

Transmisión progresiva por Internet de modelos topográficos texturados

María J. Abásolo¹, Armando De Giusti², Josep Blat Gimeno³

Resumen

La representación tridimensional de grandes volúmenes de datos de terreno requiere un gran número de polígonos y de texturas, significando un problema la transmisión por red de los modelos. El enfoque multiresolución permite la transmisión progresiva, es decir, la transmisión de un modelo básico de baja resolución seguido de refinamientos sucesivos hasta completar la resolución deseada.

En este trabajo se presenta un nuevo modelo multiresolución denominado *Bitree* geométrico-texturado que, a diferencia de trabajos previos en el área de modelos multiresolución, representa tanto la geometría como la textura de un terreno. Se plantea la aplicación del análisis multiresolución de la transformada *Wavelet* en el modelo *Bitree*. Además, se propone una arquitectura cliente-servidor Java y un algoritmo de transmisión progresiva de los modelos por Internet.

Keywords: Graphic Computation, Internet, Intranet, Extranet, Virtual Reality

1. Introducción

Las grandes bases de datos de terreno requieren un gran número de polígonos y texturas para su representación tridimensional, lo cual resulta un problema a la hora de visualizar o transmitir un modelo. Los modelos multiresolución representan múltiples niveles de detalle (*LOD* o *Level Of Detail*) de un objeto. Sin importar el tamaño de la base de datos de terreno, se puede tener una representación multiresolución que posibilite la navegación e interacción en tiempo real visualizando el nivel de detalle adecuado según el punto de vista, así como también la transmisión progresiva del modelo por red.

El trabajo previo de modelos multiresolución se refiere sólo a la representación de la geometría de un objeto y atributos como el color. En este trabajo se propone la construcción de un modelo multiresolución que considere la geometría y la textura de mapas topográficos.

La sección 2 presenta el estado del arte de diferentes tópicos relacionados con este trabajo:

- análisis multiresolución *Wavelets*, aplicado a modelos geométricos y a imágenes;
- la representación de imágenes multiresolución y
- la generación de texturas.

¹ Becaria de CONICET. abasolo@exa.unicen.edu.ar

² Laboratorio de Investigación y Desarrollo Informático, Universidad Nacional de La Plata. 50 y 115 (1900) La Plata. degiusti@lidi.info.unlp.edu.ar

³ Insitut Universitari del Audiovisual, Universitat de Pompeu Favra. Ramblas 31 (08002) Barcelona, España. josep.blat@tecn.upf.es

En la sección 3 se describe el modelo *Bitree* geométrico-texturado propuesto. El mismo está basado en el modelo geométrico definido en [Aba99], combinado con un nuevo modelo de texturas. Este último está basado en la segmentación de una imagen de texturas, seguido de una triangulación *Bitree* de la imagen segmentada, y la asignación de texturas a los triángulos del modelo geométrico. Las texturas se codifican por medio de muestras o patrones extraídos y luego se reconstruyen a partir de la repetición de los mismos.

Se propone el uso de *Wavelets* como criterio de selección de puntos del modelo geométrico, así como en la segmentación por texturas y la representación multiresolución de los patrones de texturas.

Finalmente la sección 4 presenta un algoritmo de transmisión progresiva del modelo geométrico-texturado propuesto, y una arquitectura cliente-servidor para la transmisión por Internet basada en *applets* y *servlets* de Java.

2. Trabajos previos

2.1. Análisis multiresolución *Wavelet*

La transformada *Wavelet* es una herramienta matemática para la descomposición jerárquica de funciones. Según la teoría realizada por Mallat [Mal89] una función puede describirse en términos de una función de baja resolución más una serie de detalles que van desde menos a más resolución. Las *Wavelets* proveen una manera elegante de representar los niveles de detalle presentes. Permiten un análisis espacio-frecuencia, y por medio de una transformada inversa puede recuperarse la función original en distintas resoluciones.

Existen algoritmos eficientes para realizar la transformada *Wavelet* como el denominado *FWT (Fast Wavelet Transform)*, y más recientemente se desarrollo una herramienta muy flexible denominada esquema *lifting* [Sch96]. Las *Wavelets* son usadas en muchos problemas de computación gráfica [Sto96] como edición y compresión de imágenes, control de niveles de detalle para edición y rendering de curvas y superficies, reconstrucción de superficies, iluminación, animación, etc.

***Wavelets* aplicadas a modelos geométricos multiresolución**

Lounsbery [Lou93] propone aplicar *Wavelets* a funciones definidas sobre superficies de cualquier tipo topográfico con propiedades de conectividad. Define para ello un tipo especial de *Wavelet Splines* lineales llamadas *k-disc*, y la aplica a una malla básica que subdivide para obtener la malla original. En un trabajo más reciente Bonneau [Bon98] introduce una descomposición basada en *Wavelets* de *Haar* que puede ser aplicada a cualquier malla de triángulos irregular sin la propiedad de conectividad. Gross [Gro96] propone usar cualquier tipo de *Wavelet* para controlar la aproximación de una triangulación adaptativa de campos de altura. Emplea la señal de detalle de una transformada *Wavelet* inversa como criterio para remover vértices y controla el nivel de detalle localmente introduciendo un filtro espacial que actúa como una lupa en los datos.

Wavelets aplicadas a imágenes multiresolución

La compresión mediante *Wavelets* se basa en que los coeficientes más grandes son más importantes que los más chicos. Si se eliminan los coeficientes iguales a cero se obtiene una codificación sin pérdida, y eliminando los coeficientes pequeños cercanos a cero se obtiene mayor grado de compresión con pérdida. El algoritmo EZW(*Embedded Zerotree Wavelet*) [Sha93] realiza la codificación progresiva de la imagen, es decir, a medida que se agregan más bits a la cadena de salida la imagen reconstruida contendrá más detalle. El compresor ordena los coeficientes *Wavelets* en orden decreciente, y en varias pasadas selecciona aquellos mayores que cierto umbral.

2.2. Imágenes multiresolución

Generalmente, la textura de un modelo de terreno resulta de asignar una imagen satelital al modelo geométrico. Dentro de los trabajos previos en el área de representación multiresolución de una imagen, se encuentran las siguientes alternativas:

- Codificación multiresolución
- Capas de imágenes
- Triangulación coloreada

2.2.1. Codificación multiresolución

Una de las primeras propuestas de imágenes multiresolución fue la pirámide Laplaciana. La imagen se filtra con un filtro pasa-bajo y se subtrae este resultado para obtener una imagen diferencia que contiene el detalle de alta frecuencia. La imagen filtrada puede ser submuestreada sin pérdida, y el proceso puede repetirse con ella. Incrementa el número de píxeles en un 33% pero puede realizar compresión pues varios valores son cero en las imágenes diferencia. Sin embargo, la importancia de esta codificación radica en que fue inspiración de la transformada *Wavelet* (sección 2.1.).

2.2.2. Capas de imágenes

Una imagen multiresolución puede crearse explícitamente a partir de diferentes capas de imágenes independientes que definen los diferentes niveles de detalle. Iris Performer⁴ [Roh94] organiza la textura con una estructura piramidal donde cada nivel de detalle tiene el doble de resolución que el siguiente. Usa una técnica llamada *clipmapping* de texturas que determina la resolución a aplicar en función de la posición del observador manteniendo en memoria la máxima resolución del área de interés definida, y el resto con baja resolución. GeoVRML⁵ [Geo] utiliza una estructura piramidal en los datos geométricos y las texturas. La pirámide de texturas contiene la imagen original así como distintas versiones submuestreadas de la misma. En la transmisión del modelo, se envía mayor detalle de una región de interés manteniendo las regiones vecinas con resolución más baja.

⁴ Estándar de Silicon Graphics para el desarrollo de aplicaciones de tiempo real

⁵ Grupo de trabajo del Web3D Consortium que tiene por objeto discutir la representación de datos geográficos en VRML

2.2.3. Triángulación coloreada

A diferencia de las técnicas tradicionales de representación de imágenes este enfoque realiza un muestreo adaptativo de la imagen por medio de una triangulación general. Un conjunto de muestras triangulares cubre el dominio y cada una tiene asignado un color. Se requieren más muestras en zonas de altas frecuencias, donde los cambios de color son más importantes. El agregado de nuevas muestras mejora la aproximación, esto conduce a la idea de refinamiento progresivo de la imagen. Darsa [Dar96] utiliza una triangulación de Delaunay para estructurar las muestras. Para la reconstrucción de la imagen rellena cada triángulo Delaunay con un color constante, resultado de promediar las tres muestras que dominan el triángulo. Hoppe [Hop96] presenta las mallas progresivas (*progressive meshes*), un esquema para almacenar y transmitir grandes mallas. Representa geometría y color de una malla de manera dependiente. Las imágenes se representan asignando un color plano a cada triángulo de una malla plana cuadrada. Certain [Cer96] realiza un análisis multiresolución *Wavelets* a una superficie triangulada con propiedades de conectividad, extendiendo el trabajo de Lounsbery [Lou93] para capturar geometría y color independientemente.

2.3. Generación de texturas

A partir de cierta información básica se puede reproducir una textura, con la ventaja de no tener que transmitirla o almacenarla en su totalidad. En trabajos previos de generación de texturas, se encuentran los siguientes enfoques básicos:

- Síntesis de texturas
- Repetición de patrones

2.3.1. Síntesis de texturas

El objetivo de la síntesis de texturas puede definirse como el proceso de generar una nueva imagen a partir de una imagen ejemplo, de tal manera que la nueva imagen sea lo suficientemente diferente a la original pero que parezca generada por el mismo proceso estocástico que generó la original.

Simoncelli [Sim98] estudia las probabilidades conjuntas de los coeficientes *Wavelet* capturando tanto aspectos aleatorios como estructurales de las texturas. Caracteriza las texturas con la correlación local de los coeficientes dentro de cada banda, la correlación entre coeficientes de escalas y orientaciones adyacentes y los primeros cuatro momentos del histograma de píxeles. La síntesis se realiza a partir de una imagen con ruido blanco Gaussiano, y se fuerza a la imagen satisfaga las medidas listadas. De Bonet [DeBo97] realiza una descomposición de pirámide Laplaciana de la textura original, y computa la ocurrencia conjunta de varias características a través de las múltiples resoluciones. Considera que en las bajas frecuencias de las texturas se pueden encontrar regiones similares intercambiables, y que una permutación aleatoria entre dichas regiones manteniendo el detalle de las altas frecuencias no cambia la percepción de la textura. Se sintetizan cada banda de la nueva textura realizando un muestreo uniforme entre las regiones intercambiables correspondientes a la localización y banda de la textura original.

2.3.2. Repetición de patrones

Neyret [Ney99] introduce un esquema de generación de textura a partir de un conjunto de muestras triangulares de la misma. Independientemente de la malla geométrica, la superficie se divide en triángulos cercanos a equiláteros, y se asigna a cada uno un patrón de textura considerando restricciones de continuidad a través de los bordes del patrón establecidas por el usuario. Praun [Pra00] realiza la textura de una superficie arbitraria pegando repetidamente una muestra de textura considerando dirección de pegado y escala especificadas sobre la malla por el usuario.

3. Modelo *Bitree* geométrico-texturado

Muchos de los algoritmos recientes están limitados a considerar sólo simplificación de geometría. Ampliando el concepto de modelo geometría-color realizado por Certain [Cer96], se realiza un modelo multiresolución geometría-textura. El modelo multiresolución propuesto está basado en la triangulación *Bitree* presentada en [Aba99], e incorpora nuevas ideas en la definición del modelo de texturas.

3.1. Modelo geométrico

En esta sección se resumen las características básicas de la triangulación jerárquica *Bitree* definida en [Aba99] usada para triangular campos de altura.

Jerarquía de triángulos implícita

La subdivisión *Bitree* obtiene una jerarquía de triángulos luego de dividir recursivamente cada triángulo. La figura 1 muestra la asignación de niveles jerárquicos a los puntos de la grilla. Un triángulo de nivel N_i se subdivide en dos triángulos de nivel N_{i+1} al agregarse el punto medio de la diagonal que tiene nivel N_{i+1} .

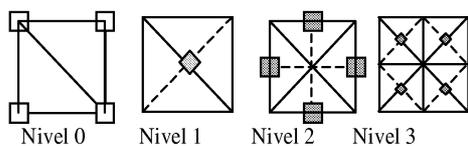


FIGURA 1. Niveles Jerárquicos del *Bitree*

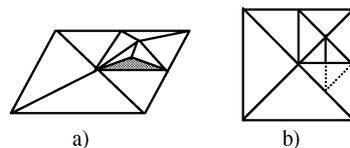


FIGURA 2. a) Presencia de *cracks*. b) Puntos ficticios para evitar *cracks*

La jerarquía está definida de forma implícita, y por tanto es computacionalmente eficiente porque no se necesitan cálculos como por ej. en la triangulación de Delaunay, ni se necesita una estructura auxiliar para almacenar la conectividad de los triángulos.

Puntos ficticios para evitar *cracks*

El *Bitree* evita la presencia de *cracks* o desniveles agregando puntos llamados "ficticios" (figura 2). Un vértice ficticio es punto medio de la diagonal de un triángulo y su altura se calcula interpolando los extremos de la diagonal, por lo tanto como es deducible no hay necesidad de transmitirlos.

Niveles de detalle adaptativos

El modelo *Bitree* soporta niveles de detalle adaptativos, es decir dependiendo de la zona de interés se puede obtener mayor o menor detalle. Los niveles de detalle son generados dinámicamente a partir de la estructura total a diferencia de otros modelos en los que se calculan a priori.

Selección de puntos según criterio de aproximación

El criterio de selección de puntos al refinar o simplificar un modelo puede basarse en:

- una característica de la superficie (topología, curvatura, etc.) o el error de la aproximación (ej. distancia de un punto a la superficie simplificada, ángulo entre las normales a la superficie original y a la aproximación);
- la estructura establecida de los puntos (regular, jerárquica, etc.);
- parámetros de navegación como la distancia al punto de vista, la distancia al cono de visión, el ángulo entre la dirección de visión y la normal a la superficie, etc.;
- una medida de importancia de otra representación del modelo, como por ej. seleccionar puntos en base a los coeficientes o la señal de detalle obtenida con la transformada *Wavelets*.

El esquema de triangulación *Bitree* propone tener independencia entre el criterio de selección y la estructura de puntos, a diferencia de otros esquemas como por ej. el de Gross [Gro96] que restringe el criterio de selección basado en *Wavelets* para evitar que se produzcan *cracks*. Para ello la triangulación *Bitree* completa la estructura usando puntos ficticios.

En la figura 3 se muestra un modelo geométrico *Bitree* de un campo de alturas de 1025x1025 (isla de Mallorca, España). Se eliminaron aquellos puntos dentro de la tolerancia de error del 1%, considerando la distancia del vértice a la aproximación de la superficie. De un total de 1.050.625 puntos y 2.097.152 de triángulos, se obtuvo un modelo simplificado con 48.413 puntos seleccionados, 17.824 puntos ficticios y 122.150 triángulos.

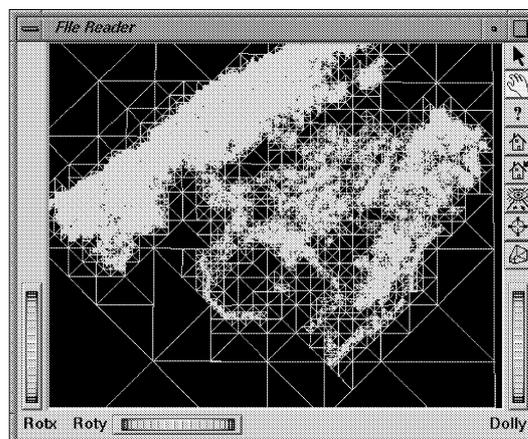


FIGURA 3. Modelo geométrico de 1.050.625 puntos y 2.097.152 triángulos simplificado con una tolerancia de error 1%: 48.413 puntos seleccionados, 17.824 puntos ficticios y 122.150 triángulos

3.2. Modelo de textura

El esquema del modelo de textura propuesto consta de los siguientes pasos:

- Segmentación de la imagen de texturas
- Generación sintética de cada textura
- Regeneración de la imagen de texturas

La idea de multiresolución se aplica en:

- la representación de cada textura que puede obtenerse en distintas resoluciones según una tolerancia de error τ_p ;
- la triangulación de la imagen segmentada que puede hacerse con distintos grados de refinamiento según una tolerancia de error de triangulación τ_t .

3.2.1. Segmentación de la imagen de texturas

Se considera que una imagen satelital representa las texturas del modelo topográfico. En primer lugar se realiza la segmentación de la imagen de texturas, sin considerar el modelo geométrico. Dicho proceso puede realizarse con cualquier técnica de clasificación por texturas. En particular, los coeficientes *Wavelets* pueden usarse para extraer características de texturas según demuestran Chang [Cha3] y Gross [Gro97] en sus trabajos de clasificación y segmentación de texturas. Fatemi [Fat95] evalúa distintos algoritmos de segmentación basados en *Wavelets*.

En la figura 4.a) puede verse una imagen satelital (isla de Mallorca, España) y el resultado de segmentarla se muestra en la figura 4.b).

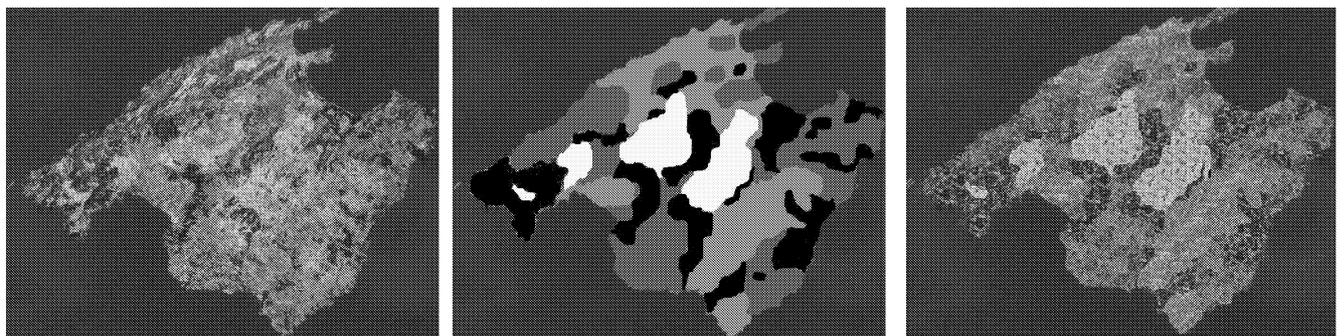


FIGURA 4. a) Imagen satelital. b) Segmentación de texturas. c) Imagen de texturas regenerada

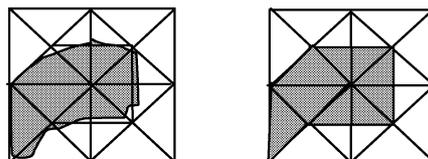


FIGURA 5. a) Triangulación BITREE de la imagen segmentada. b) Asignación triángulo-textura

A continuación, la imagen segmentada se triangula siguiendo el esquema *Bitree* (figura 5.a). Dicha triangulación puede hacerse con distintos grados de refinamiento según una tolerancia de error de triangulación τ . Finalmente se obtiene una asignación triángulo-textura (figura 5.b).

Como resultado se cuenta con una jerarquía *Bitree* de triángulos texturados que deberá relacionarse con la jerarquía *Bitree* del modelo geométrico, según se describe en la sección 3.2.3.

3.2.2. Generación sintética de cada textura

La generación sintética de una textura permite la compresión del modelo de texturas posibilitando la transmisión progresiva efectiva. En la síntesis realizada, se combinan las siguientes ideas:

- repetición de patrones;
- codificación multiresolución con *Wavelets*;
- síntesis de nuevos patrones.

Repetición de patrones

La generación de cada textura del modelo se realiza por medio de la repetición patrones extraídos de la imagen de texturas segmentada. Este es un proceso que puede ser realizado sin intervención del usuario.

En la figura 6.a) se ven distintas muestras P1..P4 de las texturas T1..T5 extraídas en la segmentación de la figura 4.b). La figura 7 muestra la textura original T1 (figura 7.a) y distintos resultados del proceso de repetición de patrones (figura 7.b-e). La simple repetición de una imagen patrón agrega el aspecto de una estructura repetitiva no presente en la textura original (figura 7.b). La repetición aleatoria de los diferentes patrones P1..P4 de la textura T1 mejora la textura resultante (figura 7.c). Si se realiza el pegado de patrones desplazando las filas se evita la percepción de una cuadrícula debido a los bordes de los patrones cuadrados (figura 7.d). Si se cuenta con más patrones se disminuyen las repeticiones notables en la textura resultante. La figura 7.e) muestra la textura obtenida de la repetición aleatoria de nuevos patrones obtenidos de combinar muestras triangulares extraídas de los patrones cuadrados P1..P4 (figura 6.b).

	P1	P2	P3	P4
T1				
T2				
T3				
T4				
T5				

FIGURA 6. a) Patrones de texturas extraídas de la segmentación de la figura 4.b).

	P1s	P2s	P3s	P4s
P1i				
P2i				
P3i				
P4i				

b) Patrones obtenidos de combinar patrones triangulares extraídos de P1..P4 de la textura T1

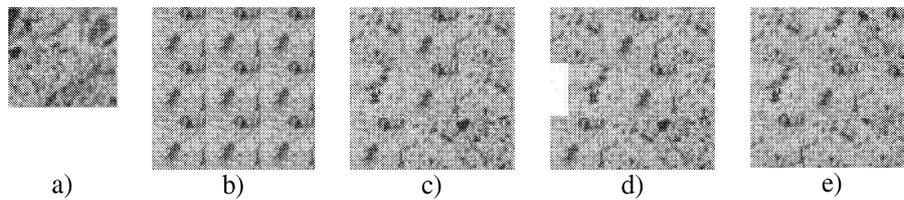


FIGURA 7. a) Textura original del tipo T1. b) Simple repetición del patrón P1 de la textura T1. c) Repetición aleatoria de los patrones P1..P4 de la textura T1. d) Repetición de c) con filas desfasadas. e) Repetición aleatoria de los patrones P1..P4 de la textura T1

Codificación multiresolución con Wavelets

Para la transmisión eficiente del modelo de texturas, se envía información de la segmentación en diferentes texturas más la codificación de los patrones de las mismas. Cada patrón se representa con una imagen de tamaño fijo, independiente del área que ocupaba la textura correspondiente en la imagen original y en consecuencia se puede lograr una gran compresión.

Se puede realizar una representación multiresolución basada en *Wavelets* de la imagen de cada patrón. De esta manera, se seleccionan los coeficientes mayores que un umbral τ_p para obtener desde un color plano hasta los patrones con su máxima resolución. El algoritmo EZW (sección 2.1.) puede usarse en la transmisión progresiva de los patrones.

Síntesis de nuevos patrones

De Bonet [DeBo97] realiza una representación multiresolución mediante pirámide Laplaciana y define una medida de similitud entre regiones. Siguiendo esta idea se propone definir una medida de similitud entre coeficientes *Wavelets*. Dada la dependencia existente entre los coeficientes de una misma localidad pero de distintas frecuencias, dicha medida debería considerar no sólo el nivel analizado sino también los diferentes niveles inferiores. Los coeficientes similares pueden ser permutados para dar lugar a un nuevo patrón de la misma textura.

En la transmisión del modelo, el análisis de la similitud de coeficientes *Wavelet* de un patrón puede ser realizado sólo una vez por el servidor. La información de similitud puede incluirse en la codificación de manera que no sea necesario enviar diferentes patrones de textura sino la información que permita al receptor generarlas.

3.2.3. Regeneración de la imagen de texturas

Dado que no se puede generalizar una correlación entre la geometría y la textura, el esquema propuesto mantiene cierta independencia entre ellos. Sin embargo, es necesario relacionarlos mediante lo que se denomina triangulación texturada, extendiendo el enfoque de triangulación coloreada.

Para definir los límites entre texturas existentes Neyret [Ney96] propone asociar curvas 2D a las caras del modelo geométrico. En este esquema, se cuenta con una triangulación que define los límites entre texturas que es independiente de la triangulación geométrica. Puede suceder que:

- un triángulo geométrico esté incluido en un triángulo de textura T_i , por lo tanto se realiza una asignación directa de la textura al triángulo geométrico;
- un triángulo geométrico incluya varios triángulos de textura. En este caso, el triángulo geométrico puede triangularse con puntos ficticios hasta realizar una asignación directa de texturas, o se puede reconstruir una meta textura que incluya la triangulación de texturas y asignársela al triángulo geométrico.

Dado el modelo geométrico con la asignación de texturas más la codificación de los patrones, se reconstruye la imagen original. En la figura 1.c) puede verse el resultado de regenerar la imagen 1.a) con los patrones de texturas de la figura 2.a).

4. Transmisión Progresiva

La transmisión progresiva de un modelo se basa en transmitir una aproximación básica realizando a continuación un refinamiento sucesivo hasta obtener la resolución deseada. Entre los trabajos recientes de transmisión progresiva se citan: Hoppe [Hop96] introduce las mallas progresivas; Taubin [Tau98] define *progressive forest*, algoritmo incluido en el standard MPEG-4 para la transmisión de los niveles de detalle progresivos de mallas poligonales VRML; De Floriani [DeF00-2] plantea un algoritmo de transmisión progresiva de redes irregulares de triángulos. Algunos trabajos recientes proponen alternativas para la transmisión de modelos por Internet: Certain [Cer96] describe una aplicación de Netscape para transmitir mallas coloreadas por medio de representación *Wavelets*; Suliman [Sul99] describe una arquitectura para transmisión de bases de datos de modelos de simulación; Reddy [Red99] presenta Terra Vision, una aplicación para navegar modelos de terrenos VRML; Zlatanova [Zla99] describe una arquitectura para interactuar remotamente con bases de datos geográficas visualizadas con VRML; De Floriani [DeF00-1] propone una arquitectura cliente-servidor para la transmisión progresiva de mallas trianguladas de manera visión-dependiente, es decir, determinando el nivel de detalle según la posición del usuario.

4.1. Transmisión progresiva *Bitree*

Considerando que la transmisión óptima de una malla o modelo geométrico consiste en el envío de los vértices, los algoritmos de transmisión agregan un *overhead* significativo por la información de conectividad de la malla. El modelo topográfico tomado como entrada consta de puntos (x,y,z) correspondientes a una grilla (x,y) regular de alturas z . El algoritmo de transmisión progresiva propuesto explota la conectividad simple del modelo *Bitree*. Dado que la triangulación jerárquica es implícita y clasifica los puntos (x,y) en resoluciones o niveles $L_0 \dots L_{2k}$, se puede realizar una enumeración implícita de los vértices. Esto permite transmitir sólo la altura z , puesto que los valores (x,y) pueden deducirse a partir del orden de recepción.

El algoritmo de transmisión del modelo geométrico tiene las siguientes características:

- transmite puntos ordenados por niveles;
- el cliente deduce (x,y) según el orden de llegada;
- transmite estado Seleccionado/No seleccionado + altura de los puntos con estado Seleccionado;
- los puntos ficticios no se transmiten, pues el cliente los deduce según estructura *Bitree* reconstruida.

Dado que existe una asociación triángulo geométrico-textura, se sincroniza la transmisión del modelo de texturas con el modelo geométrico.

Un vértice, punto medio de la diagonal de dos triángulos, se puede asociar a los cuatro triángulos hijos resultantes de insertar dicho vértice (en caso de borde sólo se asocia a dos triángulos). De esta manera, luego de transmitir cada punto del modelo geométrico se transmite la textura de los triángulos asociados al mismo.

La transmisión de una textura consta de la transmisión progresiva de sus patrones. Según se describió en la sección 3.2.2 puede usarse el algoritmo EZW si se realizó una representación *Wavelets* y se puede transmitir información adicional que posibilite al cliente generar nuevos patrones. Al transmitir una textura puede suceder que:

- es nueva entonces se comienza la transmisión progresiva de sus patrones hasta un cierto nivel de detalle;
- ya fue transmitida anteriormente hasta cierto nivel de detalle entonces se sigue refinando;
- ya fue transmitida y no se requiere refinamiento, entonces se envía sólo una referencia que la identifique.

4.2. Arquitectura cliente-servidor

Se presenta una arquitectura cliente-servidor para la transmisión progresiva de mapas por Internet. El servidor almacena modelos *Bitree* geométrico-texturados y tiene los mecanismos de extracción de niveles de detalle. El cliente determina un nivel de detalle de una zona dada de acuerdo a parámetros dependientes del punto de vista y envía el pedido al servidor junto con el estado actual del modelo que ya posee. El servidor construye una aproximación seleccionando puntos de acuerdo al nivel de detalle solicitado por el cliente y realiza la transmisión progresiva del modelo. El cliente actualiza su modelo en base a la información recibida.

La arquitectura cliente-servidor propuesta (figura 8.a) utiliza *applet* y *servlets* de Java. Del lado del cliente un *applet* se encarga de enviar al servidor un pedido de transmisión de un determinado modelo. Dicho pedido especifica la resolución deseada, y si se trata de un refinamiento de un modelo ya visualizado puede especificar también una zona de interés. El servidor implementado utilizando *servlets*, atiende los pedidos del cliente seleccionando el modelo geométrico-texturado requerido y envía los datos de acuerdo al algoritmo de transmisión progresiva.

La visualización el lado del cliente se realiza con VRML (*Virtual Reality Modelling Language*) [VRML97], un formato estándar para describir mundos 3D interactivos usado en Internet, intranets y sistemas locales. El cliente no necesita instalar librerías o aplicaciones especiales, sino que la visualización del VRML está a cargo de un *plug-in* del *browser* de Internet (Figura 8.b). En particular, en esta aplicación se usó el *plug-in CosmoPlayer 2.1* para *Windows 95*.

Un modelo VRML puede ser controlado totalmente por un *applet* de Java, puesto que mediante EAI (*External Authoring Interface*) el *applet* puede interactuar con la escena accediendo a sus nodos usando el modelo de eventos de VRML. De esta manera, a medida que el *applet* recibe los datos estos se interpretan y se actualiza el modelo VRML.

Por medio del mecanismo de ruteo de eventos de VRML, cada vez que el usuario cambia de posición a medida que navega el modelo el *applet* es informada y puede en consecuencia iniciar un nuevo pedido al servidor.

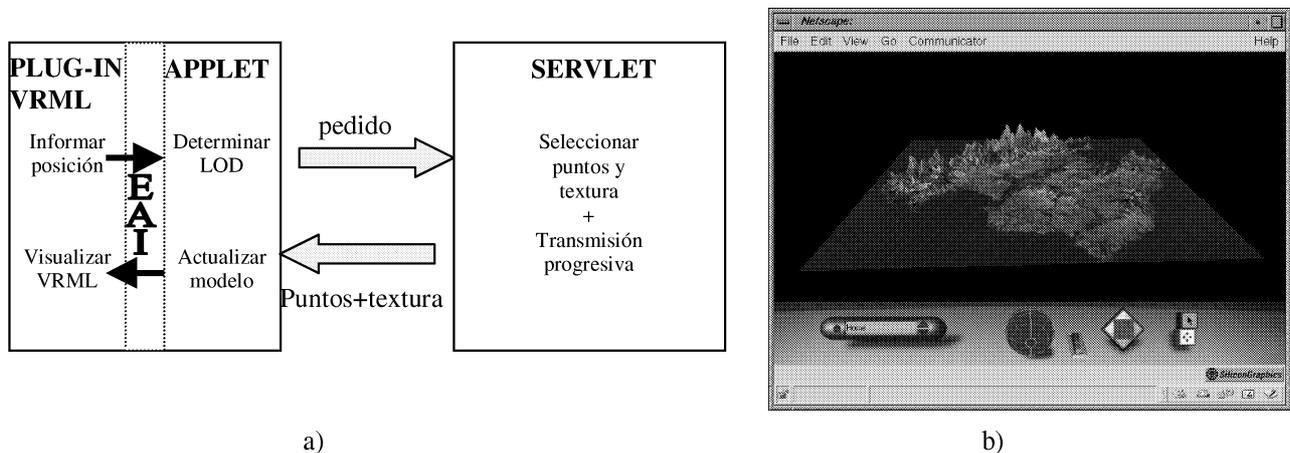


FIGURA 8. a) Arquitectura cliente-servidor en Java. b) Visualización de modelo VRML en browser de Internet

5. Conclusiones

A diferencia de trabajos anteriores que sólo enfocan la geometría, o la geometría y el color, en este trabajo se presenta el modelo multiresolución *Bitree* geométrico-texturado.

Se presenta un nuevo enfoque de generación de texturas basado en la repetición de patrones extraídos de una imagen de texturas segmentada. Se propone la segmentación y representación de imágenes en base a la transformada *Wavelet*, así como la generación de nuevos patrones a partir del análisis de esta representación. En la actualidad se está evaluando la propuesta de texturas comparando resultados con otros esquemas.

Además, se propone un algoritmo de transmisión progresiva del modelo geométrico-texturado, así como una arquitectura cliente-servidor para la transmisión progresiva de mapas por Internet. Actualmente, se evalúa la implementación del algoritmo de transmisión progresiva y la navegación interactiva dependiente de parámetros de visión.

Trabajos recientes como el de El-Sana [El-S99] usan el procesamiento paralelo para la navegación visión-dependiente en tiempo real de grandes conjuntos de datos. Como trabajo futuro se estudiará la posibilidad de paralelizar los algoritmos explotando el grado de independenciam entre el modelo geométrico y el de textura, así como el análisis independiente de los distintos canales de detalle que permite la transformada *Wavelet*.

Bibliografía

- [Aba99] M.J. Abásolo, A. De Giusti, J. Blat. **Una Triangulación Jerárquica para Modelos Topográficos Multiresolución.** *CACIC 99*, Tandil, Buenos Aires, Argentina, 26-30 octubre 1999.
- [Bon98] G-P.Bonneau. **Multiresolution Analysis on Irregular Surface Meshes.** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.4, n°4, oct-dic 1998
- [Cer96] A. Certain, J. Popovic, T. DeRose, T. Duchamp, D. Salesin, W. Stuetzle. **Interactive Multiresolution Surface Viewing.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH'96*, agosto 1996
- [Cha93] T. Chang, C.-C. Jay Kuo. **Texture Analysis and Classification with Tree-Structured Wavelet Transform.** *IEEE Transactions on Image Processing*, vol.2, n°4, octubre 1993
- [Dar96] L. Darsa, B. Costa. **Multiresolution Representation and Reconstruction of Adaptively Sampled Images.** *IX SIBGRAPI*, octubre 1996.
- [DeBo97] J.S. De Bonet. **Multiresolution Sampling Procedure for Analysis and Synthesis of Texture Images.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH'97*, 1997.
- [DeF00-1] L. De Floriani, P. Magillo, F. Morando, E. Puppo. **Dynamic view-dependent multiresolution on a client-server architecture.** *Computer-Aided Design* (en prensa)
- [DeF00-2] L. De Floriani, P. Magillo, E. Puppo. **Compressing Triangular Irregular Networks.** *Geoinformática*, nro.4, vol.1, 2000
- [El-S99] J. El-Sana, A. Varshney. **Parallel Construction and Navigation of View-dependent Virtual Enviroments.** *Virtual Enviroments' 99*, Spring-Verlag, 1999
- [Fat95] N. Fatemi-Ghomi, P. Palmer, M. Petrou. **Performance Evaluation of Texture Segmentation Algorithms based on Wavelets.**
- [Geo] **GeoVRML Working Group.** <http://www.ai.sri.com/geovrml/>
- [Gro96] M. Gross, O. Staadt, R. Gatti. **Efficient Triangular Surface Approximation using Wavelets and Quadtree Data Structure.** *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, vol.2, n°2, junio 1996
- [Gro97] M. Gross. **Integrated Volume Rendering and Data Analysis in Wavelet Space.** G.M.Nielsen: *Scientific Visualization*, IEEE Computer Society, ISBN 0-8186-7777-5, p.149-177, 1997
- [Hop96] H.Hoppe. **Progressive Meshes.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH '96*, pages 99-108, 1996.
- [Lou93] M. Lounsbery, T. DeRose, J. Warren. **Multiresolution Analysis for Surfaces of Arbitrary Topological Type.** Computer Science and Engineering, University of Washington, Technical Report TR 93-10-05, octubre 1993
- [Mal89] S. Mallat. **A theory for multiresolution signal descomposition: The Wavelet descomposition.** *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.11, n°7, pp.674-693, 1989
- [Pra00] E.Praun, A.Finkelstein, H. Hoppe. **Lapped Textures.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH 2000*, 2000.
- [Ney96] F. Neyret. **Trimmed Textures.** Reporte n°2857, *INRIA Rocquencourt*, Francia, abril 1996.
- [Ney99] F.Neyret, M-P.Cani. **Pattern-Based Texturing Revisited.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH'99*, 1999.
- [Red99] M. Reddy, Y.Leclerc, L.Iverson, N.Bletter. **TerraVision II: Visualizing Massive Terrain Databases in VRML.** *IEEE Computer Graphics and Applications*, marzo-abril 1999.
- [Roh94] J. Rohlf, J.Helman. **IRIS Performer: A High Performance Multiprocessing Toolkit for Real-Time 3D Graphics.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH'94*, 1994.
- [Sha93] J.M. Shapiro. **Embedded Image Coding Using Zerotrees Of Wavelet Coefficients.** *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 41, No. 12 (1993), p. 3445-3462.
- [Sim98] E. Simoncelli, J. Portilla. **Texture Charaterization via Joint Statistics of Wavelet Coefficient Magnitudes.** *Fifth International Conference on Image Processing*, Vol I, Chicago, IL; 4 -7 octubre 1998.
- [Sto96] E. Stollnitz, T. DeRose, D. Salesin. **Wavelets for Computer Graphics: Theory and Applications.** ISBN:1-55860-375-1, *Morgan Kaufmann*, San Francisco, 1996
- [Sul99] S.H. Suliman, P.J. Metzger. **A Tool for Visualizing SEDRIS Databases Across the WWW.** <http://www.sedris.org>
- [Sch96] Schröder, P. Sweldens, W. **First Generation Wavelets. Second Generation Wavelets.** *SIGGRAPH'96 Course Notes*, curso n°13: Wavelets in Computer Graphics, 1996.
- [Tau98] Taubin, G. Gueziec, A. Horn, W. Lazarus. **Progressive Forest Split Compression.** *Computer Graphics. Proceedings of SIGGRAPH'98*, 1998.
- [VRML97] **VRML97 The Virtual Reality Modeling Language.** ISO/IEC 14772-2:1997. <http://www.vrml.org>
- [Zla99] S. Zlatanova. **VRML for 3D GIS.** *Spring Conference on Computer Graphics*, Budmerice, Eslovaquia, abril 1999.