

CC 50E Mallas Geométricas y Aplicaciones

Prof. María-Cecilia Rivara

Semestre 2008/2

10UD (3, 0, 7)

Requisitos: CC31 y CC31B; AD

Objetivos

Familiarizar al alumno con los conceptos de mallas geométricas y triangulaciones como herramientas para discretizar y aproximar objetos geométrico-espaciales y sus aplicaciones.

Familiarizar al alumno con las triangulaciones, problemas, fundamentos, algoritmos, costos y estructuras de datos.

Introducir al alumno a las aplicaciones científicas y técnicas que utilizan mallas sobre datos geométrico-espaciales complejos: análisis de fenómenos físicos en ingeniería, modelación de terrenos, aplicaciones médicas, aplicaciones CAD/CAM, robótica, aplicaciones GIS.

Introducir a los alumnos a las aplicaciones complejas de triangulaciones en computación gráfica.

Enfrentar al alumno al problema y a las dificultades del desarrollo de software matemático-geométrico confiable, robusto, eficiente y de calidad.

Temario

1. Introducción al tema: conceptos y problemas asociados. Aplicaciones de ingeniería y Computación Gráfica. Mallas estructuradas y no estructuradas. Mallas de polígonos y triangulaciones. Triangulaciones en 2D, 2½ D, superficie en 3D, y volumen. Triangulación de Delaunay y sus propiedades en dos y tres dimensiones.
2. Algoritmos incrementales de Delaunay para triangularizar conjuntos de puntos y geometrías PSLG (polígonos generalizados). Algoritmo dividir para reinar. Calidad de las triangulaciones construídas. Motivación de los algoritmos de mejoramiento de triangulaciones.
3. Modelación de sólidos y estructuras de datos. Representación de borde. Estructura winged-edge para sólidos. Estructuras de datos para triangulaciones.
4. Métodos de elementos finitos para EDP, métodos de multimallas y sus requerimientos. Problema del refinamiento de triangulaciones asociado al problema físico. Métodos de elementos finitos adaptativos. Algoritmos longest edge para desarrollar software adaptativo de elementos finitos. Uso de estos algoritmos en software de elementos finitos.

5. Triangulaciones en el área de Computación Gráfica. Algoritmos para objetos escaneados en 3D y terrenos con “grid data”. Algoritmos de simplificación Triangulaciones jerárquicas y triangulaciones adaptadas al punto de vista.
6. Algoritmos longest-edge, de 4 triángulos y Lepp-bisección en 2-dimensiones. Conceptos de búsqueda Lepp y aristas terminales. Propiedades matemáticas. Discusión sobre sus implementaciones. Análisis de costo de los algoritmos Lepp-bisección. Algoritmos de desrefinamiento.
7. Modelación de terrenos con triangulaciones irregulares. Modelación de terrenos a partir de “grid data” satelital. Modelación de terrenos con triangulaciones quad-tree y triangulaciones bintree de triángulos rectángulos. Triangulaciones bintree de triángulos rectángulos como caso particular del algoritmo Lepp-bisección.
8. Construcción de triangulaciones de buena calidad de objetos complejos: problemas y requerimientos. Criterios de selección de puntos y de inserción de puntos. Algoritmos basados en inserción del circumcenter. Algoritmos Lepp-Delaunay basados en inserción de puntos en aristas terminales.
9. Algoritmos Lepp-bisección y Lepp-Delaunay: una visión integrada. Algoritmos Lepp-bisección y Lepp-Delaunay en tres dimensiones. Limitaciones y ventajas. Discusión de las implementaciones. Discusión sobre las propiedades teóricas de “terminación” y la construcción de triangulaciones de tamaño óptimo.
10. Propiedades geométricas del algoritmo Lepp-Delaunay con selección del punto medio de la arista terminal.
11. Algoritmo Lepp-Delaunay con selección del centroide del cuadrilátero terminal. Propiedades geométricas y ventajas de este algoritmo. Comparación empírica de algoritmos Lepp-punto-medio, Lepp-centroide y circuncentro / off-centro (software Triangle).
12. Otros algoritmos para construir triangulaciones: Algoritmos de frente de avance. Algoritmos basados en particiones quadtree / octree.
13. Aplicaciones de triangulaciones en el área de visualización científica.
14. Extensión de los algoritmos a tres dimensiones Problemas teóricos abiertos en el área.
15. Aplicaciones que requieren nuevos algoritmos y/o algoritmos mejorados. Manejo de mallas muy grandes. Algoritmos paralelos técnicas de partición del dominio.

Metodología y Evaluación

Clases expositivas. Lectura de material complementario. Trabajo personal sobre tema específico y exposición. Tareas computacionales (3). Controles (2) y examen.

Evaluación: Controles 50%, tareas 30%, Exposición 20%.

REFERENCIAS

Referencias de Geometría Computacional (Triangulaciones, polígonos, quadtrees, etc.)

De Berg, M. Van Kreveld, M. Overmars and O. Schwarzkopf, Computational Geometry, Algorithms and Applications, Second, Revised Edition, Springer Berlin 2000.

M. Bern, Triangulations (chapter 22), In Handbook of Discrete and Computational Geometry, Goodman J.E. and O'Rourke J (Eds), CRC Press, Boca Ratón, New York, 1997.

J. E. Goodman and J. O'Rourke (Eds.), Handbook of Discrete and Computational Geometry, CRC Press, Boca Ratón, New York, 1997.

M. Bern and D. Eppstein, Mesh Generation and Optimal Triangulations, pp. 23-90 of Computing in Euclidean Geometry, DZ Du and F. Hwang (eds.), World Scientific, Singapore, 1992.

Algoritmos de Delaunay

L.J. Guibas and J. Stolfi. Primitives for the Manipulation of General Subdivisions and the computation of Voronoi Diagrams, ACM Transactions on Graphics 4(1985), 74-123

J. Shewchuk. Lecture Notes on Delaunay Mesh Generation Department of Electrical Engineering and Computer Science, University of California at Berkeley, 1999. <http://www.cs.berkeley.edu/~jrs/mesh/>

W. Sloan. A fast algorithm for constructing delaunay triangulations in the plane, Advances in Engineering Software, 9(1987)m 34-55.

Referencias sobre Algoritmos tipo "Longest-Edge" sobre Triangulaciones

M.C. Rivara, Algorithms for Refining Triangular Grids Suitable for Adaptive and Multigrid Techniques, Int. Journal for Numerical Methods in Engineering, 20(1984), 745-756.

M.C. Rivara, New Longest-Edge Algorithms for the Refinement and / or Improvement of Unstructured Triangulations, Int. J. For Numerical Methods in Engineering, 40(1997), 3313-3324.

M.C. Rivara, N. Hitschfeld and Simpson, Terminal-edges Delaunay (small-angled based) algorithm for the quality triangulation problem, Computer Aided-Design, 33(2001), 263-277.

Algoritmos de Triangulaciones basados en el circuncentro.

L.P. Chew. Constrained Delaunay Triangulations. *Algorithmica* 4(1989), 97-108.

J. Ruppert, A. Delaunay refinement algorithms for quality 2-dimensional mesh generation. *Journal of Algorithms* 18(1995), 548-585.

Libros de Computación Gráfica.

J.D. Foley, A. van Dam, S.K. Feiner and J.F. Hughes. *Computer Graphics-Principles and Practice*, Second edition in C, Addison-Wesley Systems Programming Series, 1997.

A. Watt and M. Watt. *Advanced Animation and Rendering Techniques. Theory and Practice*, Addison Wesley, Wokingham, 1992.

Algoritmos de simplificación para triangulaciones de superficie de objetos complejos en 3D.

H. Hoppe, Progressive Meshes, Microsoft Research <http://www.research.microsoft.com/~hoppe>

Modelación de terrenos (superficie terrestre)

M.de Berg, K.T.G. Dobrindt, On levels of details in terrains, Utrecht University, Department of Computer Science, UU-CS-1995-12, 1995, 19 pages.

Libros sobre mallas

Pascal Jean Frey and Paul-Louis George, *Mesh Generation: applications to finite elements*, Hermes Science, 2000.