



## UN PROCEDIMIENTO DE SEGMENTACIÓN DE MALLAS 3D DE EDIFICIOS HISTÓRICOS

### A SEGMENTATION METHOD FOR 3D MESHES OF HISTORIC BUILDINGS

Borja Javier Herráez\*, Eduardo Vendrell

Instituto de Automática e Informática Industrial, Universitat Politècnica de València, Camino de Vera s/n, 46022 Valencia, España.  
[borherco@fiv.upv.es](mailto:borherco@fiv.upv.es); [even@upv.es](mailto:even@upv.es)

#### Abstract:

In this article, a method for 3D mesh segmentation focused on the representation of historic buildings is proposed. This type of buildings are characterized by having singularities and characteristic elements in the facades. The main objective is to recognize these features in the buildings, understanding features as those parts of the model that differ from the main structure of the building, such as doors or windows. The idea is to use a recognition algorithm of flat faces allowing to create a graph that reflects the shape of the three-dimensional model. At a later step, this graph will be matched against some pre-defined graphs that will represent the patterns to look for.

**Key words:** segmentation, 3D meshes, graphs, pattern recognition, features

#### Resumen:

En este artículo se propone un método de segmentación de mallas 3D enfocado a representaciones de edificios históricos. Este tipo de edificios se caracterizan por tener singularidades y elementos característicos en las fachadas. El objetivo principal consiste en reconocer estas características en los edificios, entendiéndose como características aquellas partes del modelo que difieren de la estructura principal del edificio, tales como puertas o ventanas. La idea es utilizar un algoritmo de reconocimiento de caras planas que permita crear un grafo que refleje la forma del modelo tridimensional. En una etapa posterior, este grafo se comparará con grafos predefinidos que conformaran los patrones a buscar.

**Palabras clave:** segmentación, mallas 3D, grafos, reconocimiento de patrones, características

### 1. Introducción

En la actualidad, los objetos 3D se representan principalmente a partir de mallas poligonales, esto es, un conjunto de caras planas conectadas que conforman y aproximan la propia superficie del objeto. El elemento principal de una malla poligonal es una cara triangular, representada por sus tres vértices y el vector normal a la superficie.

Cuando por cualquier motivo hay que analizar partes diferenciadas de estos modelos poligonales, se necesita *segmentar* la malla 3D. Segmentar una malla tridimensional consiste en fraccionar la misma en diferentes partes, aplicando procedimientos para indicar qué partes del objeto pertenecen a un grupo determinado, en función de diversas características del objeto.

En este artículo se presenta un método de segmentación que tiene como objetivo distinguir las partes de un edificio, con el fin de asistir a los

procedimientos de levantamiento arquitectónico de edificios históricos. Este trabajo surge a partir de la colaboración entre el Grupo de Robótica del Instituto Universitario de Automática e Informática Industrial (AI2) de la Universitat Politècnica de València y el *Dipartimento di Architettura de la Università degli Studi di Firenze*. En concreto, esta colaboración se plasma en el apoyo tecnológico por parte del AI2 a los procesos de levantamiento que se llevan a cabo en el *Dipartimento di Architettura de la Università degli Studi di Firenze*.

### 2. La segmentación de mallas poligonales

La segmentación de mallas puede interpretarse desde dos puntos de vista diferentes (Attene *et al.* 2006). Por un lado, de forma puramente geométrica y por otro lado de manera semántica.

Entre los diferentes métodos existentes se encuentran primeramente los que incluyen el uso de grafos para representar las relaciones existentes entre las caras del objeto 3D (Marefat y Kashyap, 1990). Otros

\* Corresponding Author: Borja Javier Herráez, [borherco@fiv.upv.es](mailto:borherco@fiv.upv.es)

procedimientos consisten en aplicar el algoritmo “watersheds” (Mangan y Whitaker, 1999), (Page *et al.*, 2003). Otro método comúnmente empleado se basa en crear el esqueleto de los objetos para guiar la segmentación (Li *et al.*, 2001). Por otro lado, existen técnicas que hacen uso de la curvatura gaussiana para delimitar los puntos frontera de las regiones (Zhang *et al.*, 2002). También existen las técnicas de “spectral clustering” (Liu y Zhang, 2004) y los algoritmos basados en expansión de regiones (Vieira y Shimada, 2005).

### 3. Método propuesto

El método propuesto aborda como objetivo primordial la localización de partes diferenciadas. El principio de ortogonalidad es el argumento seguido para su búsqueda dado que en la mayoría de edificios, este principio se encuentra en las caras que componen sus elementos (puertas, ventanas).

#### 3.1. Distinción de caras planas

Para proceder a la distinción de caras planas, se emplea un algoritmo de crecimiento de regiones. Se establece un procedimiento de coloreado para identificar regiones, de manera que cada región plana estará formada por un conjunto de triángulos a los que se les asigna un mismo color. Así, a lo largo del proceso, cada triángulo que no tenga asignado un color es considerado como una “cara semilla”.

El siguiente paso consiste en expandir la región de las “caras semilla”. Para ello se comprueban sus triángulos vecinos y a continuación se calcula ángulo que existe entre sus normales. Se establece un umbral o “factor de coplanaridad” de manera que si el ángulo está por debajo de este umbral, se asigna la misma región a ambos triángulos. En caso contrario, se asignan regiones diferentes.

Una vez procesadas todas las “casas semilla” se tiene como resultado un conjunto de regiones coloreadas que se corresponderán con las regiones planas del modelo tridimensional.

#### 3.2. Distinción de características

Se diferencian dos tipos de características, por un lado las características *cóncavas* o hendiduras en la fachada principal, tales como ventanas o puertas, y por otro lado las características *convexas* o salientes, como canalones o escudos ornamentales.

Tras haber diferenciado las regiones planas del objeto, el siguiente paso es construir un “grafo topológico”. El grafo topológico describe las relaciones de vecindad entre las regiones planas detectadas en el paso anterior. Con el fin de detectar los vértices de corte se ha empleado el algoritmo de Tarjan (Tarjan y Hopcroft, 1973). Si se elimina este vértice de corte, se divide el grafo topológico en varios subgrafos, cada uno representando una de las características que se buscan.

El siguiente paso consiste en definir un “grafo de consulta”. Los grafos de consulta son “grafos topológicos” que se corresponden con una característica concreta, de manera que cada característica representa un patrón concreto. Se toma ventaja del conocimiento

que posee el propio usuario en la definición de la topología de las características.

En el último paso, se comparan los subgrafos obtenidos al eliminar los vértices de corte con los “grafos de consulta” definidos. La comparación de grafos se ha realizado utilizando un algoritmo recursivo clásico (Ullman, 1976). Cada coincidencia detectada implica la existencia de la característica en la malla poligonal.

No obstante el grafo que describe la topología del objeto no siempre es un distintivo único de la característica y será necesario en ocasiones añadir posteriores restricciones, para discernir entre características con topología similar.

### 4. Resultados

Las pruebas mostradas en el presente artículo se realizaron sobre las mallas tridimensionales asociadas a los edificios escaneados de la ciudad medieval de Pietrabuona, en Italia. Estas mallas tridimensionales han sido proporcionadas por el *Dipartimento di Architettura de la Università degli Studi di Firenze* a partir de un estudio de levantamiento completo (Troiano *et al.*, 2014).

En la Figura 1 se refleja el coste temporal como resultado de comparar grafos de diferentes tamaños respecto a un grafo patrón de 10 nodos. Éste depende directamente del número de nodos que conforma el patrón que define la característica. Dado que la búsqueda se hace sobre una malla que ya está simplificada y que los patrones que definen características típicas en un edificio (ventanas, puertas, vigas, etc.) no incluyen un elevado número de nodos, se puede decir que el orden del coste temporal se sitúa en torno a los milisegundos.

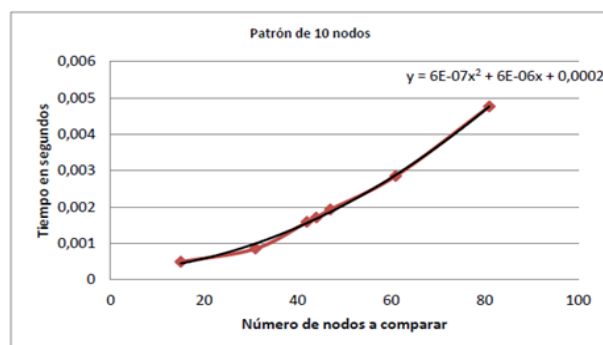
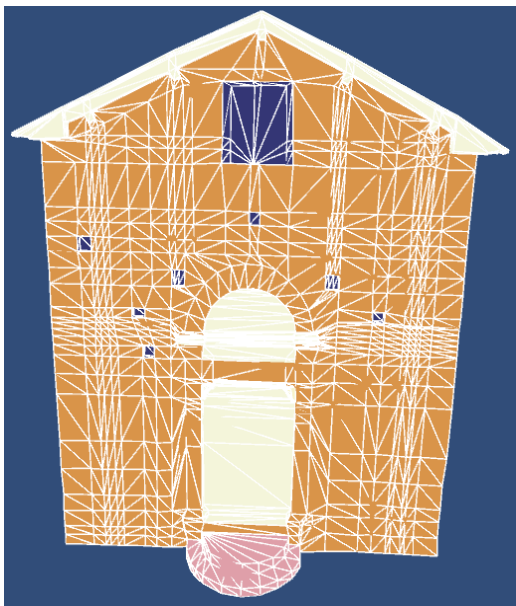


Figura 1: Coste temporal para la búsqueda de un patrón de 10 nodos.

En la Figura 2 se muestra el resultado de aplicar el algoritmo completo, donde se puede observar que todas las características ortogonales se visualizan del mismo color, identificando las posiciones de las ventanas y características cóncavas en la fachada. También se aprecia cómo el método desarrollado es capaz de identificar características que no presentan ortogonalidad como son ventanas o escalones circulares.



**Figura 2:** Reconocimiento de características sobre un edificio escaneado.

## 5. Conclusiones

En este artículo se ha presentado un método que permite la detección de características o elementos diferenciales sobre mallas 3D que representan fachadas de edificios. El procedimiento se presenta como una técnica de apoyo para el levantamiento arquitectónico de edificios históricos.

En primer lugar, se ha desarrollado un algoritmo de detección de caras planas. Con este algoritmo se crea un grafo que representa las relaciones de vecindad entre las caras planas del modelo. Posteriormente se aíslan los subgrafos que representan las características, eliminando los vértices de corte del grafo anterior.

En una segunda instancia se crean “grafos de consulta”, que se comparan con los subgrafos anteriores. Encontrar una coincidencia significa que se ha encontrado una característica o elemento diferencial como la especificada en el “grafo de consulta”.

## Referencias

- ATTENE, M., KATZ, S., MORTARA, M., PATANÈ, G., SPAGNUOLO, M., y TAL,A., 2006. Mesh segmentation—a comparative study. In *International conference on shape modeling and applications SMI 06*, pp. 14–25. Matsushima, Japan. DOI: 10.1109/SMI.2006.24
- HOPCROFT, J. y TARJAN, R., 1973. Algorithm 447: efficient algorithms for graph manipulation. *Communications of the ACM* **16**(6), pp. 372–378. DOI: 10.1145/362248.362272
- LI, X., TOON, T.W. y HUANG, Z., 2001. Decomposing polygon meshes for interactive applications, *SI3D*, pp. 35-42. DOI: 10.1145/364338.364343
- LIU, R. y ZHANG, H. 2004. Segmentation of 3D meshes through spectral clustering, *Pacific Conference on Computer Graphics and Applications*, pp. 298–305. DOI: 10.1109/PCCGA.2004.1348360
- MANGAN, A.P. y WHITAKER R.T., 1999. Partitioning 3D surface meshes using watershed segmentation, *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, **5**(4), 308-321. DOI: 10.1109/2945.817348
- MAREFAT, M. y KASHYAP, R., 1990. Geometric reasoning for recognition of three-dimensional object features. DOI: 10.1109/34.58868
- PAGE, D.L., KOSCHAN, A. y ABIDI, M., 2003. Perception-based 3D triangle mesh segmentation using fast marching watersheds, In *Proc. of Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 27-32. DOI: 10.1109/CVPR.2003.1211448
- TROIANO, D., GARCÍA, A., MERLO, A. y VENDRELL, E., 2014. From a Model of a City to an Urban Information System: The SIUR 3D of the Castle of Pietrabuona. DOI: 10.1007/978-3-319-13695-0\_12
- ULLMAN, J.R., 1976. An algorithm for Subgraph Isomorphism. DOI: 10.1145/321921.321925
- VIEIRA, M. y SHIMADA, K., 2005. Surface mesh segmentation and smooth surface extraction through region growing, *Computer-Aided Geometric Design*, **22**(8), pp. 771-792. DOI: 10.1016/j.cagd.2005.03.006
- ZHANG, Y., PAIK, J., KOSCHAN, A. y ABIDI, M.A., 2002: A simple and efficient algorithm for part decomposition of 3D triangulated models based on curvature analysis, *Proc. Intl. Conf. on Image Processing*, pp. 273-276. DOI: 10.1109/ICIP.2002.1038958