

# Modelado de Terrenos para Dispositivos Móviles

Maximiliano J. Escudero<sup>1,2</sup>

Silvia M. Castro<sup>1</sup>

Sergio R. Martig<sup>1</sup>

{mje, smc, srm}@cs.uns.edu.ar

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Visualización y Computación Gráfica  
(VyGLab)

Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
Universidad Nacional del Sur  
Tel. 0291-4595135 Fax 0291-4595136  
Bahía Blanca, CP 8000, Argentina

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas  
(CONICET)

Avenida Rivadavia 1917, Ciudad de Buenos Aires,  
Argentina. CP C1033AAJ

## RESUMEN

El modelado de terrenos es un elemento importante en la representación de muchas escenas virtuales. A menudo, los terrenos son representados en base a grandes conjuntos de datos, lo cual es un punto importante a tener en cuenta cuando se hace el renderizado para un dispositivo móvil. Dentro del ámbito de las PCs, una de las técnicas más usadas para la representación de terrenos irregulares es conocida como TINs (Triangulated Irregular Networks) pues permite hacer un seguimiento fiel a las variaciones que posee un terreno. Cabe destacar que la aplicación de la técnica por sí sola no es viable para el modelado en un dispositivo móvil por las limitaciones que posee tal dispositivo. Es por esto que en este trabajo se llevó a cabo el estudio de un modelo de datos de terrenos adecuado para los dispositivos móviles y actualmente se está desarrollando una alternativa viable para los mismos.

**Palabras clave:** *Modelos de Terrenos, Modelos Digitales de Elevación, Dispositivos Móviles, TINs.*

## CONTEXTO

El trabajo se lleva a cabo en el Laboratorio de Investigación y Desarrollo en

Visualización y Computación Gráfica (VyGLab) del Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación de la Universidad Nacional del Sur.

La línea de Investigación presentada está inserta en el proyecto “Interfases No Convencionales. Su Impacto En Las Interacciones” (24/Zn19), dirigido por el Lic. Sergio Martig; y en el proyecto “Representaciones Visuales e Interacciones Para El Análisis Visual De Grandes Conjuntos De Datos” (24/N020), dirigido por la Doctora Silvia Castro. Ambos proyectos son financiados por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur; y acreditados por la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca.

## 1. INTRODUCCION

En el estudio y análisis de estructuras de datos de modelos de terrenos se han hecho numerosas simplificaciones a finales de los años '70s, que continuaron en los '80s, y '90s. Las técnicas actuales se concentran en soluciones dependientes de la vista permitiendo que puedan visualizarse en tiempo real ya que de otra manera no se alcanzaría una fidelidad adecuada. Esto tiene importancia para el caso de los desarrolladores de juegos o ingenieros de

software que estén interesados en una visualización exacta de modelos de terrenos [8].

De esto se infiere que los estudios existentes sobre estructuras espaciales dentro del modelado de terrenos fueron diseñadas y orientadas a dispositivos convencionales como las PCs; sin embargo, éstas no son apropiadas para el caso de los dispositivos móviles, puesto que debido a sus características particulares, resulta evidente que no se pueden aplicar las mismas estrategias usadas para los anteriores.

Para lograr el objetivo de renderizar un terreno en una plataforma móvil, se propone realizar un modelo de terreno usando TINs y adaptando el modelo de datos a los dispositivos móviles.

### 1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El modelado de terrenos en dispositivos móviles juega un rol esencial en un amplio rango de aplicaciones como juegos, entornos 3d, navegación y aplicación en sistemas de información geográficos (GIS, según su sigla en inglés) [7, 9, 10]. Y por lo tanto, resulta atractivo contar con un sistema que brinde las mismas facilidades, o al menos similares, que los propios para PCs. Lamentablemente, y a pesar de que los dispositivos móviles han alcanzado mejoras significativas en los últimos años, claramente están en un nivel inferior si se los compara con el rendimiento de los PCs tradicionales debido a ciertas limitaciones que juegan un papel preponderante, y entre las cuales se destacan:

- el tamaño reducido de pantalla,
- el poder limitado de procesamiento,
- la memoria restringida,
- y, al considerar la comunicación del dispositivo móvil, el ancho de banda reducido para realizar la transmisión de datos.

En general, todas ellas afectan, en menor o mayor medida, el desarrollo de una aplicación, particularmente si se considera un entorno en el que la aplicación es eminentemente visual (Ver figura 1).



**Fig. 1:** Presentación de una malla en un dispositivo móvil emulado

Por otro lado, los datos de terrenos obtenidos de un Modelo Digital de Elevaciones suelen tener tamaños enormes, por lo que el renderizado de los mismos implica la manipulación de grandes volúmenes de datos de los cuales se puede obtener un gran número de muestras. Además, en general, el renderizado en tiempo real de datos 3D requiere una cantidad superior a 15 frames por segundo. Esto introduce dos limitaciones importantes: a) la posibilidad de almacenar los conjuntos de datos enteros en memoria RAM y b) el renderizado en tiempo real en dispositivos móviles. De hecho, el renderizado 3D de terrenos para dispositivos móviles es una tarea compleja a causa del poder computacional requerido para alcanzar una performance adecuada. Por lo que, podemos decir que si bien existen técnicas de visualización que han sido desarrolladas para PCs, usar estos mismos enfoques para dispositivos móviles introduce algunos problemas sin resolver hasta el momento.

## 2. LINEAS DE INVESTIGACION y DESARROLLO

Habiendo realizado el relevamiento preliminar tanto de las áreas de los Sistemas de Información Geográficos como en el

Modelado de Terrenos, se plantearon las siguientes actividades:

- Definición del modelo digital de elevación.
- Diseño de las estructuras de datos necesarias para representar un modelo digital de elevación.
- Definición de interacciones adecuadas para que el usuario pueda realizar una exploración y manipulación de la representación visual del modelo.
- Diseño de un prototipo que tome como base al modelo de datos para terreno propuesto. Esto se está realizando usando una metodología de trabajo con un diseño centrado en el usuario.

### **3. RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS**

Como fue mencionado en la sección 1.1, uno de los principales inconvenientes que tiene el renderizado de terrenos es manejar una gran cantidad de datos, tanto para procesamiento como para almacenamiento. Para llevar a cabo esta tarea se dividió el trabajo en dos etapas:

- En la primera parte, que se realiza de manera off-line, se deben tomar las muestras necesarias de los datos del terreno para construir un modelo TIN que contenga diferentes niveles de resolución [2, 4, 5]. Para armar la topología del modelo se utiliza triangulación de Delaunay.
- La segunda etapa, en tiempo real, se encarga de realizar el renderizado del modelo creado en la primera etapa. Pero previo a dicho renderizado se analiza la posibilidad de hacer un refinamiento de los puntos usados en la estructura mediante una selección cuidadosa para que el modelo no pierda detalle con respecto al modelo original. Cabe aclarar, que si bien este trabajo puede consumir tiempo en ejecución, podemos obtener un balance al momento de tener que procesar menos puntos y por ende menos triángulos en la presentación en pantalla.

Actualmente se está trabajando en la primera etapa, la cual es un algoritmo que manipula los datos de entrada y permite hacer la selección de puntos de elevación, que por sus características, se consideran importantes para la generación de la malla de triángulos inicial. Una vez que se obtiene la malla se la contrasta contra el modelo de los datos de entrada para evaluar el error, que en caso de superar un determinado umbral se procede a agregar puntos adicionales para permitir que la malla sea aceptable para dicho error.

## **4. FORMACION DE RECURSOS HUMANOS**

En lo concerniente a la formación de recursos humanos se detallan las tesis en desarrollo y los cursos relacionados con la línea de investigación presentada dictados por los integrantes del grupo de investigación:

### **4.1 TESIS EN DESARROLLO**

#### **4.1.1 TESIS DE DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

- Sergio Martig. Tema: *Interacción en Visualización de Información*. Dirección: Dra. Silvia Castro.
- Martín Larrea. Tema: *Visualización basada en Semántica*. Dirección: Dra. Silvia Castro.
- Sebastián Escarza. Tema: *Ontologías de Visualización*. Dirección: Dra. Silvia Castro.
- Dana Urribarri. Tema: *Escalabilidad Visual*. Dirección: Dra. Silvia Castro.
- Maximiliano Escudero. Tema: *Modelos de Terrenos para Dispositivos Móviles*. Dirección: Dra. Silvia Castro.
- María Luján Ganuza. Tema: *Servicios Web en Visualización de Información*. Dirección: Dra. Silvia Castro.

## 4.2 CURSOS DE PRE Y POSGRADO RELACIONADOS CON EL TEMA DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DICTADOS POR INTEGRANTES DEL GRUPO DE TRABAJO.

### 4.2.1 CURSOS DE PREGRADO

- **Computación Gráfica** Materia optativa para los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Computación y obligatoria para los de Ingeniería en Sistemas de Computación. Universidad Nacional del Sur.
- **Comunicación Hombre-Máquina** Materia obligatoria para los alumnos del Profesorado en Computación. Universidad Nacional del Sur.
- **Interfaces Gráficas** Materia optativa para los estudiantes de la Licenciatura en Ciencias de la Computación y de la Ingeniería en Sistemas de Computación. Universidad Nacional del Sur.

### 4.2.2 CURSOS DE POSGRADO

- **Sistemas de Modelamiento de Volúmenes** Materia del Posgrado en Ciencias de la Computación. UNS.
- **Tópicos avanzados en Curvas y Superficies** Materia del Posgrado en Ciencias de la Computación. UNS.
- **Computación Gráfica: Tópicos Avanzados.** Departamento de Informática y Estadística de la Facultad de Economía y Administración. Universidad Nacional del Comahue.
- **Modelamiento Multirresolución.** Departamento de Informática y Estadística de la Facultad de Economía y Administración. Universidad Nacional del Comahue.
- **Visualización** Materia del Posgrado en Ciencias de la Computación. UNS.
- **Interacción Humano-Computadora** Materia del Posgrado en Ciencias de la

Computación y del Magíster en Computación Científica. UNS.

- **Modelado Geométrico Multirresolución de Superficies.** Materia del Posgrado en Ciencias de la Computación. UNS y UNLP.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] J. Blow. Terrain rendering at high levels of detail. Game Developers Conference, 2000.
- [2] P. Cignoni, E. Puppo, and R. Scopigno. Representation and visualization of terrain surfaces at variable resolution. In *The Visual Computer*, pages 50–68, 1997.
- [3] Daniel Cohen-Or and Yishay Levanoni. Temporal continuity of levels of detail in delaunay triangulated terrain. In *VIS '96: Proceedings of the 7th conference on Visualization '96*, pages 37–42, Los Alamitos, CA, USA, 1996. IEEE Computer Society Press.
- [4] Leila De Floriani and Paola Magillo. Visibility computations on hierarchical triangulated terrain models. *Geoinformatica*, 1(3):219–250, 1997.
- [5] Leila De Floriani and Paola Magillo. Multiresolution mesh representation: Models and data structures. In *Tutorials on Multiresolution in Geometric Modelling*, pages 363–418. Springer-Verlag, 2002.
- [6] M. Garland. Multiresolution modeling: Survey & future opportunities, 1999.
- [7] P. Longley, M. Goodchild, D. Maguire, and D. Rhind. *Geographic Information Systems and Science*. Wiley and sons, Chichester, U.K., 2001.
- [8] David Luebke, Benjamin Watson, Jonathan D. Cohen, Martin Reddy, and Amitabh Varshney. *Level of Detail for 3D Graphics*. Elsevier Science Inc., New York, NY, USA, 2002.
- [9] Hanan Samet. *Applications of Spatial Data Structures: Computer Graphics, Image Processing, and GIS*. Addison-Wesley, 1989.
- [10] Hanan Samet. *The Design and Analysis of Spatial Data Structures*. Addison-Wesley, 1990.