

□ 기술해설 □

특징 기반의 3차원 물체 정보 검색 시스템 모델

서울대학교 신병석* · 신영길**

● 목	차 ●
1. 서 론	4.1. 인식 서브 시스템
2. 일반적인 정보검색 시스템과 멀티미디어 정보검색 시스템	4.2. 탐색 서브 시스템
3. 3차원 물체정보의 특성	4.3. 사용자의 개입
4. 3차원 물체정보 검색 시스템	5. 결 론

1. 서 론

멀티미디어(multimedia)란 여러 매체를 효율적으로 통합시켜 사용자가 자신의 의사를 상대방에게 전하고 그들로부터 오는 반응을 다시 통합된 미디어를 통하여 완벽하게 이해할 수 있도록 해주는 것이다[1]. 멀티미디어를 이용하면 기존의 문자중심 정보처리에서 벗어나 화상, 그래픽, 오디오, 비디오와 같은 다양한 매체들을 사용함으로써 좀더 정확하고 많은 정보를 주고 받을 수 있다. 컴퓨터 하드웨어와 소프트웨어의 비약적인 발전으로 기존의 컴퓨터 시스템에서는 처리할 수 없었던 매체들을 실시간에 처리할 수 있게 되었고, 컴퓨터 통신, 운영체제, 데이터베이스 등 거의 모든 분야에서 멀티미디어에 대한 활발한 연구가 진행되고 있다.

여러가지 연구분야 중에서 일반 사용자들이 가장 쉽게 접할 수 있는 분야는 정보검색(information retrieval)분야이다. 컴퓨터를 이용한 정보처리의 다른 분야들처럼 기존의 정보검색은 주로 문자 중심으로 이루어져 왔다. 데이터베이스에는 문자들로 이루어진 정보가 들어있고, 사용자들은 문자열과 몇가지 연산자들을 사용하여

자신이 원하는 정보를 얻어내기 위한 질의를 만들어낸다. 물론 처리 결과도 문자로 나타난다. 그러나 컴퓨터 시스템에서 다양한 미디어 정보를 다룰 수 있게 되면서 이를 이용한 정보검색에서도 변화가 필요하게 되었다. 멀티미디어 정보검색[2]은 사용자들에게 더 정확하고 다양한 정보를 제공해 주는 장점이 있지만 개발자에게는 다양한 미디어 정보를 데이터베이스에 효율적으로 조직화하여 저장하는 방법, 사용자들이 납득할 수 있는 시간내에 필요로 하는 정보를 찾아주는 방법, 미디어별 질의 구성방법, 여러가지 장치를 통한 미디어 정보의 입출력 방법 등을 고안해 내야 하는 문제를 안겨주었다.

본 논문에서는 여러가지 미디어 정보중에서 3차원 물체정보를 내용기반 탐색(content-based search)에 의해 검색하는 시스템의 개괄적인 모델을 제시하고자 한다. 3차원 물체정보는 화상이나 비디오와 같이 2차원 상에 투영된 정보가 아닌 3차원의 공간정보를 가지고 있는 것으로 다양한 응용분야를 가진다. 다른 미디어 정보들과 마찬가지로 하나의 3차원 물체를 표현하는 정보의 양이 방대하기 때문에 그 자체를 탐색 키(key)로 사용하는 것은 거의 불가능하다. 따라서 여기서는 특징 모델(feature model)과 근사매칭(approximate matching)을 이용한 정보검색 시

*정회원

**중신회원

시스템을 제안한다. 이 시스템은 3차원 물체의 데이터를 입력받아 기하 모델(geometric model)을 구성한 후 모델로부터 특징들을 추출하여 데이터베이스에 저장하는 인식 서브 시스템과 특징 기반(feature-based)의 사용자 질의를 이용하여 데이터베이스에 저장된 3차원 물체의 정보를 검색해 내는 탐색 서브 시스템으로 구성된다.

2장에서는 일반적인 정보검색 시스템과 멀티미디어 정보검색 시스템의 차이를 설명하고, 3장에서는 취급할 3차원 물체 정보의 특성을 다룬다. 4장에서는 여기서 제시하는 3차원 물체 정보 검색시스템 모델의 개관과 각 부분별 기능을 설명하고 결론을 맺는다.

2. 일반적인 정보검색 시스템과 멀티미디어 정보검색 시스템

텍스트(text)를 주로 다루는 일반 정보검색 시스템과는 달리 멀티미디어 정보검색 시스템은 멀티미디어 정보의 복잡한 구조로 인해 조작과정이 매우 복잡하다. 멀티미디어 데이터를 검색하는데 있어 가장 중요한 것은 대상이 되는 멀티미디어 데이터를 이용하여 데이터베이스를 구축 및 관리하는 일과 사용자의 질의와 저장된 데이터를 매칭(matching)시키는 일이다.

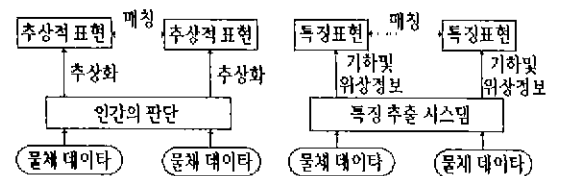
사용자의 질의와 데이터를 매칭시키기 위한 방법은 크게 두가지로 나뉜다. 첫번째 방법은 심볼묘사(symbolic description)를 기반으로 하는 묘사 기반 매칭(description based matching)으로서 키워드(keyword)를 사용하는 방법과 텍스트 묘사(text description)를 이용하는 방법이 여기에 해당된다. 두번째로는 물체의 기하정보나 위상정보를 직접 이용하는 객체 기반 매칭(object based matching)방법이 있는데, 여기에는 물체의 기하학적 정보를 그대로 매칭에 이용하는 정확 매칭(exact matching)과 물체의 데이터로부터 비문자 형태의 특징(feature)을 추출하여 매칭에 이용하는 방법이 있다.

묘사 기반 매칭은 물체를 추상화시켜 묘사하고 검색이나 참조시에도 추상화된 정보를 이용하는 것이다. 키워드를 이용하는 방법은 구현이 비교적 단순한 반면에 부정확하며 사용자가 관심있는

데이터를 탐색하기 어렵다는 문제점이 있다. 두번째 방법인 텍스트 묘사는 주로 자연어 접근방법[3,4]으로 이루어지는데 이것은 저장된 데이터의 내용을 자연어를 이용하여 묘사하고 그 묘사를 데이터 검색에 이용하는 것이다. 이 방법의 문제점은 서로 다른 사용자가 동의어를 사용하거나 같은 대상을 일반화내지는 전문화시킴으로 인해서, 저장된 데이터의 내용묘사와 사용자의 질의가 내용상으로는 같지만 매치되지 못하는 경우가 발생한다는 것이다[5]. 이러한 문제들은 묘사 기반 매칭 방법이 가지는 추상화에 의한 변칙(abstraction anomaly) 때문에 발생한다.

객체 기반 매칭에서 정확 매칭은 물체를 오류없이 식별해낼 수는 있다. 그러나 찾고자 하는 물체를 기하학적으로 정확하게 기술하는 것과 두개의 기하정보가 정확하게 일치하는지를 검사하는 것은 매우 어려운 일이다. 특징 기반의 매칭방법은 비교 대상 물체의 기하정보와 위상정보를 사용하여 물체를 특징에 의해 표현한 후 두개가 일치하는지를 검사하는 방법이다. 이 방법은 정확 매칭 방법에 비해 구현이 용이한 반면에 응용분야에 따라 특징들을 정의해 주어야 하는 문제가 있다. 그림 1은 묘사 기반 매칭과 특징을 이용한 객체 기반 매칭의 개념적 차이를 보여주고 있다. 특징 기반의 매칭방법은 인간의 판단을 거치지 않고 물체의 기하 및 위상 정보만을 사용하여 이루어지므로 진정한 의미의 내용기반 탐색이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 특징(feature)에 의한 검색방법을 사용한다. 특징이란 물체에 나타나는 여러가지 형상들을 가리킨다. 예를 들면 물체의 표면에 돌출된 모양이나 깊게 패인 구멍은 하나의 특징이라고 말할 수 있다. 하나의 물체는 특징들의



(a) 묘사 기반 매칭 (b) 특징을 이용한 객체 기반 매칭

그림 1 묘사 기반 매칭과 객체 기반 매칭

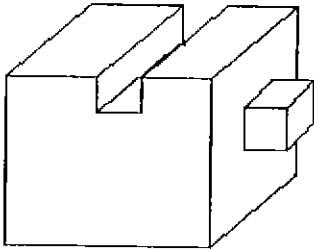


그림 2 돌출부와 홈이 있는 육면체

집합으로 표현될 수 있다. 단순한 물체는 몇가지 특징들로 표현되며 복잡한 물체의 경우는 많은 특징들이 복잡하게 결합되어 있는 것으로 표현된다. 특징에 의해 물체를 인식하고 표현하는 방법은 인간이 물체를 인식하고 표현하는 것과 유사하다. 인간이 시각을 통해 물체를 보았을 때 3차원 공간상에서의 물체의 좌표나 물체를 구성하는 선, 면 등의 기하학적 정보를 이용하여 인식하는 것이 아니라, 물체의 굴곡이나 형상을 이용하여 인식하고 표현한다. 예를 들어 그림 2와 같이 육면체의 한 면에 돌출부가 있고 다른 면에 홈이 패인 간단한 물체를 보자. 사람들은 이 물체를 보고 다른 사람에게 말할 때 각 모서리의 좌표나 선 또는 면의 방정식을 말하는 대신에 “한쪽 면에 돌출이 있는 육면체 또는 홈이 패인 육면체”라고 말한다. 이것은 육면체라는 특징과 돌출부 또는 홈이라는 특징을 계층적으로 연결하여 표현한 것이다.

그러나 특징을 이용하는 경우는 다음과 같은 문제가 있다. 첫째로 특징의 종류는 표현하고자 하는 대상물에 따라, 또한 응용목적에 따라 달라지기 때문에 모든 응용에 일반적으로 적용할 수 있는 특징은 정의할 수 없다는 것이다. 두번째로는 하나의 물체에 대한 표현이 여러가지 존재할 수 있다는 것이다. 이것은 같은 특징에 대한 해석방법의 차이에서 비롯되는 것이다. 첫번째 문제를 해결하기 위해서는 특징들을 몇가지 범주들로 분류하는 작업이 필요하다. 또한 물체를 표시하는 복잡한 형상을 일반화가 가능한 몇가지 기본적인 특징들이 조합된 것으로 표현함으로써 해결할 수 있다. 두번째 문제를 해결하기 위해서는 의미가 같고 형태는 다른 두가지 표현을

상호 변환시켜줄 수 있는 연산을 정의하고 그 연산에 따라 입력된 두가지 표현을 동일한 내부 표현으로 변환하여 저장해 주는 방법을 고안해 내야 한다[6].

3. 3차원 물체정보의 특성

3차원 물체는 크게 자연물(natural object)과 인공물(artificial object)로 나눌 수 있다. 극히 일부분을 제외한 대부분의 3차원 물체는 매우 복잡한 모양과 성질을 가지고 있다. 따라서 이것을 컴퓨터상의 내부 표현으로 바꾸는 것은 쉬운 일이 아니다. 특히 자연물은 인위적으로 가공되거나 변형된 것이 아니기 때문에 매우 불규칙하고 복잡한 형상을 가지며 이것을 컴퓨터상에 표현하려면 매우 많은 데이터가 필요하다. 반면에 인공물은 비교적 단순하고 규칙적이며 인간이 쉽게 예측할 수 있는 형태를 가지기 때문에 적은 양의 데이터로 표현이 가능하다.

3차원 물체로부터 얻어지는 데이터는 크게 물체의 형상(shape)을 나타내는 데이터와 물체의 각 부분들이 가지는 물리적, 화학적 성질(property)을 나타내는 데이터로 나뉘볼 수 있다. 형상 데이터는 여러가지 센서나 입력장치들을 사용하여 쉽게 얻어낼 수 있고 내부적으로 표현하기도 쉬워서 물체의 시각적 특징이 중시되는 탐색에 적합하다. 이와는 대조적으로 성질을 나타내는 데이터는 반복된 실험과 통계적인 방법을 이용해야 하므로 데이터의 수집이나 내부적 표현이 쉽지 않다. 일반적으로 성질을 나타내는 데이터는 탐색에 이용되기보다는 시뮬레이션이나 FEA (finite element analysis)와 같은 제한된 분야에만 사용된다.

4. 3차원 물체정보 검색 시스템

3차원 물체 정보를 검색하는 시스템에 대한 모델은 인간의 물체정보 인지과정을 이용하여 구축할 수 있다. 인간의 물체인지 과정은 완전하게 밝혀지지는 않았지만 대략 다음과 같은 정보의 흐름을 보인다. 인간이 어떤 물체를 바라보면 그 물체의 영상이 망막에 투영되며, 좌우의

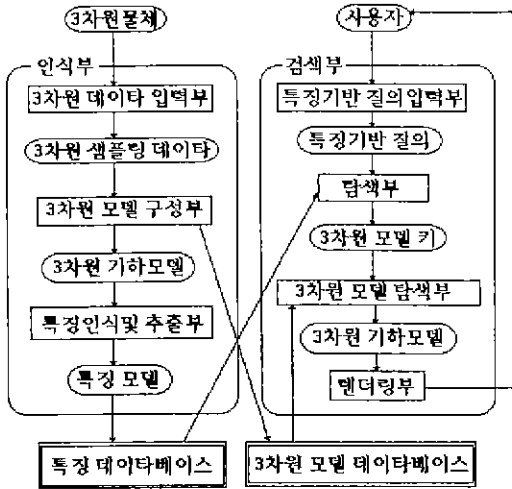


그림 3 3차원 물체 정보 검색 시스템의 모델

안구에 맺히는 상의 차이를 이용하여 입체정보를 얻어낸다. 물론 물체의 보이지 않는 부분까지 정보를 얻을 수는 없지만 부분적인 3차원 정보는 입력받을 수 있다. 이렇게 입력된 정보는 기존에 저장된 정보들과의 비교 및 추론과정을 거치면서 물체의 개괄적인 형태나 다른 물체와 쉽게 구별되는 독특한 형상과 같은 고차원의 추상적인 형태로 표현된다. 나중에 그 물체의 정보를 검색할 때도 추상적인 데이터가 이용된다.

이와 같은 인간의 물체인지 과정의 이해로부터 그림 3과 같은 3차원 물체 정보 검색 시스템의 모델을 구성할 수 있다. 정보 검색 시스템은 물체 정보를 입력받아 추상적인 형태로 변환하여 데이터베이스에 저장하는 인식 서버 시스템과 사용자의 질의를 입력받아 원하는 물체 정보를 검색하는 검색 서버 시스템으로 구성된다.

4.1 인식 서버 시스템

인식 서버 시스템은 3차원 물체에 대한 정보를 입력받아 3차원 기하 모델(geometric model)을 만들고 이 모델로부터 특징들을 추출하여 특징 모델을 생성한 후 데이터베이스에 보관한다. 데이터베이스에 저장된 내용은 검색 서버 시스템에서 사용자가 요구하는 정보를 검색하는데 사용된다.

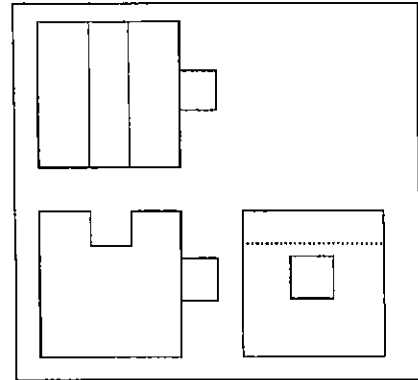


그림 4 정면도, 입면도, 평면도로 이루어진 도면

4.1.1 3차원 데이터 입력부

3차원 물체의 정보를 입력하는 데는 다음과 같은 다양한 방법이 사용된다.

- 2차원상에 투영된 도면에 의한 방법
- 3차원 레인지 데이터(range data)를 이용하는 방법
- 2차원 슬라이스 이미지로부터 재구성하는 방법

기계적인 가공에 의해 만들어 낼 수 있는 인공물의 경우는 1개 혹은 여러개의 도면에 의해 정보를 입력받을 수 있다. 도면은 대상물체를 2차원 투영면상에 평행 또는 원근 투영을 하여 만들어진 화상을 가리키는데 3차원 좌표계상에서 좌표축에 평행하도록 투영하여 생성된 것 중 평면도, 측면도, 입면도의 세 도면을 사용하는 방법이 가장 많이 사용된다. 그림 4는 그림 2의 물체를 XYZ 세 방향에서 투영하여 만들어진 도면의 예를 보여주고 있다. 도면을 이용하는 경우는 보이지 않는 부분에 대한 정보까지 얻어낼 수 있기 때문에 물체의 3차원 정보를 완벽하게 복원해낼 수 있는 장점이 있다. 도면에 의해 입력된 데이터는 도면상에 나타나는 각 점의 좌표와 선분이 되는데 DXF[7]나 IGES[8]와 같은 표준 도면 화일 형식으로 저장된다.

투영에 의하지 않고 3차원 기하정보를 직접 입력받을 수 있는 방법으로 레인지 센싱(range sensing)[9,10]을 이용하는 방법이 있다. 레인지 센싱은 스테레오 카메라를 이용하여 두 영상의

차이를 이용하거나 카메라에 포착된 영상의 흐려짐(blur), 감쇄(attenuation), 움직임(motion)을 이용하는 피동적 레인지 센싱(passive range sensing)과 레이저 레인지 센서(laser range sensor)나 NRC 동기식 레인지 스캐너(synchronous range scanner)를 이용한 능동적 레인지 센싱(active range sensing) 방법이 있다. 레이저 센싱기법을 사용하면 3차원 물체정보를 직접 입력 받을 수 있고, 입력가능한 대상물에 제한이 없다는 장점이 있다. 그러나 이 방법을 이용하면 물체의 배면이나 내부에 대한 정보는 얻어낼 수 없고 데이터의 정확성이 떨어진다는 문제가 생긴다.

또다른 방법으로 2차원 슬라이스 이미지(slice image)를 이용하는 방법이 있다. 이 방법은 주로 의학 영상(medical imaging)분야에서 사용되는 방법으로서 CT(computerized tomography)[11]나 MRI(magnetic resonance imaging)[12]를 이용하여 대상물의 내부를 보여주는 여러개의 2차원 슬라이스들을 만들어 낸다. 레인지 센싱과 마찬가지로 대상물의 형태에 제한을 받지 않으며, 물체의 내부정보까지 얻어낼 수 있는 장점이 있지만 입력 데이터의 종류가 크기에 따라 제한을 받고, 입력 비용이 많이 드는 문제가 있다.

4.1.2 3차원 모델 구성부

3차원 모델 구성부는 입력부를 통해 얻어진 데이터를 기반으로 하여 3차원 모델을 만들어내는 부분이다. 3차원 물체를 모델링하는 방법은 여러가지가 있지만 구름이나 파도와 같은 자연 현상이나 산맥, 지형 등의 복잡한 대상을 제외한다면 대부분의 물체는 기하학적 모델(geometric model)로 표현을 할 수 있다. 기하학적 모델이란 대상물체를 점, 선, 다각형, 매개변수 곡면 패치(parametric patch)와 같은 기하학적 프리미티브를 이용하여 표현한 것을 가리킨다[13]. 대표적인 기하학적 모델로는 골격 모델(wireframe model), 표면 모델(surface model), 솔리드 모델(solid model)이 있는데, 이 시스템에서는 모호성(ambiguity)이 적고 추후에 렌더링에도 직접 이용할 수 있는 솔리드 모델로 물체를 표현한다.

도면으로부터 얻어진 데이터를 이용하여 솔리드 모델을 만들어 내는 방법은 다양하게 연구가 되고 있는데 일반적으로 많이 사용되는 방법들은 [14-22] 다음과 같은 순서로 모델을 구성한다.

(1) 2차원 정점과 변을 이용하여 3차원 점의 좌표를 구한다.

(2) 3차원 정점정보와 2차원 기하정보를 이용하여 3차원 변의 좌표를 구한다.

(3) 3차원 정점과 변 정보로부터 골격 모델을 만들어 낸다.

(4) 가상면(ghost face)들을 제거하고 솔리드 모델을 만들어 낸다.

일단 솔리드 모델이 만들어지면 검색 서브 시스템에서 렌더링을 하여 화면에 표시해 주거나 그 외의 용도로 사용하기 위해 3차원 모델 데이터베이스에 저장해 둔다.

두번째로 레인지 센싱을 이용하여 얻어진 데이터들은 물체의 배면이나 내부의 정보를 완벽하게 표현하지는 못하기 때문에 이 데이터들로부터 3차원 모델을 구성해 내는 것은 쉽지 않다. 그러므로 이 방법을 사용하여 만들어지는 모델은 국부적인 면정보나 선정보들로만 구성되며 데이터베이스에도 부분적인 기하 모델이나 레인지 데이터를 직접 저장하는 방법을 사용한다[23, 24].

2차원 슬라이스 이미지들을 이용하여 3차원 기하 모델을 구성하기 위한 여러가지 방법이 있다. 한가지 예로 두장의 연속된 2차원 슬라이스 이미지에서 물체의 경계선을 찾아낸 후에 두 이미지상의 경계선들을 연결하여 표면을 구성하는 다각형들이나 매개변수 곡면 패치들을 찾아내는 경계선 연결(contour connecting)방법이 있다[25,26]. 또 한가지는 슬라이스 이미지를 복셀화(voxelization)하여 3차원 복셀(voxel)에 저장한 후에 물체의 표면을 구성하는 복셀들을 연결하는 다각형이나 매개변수 곡면 패치를 찾아내는 방법이다[27].

도면을 이용하는 방법은 도면 작성 과정에서 물체에 대한 정확한 정보들이 입력되므로 레인지 센싱이나 슬라이스 이미지를 사용하는 경우에 비해 쉽게 정확한 모델을 만들어낼 수 있다. 또한

이렇게 만들어진 모델은 다른 방법으로 만들어진 모델에 비해 상대적으로 적은 수의 간단한 프리미티브들로 표현된다. 일단 솔리드 모델이 만들어지면 다음 단계인 특징 인식 및 추출부의 입력이 된다. 솔리드 모델을 표현하기 위해 많이 사용되는 방법으로는 표면의 정보를 이용하는 B-rep(boundary representation)와 기하학적 프리미티브들의 불린 집합 연산으로 표현하는 CSG(constructive solid geometry)가 있는데 이 시스템에서는 B-rep[39]를 이용한다.

4.1.3 특징 인식 및 추출부

3차원 물체를 식별해내기 위해서 물체로부터 특징을 인식해 내야 한다. 특징 인식을 위한 기본적인 과정은 먼저 물체에 나타날 수 있는 일반적인 특징들을 정의해 두고 그러한 특징이 물체내에 존재하는지를 검사해야 하는 것이다. 그러나 인식 대상이 되는 물체의 종류나 응용에 따라 특징들은 매우 다양하게 나타나기 때문에 일반적으로 모든 응용에 적합한 특징을 정의하는 것은 불가능하다. 따라서 시스템을 구현하려면 어떤 도메인에 어떤 목적으로 사용할 것인지에 따라 특징들을 적절히 정의하고 분류해야 할 필요가 있다.

일단 특징들을 추출하고 나면 그 물체를 특징에 의해 표현할 수 있는데 이것을 특징 모델이라고 한다. 특징 모델은 기하 모델을 고수준의 추상적인 형태로 표현한 것이므로 표현을 위한 데이터의 양이 적고 탐색작업에 용이하다. 예를 들어 그림 2의 물체를 각 꼭지점의 좌표와 모서리, 면의 방정식으로 표시한 것이 기하 모델이고, “한쪽 면에 돌출이 있는 육면체”라고 표시한 것이 특징 모델이다. 특징 모델은 간단한 구문(syntax)나 그래프(graph) 등의 형태로 쉽게 정형화시킬 수 있는 장점이 있다.

특징들은 물체의 기하학적 성질에 따라 결정된다. 특징들을 정의하는 방법은 다음의 몇 가지로 정리해 볼 수 있다.

- 그래프(graph)에 의한 방법
- 구문(syntax)에 의한 방법
- 규칙 기반(rule-base)에 의한 방법

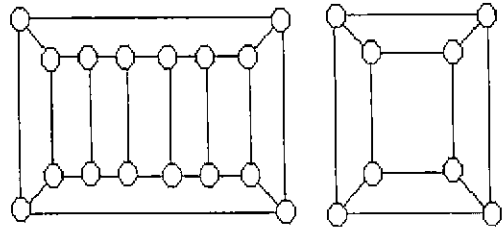


그림 5 물체를 표현하는 그래프

- 특수한 기하학적 패턴(geometric pattern)을 이용하는 방법

기하 모델은 각각의 기하학적 프리미티브들이 상호연결되어 만들어지기 때문에 그래프의 형태로 쉽게 표현할 수 있다. 예를 들어 그림 2의 물체에서 각 꼭지점을 그래프의 노드(node)로, 꼭지점을 연결하는 모서리들을 아크(arc)로 정의하면 그림 5처럼 하나의 평면그래프(planar graph)가 만들어진다. 따라서 물체에 나타날 수 있는 일반적인 특징들을 부분그래프(subgraph)로 미리 정의해 두고 입력된 물체의 기하 모델을 그래프로 변환한 후에 그래프 매칭(graph matching)에 의해 내재된 특징들이 어떤 것이 있는지를 찾아낼 수 있다. 특징 표현과 그래프 매칭을 효과적으로 하기 위해서는 그래프 내의 각 기하 요소들간의 인접성이나 연결성과 같은 위상 정보(topological information)뿐만 아니라 길이, 각도 등의 기하 정보(geometric information)를 충분히 표현해줄 수 있어야 하는데 이를 위한 여러가지 그래프 모델들이 제시되어 있다. 속성 인접 그래프(AAG: Augmented Adjacency Graph)[28]는 인접한 두 면이 이루는 각도를 아크의 속성으로 부여하고 있으며, 일반화된 변-면 그래프(GEFG: Generalized Edge-Face Graph)[29]는 면과 변, 변과 정점의 인접성을 단일 그래프에 모두 표현하도록 해주고 있다. 형태지정 정점-변 그래프(TVEG: Typed Vertex-Edge Graph)[30]는 정점의 형태에 의해 연결된 변과 면의 위상 정보를 표현하도록 한 것이며, 확장된 정점-변 그래프(EVEG: Extended Vertex-Edge Graph)[31,32]는 형태지정 정점-변 그래프의 모호성 문제를 해결하고 특징들을 효율적으로 표현하기

위해 제시된 모델이다. 이 외에도 몇가지 그래프 모델들이 제시되어 있다[33].

두번째 방법으로 구문에 의한 특징 인식 방법이 있다[34-36]. 여기서는 기하 모델이 나타내는 기하 및 위상 정보들을 객체 기술 언어(object description language)로 표현하는 것이다. 그러면 물체에 나타나는 특징들은 객체 기술 언어로 표시된 몇 개의 구문들로 정의될 수 있다. 이 방법으로 사용하면 검색 서버 시스템에서 사용자의 질의를 객체 기술 언어로 표시할 수 있다는 장점이 있다.

세번째 방법은 규칙 기반에 의한 방법[37]인데 이것은 특징이 되기 위해서 충족되어야 할 몇가지 제약조건(constraint)들을 이용하여 특징들을 정의하는 것이다. 인식과정에서는 물체의 모델 내에서 지정된 제약조건들을 만족시키는 기하요소들의 집합이 존재하는지를 검사하면 된다. 이 방법은 기존의 많은 연구가 진행된 규칙 기반 접근방법에 의해 쉽게 구현할 수 있으며, 정확히 일치하지 않고 부분적으로만 일치하는 특징들도 인식하고 추출해낼 수 있는 장점이 있다.

마지막으로 기하학적 패턴을 이용하는 경우는 주로 자연물과 같은 복잡한 물체를 모델링한 경우에 많이 사용된다. 이 방법은 물체의 표면에 나타날 수 있는 복잡한 형상들을 근사적으로 표시할 수 있는 매개변수 패턴을 이용하여 특징을 정의한다. 이 패턴은 매개변수를 변경함으로써 다양한 모양을 표현할 수 있으므로 사용자는 패턴의 종류와 매개변수만을 데이터베이스에 저장해 두면 된다. 이러한 패턴의 예로는 슈퍼 세그먼트(super segment)와 스플래쉬(splash)[38] 등이 있는데 이것들을 주로 컴퓨터 비전분야에서 사용된다. 앞서 설명한 세가지 방법과는 달리 이 방법은 물체의 국소적인 형태를 표현하는데만 사용되며, 물체 전체를 표현하는 경우는 상당한 양의 기억장소를 차지하게 되는 문제가 있다.

4.1.4 데이터베이스

데이터베이스는 특징 데이터베이스와 3차원 모델 데이터베이스로 구성된다. 특징 데이터베이스에는 검색될 물체를 표현하는 특징들과 그들간의 상호관계가 저장되며 3차원 모델 데이터

베이스는 렌더링이나 이후의 처리를 위해 사용될 3차원 모델을 저장하는데 사용된다. 본 시스템의 특징 데이터베이스에 저장되는 물체 정보는 그림 6과 같이 특징들의 계층적 연관관계를 표시하는 유향 비순환 그래프(DAG: directed acyclic graph)이다.

4.2 검색 서버 시스템

검색 서버 시스템은 사용자의 질의를 받아서 내부 표현으로 바꾼 후에 그것을 키로 하여 일치하거나 근사하는 3차원 물체정보를 찾아주는 역할을 한다. 여기서 중요한 것은 사용자의 질의를 받아들이는 방법과 근사 매치되는 물체를 찾아주는 방법이다.

4.2.1 특징 기반 질의 입력부

탐색을 위해서는 사용자의 질의를 받아서 내부 표현으로 바꾸는 작업이 선행되어야 한다. 본 논문의 검색 시스템에서 데이터베이스에 저장된 내용은 물체의 특징 모델들이므로 어떤 형태의 질의가 입력되더라도 결국은 특징들이 계층적으로 조합된 특징 모델의 형태, 즉 유향 비순환 그래프로 변환시켜 주어야 한다. 가장 쉽게 생각할 수 있는 방법은 자연어를 이용한 질의 입력방법인데 이것은 그림 2의 물체를 검색하기 위해 “한쪽 면에 돌출부가 있는 육면체”라는 자연어 묘사를 직접 입력해 주는 것이다. 그러나 이 방법은 앞서 언급했듯이 추상화에 의한 변칙을 야기시킨다.

본 논문에서는 사용자의 질의를 특징이 조합된 형태로 표현하는 특징 기반 질의 생성(feature-based query generation) 방법을 제시한다. 이것은 기존의 3차원 물체 설계에서 사용되는 특징에 의한 설계(design by feature)방법[40,41]을 확장시킨 것이다. 이 방법은 화면상에서 시스템이 제공하는 특징들을 결합시키는 연산을 수행하여 검색하고자하는 물체의 외형을 개략적으로 지정해주는 것이다. 허용되는 연산은 특수한 불린(boolean) 집합 연산으로서 기존 물체에 새로운 특징을 더하거나(union) 빼는(difference)것이다. 이러한 연산을 반복하면 특징들이 계층적으로

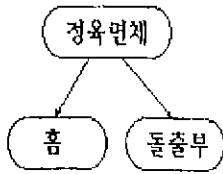


그림 6 질의를 표현하는 유향 비순환 그래프

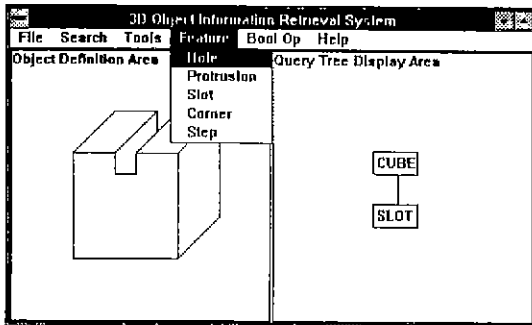


그림 7 특징 기반 질의 입력기 화면

결합된 유향 비순환 그래프가 만들어지는데 이것을 질의 그래프(query graph)라 한다. 그래프의 말단 노드들은 가장 단순하고 세부적인 형상을 나타내는 특징들이 되고 중간 노드들은 말단 노드에 해당되는 특징들의 결합방법을 나타낸다. 그림 6은 그림 2의 물체를 표시하는 질의 그래프이다.

특징 기반 질의 입력기의 화면 구성은 그림 7과 같다. 화면 좌측의 작업 영역에는 사용자가 질의를 결합시킴으로써 만들어지는 물체의 모양이 그려지고, 화면의 우측에는 좌측에서 편집중인 물체에 해당되는 질의 그래프가 표시된다. 허용되는 특징들과 연산의 종류는 메뉴로 나와 있다. 이 방법을 사용하면 사용자는 검색하고자 하는 물체의 개략적인 모양을 화면을 통해 직접 확인하면서 편리하게 질의를 구성할 수 있고, 허용되는 특징들과 연산들이 메뉴에 나열되기 때문에 잘못된 입력을 할 가능성이 줄어든다. 또한 결과로 만들어지는 질의 그래프는 데이터 검색에 직접 사용되기 때문에 탐색속도를 향상시킬 수 있다.

4.2.2 탐색부

이전 단계에서 내부 표현으로 변환된 질의를 이용하여 특징 데이터베이스를 검색한다. 아주 간단한 물체를 기술하는 경우를 제외하면 대부분의 경우 사용자의 입력으로부터 만들어진 질의 그래프는 3차원 기하 모델에서 만들어진 유향 비순환 그래프의 부분 그래프가 된다. 여기서 중요한 것은 질의에 포함되어 있는 부분적인 묘사만으로 원하는 정보를 찾아내는 방법을 제공해주는 것인데 이것을 근사매칭이라고 한다. 이것은 현재 기술되어 있는 질의에 가장 근접하는 하나의 물체 정보 또는 몇 가지 물체들의 정보를 식별해내는 것이다.

매칭이 일어나는 것은 두가지 경우이다. 하나는 질의 그래프가 물체를 나타내는 유향 비순환 그래프의 완전한 부분 그래프가 되는 경우이다. 이런 그래프가 하나만 존재한다면 그 물체에 대한 식별자가 반환된다. 그러나 질의 그래프가 두개 이상의 물체의 부분 그래프가 될 수도 있다. 이것은 매우 추상적인 질의를 한 경우로서 이런 경우가 발생하면 해당되는 모든 물체의 식별자를 반환해 주어야 한다.

또 다른 경우는 질의 그래프가 물체를 표현하는 그래프에 부분적으로 포함되는 경우이다. 이러한 근사 매칭을 위해서는 가중치(weight)를 사용한다. 본 논문에서 사용하는 유향 비순환 그래프에서는 상위노드로 갈수록 물체의 개략적인 형태를 나타내고, 하위 노드는 물체의 세부적인 형태를 나타낸다. 따라서 상위 노드가 일치하는 경우는 높은 가중치를 부여하고, 하위 노드가 일치하는 경우는 낮은 가중치를 부여한다. 이렇게 하면 세부적인 형태가 틀리더라도 전체적인 형태가 유사한 물체들이 그 반대의 경우보다 더 높은 값을 가지게 된다. 근사 매칭에서의 가중치 계산은 일부분이라도 일치하는 모든 물체에 대해 수행된다. 가중치 계산이 끝나면 특정한 임계치를 넘는 물체들을 매치되는 물체로 간주하여 식별자들을 반환해 준다.

4.2.3 3차원 모델 탐색부와 렌더링부

이전 단계에서 선택된 3차원 물체의 식별자를 이용하여 3차원 모델 데이터베이스를 탐색하여 원하는 물체의 3차원 모델을 반환해 준다. 반환

되는 데이터를 렌더링하여 화면에 출력해 주면 사용자는 그 데이터가 자신이 원하는 것인지를 최종적으로 판단할 수 있다.

4.3 사용자의 개입(intervention)

이상적인 검색 시스템은 사용자의 개입이 없이 모든 기능을 자동적으로 수행할 수 있어야 한다. 그러나 3차원 물체 정보자체의 다양성과 인식 및 탐색과정에서 발생할 수 있는 여러가지 모호성 문제를 해결하기 위해서는 어느정도 사용자의 개입이 필요하다. 문제는 사용자의 개입을 가능한 최소화하는 것이다. 사용자가 시스템의 처리 과정에서 개입해야 할 부분은 다음의 몇가지로 요약해 볼 수 있다.

첫째는 인식 서버 시스템에서 특징을 정의하고 분류하는 작업이다. 앞서 설명한 바와 같이 특징의 종류가 매우 다양하고 응용에 따라 달라지므로 특정 응용에 맞는 특징들을 사용자가 정의하고 분류해 주어야 한다.

두번째는 인식 및 추출부에서 모호성문제로 인해 올바른 인식을 하지 못할 때 적절한 처리를 해주는 것이다. 모호성이 발생하는 것은 정보의 부족으로 인해 같은 물체에 대해 다른 해석이 있을 수 있기 때문인데 이때는 사용자가 적절한 판단을 해주어야 한다. 또 한가지는 물체에 나타나는 형상중에 정의된 특징과 일치하지 않는 특수한 형태가 있는 경우인데 이때는 그 형상을 인식할 수 있도록 새로운 특징으로 정의해 주어야 한다.

세번째는 검색 서브시스템에서 여러개의 물체를 검색해 내는 경우이다. 그것이 지나치게 추상적인 질의에 의한 것이든 근사 매칭에 의한 것이든 사용자는 결과로 나온 물체들 중에서 자신이 원하는 물체가 어떤 것인지를 최종 선택해야 한다.

5. 결 론

본 논문에서는 특징 인식 방법과 근사 매칭 기법을 사용하는 3차원 물체 정보 검색 시스템의 모델을 제시하였다. 이것은 기존의 멀티미디어

정보 검색 시스템의 한 형태로서 3차원 물체의 특징들을 추출하여 물체를 식별할 수 있는 정보를 데이터베이스에 저장해 두고, 검색시에 사용하는 질의 자체도 특징을 기반으로 만들도록 하고 있다. 내부적으로는 근사 매칭 기법을 사용하여 정확하게 일치하지 않는 물체의 정보도 개략적인 형태만으로 검색해 낼 수 있다. 이 시스템의 가장 큰 장점은 기존의 텍스트를 이용한 키워드 방식이나 자연어 묘사방식과는 달리 기하학적 형태묘사에 의해 원하는 물체를 검색할 수 있다는 것이다.

이 시스템을 기계 부품에 대한 도면들을 검색하는 도면 관리 시스템에 적용하면 많은 양의 도면들을 효과적으로 관리할 수 있고, 유사한 도면을 다시 제작하는 일을 줄임으로써 작업 효율을 증대시킬 수 있다. 또한 고대의 탑이나 불상, 건축물과 같은 방대한 양의 3차원 조형물들의 정보를 검색해 주는 문화재 검색 시스템에 적용하면 전문가들의 유적 연구 등의 목적으로 유용하게 사용될 수 있다.

참고문헌

- [1] 오승준, "멀티미디어 정보처리와 응용," 한국정보과학회지, 제 9권, 제 3호, pp. 19-24, 1991년 6월.
- [2] Waterworth, J., "Multimedia Information System," Multimedia technology and applications, pp. 114-150, Ellis Horwood, West Sussex, 1991.
- [3] Bates, M. and Bobrow, B., "Information retrieval using a transportable natural language interface," Proc. of the 6th. ACM SIGIR conference on R & D in information Retrieval, 1983.
- [4] Croft, W. B. and Thompson, R. H., "I³R: A New Approach to the Design of Document Retrieval Systems," Journal of the ASIS, Vol. 38, No. 6, pp. 389-404, 1987.
- [5] 김정창, "멀티미디어 데이터 검색 기법," 한국정보과학회지, 제 10권, 제 5호. pp. 32-41, 1992년 10월.
- [6] Shah, J. J., "Assessment of feature technology," Computer-Aided Design, Vol. 23, No. 4, pp. 331-343, 1991.
- [7] Nelson and Johnson, "AutoCAD the Complete

- Reference," pp. 845-857, McGraw-Hill, Berkeley, CA., 1991.
- [8] Initial Graphics Exchange Specification(IGES) 3.0, National Bureau of Standards, Washington, D.C., 1986.
- [9] Jarvis, R. A., "A Perspective on Range Finding Techniques for Computer Vision," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-5, No. 2, pp. 122-139, 1983.
- [10] Jarvis, R. A., "Range Sensing for Computer Vision," *Three-Dimensional Object Recognition Systems*, pp. 17-56, ELSEVIER, Amsterdam.
- [11] Bates, R. H., Garden, K. L. and Peters, T. M., "Overview of Computerized Tomography with Emphasis on Future Developments," *Proc. of the IEEE*, Vol. 71, No. 2, pp. 356-372, 1983.
- [12] Hinshaw, W. S. and Lent, A. H., "An Introduction to MRI Imaging : From the Bloch Equation to the Imaging Equation," *Proc. of the IEEE*, Vol. 71, No. 1, pp. 338-350, 1983.
- [13] Requicha, A. A. G. and Voelcker, H. B., "Solid Modeling : A Historical Summary and Contemporary Assessment," *IEEE CG&A*, pp. 9-24, Mar. 1982.
- [14] Aldefeld, B., "On automatic recognition of 3D structure from 2D representations," Vol. 15, No. 2, pp. 59-64, 1983.
- [15] Sakurai, H. and Gossard, D., "Solid Model Input through Orthographic Views," *ACM Computer Graphics*, Vol. 17, No. 3, pp. 243-254, 1983.
- [16] Nagendra, I. V. and Gujar, U. G., "3-D Objects from 2-D Orthographic Views-A Survey," *Computers & Graphics*, Vol. 12, No. 1, pp. 111-114, 1988.
- [17] Yoshiura, H., Fujimura, K. and Kunii, L., "Top-Down Construction of 3-D Mechanical Object Shapes from Engineering Drawings," *COMPUTER*, pp. 32-40, Dec. 1984.
- [18] Haralick, R. M. and Queeney, D., "Understanding Engineering Drawings," *Computer Graphics and Image Processing*, Vol. 20, pp. 244-258, 1982.
- [19] Wesley, M. A. and Markowsky, G., "Fleshing Out Projections," *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 25, No. 6, pp. 934-954, 1981.
- [20] Markowsky, G. and Wesley, M. A., "Fleshing Out Wire Frames," *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 24, No. 5, pp. 582-597, 1980.
- [21] Wang, W. and Grinstead, G. G., "A Survey of 3D Solid Reconstruction from 2D Projection Line Drawings," *Computer Graphics Forum*, Vol. 12, No. 2, pp. 137-158, 1993.
- [22] 신병석, 오경수, 구복모, 신영길, "3차원 모델 구성을 위한 개선된 투영 알고리즘," '94 정보과학회 가을 학술논문 발표집A, 제21권, 제2호, pp. 561-564, 1994.
- [23] Stevenson, R. L. and Delp, E. J., "Viewpoint invariant recovery of visual surfaces from sparse data," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No.9, pp. 897-909, 1992.
- [24] Arnan, F. and Aggarwal, J. K., "CAD-Based Vision : Object Recognition in Cluttered Range Images Using Recognition Strategies," *CVGIP : Image Understanding*, Vol. 58, No. 1, pp. 33-48, 1993.
- [25] Ekoule, A. B., Peyrin, F. C., and Odet, C. L., "A Triangulation Algorithm for Arbitrary Shaped Multiple Planar Contour," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 10, No. 2, pp. 182-199, 1991.
- [26] Meyers, D., Skinner, S., and Sloan, K., "Surface from Contour," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 11, No. 3, pp. 228-258, 1992.
- [27] Watt, A., "3D Computer Graphics," pp. 23-55, Edison-Wesley, 1993.
- [28] Lorenson, W. E. and Cline, H.E., "Marching Cubes : A High Resolution 3D Surface Construction Algorithm," *ACM Computer Graphics*, Vol. 21, No. 4, pp. 163-169, 1987.
- [29] Joshi, S. and Chang, T. C., "Graph-based heuristics for recognition of machined features from a 3D solid model," *Computer-Aided Design*, Vol 20, No. 2, pp. 58-66, 1988.
- [30] Floriani, L., "Feature Extractin from Boundary Models of Three-Dimensional Objects," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 11, No. 8, pp. 785-798, 1989.
- [31] Chuang, S. H. and Henderson, M. R., "Th-

ree-dimensional shape pattern recognition using vertex classification and vertex-edge graphs," *Computer-Aided Design*, Vol. 22, No. 6, pp. 377-388, 1990.

[32] 신병석, 신영길, "확장된 점점-변 그래프를 이용한 다면체 인식," *한국 정보과학회 논문지*, 제21권, 제9호, pp. 1746-1754, 1994.

[33] Shin, B. S. and Shin, Y. G., "Feature Extraction Using Extended Vertex-Edge Graphs," *International Conference Proceedings Pacific Graphics'94 / CADDM'94*, Vol. 1, pp. 92-97, 1994, Beijing, China.

[34] Falcidieno, B. and Giannini, F., "Automatic Recognition and Representation of Shape-Based Features in a Geometric Modeling System," *Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Vol. 48, pp. 93-123, 1989.

[35] Kyprianou, L., "Shape classification in computer aided design," Ph.D Dissertation University of Cambridge, UK, 1980.

[36] Pillilla, J., Finger, S. and Prinz, F., "Shape feature description and recognition using an augmented topology graph grammar," *NSF Design Conference*, 1989.

[37] Staley, S., Henderson, M. and Anderson, D., "Using syntactic pattern recognition to extract feature information from a solid geometric model database," *Computer. Mech. Eng.*, pp. 61-66, Sep 1983.

[38] Eric, W. et al, "Recognizing 3D Objects Using Constrained Search," *Three-Dimensional Object Recognition Systems*, ELSEVIER, Amsterdam, pp. 259-284.

[39] Stein, F. and Medioni, G., "Structural Indexing: Efficient Three Dimensional Object Recognition," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 14, No. 2, pp. 125-146, 1992.

[40] Laakko, T. Mantyla, M., "Feature modeling by incremental feature recognition," *Computer-Aided Design*, Vol. 25, No. 8, pp. 479-492, 1993.

[41] Laakko, T. Mantyla, M., "Introducing blending operations in feature models," *EUROGRAPHICS '93*, Vol. 12, No. 3, pp. 165-176, 1993




신 병 석

1990 서울대학교 공과대학 컴퓨터공학과(학사)
 1992 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과(석사)
 1994 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 박사과정 수료
 관심 분야: CAD, 컴퓨터 그래픽스, 컴퓨터 비전 등

신 영 길

1982 서울대학교 자연과학대학 계산통계학과(학사)
 1984 서울대학교 대학원 계산통계학과(석사)
 1989 University of Southern California (박사)
 1990 ~ 1992 경북대학교 전임 강사
 1992 ~ 현재 서울대학교 계산통계학과 조교수
 관심 분야: 컴퓨터 그래픽스, CAD, 인공지능, 멀티미디어 등
