

3차원 이미지 데이터베이스에서 내용기반 검색을 지원하는 Scene 모델링[†]

황중하*, 황수찬
한국항공대학교 컴퓨터공학과

Scene Modeling for Content-based Retrieval in 3 Dimensional Image Databases

Jongha Hwang*, Soochan Hwang
Dept. of Computer Engineering, Hankuk Aviation University

요약

최근 데이터베이스 시스템 분야에서는 각종 비주얼 시뮬레이터, 가상현실, 게임 등과 같은 응용이 다양함에 따라서 3차원 이미지 데이터의 중요성이 높아지게 되었고 이에 대한 검색 및 쿼리가 필요하게 되었다. 그래서 본 논문에서는 3차원 이미지 데이터베이스에서 내용기반 검색을 지원하기 위한 모델링 방법과 3차원 이미지 데이터베이스 시스템의 구조를 제시한다. 이를 위한 요소기술로서 3차원 객체의 모델링 기법과 객체간의 공간관계 표현 기법이 제시되었다.

1. 서론

3차원의 현실 세계를 2차원으로 표현하는 것은 정보의 손실이며 사용자의 이해를 떨어뜨린다. 예를 들어, 사용자는 3차원 scene을 시점을 달리하며 살펴봄으로써 scene에 대한 이해를 보다 쉽게 할 수 있다. 현실 세계를 3차원으로 표현하기 위해서는 3차원 그래픽을 표현하는 데는 많은 컴퓨팅 자원과 시간을 필요로 한다. 그러나 컴퓨터 환경의 발달로 인하여 3차원 그래픽을 요구하는 다양한 응용분야들이 나타나고 있으며 각종 비주얼 시뮬레이터, 게임, 교육, 군사, 건설 분야 등이 그 예이다.

3차원 그래픽을 표현하는 방법에 따라 분류하면 다음과 같다. 물체를 직선과 곡선의 집합체로 표현한 다음 투영(projection)은 통해 테두리를 표시하는 wireframe 모델, 물체를 면으로 나타낸 다음 은선과 면면 제거 알고리즘이나 셰이딩(shading) 알고리즘을 가미하여 보다 현실감 있게 그 물체를 표현하는 surface 모델, 그리고 수학적인 고체(solid)로 물체를 표현하는 solid 모델로 나눌 수 있다 [13].

3차원 그래픽은 2차원에서 단지 차원이 하나 증가되었다는 사실 이상의 많은 문제에 직면하게 된다. 즉, 2차원 화면상에 3차원 물체를 현실감 있게 나타내기 위해서는 여러 가지 기술이 필요한데, 물체에 깊이감을 나타내는 방법, 다른 물체에 가려서 보이지 않는 부분은 나타내지 않는 방법, 표면의 밝기와 색 그리고 그림자나 질감을 나타내는 방법 등이 필요하고 보다 근본적인 문제는 3차원의 현실 세계를 컴퓨터 세계로 모델링하는 방법이 필요하다.

3차원의 현실 세계를 표현한 scene에는 많은 객체가 존재한다. scene과 scene에 존재하는 객체에 대해서 사용자의 질의를 허용하기 위해서 내용기반 검색 기법이 필요하다. 이러한 내용기반 검색을 지원하기 위한 효율적인 3차원 scene 모델링 기법이 필요하게 되었다.

따라서 본 논문에서는 3차원 이미지 데이터베이스에서 내용기반 검색을 지원하기 위한 모델링 방법 및 3차원 이미지 시스템의 구조를 제시한다. 이를 위한 요소기술로서 3차원 객체 및 객체의 특징 모델링 기법과 객체간의 공간관계 표현 기법을 제시하였다.

본 논문의 구성은 2장에서 관련 연구를 소개하고 3장에서 3차원 scene을 모델링하기 위한 요소기술인 객체의 표현 방법, 클러스터 구성, 공간관계 등의 표현기법과 전체 시스템 구조에 대해

설명한다. 마지막으로 4장에서 결론 및 후속연구 방향을 기술한다.

2. 관련 연구

이미지 데이터베이스에 관련된 연구 분야로는 3차원 객체 모델링, 질의 처리, 접근 방법 및 내용기반 검색, 의미추출 기법, 질의 표현 등을 들 수 있다 [12, 13].

• 3차원 객체 모델링

3차원 객체에 대한 모델링 기법에는 3D Studio, CAD 등과 같은 상용 모델링 도구를 사용하는 방법, 가상현실 속에서 HMD나 shutter glasses를 쓰고 객체 모델링을 하는 방법 [5]과 응용에 맞는 저작 도구를 개발하여 사용하는 방법 등이 있다.

내용기반 질의를 위해서는 3차원 그래픽을 단순한 비트맵 형태로만 표현할 수는 없다. 즉 객체의 표면이나 배경 등과 같은 2차원 이미지 정보뿐만 아니라 객체의 3차원 표현 및 공간 위치, 관측자의 시점(viewpoint), 광원(light source) 등과 같은 3차원 정보들도 같이 모델링 되어야 한다.

• 접근 방법 및 내용기반 검색 (content-based retrieval)

검색 기법에 관한 연구는 현재 이미지 데이터베이스 분야에서 가장 활발히 연구가 진행되고 있는 분야이다.

내용기반 검색은 나뉘면 다음과 같다.

- (1) 내용기반 질의(content-based query)
이미지의 내용이라는 것은 이미지가 가지고 있는 고유한 특징으로서 이미지의 의미(semantic)라고 한다. 이미지의 특징에는 색, 텍스처, 모양 등이 있다. 이러한 특징을 기반으로 하는 질의를 내용기반 질의라고 한다 [10].
- (2) 유사 질의(similarity query)
색, 텍스처, 모양과 같은 이미지의 특징은 다차원 벡터로 표현되며, 이미지간의 유사도는 특징을 나타내는 벡터 사이의 거리로 측정된다. 이미지간의 유사도 측정은 응용에 따라 다르고 여러 가지 특징이 복합적으로 사용되는 경우가 많다 [1, 2].
- (3) 공간관계 질의(spatial relation query)
2D 스트링, 9DLT 기법은 이미지 앞에서 객체들 사이의 공간관계를 표현한다. 검색은 주어진 예제 이미지에서 공간관계를 추출하여 데이터베이스에 존재하는 이미지의 공간관계와 비교한다 [6].
- (4) 의미 질의(semantic query)
이미지 앞에 있는 객체들에게 레이블 즉, 이름을 부여하고 이를 이용하여 질의하는 방법이나 레이블의 예로는 책상, 의자, 스텐드 등의 같은 것을 들 수 있다 [4].

[†] 이 논문은 한국과학재단의 '98 특장기조연구비의 지원에 의한 것이다.

이외에도 효율적인 질의 처리를 위한 인덱스 기법[8], 이미지로부터의 내용을 추출하는 기법[3, 7], 사용자의 질의 표현 기법[12] 등에 대해서도 연구를 하고 있다. 그러나 현재까지 이미지 데이터베이스 관련 연구들은 주로 2차원 이미지에 대한 검색 기법이며 3차원 이미지 데이터의 표현과 검색에 관한 연구는 2차원 이미지 검색 연구에 비해서 매우 미흡한 실정이다. 현재 3차원 이미지에 대해서는 그래픽스 분야에서 현실감있는 디스플레이에 관련된 연구가 진행되고 있으며 컴퓨터 비전 분야에서 3차원 객체 인식에 관한 연구 등을 들 수 있다.

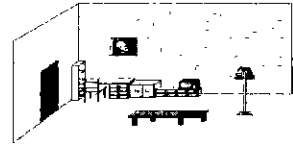


그림 3 scene의 예

3. 3차원 Scene 모델링

객체의 특징이란 객체가 가지고 있는 그 객체만의 고유한 특성을 말하는 것이다. 이러한 특성을 가지고 내용기반 검색을 하게 된다

3차원 객체는 선과 면을 구성하는 점, 선과 면의 색상, 객체의 부피, 면의 텍스처, 객체의 모양. 다른 3차원 객체 사이의 공간 관계 등에 대한 특성을 가지고 있다. 이러한 3차원 객체의 특성을 잘 표현 할 수 있는 모델링 기법이 필요하다

3.1 객체의 구성 및 scene 모델링

3차원 scene을 모델링할 때 scene을 구성하는 3차원 객체에 대해 점, 선 등의 좌표와 도형의 수식으로 표현되는 경우는 너무나 많은 계산 과정을 요한다. 성밀한 좌표 계산이 필요치 않는 대부분의 응용에서는 기본적인 3차원 객체(예 육면체, 구 등)들을 이용하여 임의의 3차원 객체를 표현 할 수 있으며, 따라서 이러한 기본 객체들의 효율적 표현 방안을 모색하여야 한다. 큰 연구에서는 3차원 이미지 내의 객체를 기본 객체와 사용자 정의 객체로 구분하여 3차원 객체를 표현한다

기본 객체는 3차원 이미지를 표현하기 위한 빌딩 블록이 되는 객체로서 직육면체, 원뿔, 구, 원기둥을 들 수 있다 사용자 정의 객체는 그림 1과 같이 여러 개의 다각형(polygon)으로 구성된다. 사용자 정의 객체라는 것은 3차원 객체를 모델링 할 때 기본 객체를 사용하여 표현 할 수 없을 때 사용자가 다각형을 사용하여 객체를 정의하는 것으로 사용자 정의 타입과 같다.



그림 1. 사용자 정의 객체의 예

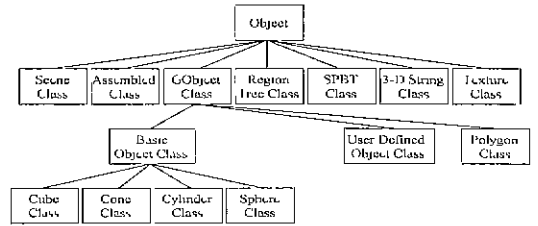
기본 객체나 사용자 정의 객체와 같은 단일 객체를 여러 개 모아서 책상, 의자, 스탠드 등과 같은 의미를 갖는 객체를 assembled 객체라 한다 이러한 assembled 객체는 의미 단위(semantic unit)이며 기본 객체와 사용자 정의 객체를 가지고 모델링 된 복합 객체이다 Assembled 객체는 자기의 고유한 의미를 객체 이름으로 가지고 있으며 assembled 객체를 구성하는 요소 객체들에 대한 정보가 표현되어야 한다. 그림 2는 assembled 객체의 예이다



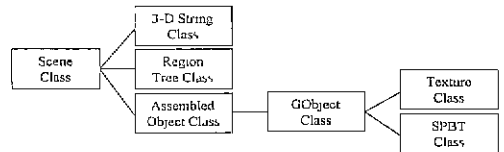
그림 2 Assembled 객체의 예.

최종적인 3차원 scene은 assembled 객체를 사용하여 표현 하고자 하는 대상을 모델링한 것이다 그림 3은 그림 2에서 예로 든 assembled 객체를 사용해서 scene을 모델링한 예이다. Scene에서 assembled 객체는 고유한 객체 식별자를 가지고 구별 할 수 있고 assembled 객체의 위치 정보를 가지고 객체 사이의 공간 관계를 정의 할 수 있다

3차원 이미지 데이터베이스를 위한 클래스 계층(class hierarchy)과 클래스 구성 계층(class composition hierarchy)은 다음과 같다



(a) 클래스 계층



(b) 클래스 구성 계층

그림 4 클래스 계층과 클래스 구성 계층

다음은 주요 클래스에 대한 설명이다.

(1) Scene 클래스

Scene을 표현하기 위한 클래스이고 이미지 데이터베이스는 scene들의 집합이다 Scene 클래스의 에트리뷰트는 scene을 구성하는 assembled 객체를 가리키는 포인터, 객체의 디스플레이 순서를 가지고 있는 영역 트리(region tree)의 루트 포인터, scene의 이름, assembled 객체 사이의 공간 관계를 표현하는 3D 스트링이 있다.

(2) Assembled 클래스

Assembled 객체를 표현하기 위한 클래스이고 scene 클래스의 에트리뷰트이다. Assembled 클래스의 에트리뷰트는 책상, 의자, 스탠드 등과 같은 객체의 의미를 나타내는 이름, assembled 객체를 구성하는 객체의 포인터, scene 안에서 assembled 객체를 유일하게 구별 할 수 있는 식별자, assembled 객체를 포함하는 최소 경계 직육면체(minimum bounding cube)의 좌표 값이 있다 최소 경계 직육면체의 좌표 값을 가지고 3D 스트링을 생성하게 된다.

(3) GObject 클래스

기본 객체와 사용자 정의 객체의 부모 클래스이고 assembled 클래스의 에트리뷰트이다. GObject 클래스의 에트리뷰트는 각 객체의 식별자, 객체의 선 결합 모양을 결정하기 위한 특성 부가 있다.

그 밖에 클래스로는 다중레이 순서를 가지고 있는 영역트리(region tree) 클래스, assembled 객체간의 공간 관계를 표현하는 3D 스트링 클래스, 각스처 맵핑을 위한 텍스처 클래스 등이 있다

3.2 공간 관계 모델링

본 연구에서는 3차원 객체에 관한 공간 관계를 표현하는 방법으로 2D 스트링 기법을 확장한 3D 스트링 기법을 사용한다

(1) 3D 스트링의 정의

- V : 심볼의 집합(assembled 객체의 의미적인 이름)
예) 객상, 의자, 스탠드 등
- A (<, =)으로 구성된 V에는 포함되지 않는 심볼의 집합
- < : 좌-우, 상-하, 원-근 관계
- = : 동일 위치 관계

3D 스트링은 (u, v, w)로 표현한다. u는 객체의 x축에 대한 투영(projection), v는 객체의 y축의 투영, w : 객체의 z축에 대한 투영이고 각각은 1D 스트링이다

(2) 3D 스트링의 예

그림 5와 같이 3차원 공간상의 두 개의 객체 a, b가 있다면 3D 스트링은 다음과 같이 정의된다. 그림 5에서 심볼의 집합 V는 a, b이고 심볼의 집합 A는 <, =이다. 객체를 x축에 투영하면 객체 a가 객체 b의 왼쪽에 존재하므로 u는 a < b이고 객체를 y축에 투영하면 객체 a가 객체 b의 아래쪽에 존재하므로 v는 a < b이고 객체를 z축에 투영하면 객체 a와 객체 b는 동일 위치에 존재하므로 w는 a = b이다. 그래서 3D 스트링은 (a < b, a < b, a = b)이다. 결과 3D 스트링 (a < b, a < b, a = b)에서 동일 위치 관계를 나타내는 표시인 "="는 생략되어도 동일한 의미를 전달할 수 있다. 그래서 (a < b, a < b, a b) 같이 표시 할 수 있다.

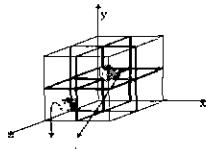


그림 5. 3차원 공간상의 두 객체

3.3 3차원 이미지 데이터베이스 시스템의 구성

3차원 이미지 데이터베이스 시스템 구조의 모듈은 그림 6과 같이 사용자가 3차원 scene을 만들고 질의를 표현하며 질의 결과를 다시 사용자에게 보여주는 인터페이스 모듈, 사용자의 입력에 대한 전처리(preprocess)하는 모듈, 사용자의 질의를 처리하는 질의처리 모듈, 객체를 저장/로드하는 3차원 객체 관리 모듈, 데이터베이스 인터페이스 모듈 등으로 구성된다.

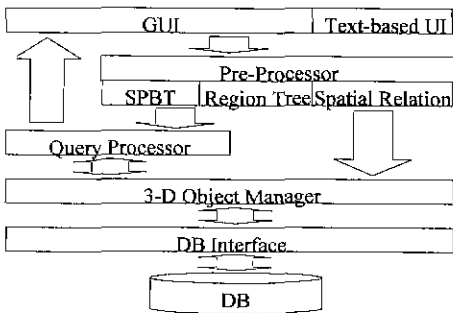


그림 6. 이미지 데이터베이스 시스템 구조

사용자 인터페이스를 통해서 작성된 3차원 scene은 데이터베이스에 저장 및 질의처리가 되어지기 전에 전처리 과정을 거친다. 전처리 과정에서 scene을 구성하는 객체들 사이의 공간관계, 각 시점에서 보여질 객체의 선 결합 모양을 가지고 있는 SPBT [9], 객체들 사이의 디스플레이 순서를 가지고 있는 영역트리(region tree)

[9]를 생성한다. 질의 처리기는 애트리뷰트 질의, 공간관계 질의, 유사 질의 등과 같은 내용기반 질의를 처리하는 모듈이다.

4. 결론

본 논문에서는 내용기반 질의를 위한 3차원 scene 모델링을 방법을 제안하였다. 모델링의 기본 단위를 객체로 함으로써 기본 단위가 다각형인 BSP 트리에 비해 불필요한 분할(split)을 줄일 수 있고 원뿔, 원기둥, 구와 같은 객체가 기본 객체이므로 곡면 객체를 모델링하기 쉽다. 기본 객체나 사용자 정의 객체를 여러 개 모아서 객상, 의자, 스탠드 등과 같은 의미를 갖는 assembled 객체를 구성한다. Assembled 객체를 이용하여 3장에서 제시한 내용기반 질의를 수행 할 수 있다. Assembled 객체가 여러 개 모아서 장의실, 연구실 등과 같은 모델링하고자 하는 scene을 구성한다.

3차원 이미지에 대한 질의는 2차원 이미지에 비해서 시점이라는 요소가 첨가 되므로서 시점을 포함한 다양한 질의가 가능하나 질의 처리의 복잡성이 증가되어 효율적인 검색을 위한 인덱스 기법을 필요로 한다. 따라서 이에 대한 추가적인 연구가 필요하고 3장에서 제시한 이미지 데이터베이스의 효율적인 구현방법과 질의 처리기법에 관한 연구가 수행되어져야 한다.

참고문헌

- [1] Christos Faloutsos, Euripid G.M. Petrakis, "Similarity Searching in Large Image DataBase," Department of Computer Science University of Maryland
- [2] Euripidos G.M Petrakis, "Similarity Searching in Medical Image Databases," IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol. 9, No 3, pp 435-447 May 1997
- [3] G.P. Zarri, "Conceptual Representation for Knowledge Bases and 'Intelligent' Information Retrieval Systems," Proc. 11th Int'l Conf. Research and Development in Information Retrieval, pp. 551-556, 1988.
- [4] Husam Sabri Shakir, Makoto Nagao, "Context-Sensitive Processing Of Semantic Queries in An Image Database System," Information Processing & Management, Vol 32, No 5, pp 573-600, 1996.
- [5] Hiroaki NISHINO, Kouichi UTSUMIYA, Kazuyoshi KORIDA, "3D Object Modeling Spatial and Pictographic Gestures," Proc of the ACM VRST'98, pp. 51-58, 1998
- [6] Jack A Orenstein and Fraink A Manola, "PROBE Spatial Data Modeling and Query Processing in an Image Database Application," IEEE Transactions on Software Engineering Vol 14, No 5, pp 611-629 May 1988
- [7] P.J. Smith, S.J Shute, and D. Galdes, "In Search of Knowledge-Based Search Tactics," Proc. 12th Int'l Conf Reasrch and Development in Information Retrieval, pp. 3-10, 1989
- [8] Schweitzer H, "Organizing image databases as visual-content search trees," Image and Vision Computing, Vol. 17, pp 501-511, 1999
- [9] Soochan Hwang, Sang-Young Cho, Taehyung Wang and Phillip C.Y. Sheu, "A Fast 3-D Visualization Methodology Using Characteristic Views of Objects," Proceedings of SEEK'96 June, Lake Tahoe, USA, pp 577-584, 1996.
- [10] Uri Shaft, Raghu Ramakrishnan, "Content-Based Queries in Image Databases," Department of Computer Science University of Wisconsin-Madison March 1996
- [11] William I. Grosky, Forouzn Golsham et al, "Research Direction in Image Database Management," Eighth International Conference on Data Engineering, Arizona, February, 1992.
- [12] Yoshitaka A, Ichikawa T, "A survey on content-based retrieval for multimedia databases," IEEE Transactions on Knowledge And Data Engineering, Vol 11, pp. 81-93, January/February 1999.
- [13] 신영수, 김현식, 3차원 그래픽, 기남사, 1995.