

Aplicación para la ayuda a la planificación de extinción de incendios forestales basada en software libre.

J. Vicedo Payà⁽¹⁾, J. Linares Pellicer⁽²⁾, D. Cuesta Frau⁽³⁾ y A. Molina Picó⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Instituto Tecnológico de Informática (ITI), Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 2, 03802 Alcoi, jvicedo@iti.upv.es

⁽²⁾ Departament de Sistemes Informàtics i Computació, Escola Politècnica Superior d'Alcoi, Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 2, 03802 Alcoi, jlinares@dsic.upv.es

⁽³⁾ Departament d'Informàtica de Sistemes i Computadors, Escola Politècnica Superior d'Alcoi, Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 2, 03802 Alcoi, dcuesta@disca.upv.es

⁽⁴⁾ Instituto Tecnológico de Informática (ITI), Universitat Politècnica de València, Plaça Ferrandis i Carbonell, 2, 03802 Alcoi, anmopi2@aaa.upv.es

RESUMEN

Los incendios forestales son uno de los principales problemas a los que se enfrentan nuestros bosques. Aunque la mejor manera de combatirlos es la prevención, una vez se ha iniciado el fuego se hace imprescindible una óptima planificación para su extinción.

En este trabajo se presenta una aplicación que se centra en la simulación del comportamiento del fuego y en su visualización 3D, para un posterior estudio por parte del personal encargado de la planificación de la extinción.

La aplicación está basada en librerías de software libre, como el FBSDK (comportamiento del fuego en función de la orografía del terreno, el tipo de combustible y el viento), la librería de visualización de terrenos Virtual Terrain Project y la base de datos PostGIS para guardar los datos calculados.

Como datos de entrada de la aplicación tenemos el terreno en 3D (para su visualización y el cálculo de la orografía), la cantidad y tipo de vegetación y el punto (o puntos) donde se inicia el fuego. La salida del programa será una animación 3D (en tiempo real o en tiempo acelerado) para la visualización del comportamiento del fuego y la exportación de los resultados a una base de datos PostGIS, permitiendo su almacenamiento en el formato abierto OpenGIS.

El carácter público de las instituciones responsables de la prevención y lucha contra incendios, refuerzan la idoneidad en la utilización de herramientas basadas en software libre.

Palabras clave: *Incendio forestal, SIG, software libre.*

ABSTRACT

Wildfire is one of the main problems of our forests. The best way to fight against them is prevention, but when it is not possible, an optimum plan for its extinction is necessary.

In this work, an application for planning wildfire extinction is presented, focused on fire behavior and its 3D visualization. The simulation is saved in order to be studied by the staff that has to plan the extinction.

The application is based on free software libraries, like FBSDK (fire behavior, depending on the terrain shape, moisture and wind), the terrain visualization library Virtual Terrain Project, and PostGIS database to store computed data.

The input of the application is: the 3D model of the terrain (for visualizing and computing its shape), the amount and kind of fuel, and all fire starting points. The output will be a 3D animation of the fire behavior in real time or accelerated, in order to show the expansion of the wildfire. The computed data can be exported to a PostGIS database and to a OpenGIS file.

The public condition of the responsible institutions for preventing and fighting wildfires highlights the suitability of using free software tools.

Key words: *Wildfire, SIG, free software..*

INTRODUCCIÓN

Los incendios forestales son uno de los principales problemas ecológicos en países de clima relativamente seco como España, aunque también son muy importantes en otros países europeos como Portugal, Italia o Grecia y las zonas más cálidas de grandes países como Estados Unidos o Australia. Aunque la mejor manera de combatir un incendio forestal es la prevención, una vez se ha iniciado el fuego es imprescindible una óptima planificación para su extinción.

Una buena planificación puede llevarse a cabo a través de la generación de simulaciones que tengan en cuenta tanto el terreno, orografía y vegetación, pasando por las condiciones ambientales como temperatura y humedad. Esta simulación sobre la evolución del incendio puede además ser almacenada y gestionada por un sistema GIS e incluso ser visualizada en tiempo real mediante técnicas 3D. Este es precisamente el enfoque del presente trabajo.

La simulación del comportamiento del fuego en un incendio forestal es un campo ampliamente estudiado, por ejemplo SEM [1], que se fundó en 1977 y desde entonces ha estado investigando y publicando sobre temas relacionados con incendios forestales y efectos del fuego. Se han desarrollado multitud de modelos para la predicción del comportamiento, clasificados en dos categorías. Un tipo de modelos son los que están basados en experimentaciones, también llamados empíricos. El otro tipo de modelos son los modelos físicos, que basan su predicción

en el estudio de leyes físicas y que consumen gran cantidad de recursos de proceso y memoria.

El modelo que hemos utilizado en nuestra aplicación ha sido el de Rothermel [2], que también ha sido ampliamente utilizado en muchos países, y es el modelo utilizado en los sistemas BEHAVE [3] y NEXUS [4], utilizados por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Las ecuaciones de Rothermel sobre la velocidad de propagación están determinadas mediante el empleo de ecuaciones obtenidas a partir de datos experimentales, utilizando técnicas de correlación estadística.

La visualización de grandes superficies de terrenos en tres dimensiones y en tiempo real presenta grandes desafíos. Para que la visualización sea válida, se tienen que dar las siguientes condiciones: la más alta fidelidad en base a la información disponible y un alto frame-rate para garantizar la interacción.

La información de entrada de estos sistemas está generalmente compuesta por modelos digitales de terreno (MDT), básicamente una matriz de alturas, y las texturas que nos proporcionan la apariencia del terreno (ortofoto). Ambos elementos suelen tener tamaños muy elevados, dificultando aún más las técnicas necesarias para la visualización interactiva.

El objetivo del presente trabajo ha consistido en la integración de tres componentes:

- la simulación de la evolución del incendio en base a su orografía, vegetación y condiciones ambientales,
- la gestión y almacenamiento de esta evolución en un sistema GIS, y
- su visualización tridimensional en tiempo real.

Para estos tres componentes se dispone en estos momentos de poderosas herramientas basadas en software libre. Teniendo también presente que las instituciones encargadas de la lucha contra los incendios forestales tienen carácter público, como los consorcios de bomberos, la idoneidad del desarrollo de este proyecto en base a la integración de herramientas basadas en software libre es incuestionable.

LIBRERÍAS UTILIZADAS

El desarrollo del proyecto se ha llevado a cabo, tal y como se ha comentado anteriormente, mediante la integración de diversas herramientas basadas en el software libre:

- Para la visualización del terreno en 3D se utilizan las librerías de Virtual Terrain Project (VTP) [5], que a su vez utilizan la biblioteca de herramientas gráficas OpenSceneGraph [6] y la librería para la visualización de terreno en tiempo real libMini [7].
- Para la visualización realística del fuego utilizamos directamente OpenSceneGraph.
- Para la simulación del comportamiento del fuego utilizamos la librería para la simulación del comportamiento del fuego FBSDK [8].
- La comunicación con la base de datos PostgreSQL [9] / PostGIS [10] la hacemos a través de las librerías libpq.
- Finalmente, se ha utilizado la API de wxWidgets [11] para gestionar la interfaz de usuario.

FBSDK

FBSDK es una colección de funciones y clases de C++ que implementan los algoritmos relacionados con el fuego y su evolución y que se utilizan en programas como BEHAVE, BehavePlus, Farsite y FlamMap.

De esta librería se utilizan las clases que nos proporcionan el comportamiento del fuego en una celda del terreno, basándose en parámetros como la orografía del terreno, el tipo de combustible, la humedad y el viento. La librería implementa diversos algoritmos, entre ellos se encuentra BEHAVE, un modelo empírico para la simulación del comportamiento del fuego basado en las ecuaciones de Rothermel.

Para calcular la propagación de fuego entre las distintas celdas que componen el terreno se ha implementado, en el presente proyecto, un algoritmo basado en Active-DEVS [12]. Este algoritmo permite la simulación de grandes fuegos de forma muy eficiente, reduciendo el tiempo de computación en comparación con otros algoritmos, como el DTSS (Discrete Time System Specification).

Algunos resultados obtenidos pueden apreciarse en la Fig. 1.

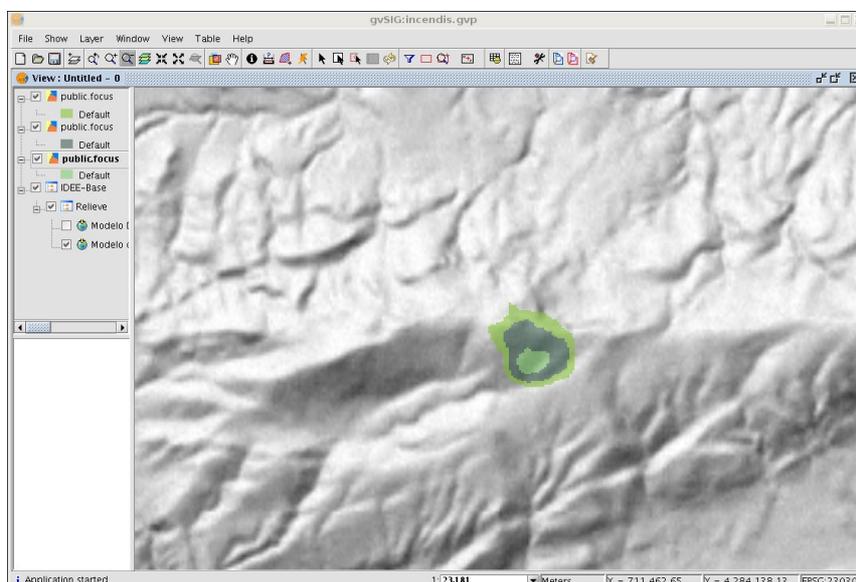


Figura 1: Ejemplo de propagación de un incendio calculado con la librería FBSDK. Visualizado en gvSIG.

VTP

VTP Terrain Library es un conjunto de clases para generar y visualizar terrenos tridimensionales en tiempo real. Esta librería está basada en otras librerías libres, como GDAL [13], PROJ.4 [14], libgeotiff [15], libMini, OpenSceneGraph, entre otras.

En la realización del proyecto se han utilizado MDT's obtenidas de "Mediterranean Landuse Dynamics Interactive Map Server" [16]. Para poder visualizar esta información mediante la librería VTP es necesario su preprocesado y transformación, llevado a cabo mediante herramientas proporcionadas en el mismo paquete.

En la Fig. 2 se puede observar un ejemplo de simulación y la visualización tridimensional correspondiente.

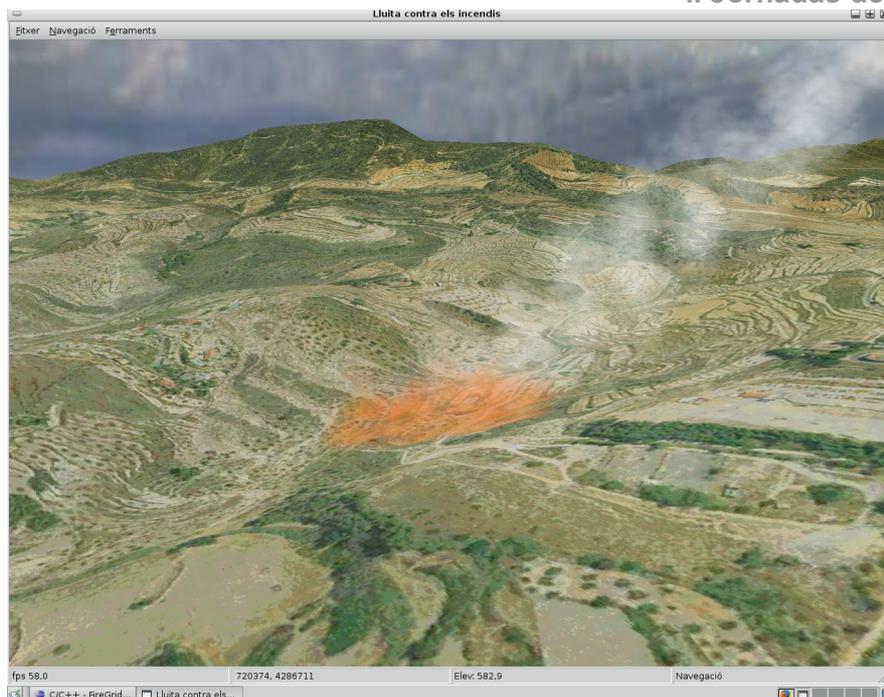


Figura 2: Simulación de un incendio forestal. Visualización 3D

Postgis

PostGIS es un módulo que añade soporte de objetos geográficos a la base de datos PostgreSQL, habilitándola para Sistemas de Información Geográfica. PostGIS nos permite, por tanto, introducir en una base de datos la información referente a la propagación del fuego: el tiempo de inicio y final del fuego, la zona quemada, etc...

Con las funciones de PostGIS se puede averiguar una de las consultas más importantes: la zona quemada en un tiempo determinado.

REALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN

El primer paso acometido en el proyecto ha consistido en el preproceso de los mapas (modelo digital del terreno y ortofotografías) de la zona geográfica sobre la que actuar frente a un incendio forestal. El preproceso se ha hecho utilizando el programa VTBuilder de VTP. Una vez generada esta información, su visualización tridimensional en tiempo real puede llevarse a cabo desde cualquier sistema que utilice las librerías VTP, como así ha sido el caso de la aplicación principal del presente proyecto.

Aunque la librería FBSDK proporciona una base general para la simulación de incendios, ha sido necesario acometer el desarrollo de una aplicación específica basada en el algoritmo Active-DEVS. Este algoritmo permite acometer la simulación del incendio en todo el territorio y no únicamente para celdas de terreno individuales.

Active-DEVS es un modelo eficiente para fenómenos de propagación a gran escala, que sólo realiza cálculos en las celdas activas, siendo el coste computacional de la simulación independiente de la cantidad total de celdas y, por tanto, de la extensión del terreno. Cada celda se comporta como un autómata de estados finitos, con el diagrama de estados mostrado en la Fig. 3.

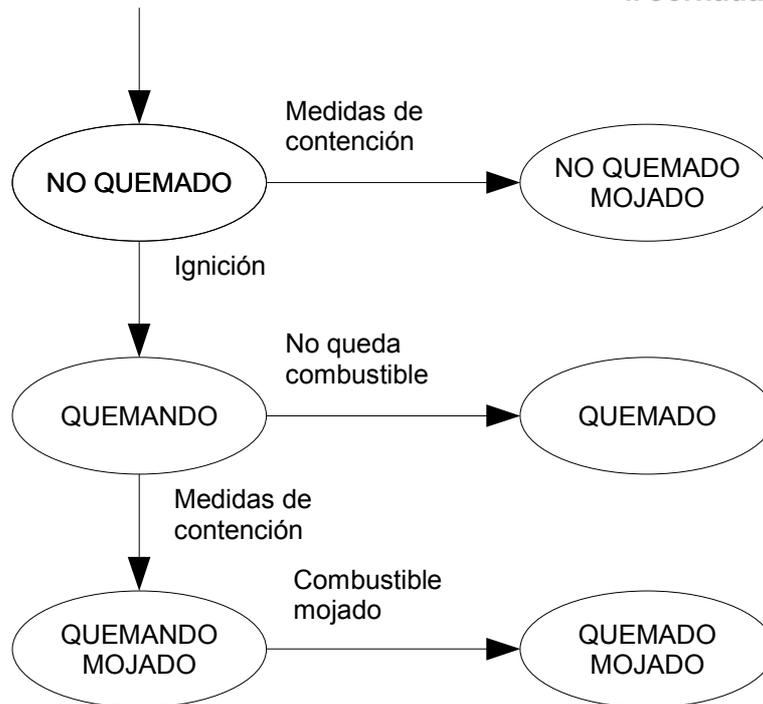


Figura 3: Diagrama de estados de la celda

Cada vez que una celda cambia de estado se introduce el dato en una base de datos geolocalizada, indicando el momento del cambio (fecha y hora), el tipo de cambio y la posición geográfica. Con esta información, se puede realizar a posteriori un estudio del comportamiento del incendio utilizando programas como gvSIG [17], el sistema de información geográfica libre creada por la Generalitat Valenciana. En la figura 4 se puede ver el resultado de una simulación de un incendio utilizando distintas capas para distintos intervalos de tiempo en gvSIG.

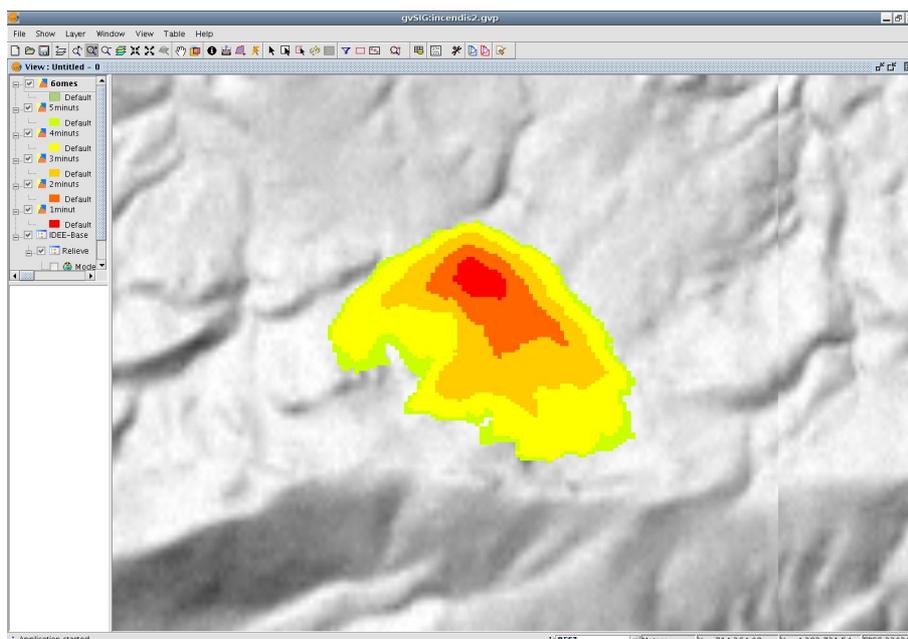


Figura 4: Resultado de la simulación. Visualización con gvSIG a partir de los datos guardados en la base de datos

Finalmente, se han hecho modificaciones a la librería VTP para añadir un tipo de geometría que represente el fuego. Para la visualización del fuego se optó en un principio por utilizar polígonos con la textura animada de una llama, descartándose al obtener una visualización poco realista. La solución adoptada fueron los emisores de partículas, tanto para el fuego como para el humo. Los sistemas de partículas permiten una visualización mucho más realista, aunque a costa de una mayor utilización de tiempo de procesador. Este tipo de geometría se ha añadido al VTP a muy bajo nivel, llegando a utilizar la API del OpenSceneGraph.

CONCLUSIONES

En el presente artículo hemos presentado una aplicación basada en herramientas de software libre para la simulación del comportamiento de incendios forestales para su visualización en tiempo real y posterior estudio.

Para la realización de la aplicación se han utilizado herramientas de código abierto en exclusiva, ya que es el tipo de software adecuado para ser utilizado por las instituciones de carácter público a las que va dirigida.

En trabajos futuros se podrían implementar alertas automáticas, por ejemplo tomando imágenes de satélites, y lanzar las simulaciones de los incendios automáticamente cuando se producen realmente y, así, obtener una simulación del incendio que se está produciendo para poder aprovechar los datos en la planificación de la extinción.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo es el resultado de la unión y evolución de los resultados obtenidos en los proyectos PREVENTIC, subvencionado por el Ministerio de Industria, y PREVIFOC, subvencionado por el Institut de la Mitjana i Petita Indústria Valenciana (IMPIVA).

REFERENCIAS

- ◆ Systems for Environmental Management, SEM. <http://www.fire.org>
- ◆ Rothermel, R.C. (1972), "A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels", research paper INT-115. Odgen, UT. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station
- ◆ BEHAVE / Behave Plus. <http://www.firemodels.org/content/view/12/26/>
- ◆ NEXUS. <http://www.fire.org>
- ◆ VTP. <http://vterrain.org>
- ◆ OpenSceneGraph. <http://www.openscenegraph.org/projects/osg>
- ◆ libMini. <http://stereofx.org/terrain.html>
- ◆ FBSDK. <http://www.fire.org>
- ◆ PostGRE. <http://www.postgresql.org/>
- ◆ PostGIS. <http://postgis.refractory.net/>
- ◆ wxWidgets. <http://www.wxwidgets.org/>
- ◆ INNOCENTI, E.; MUZY, A.; AIELLO, A.; SANTUCCI, J.F.; HILL, D.R.C (2004) "Active-DEVS: a computational model for the simulation of forest fire propagation", 2004 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 1857-1863.
- ◆ GDAL. <http://www.gdal.org/>

- ◆ PROJ.4. <http://proj.maptools.org/>
- ◆ libGeoTIFF. <http://directory.fsf.org/project/libgeotiff/>
- ◆ Mediterranean Landuse Dynamics Interactive Map Server.
http://activetectonics.asu.edu/Med_Land/MedLand.htm
- ◆ gvSIG. <http://www.gvsig.gva.es/>