las cámaras de vídeo como sensores, ya que requieren un procesamiento especial y representa una mayor dificultad desde el punto de vista tecnológico.

Las imágenes de tráfico las obtiene el módulo SAC (Servicio de Acceso a Cámaras) a través de imágenes disponibles vía HTTP (URLs), como es el caso del Ayuntamiento de Valencia (AYV), la DGT y la Generalitat de Cataluña (GC). Para el caso de las cámaras de la Generalitat Valenciana (GV) se accede directamente a vídeo en tiempo real.

El módulo SAC se compone de dos bloques principales: (i) Adquisición: consiste en obtener (descargar) una imagen de tráfico vía HTTP, y (ii) Validación: consiste en comprobar que la imagen es válida y tiene la resolución esperada.

Para poder adquirir la información de las cámaras de tráfico, es necesario que dichas cámaras estén registradas en el sistema, mediante el servicio de registro oportuno. Esta información será almacenada en el modelo de datos. El modelo de datos se ha implementado mediante la base de datos libre PostGIS.

El SAC accede al CORE de STIMULO mediante un servicio web y obtiene un fichero de configuración (conf.xml) donde se reflejan la información de estas cámaras.

Una vez se dispone de una imagen válida por parte del SAC, se envía mediante FTP al módulo de Visión Artificial (VA). Éste incorpora como *front-end* un servidor FTP donde se pueden almacenar estas imágenes.

En la parte de procesamiento del módulo de VA se realizan dos funciones principales:

- Preproceso: se trata de una funcionalidad previa a la estimación del índice medio de tráfico (IMT), cuyo objetivo es acondicionar las imágenes para que éstas puedan ser procesadas por el módulo de Estimación de la densidad de tráfico (EDT). El módulo empleará la librería de software libre OpenCV. Las principales funciones que se desarrollan en este bloque son:
 - Detección de imágenes correspondientes a la situación de Fuera de Servicio. Descarta imágenes que no corresponden con una imagen útil para procesar.
 - Detección de imágenes repetidas. El módulo las detectará y descartará, de modo que el bloque EDT no tenga que procesarlas.
 - Mejora de la calidad. Se encarga de aplicar algoritmos de superresolución y de tratamiento digital de imágenes que mejoren la calidad de las imágenes. Esta funcionalidad se hace necesaria debida a la muy baja resolución de las imágenes proporcionadas por algunas fuentes identificadas.
 - Estimación de condiciones de luminosidad (día/noche). El sistema identifica de forma automática si se trata de un escenario de día o de noche, de modo que los parámetros puedan ajustarse en consecuencia.
- Estimación de la densidad de tráfico (EDT): Se trata de la funcionalidad específica que proporcionará una estimación por imágenes del IMT. El procesamiento se realizará utilizando técnicas de visión artificial para la detección

eficiente de objetos en imágenes de baja resolución. El módulo empleará en este caso las librerías de software libre Qt y Boost para C++ junto con el SDK de Cuda (del fabricante de componentes gráficos NVIDIA). En concreto, este módulo de la arquitectura obtendrá el IMT tras realizar una estimación del número de vehículos en la escena. Al no poderse disponer de vídeo, ésta estimación se realizará en cada una de las imágenes de forma aislada. De este modo, según el tipo de vía y la cantidad de vehículos detectados, se procederá a realizar un cálculo de IMT, que será introducido por el cliente SOS en el servidor SOS (Sensor Observation Service). Se ha empleado la implementación libre del SOS de 52North en su última versión (OGC 2.0).

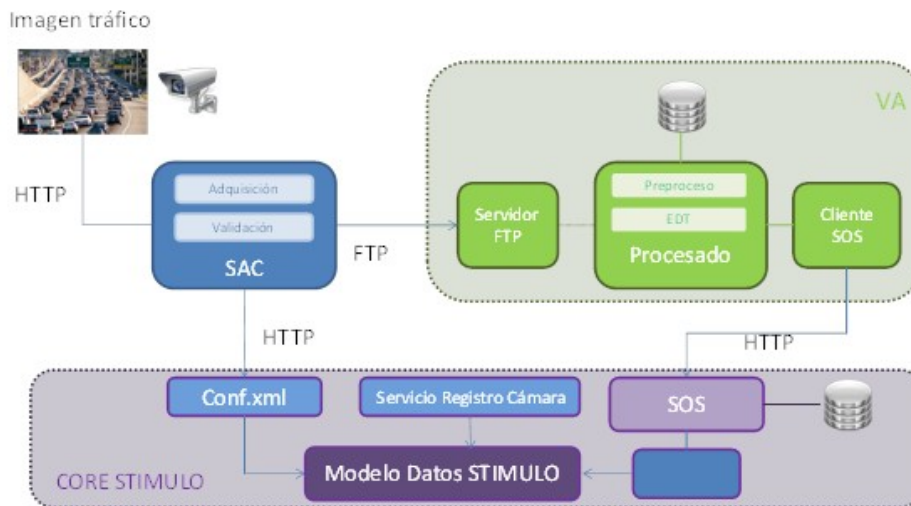


Figura 5: Procesado de datos de tráfico (cámaras)

Interacción con el sistema

La aplicación móvil del transportista interactúa con el sistema STIMULO a través de un módulo de comunicación intermedio.

El objetivo principal del módulo de comunicación es el de obtener las posiciones de los vehículos enviadas previamente por la aplicación para almacenarlas en un histórico con el objetivo de que el módulo de inteligencia colectiva pueda consultarlo para elaborar los planes de viaje conociendo así las vías por las que circulan los vehículos.

Se compone de un servicio http accesible desde dispositivos externos que estará optimizado para admitir un gran número de posiciones por segundo.

Las posiciones enviadas se utilizan para detectar congestión en las vías por las que transitan los diferentes vehículos del sistema STIMULO. Este índice es calculado a partir de la comparación de la velocidad del vehículo con la máxima velocidad de la vía por la que circula. Una velocidad excesivamente lenta mantenida en el tiempo induce a pensar que estamos ante una congestión en la vía. En caso de detectarse congestión esta información se envía al centro de notificación para que avise al módulo de inteligencia colectiva y pueda generar nuevos planes de viaje actualizados.

Además de la localización y la velocidad, desde la aplicación móvil el transportista también puede enviar incidencias al sistema a través del módulo de comunicación. El usuario podrá determinar el tipo de incidencia, especificar el grado de gravedad e incluir información relevante. Esta incidencia geolocalizada se almacena en la base de datos del sistema STIMULO. A su vez se genera un evento en el centro de notificaciones para que pueda ser útil para el resto de subsistemas.

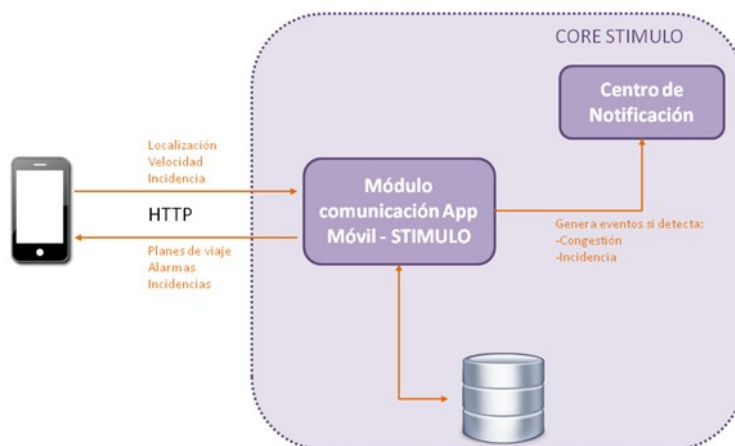


Figura 6: Interfaz APP móvil – STIMULO.

La aplicación móvil tiene acceso a la información de planes de viaje, alarmas e incidencias almacenadas previamente en la base de datos del Core por los subsistemas correspondientes, a través del módulo de comunicación, que será el encargado de hacer las consultas correspondientes a la base de datos y de enviarle la información requerida a través de servicios HTTP. Esta se encargará de notificar las incidencias y alarmas que haya en el trayecto del usuario transportista así como de mostrar dibujada la ruta que debería seguir.

La aplicación móvil se desarrolla inicialmente para el sistema operativo Android, abordando otras plataformas en posibles futuras ampliaciones del proyecto. Se utiliza el API de Google Maps Android para visualizar en un mapa el recorrido de cada plan de viaje y las incidencias cercanas a dicha ruta.

Debido a la particularidad del usuario de la aplicación móvil (una persona al volante) se han tenido en cuenta aspectos de usabilidad para que no afecten en la conducción del usuario. Por lo tanto se han incluido herramientas de voz (en el caso de recepción de Alarmas) y captura de voz (para simplificar el reporte de una incidencia y la introducción de información relacionada).

Para próximos hitos se ha planteado la posibilidad de crear un navegador personalizado que permita al usuario ir escuchando las instrucciones a seguir a la vez que visualiza la ruta dibujada en el mapa.

CONCLUSIONES

La estandarización de los contenedores para transporte intermodal revolucionó el mundo de la logística en los años 50 del siglo pasado, facilitando y optimizando de forma considerable el transporte marítimo, rodado y ferroviario. Actualmente vivimos en una nueva revolución, una caracterizada por la ubicuidad tanto de los sistemas de posicionamiento global como de las telecomunicaciones. Gracias al desarrollo de estas dos áreas los sistemas de transporte inteligente pueden dar un nuevo salto cualitativo en la optimización de los procesos. STIMULO pretende unir áreas como la visión artificial, las técnicas de Inteligencia Colectiva, los sistemas de localización embarcados y los mecanismos de simulación de vehículos para conformar un sistema que sea capaz de realizar predicciones más ricas y precisas.

STIMULO es un proyecto en pleno desarrollo, hasta la fecha se ha definido la arquitectura general y algunos de los componentes están ya en un avanzado estado de desarrollo. Se ha definido una arquitectura modular y completamente multiplataforma, desplegando los componentes sobre un servidor Linux y utilizando

diferentes estándares de mensajería y comunicación de datos atendiendo tanto servicios propios como servicios externos.

Para realizar una primera versión del sistema que generará el Modelo de Tráfico se ha optado por tomar el conjunto de datos que ofrece el proyecto «TAPASCologne» (descripción de los desplazamientos de vehículos realizados durante un periodo de tiempo en la ciudad alemana de Colonia obtenidos mediante estimaciones de los hábitos de viaje de sus ciudadanos). Trabajando con estos datos en el simulador SUMO y obteniendo los valores de velocidad que tienen los vehículos en instantes periódicos prefijados de la simulación, se ha podido realizar un primer modelo de tráfico y comprobar su grado de validez siguiendo el proceso a la inversa. Esta metodología tiene la ventaja de poder desarrollar inicialmente un modelo a partir de un conjunto de datos ya existente y posteriormente extrapolar el proceso al conjunto de datos que nos proporcione nuestro propio sistema.

El sistema de procesado de imagen se encuentra en un estado muy avanzado, siendo ya capaz de reconocer vehículos en condiciones muy adversas producidas, tanto por la baja resolución, como por el ruido presente en dichas imágenes. Para paliar estos efectos, se ha recurrido a dos métodos. El primer método de superresolución, consistente en ampliar el tamaño de la imagen sin pérdida de calidad y está terminado en su primera fase, pero aún queda una segunda fase consistente en la optimización del código para ser capaz de operar al ritmo de trabajo necesario. Para ello se usarán técnicas de procesado en paralelo para CPU y se está estudiando la opción de su implementación en GPU en caso de que el número de sensores lo requiera.

El segundo método consiste en generar un detector de asfalto. Debido a las condiciones de la imagen, ha sido necesario configurar el detector para que tenga un *recall* (número de detecciones) muy alto, lo que propicia también un alto número de falsos positivos. Utilizando un detector de asfalto nos permitirá generar áreas de interés de forma dinámica que nos permitirá descartar dichos falsos positivos y ser más precisos al calcular el IMT.

Respecto a la interacción con el transportista, tras realizar un estudio del estado del arte se decidió usar Google Maps como plataforma de visualización de mapas en la aplicación móvil. No se descarta la integración de STIMULO con sistemas existentes en proveedores de sistemas de navegación existentes específicos para empresas de transporte, como es el caso de algunas de las empresas contactadas para la realización de los demostradores del proyecto.

En cualquier caso se ha comprobado como el uso de la base de datos del proyecto OpenStreetMap es una fuente de información válida para definir el Modelo de Tráfico, aunque no se utilicen de momento sus mapas renderizados.

Igualmente y para finalizar, este caso de uso demuestra cómo es posible avanzar en la investigación en sistemas de transporte inteligente utilizando proyectos tanto datos como especialmente software libre, empleando diferentes estándares de interoperabilidad existentes en el sector para asegurar la modularidad del sistema.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo descrito en este documento se enmarca dentro del proyecto de I+D+i STIMULO, correspondiente a la convocatoria del Plan Innovación 2012 dentro del programa INNPACTO y cofinanciado por el Ministerio de Economía y Competitividad y los fondos FEDER.

REFERENCIAS

- ◆ Llop Chabrera, Miguel et al. Fundación Valenciaport, 2013. Tendencias TIC en puertos. Valencia. Biblioteca Técnica de la Fundación Valenciaport. Serie Tecnologías de la Información. ISBN: 978-84-940351-3-5
- ◆ Jianchao Yang, John Wright, Thomas S. Huang and Yi Ma. "Image Super-Resolution Via Sparse Representation" in IEEE Transactions on Image Processing (2010).
- ◆ P. Sudowe and B. Leibe. "Efficient Use of Geometric Constraints for Sliding-Window Object Detection in Video" in International Conference on Computer Vision Systems (2011).
- ◆ Daniel Krajzewicz, Jakob Erdmann, Michael Behrisch, and Laura Bieker. Recent Development and Applications of SUMO - Simulation of Urban MObility. International Journal On Advances in Systems and Measurements, 5 (3&4):128-138, December 2012
- ◆ TAPASCologne project, <http://sourceforge.net/apps/mediawiki/sumo/index.php?title=Data/Scenarios/TAPASCologne>