

VIABILIDAD DEL USO DE LIBRERÍAS ESTÁNDAR 3D PARA SU UTILIZACIÓN EN APLICACIONES DE INGENIERÍAS DE LA TIERRA

Francisco José Abad Cerdá

Jesús García-Consuegra Bleda

Ángel Martínez Cañadas

Francisco José Abad Cerdá es Ingeniero Informático y colaborador en la Sección de Teledetección y GIS de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Jesús García-Consuegra Bleda es Profesor del Departamento de Informática en la Escuela Universitaria Politécnica de Albacete, y miembro de la Sección de Teledetección y GIS (Instituto de Desarrollo Regional) de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Ángel Martínez Cañadas es Ingeniero Informático y colaborador en la Sección de Teledetección y GIS de la Universidad de Castilla-La Mancha.

Resumen:

En este artículo se presenta un estudio de las posibilidades de las librerías estándar de visualización de gráficos tridimensionales en la plataforma de propósito general IBM-PC. Además, se muestra la capacidad de una librería como OpenGL para la generación de aplicaciones tridimensionales interactivas aplicadas a distintos campos de Ingenierías de la Tierra, como pueden ser la Geología o la Teledetección.

INTRODUCCIÓN

EL incremento de la potencia de los computadores PC (Personal Computer), está posibilitando la migración de aplicaciones con un elevado requerimiento en recursos del sistema, hasta ahora limitadas a workstations, a máquinas de uso personal. Desde el punto de vista del usuario, el PC ha pasado a tener potencia suficiente para incorporar aplicaciones multimedia, realidad virtual o aplicaciones con una fuerte componente en su interfaz con el usuario. Hoy en día es frecuente ver programas, sistemas operativos u otro tipo de sistemas informáticos

que, pese a que ofrecen una increíble potencia y versatilidad, no han cuajado en el mercado debido a que presentan una interfaz de usuario deficiente, difícil de usar o a que requieren el aprendizaje de largas secuencias de comandos para obtener el resultado deseado. El éxito alcanzado con los sistemas gráficos de ventanas ha permitido establecer las bases para la generación de aplicaciones basadas en un buen interfaz, amigable y sencillo. A su vez, han aparecido estándares que definen el comportamiento de los programas, la posición de los comandos más usados dentro del menú, o el tipo de elementos que configuran la interfaz gráfica (botones, listas desplegadas, etc) (FOLEY, 1990).

Los gráficos tridimensionales prometen ser la próxima revolución dentro de los interfaces de usuario. Con «gráficos tridimensionales» no nos queremos referir a los botones con relieve o los bordes con apariencia de hendiduras, sino a un entorno tridimensional inmersivo, donde el usuario sería capaz de coger un objeto y rotarlo para examinarlo desde distintos puntos de vista. Han aparecido ya lenguajes de definición de mundos virtuales orientados a Internet (VRML) (WWW.VRML.ORG), mediante los cuales se puede construir de forma sencilla una tienda virtual, donde el usuario puede pasearse, examinar los productos, etc. Otro posible ejemplo de uso de este tipo de interfaces 3D podría ser un servicio de venta de entradas para eventos deportivos. El usuario podría seleccionar el asiento, mientras el sistema le muestra la vista del estadio que tendría desde ese asiento, para que según los gustos del espectador, pudiese ir cambiando de localización antes de acceder al recinto. La lista de posibles aplicaciones se hace incontable (HARTMAN, 1996).

Este «boom» de los gráficos 3D, aparte de la continua mejora de las prestaciones de los PC, ha venido ayudado por el hecho de la aparición de librerías gráficas 3D ya que, hasta este momento, se tenía que construir a medida este tipo de librerías (lo que es un proceso muy costoso) o se tenía que acudir a las librerías comerciales, lo que conllevaba, aparte del aprendizaje de la herramienta, el problema de que no era estándar y que no estaba asegurada una continuidad de la misma.

En la plataforma PC, la más extendida hoy en día, tanto en el mercado doméstico como en el de la pequeña y mediana empresa, hay dos estándares que prácticamente dominan el mercado en el campo de las librerías de gráficos 3D. Por parte de Microsoft, está la librería Direct3D y por parte de una organización liderada por Silicon Graphics, OpenGL. Aún hoy existe controversia en qué librería es la mejor, pero en el campo de los gráficos para aplicaciones científicas se ha optado ampliamente por OpenGL por razones que se verán a continuación, mientras que Direct3D parece que ha encontrado su mercado en los juegos de ordenador que simulan un entorno 3D.

En un futuro no muy lejano se espera la siguiente revolución del interfaz hombre-máquina, que vendrá de la mano de la aparición de dis-

positivos de realidad virtual de bajo coste y de alta resolución. Así, en vez de hacer doble-click sobre un icono que representa una carpeta en una pantalla bidimensional con un ratón, el usuario «andarà» por una biblioteca, «cogerà» una carpeta y la «abrirà», todo ésto mediante unas gafas de visión estereoscópica y un guante de datos. Un sistema de reconocimiento del habla unido al guante de datos puede desechar el uso de los periféricos de entrada a los que estamos habituados, como son el teclado y el ratón. Idealmente, esto llevará a una generación de sistemas con tiempo de aprendizaje cero, con los que un usuario no informático podrá interactuar mediante lenguaje natural y acciones virtuales que simulen las acciones que realizaría sobre un sistema físico. Este tipo de sistemas ya están apareciendo, el problema es que requieren una capacidad de procesamiento sólo alcanzable con sistemas multiprocesador/multicomputador, donde hay subsistemas especializados en la generación de los gráficos 3D, en el interfaz, etc.

Actualmente, las prestaciones de los ordenadores personales, desde siempre apellidados como de «propósito general», han aumentado considerablemente en el apartado multimedia debido a la aparición de hardware especializado (tarjetas de sonido, tarjetas descompresoras de vídeo, etc). En especial, el hardware de aceleración 3D es muy importante en las aplicaciones gráficas, ya que descargan al procesador principal de las tareas de dibujado. Si existe este tipo de dispositivos en el ordenador, es el sistema operativo el que se encarga de mandarle los comandos necesarios, siendo totalmente transparente para el programador.

OPENGL

Como se ha visto en la introducción, la aparición de un estándar dentro de las librerías gráficas tridimensionales, permite especificar una serie de requisitos básicos y llamadas a funciones que deberían cumplir todas las implementaciones (software o hardware) que quieran ser compatibles. Esto libera al programador de tener que buscar una buena librería, preocuparse de su funcionamiento, actualización así como de su compatibilidad, a la vez que le permite tener la seguridad de que la tarjeta de aceleración 3D que adquiera será compatible con la mayoría de los programas del mercado. Dentro de los dos estándares que copan el mercado de los ordenadores personales, OpenGL se ha hecho un hueco en las aplicaciones científicas, debido a su origen.

El precursor de OpenGL fue GL de Silicon Graphics (WOO, 1997 y OPENGL ARCHITECTURE REVIEW BOARD, 1997). «IRIS GL» era el interfaz para la programación de aplicaciones (API) para las estaciones de trabajo punteras de esa compañía. Estas máquinas eran algo más que ordenadores de propósito general; tenían hardware especializado

optimizado para la presentación de gráficos complejos. Este hardware provea de transformaciones de matrices ultrarrápidas (un prerequisite para los gráficos tridimensionales), soporte hardware para eliminación de caras ocultas, y otras características. Cuando Silicon Graphics intentó portar IRIS GL a otras plataformas hardware, tuvo problemas.

OpenGL es el resultado de los esfuerzos de Silicon Graphics por mejorar la portabilidad de IRIS GL. La nueva librería ofrece la potencia de GL, añadiendo la categoría de «abierto», es decir, permitiendo su adaptabilidad a otras plataformas hardware y sistemas operativos. Silicon Graphics aún mantiene IRIS GL, pero no han aparecido mejoras o nuevas características, a excepción de corrección de errores.

Un estándar abierto no es realmente abierto si lo controla solo un fabricante. Así, todas las mejoras sobre OpenGL se deciden por la *OpenGL Architecture Review Board* (ARB), cuyos miembros fundadores son Silicon Graphics, Digital Equipment Corporation, IBM, Intel y Microsoft (WWW.OPENGL.ORG). El OpenGL ARB se reúne dos veces al año. Estas reuniones están abiertas al público y a compañías que no pertenecen a él, que tienen voz, pero no voto.

La librería de gráficos OpenGL es un software que ofrece un interfaz a las aplicaciones para hacer uso del hardware gráfico. Esta interfaz se compone de alrededor de 150 comandos que se usan para dibujar los objetos y especificar las operaciones necesarias para producir aplicaciones interactivas tridimensionales.

OpenGL se ha diseñado como un interfaz de ejecución secuencial independiente del hardware para poder ser implementado en diferentes plataformas. Para llegar a esta independencia, no se incluyen comandos de gestión de ventanas o entrada de datos por parte del usuario; es la aplicación la que se encarga de dicha tarea. De igual modo, OpenGL no provee comandos de alto nivel capaces de especificar formas relativamente complicadas como automóviles, partes del cuerpo, aeroplanos o moléculas. Con OpenGL, estas figuras se deben construir a partir de un pequeño conjunto de primitivas geométricas, como puntos, líneas y polígonos.

Se han desarrollado librerías que, apoyándose en OpenGL, ofrecen todas las características de modelado complejo enumeradas anteriormente. La librería de utilidades de OpenGL (*GLU*) incorpora facilidades para el uso de formas complejas, como superficies cuádricas y curvas y superficies NURBS. GLU es una parte estándar de cualquier implementación de OpenGL. También existe una herramienta de alto nivel orientada a objetos, llamada Open Inventor (Wernecke, 1994), construida sobre OpenGL y disponible separadamente en muchas implementaciones de OpenGL.

Hasta ahora se han presentado las limitaciones de OpenGL. A continuación se presentan las ventajas que presenta el uso de esta herra-

mienta, y el por qué se ha convertido en un estándar de la industria de gráficos:

- Permite construir figuras a partir de primitivas geométricas, y por lo tanto crear descripciones matemáticas de los objetos. OpenGL considera como primitivas los puntos, líneas, polígonos, imágenes y *bitmaps*.
- Permite ordenar los objetos en el espacio tridimensional y seleccionar el punto de vista más apropiado para las necesidades del usuario en cada escena.
- Permite calcular el color de todos los objetos. El color puede ser asignado explícitamente por la aplicación, determinado por las condiciones de iluminación, obtenido por la aplicación de una textura al objeto o una combinación de las tres acciones anteriores.
- Permite convertir la descripción matemática de los objetos y la información asociada a píxeles de la pantalla. Este proceso se llama rasterización.

Una de las grandes ventajas que ofrece OpenGL es que permite la creación de escenas cercanas a la calidad visual obtenida mediante trazado de rayos (FOLEY, 1990), pero a un coste mucho menor. OpenGL fue diseñada para su uso en ordenadores con hardware especializado en la presentación y manipulación de gráficos 3D. Sin embargo, también son posibles, como se ha comentado antes, las implementaciones genéricas en las que no hay un hardware especializado, cayendo en esta categoría la implementación nativa de Microsoft Windows NT y Windows 95 (WRIGHT, 1996).

APLICACIONES

Para comprobar las capacidades de OpenGL sobre la plataforma estándar IBM-PC se han implementado dos herramientas independientes dentro de dos ramas bien diferenciadas de las Ingenierías de la tierra.

La primera aplicación es una herramienta de ayuda para la modelización gravimétrica (TORGE, 1989). Por gravimetría se entiende la medida de la gravedad, que es la magnitud de la aceleración de la gravedad (g) en la superficie de la Tierra y de otros cuerpos celestes. El objetivo de la prospección gravimétrica es la caracterización de estructuras del subsuelo, mediante la observación en superficie de variaciones de la gravedad (PINTO, 1992).

Entre las aplicaciones de la gravimetría se encuentran la definición de los rasgos estructurales del subsuelo, basado en la medida de las denominadas anomalías, que son la diferencia entre el valor medido en un punto durante un trabajo de campo, y el valor que teóricamente de-

bería tener, en función de su altitud, posición, composición estimada del terreno, etc. La gravimetría también se aplica a la exploración de recursos naturales, como puede ser petróleo o fuentes minerales.

Así, mediante la medida de las variaciones de la gravedad real con respecto a la teórica, se puede estudiar la estructura del subsuelo, creando para ello un modelo teórico. En el caso de la aplicación implementada, el modelo teórico consiste en un conjunto de prismas de base rectangular. La característica básica de cada prisma es su altura. Se conoce el impacto de cada prisma en la gravedad de un punto del espacio, y por lo tanto a partir de una configuración determinada del conjunto de prismas se puede calcular la gravedad teórica en cualquier punto. En la aplicación se ofrece al usuario un conjunto de herramientas que facilitan el proceso iterativo de refinamiento del modelo.

La tarea del usuario consiste en ir modificando los parámetros de cada prisma, de tal forma que el conjunto se ajuste lo más posible a las mediciones realizadas en la zona. Este es un proceso iterativo y costoso, constituyendo la mayor parte de un estudio. A partir del modelo generado se puede consultar la gravedad que existirá en un punto no muestreado o la realización de un plano gravimétrico de la zona sin necesidad de tomar un número excesivo de muestras.

Así, la aplicación ofrece diversos tipos de herramientas, encaminadas a la gestión de las muestras, de los prismas, de la generación de curvas de nivel, etc. De este modo el usuario tiene, en una sola aplicación, todo aquello que necesita para la realización de un estudio, no teniendo que acudir a programas auxiliares. El apartado de la aplicación más interesante desde el punto de vista que se está tratando en este artículo, es la visualización de prismas en tres dimensiones. Mediante esta opción, el usuario puede obtener una visión en perspectiva tridimensional de la distribución de los prismas, y la relación entre ellos. En la figura 1 se puede ver un ejemplo de la ventana.

Además de obtener una visión global de los prismas, el programa permite cambiar el punto de vista en tiempo real, de tal manera que el usuario puede observar la distribución desde cualquier ángulo.

La segunda aplicación que se presenta permite el vuelo interactivo o la generación de vídeos a través de paisajes virtuales creados a través del modelo digital del terreno (MDT). El MDT representa la topografía de una zona mediante una especie de fotografía digital, donde cada píxel aproxima la altura sobre un nivel de referencia determinado.

La premisa que debe cumplir este tipo de programas es, además de obtener una representación fiel al paisaje original, que esa representación se mueva en tiempo real, dando sensación de movimiento continuo y no como una sucesión de fotografías estáticas.

Los modelos digitales de terreno tienen gran cantidad de aplicaciones, entre las que se encuentran por ejemplo, el entrenamiento de pilotos de combate en la zona de conflicto sin necesidad de su presencia fí-

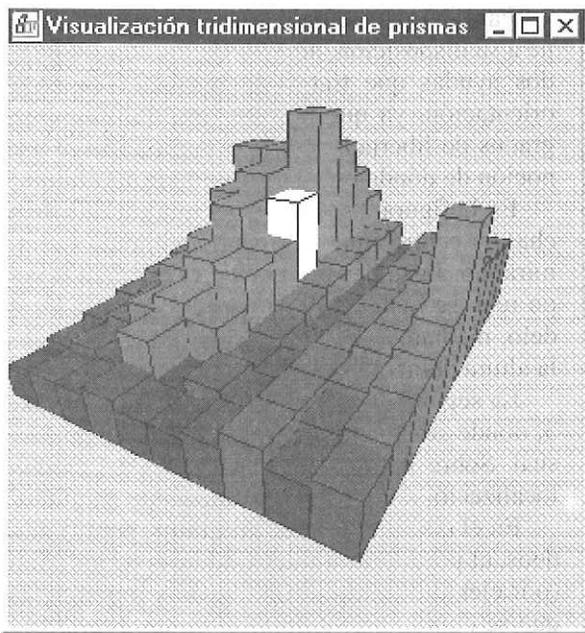


FIGURA 1.
Ejemplo de visualización en 3D de los prismas.
El prisma en blanco es el seleccionado.

sica, la prevención y el seguimiento de catástrofes naturales (incendios o predicción de zonas inundables), el cálculo de intervisibilidad para instalaciones de telefonía móvil o señales de televisión, etc.

El problema que presentan los MDT es que contienen una gran cantidad de información, lo que dificulta su tratamiento en tiempo real.

La aplicación se ha dividido en dos módulos claramente diferenciados: mediante el primero el usuario puede realizar un vuelo interactivo, convirtiéndose la aplicación en una especie de simulador de vuelo en el cual el usuario puede moverse libremente por el paisaje. Se ofrecen gran variedad de posibles movimientos tales como: avanzar, retroceder, girar a ambos lados, subir, bajar, subir o bajar la vista, etc.

El problema de la herramienta interactiva es que requiere de una máquina potente, ya que el MDT contiene mucha información y aun- que se ha acelerado bastante el dibujado del mismo en varios aspectos, el vuelo tiene paradas en máquinas no muy rápidas.

Uno de los objetivos del presente trabajo es el acercar éste tipo de aplicaciones a máquinas modestas, sin hardware especializado. Por ello surgió la necesidad de implementar el segundo módulo de la aplicación, que es la herramienta de generación de vídeos. A continuación se explica con más profundidad cada una de las herramientas.

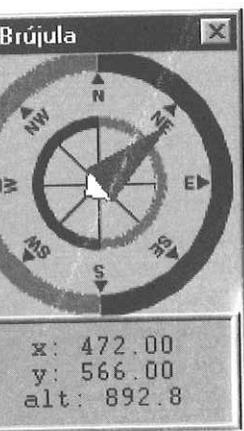


FIGURA 2.
Brújula para el vuelo interactivo.



FIGURA 3.
Posición del observador dentro del modelo.

Para la realización de un vuelo interactivo, el usuario tiene a su disposición, además de los comandos de movimiento, dos ayudas que tratan de mantener en cada momento su orientación, ya que en este tipo de programas con muchos grados de libertad, suele ser común que el usuario pierda la noción de dónde está o hacia dónde está mirando.

En la figura 2 se puede ver una especie de brújula. La flecha del centro indica en cada momento hacia dónde se está mirando. Justo debajo de ella, y actualizada también en tiempo real, se indica la posición del observador dentro del modelo, mediante sus coordenadas en x-y. También se muestra la altura del modelo bajo el observador.

La segunda ayuda se puede ver en la ventana de la figura 3, donde se muestra la posición del observador de forma visual. Sobre un mapa bidimensional del modelo, se marca la localización del observador mediante un punto.

En el otro módulo del programa, para la generación de vídeos, el programa requiere, además de los parámetros típicos (por ejemplo, frames por segundo, duración, etc), el camino que se debe seguir durante el vuelo. Para ello, en la ventana que se muestra en la figura 4, el usuario introduce una serie de puntos de control por los lugares por los que desea pasar. El programa genera el camino mediante una curva que interpola los puntos definidos por el usuario.

Una vez definido el camino en el plano, el programa ofrece la posibilidad de seleccionar la altura del vuelo en cada punto de control. En la figura 5, por último, se puede ver un ejemplo de un fotograma de un vídeo generado por el programa.

CONCLUSIONES

Como se ha mostrado durante este trabajo OpenGL, en combinación con la plataforma PC, se ha revelado como una herramienta muy válida para el soporte de aplicaciones científicas que requieran una presentación tridimensional e interactiva de los datos. De este modo, se ofrece una nueva perspectiva a la información que usualmente sólo se trata en dos dimensiones. Ésto permite a los usuarios una visión global e interactiva facilitando, en la mayoría de las ocasiones, el trabajo de los mismos.

OpenGL permite la creación de aplicaciones tridimensionales y, en la mayoría de veces, interactivas sobre plataformas de propósito general de forma sencilla e incluso sin hardware especializado, ya que se trata de una librería muy optimizada.

Se ha seleccionado OpenGL como librería gráfica, en detrimento de otras opciones como la programación a medida, la utilización de librerías no estándar o Direct3D de Microsoft, debido a las múltiples ventajas que presenta, principalmente la compatibilidad con otras plataformas, la fiabilidad y la potencia que ofrece.

La inclusión de una perspectiva tridimensional de los datos es muy agradecida por parte de los usuarios, que se acostumbran de forma muy rápida a éste tipo de visualización (de hecho, es más intuitiva que la bidimensional, ya que la visión humana es tridimensional), con lo que el interfaz de cualquier aplicación gana en amigabilidad y la aplicación se revaloriza. Además, los gráficos tridimensionales por ordenador tienen un gran futuro en muchos campos, no sólo en los interfaces de

usuario, por lo que el tiempo invertido en el aprendizaje de una herramienta de programación como OpenGL, permite al programador incorporarse a distintas tareas de la Informática de forma sencilla.

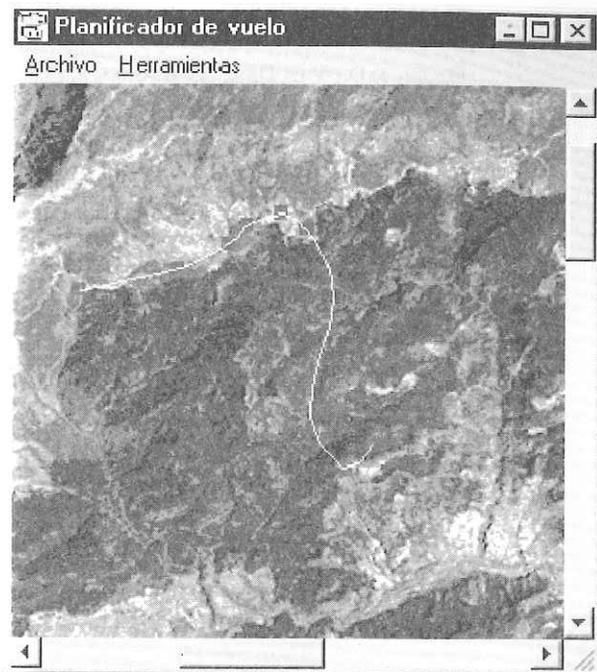


FIGURA 4.
Ventana de definición del camino a seguir en el vídeo.



FIGURA 5.
Frame de un vídeo generado por la aplicación.

REFERENCIAS

- FOLEY, J. D.; VAN DAM, A., HUGHES, J. (1990): *Computer graphics: Principles and Practice*. Addison-Wesley Pub Co.
- HARTMAN, J.; WERNECKE, J.; CAREY, R. (1996). *The VRML 2.0 Handbook: Building Moving Worlds on the Web*. Addison-Wesley Pub Co.
- OPENGL ARCHITECTURE REVIEW BOARD; FRAZIER, C., KEMPF, R. (1997). *OpenGL Reference Manual: The Official Reference Document to OpenGL, Version 1.1*. Addison-Wesley Pub Co.
- PINTO MIGUEL, V. (1992). *Modelización gravimétrica interactiva 2D y 3D de estructuras geológicas. Su aplicación a los diapiros salinos*. Departamento de Geoquímica, Petrología i Prospecció Geològica. Universitat de Barcelona.
- TORGE, W. (1989). *Gravimetry*. de Gruyter.
- WERNECKE, J. (1994). *The Inventor Mentor: Programming Object-Oriented 3d Graphics with Open Inventor, Release 2*. Addison-Wesley Pub. Co.
- WOO, M.; NEIDER, J.; DAVIS, T.; OPENGL ARCHITECTURE REVIEW BOARD (1997). *OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL, Version 1.1*. Addison-Wesley Pub Co.
- WRIGHT, R. S.; SWEET, M. (1996). *OpenGL Superbible: The Complete Guide to OpenGL Programming for Windows Nt and Windows 95*. Waite Group Pr.
- WWW.OPENGL.ORG. Página Web oficial de OpenGL
- WWW.VRML.ORG. Página Web oficial del consorcio VRML.