Journal of Korea Multimedia Society Vol. 9, No. 8, August 2006(pp. 950-962)

3차원 그래픽 데이터를 위한 객체단위 데이터베이스 매핑 기법

조희정[†], 김용환[††], 이기준[†††], 황수찬[††††]

요 약

최근 인터넷에는 3차원 그래픽 데이터를 이용하는 그래픽 응용 프로그램들이 증가하고 있다. 이에 따라 색상, 질감, 모양, 공간관계 등의 3차원 그래픽 데이터의 특징 정보를 이용한 검색에 관련된 많은 기법이 제안되고 있다. 그러나 효율적인 3차원 그래픽 데이터의 모델링이나 데이터베이스 저장 기법에 대한 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 XML 기반의 3DGML로 모델링된 3차원 그래픽 데이터를 데이터베이스에 저장하고 SQL을 이용하여 3차원 그래픽 데이터를 내용기반으로 검색할 수 있는 시스템을 제시한다. 3DGML로 모델링된 3차원 그래픽 데이터에서 의미 있는 객체들을 추출하여 관계형 데이터베이스에 저장하는 객체단위 데이터베이스 매핑 기법을 제시하고, 이 데이터베이스로부터 3차원 그래픽 데이터 객체의 특징 정보와 3차원 장면의 설명정보 및 장면에 포함된 객체간의 공간 관계 등을 이용한 SQL 질의를 보인다.

An Object-based Database Mapping Technology for 3D Graphic Data

Hee-Jeong Jo[†], Yonghwan Kim[††], Ki-Jun Lee[†††], Soochan Hwang[††††]

ABSTRACT

Recently, there have been increased many 3 dimensional graphic applications in Internet. Thus, a growing number of methods have been proposed for retrieving 3-D graphic data using their 3D features such as color, texture, shape, and spacial relations. However, few researches focus on 3D graphic modeling and database storage techniques. In this paper, we introduce a system that can store 3D graphics data modeled by XML-based 3D graphics markup language, 3DGML, and support content-based retrievals on 3D data by using SQL. We also present a mapping technique of 3DGML to relational database. The mapping process includes the extraction of semantic information from 3DGML and translate it into relational format. Finally, we show examples of SQL queries which use the 3D information contained in a 3D scene such as objects, 3D features, descriptions and scene-object component hierarchy.

Key words: 3D Graphic Data(3차원 그래픽 데이터), Database(데이터베이스), XML, SQL

※ 교신저자(Corresponding Author) : 황수찬, 주소 : 경기도 고양시 덕양구 화전동 200-1(412-791), 전화 : 02)300-0183, FAX : 02)3158-8576, E-mail : schwang@hau.ac.kr
접수일 : 2006년 3월 23일, 완료일 : 2006년 5월 17일
[†] 한국항공대학교 컴퓨터공학과
(E-mail : hjcho@hau.ac.kr)
[††] 한국항공대학교 컴퓨터공학과
(E-mail : yhkim93@hau.ac.kr)
[†††] 한국교육개발원
(E-mail : standard@kedi.re.kr)
[††††] 한국항공대학교 컴퓨터공학과
※ 본 논문은 산업자원부·한국산업기술평가원 지정 한국항공대학교 부설 인터넷정보검색연구센터의 지원에 의한 것임.

1. 서 론

최근 인터넷에는 3차원 그래픽을 이용한 지리정보시스템, 온라인 게임, 모델하우스, 박물관 등의 3차원 그래픽 응용들이 증가하고 있다. 이에 따라 색상, 질감, 모양, 공간관계 등, 3차원 그래픽 데이터의 특징 정보를 이용하여 웹에서 검색할 수 있도록 하는 데이터베이스 시스템이 요구되고 있다. 기존의 3차원 그래픽 데이터 검색 시스템은 3차원 그래픽 데이터의 색상, 질감 등을 이용한 단순질의만 제공하는 검색 시스템과 객체의 모양과 기술자를 이용한 검색 시스템으로 나누어질 수 있다[1-4]. 특히 3차원 객체의 내용기반 검색에 관련된 연구들은 주로 객체의 공간적 모양을 바탕으로 특징 벡터(feature vector) 값을 추출하고 이를 이용하여 유사한 객체를 검색할 수 있도록 하는 연구가 대부분이다[2,4]. 하지만 이러한 검색을 가능토록 하는 3차원 그래픽 데이터의 모델링 기법이나 다수의 3차원 객체를 포함하는 3차원 장면 데이터에 대한 고려, 3차원 데이터의 데이터베이스 표현 방법 등에 관한 연구는 미진한 실정이다.

3차원 그래픽 데이터에 대한 내용기반 검색 기능은 3D 모델링 기능과 밀접히 관련되는데 3D 모델링을 위한 마크업 언어로는 대표적으로 VRML[5]과 X3D[6]를 들 수 있다. X3D(eXtensible 3D)는 VRML을 대체할 새로운 표준 그래픽 마크업 언어이다. 그러나 이들은 색상, 질감, 객체의 구성요소, 객체의 시각화 정보 등은 잘 표현하지만 객체의 윤곽이나 객체간의 공간관계와 같은 정보는 표현하기 어렵다는 문제가 있다. 3차원 그래픽 데이터를 표현하기 위한 또 다른 마크업 언어로 3DGML(3 Dimensional Graphic Markup Language)이 있다[7]. 3DGML은 3차원 그래픽 데이터의 시각화 정보와 의미 정보를 모두 가지며 X3D의 태그를 최대한 수용하는 XML[8]형식을 따른다. XML문서는 DOM[9], SAX[10] 등을 이용하여 구조적인 접근이 가능하며 인터넷 정보교환의 표준으로 정착됨에 따라 XML 문서를 효율적으로 데이터베이스에 매핑하는 연구도 활발히 진행되고 있다[11-16].

본 논문에서는 3DGML로 표현된 3차원 그래픽 정보를 관계 데이터베이스에 매핑하는 방법인 객체단위 데이터베이스 매핑기법을 제시한다. 이 방법에서는 3차원 그래픽 데이터를 모델링한 문서에서 의미있는 객체들을 구분하고 이를 객체의 구성요소로 나누어 데이터베이스에 저장한다. 또한 저장된 3차원 그래픽 정보에 대해 SQL을 이용하여 객체의 색상과 같은 특징정보, 윤곽모양, 기술자, 객체를 구성하는 요소정보, 객체간의 공간관계 등을 이용하여 다양하게 질의할 수 있도록 하는 시스템을 제시한다. 질의 결과는 그래픽 사용자 인터페이스에 의해 저장된 3DGML문서를 VRML형태로 변환하여 웹브라우저에 시각화한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 3D 그래픽 모델링 언어와 데이터베이스 저장 방법에 대해 설명하고 3장에서는 그래픽 정보의 객체단위 데이터베이스 매핑기법을 설명한다. 4장에서는 3차원 그래픽 데이터베이스 시스템의 구조와 질의 방법을 기술한다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

2. 관련 연구

이 장에서는 3D 그래픽 데이터를 표현할 수 있는 언어와 XML 문서를 데이터베이스에 저장하기 위한 방법에 대해 설명한다.

2.1 3D 그래픽 데이터의 표현

현재 3차원 그래픽 데이터를 모델링하기 위해서는 대부분 VRML 기반의 프로그램을 사용하고 있으며 최근에는 XML 기반의 새로운 표준으로 X3D가 제시되어 있다.

VRML[5]은 3차원 데이터를 표현하기 위한 표준으로서 주로 객체의 시각화 정보를 표현한다. VRML은 3차원 그래픽 데이터의 기본 모양 정보와 그것의 확장, 회전, 위치 변화에 대한 정보를 중첩하여 포함하는 특징이 있다. 기본 모양 정보는 키워드 Shape를 사용하여 그 안에 색상과 질감에 대한 정보를 표현한다. Shape으로 표현할 수 있는 기본 객체로는 Cylinder, Cone, Cube, Sphere 등이 있으며, Polygon을 이용하여 사용자가 임의의 점들의 집합으로 객체를 표현할 수도 있다. Scale, Translation 명령을 통해 객체의 모양을 변환(transformation)하며 Group을 이용하여 여러 모양 객체와 변환정보들을 그룹으로 관리할 수 있다.

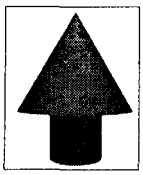


그림 1. VRML로 모델링한 객체

그림 1은 Cone과 Cylinder를 이용하여 간단한 3차원 객체를 VRML로 모델링한 것이며 결과 VRML 문서에는 객체의 크기와 색상, 위치 이동 등에 대한 정보가 표현된다.

X3D[6]는 VRML을 대체할 차세대의 개방 표준안으로 Web3D 컨소시엄의 공식 작업 그룹인 브라우저 워킹 그룹과 X3D 태스크 그룹에 의해 활발히 개발되고 있다. X3D는 기존 VRML 콘텐츠 및 브라우저와의 호환성을 제공하지만 VRML과는 달리 태그의 형태로 기술되어 있고 태그의 확장이 가능하다. 이것은 X3D가 XML형태의 문서이기 때문이다.

그러나 VRML이나 X3D는 3D 그래픽 데이터의 시각화를 위한 문서 정의이다. 따라서 3차원 데이터에 대한 내용기반 검색을 위해서는 객체의 모양이나 공간관계 등을 이용한 특징 정보나 객체의 의미를 표현할 수 있는 추가적인 정보들을 메타 정보로 표현해야 하는 문제가 있다. 특히 다수의 3D 객체가 존재하는 3차원 장면의 경우 객체 자체를 의미 단위로서 모델링하고 객체와 객체 간의 공간적 위치를 기반으로 한 검색은 아직 고려되지 않고 있는 실정이다. 기존 3D 검색에 관한 연구는 주로 하나의 객체를 대상으로 효과적인 유사 검색이 가능토록 하는 특징 정보 추출 기법이 주를 이루고 있다[2]. 이에 비해 3DGML[7]은 XML 기반의 3차원 그래픽 모델링 마크업 언어로 3차원 그래픽 데이터의 시각화 정보와 의미적인 정보를 같이 기술할 수 있도록 하고 있다. 또한 X3D의 태그를 최대한 수용함으로써 X3D 문서로의 변환을 용이하게 한다. 3DGML에 대해서는 3장에서 자세히 설명하기로 한다.

2.2 XML 문서의 데이터베이스 저장

XML은 인터넷 정보 교환을 위한 표준 언어로서 차세대 3차원 그래픽 데이터를 기술하는 언어인 X3D도 XML형식을 따른다. 이로 인해 XML문서를 데이터베이스에 저장하고 검색하는 기법이 중요한 이슈로 대두되어 있다. XML문서를 데이터베이스에 저장하는 방법으로는 크게 XML 전용 데이터베이스 시스템을 이용하는 방법[11,12]과 기존의 관계 데이터베이스 시스템을 확장해서 이용하는 방법이 있다[13-16].

먼저 XML 전용 데이터베이스 시스템에서는 대부분 문서 자체가 테이블의 한 레코드로 저장되며 문서의 내용은 텍스트로 저장된다. 각각의 엘리먼트는 서로 연결된 형식으로 내부에 저장되며 별도의 인덱스 도움 없이도 연결을 이용하여 인덱싱 되는 효과를 가진다. 전용 XML 데이터베이스로는 Berkely DB XML, eXist XDB, Sedna XML DBMS 등을 들 수 있으며[11], 질의를 위해 XQuery[17]를 지원하고 있다. 그러나 기존의 관계 데이터베이스의 질의 연산 능력과 복구, 동시성, 일관성 기능 등이 취약하며 각각의 XML 문서 사이에 의미를 부여하지 못하는 단점이 있다[16]. 또한, 전용 XML 데이터베이스는 XML문서 자체의 텍스트 내용을 기반으로 하기 때문에 3차원 그래픽 데이터의 특징 정보를 이용한 검색에 부적합하며 유사도 계산 및 많은 산술 연산에 대해 적합하지 않다.

전용 데이터베이스에 비해서 기존 데이터베이스 시스템의 기능을 잘 활용할 수 있는 접근 방법으로 XML 타입을 지원하는 관계형 데이터베이스 시스템을 들 수 있다. 현재 ORACLE[14], DB2[15], MS-SQL Server[16] 등 주요 데이터베이스 시스템들은 대부분 XML 데이터 타입을 제공하고 있다. 이들은 테이블을 구성하는 속성 타입으로 XML 타입을 제공하여 하나의 XML 문서가 하나의 레코드에 BLOB 형태로 저장될 수 있도록 하고 있다. 저장된 XML문서를 검색하기 위해서는 별도의 XML 문서 내용 추출함수와 XQuery가 필요하다. 그림 2는 ORACLE에서 XQuery와 SQL을 사용하여 IMAGE 테이블에 저장된 XML문서인 Doc에서 기술자가 'CHAIR'라는 값을 갖는 이미지를 extract() 함수를 이용하여 추출하는 질의를 보인 것이다.

그림 2와 같은 질의는 저장된 각각의 XML 문서에 대해서 WHERE 절의 조건과 비교하기 위한 특정 XML 연산을 수행해야 하므로 질의 수행에 많은 비용이 든다. 최근에는 XML 문서의 구조적 정보를 이용하여 문서를 빠르게 검색할 수 있도록 하는 XML 인덱싱 방법들이 많이 연구되고 있다[13]. 본 논문의

```
SELECT e.imgid img , EXTRACT(e.doc, '//Aobject[child::Descriptor/@value='chair'
                                child::Descriptor/@value='chair' ]/@oid').getStringVal() aoid
FROM IMAGE e
WHERE EXTRACT(e.doc, '//Aobject/Descriptor/@value').getStringVal()) Like 'CHAIR'
```

그림 2. ORACLE XML 질의 예

접근 방법은 3차원 그래픽 데이터에 필요한 많은 특징들을 구조적 측면이 아닌 의미적으로 검색해야 하므로 위의 방법은 3차원 그래픽 데이터를 위한 적합한 매핑 방법으로 보기 어렵다.

기존 데이터베이스 시스템을 이용하는 또 다른 방법으로는 XML 문서를 구성하는 각 요소 단위를 분할하여 관계 데이터베이스에 저장하는 것이 있다[13]. 이것은 문서의 부분 수정이나 검색을 빠르게 수행할 수 있으나 문서 추출시 여러 테이블에 대한 다수의 조인과정이 필요하므로 시스템 성능 측면에 문제점을 가지고 있다. 이를 보완하기 위해 XML문서를 하나의 테이블에 문서 구조, 엘리먼트/속성 타입, 값 형태로 저장하고 검색시에 ORDPATH[18]와 같이 구조를 표현한 필드를 이용하여 원래의 XML문서를 만들어 주는 방법이 있다[13]. 이 방법은 XML을 구성하는 모든 요소들이 데이터베이스에 저장되는데, XML 문서로 표현된 3차원 그래픽 데이터에서 모든 요소들이 의미 검색을 위해 사용되는 것은 아니며, 문서의 구조적인 정보도 필요하지 않기 때문에 내용기반 검색 시스템에는 적합하지 않다고 할 수 있다.

그 대안으로 전체 XML 문서를 분할하여 저장하는 대신 검색에 사용되는 요소들만을 관계형 테이블 구조로 표현하고 문서 자체는 XML 타입으로 하나의 필드에 저장하는 방법을 고려할 수 있다. 이 방법은 XML 문서의 일부 정보가 중복 저장되며, 직접 XML 구조를 이용한 검색을 하기 위해서는 별도의 XML 함수를 이용해야 하는 문제점이 있다. 하지만 XML 문서에서 검색에 필요한 요소들만을 추출하여 저장하고 이를 통해 검색을 수행한 후 XML문서 자체를 결과로 보내줌으로써 검색의 용이함과 문서 재구성의 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 빠른 검색과 문서 재구성의 비용을 줄이기 위해 이 방법을 이용하여 시스템을 구축하였다.

3. 3차원 그래픽 데이터를 위한 객체단위 데이터베이스 매핑 기법

이 장에서는 3DGML의 기본 구조에 대해 기술하며, 3차원 그래픽 데이터의 검색을 위한 요소들을 추출하고 이들을 효율적으로 데이터베이스에 저장할 수 있는 매핑 기법을 제시한다.

3.1 3DGML

3DGML은 XML 기반의 3차원 그래픽 모델링 마크업 언어로 3차원 그래픽의 시각화 정보와 의미적인 정보를 같이 기술할 수 있도록 하고 있다. 3DGML은 하나의 3차원 그래픽 이미지를 하나의 장면(scene)으로 정의하고 장면에 대한 설명 정보, 사용되는 의미 객체의 기본 구조, 의미 객체 간의 공간관계, 의미 객체에 대한 시각 정보 등을 표현할 수 있도록 한다. 의미 객체는 탁자, 의자, 침대와 같이 의미를 가지는 단위로서 VRML과 같이 직육면체, 원뿔, 원기둥, 구와 같은 기본 객체(Bobject)와 다각형으로 임의의 객체를 정의하는 사용자정의 객체(Uobject)를 이용하여 정의한다.

3DGML에서 3차원 객체는 객체의 기본 구조와 특징을 정의하는 Aobject(Abstract Object)와 실제로 Aobject를 시각화한 객체인 인스턴스 객체(instance object)로 구분하여 모델링을 수행한다. 인스턴스 객체는 Aobject에 장면 내에서의 실제 위치와 크기, 특징 정보 등을 부여하여 시각화한 객체이다. Aobject와 인스턴스 객체의 관계는 타입과 인스턴스 관계와 유사하며 인스턴스 객체는 필요한 경우 구성요소를 변경하여 객체의 모양도 일부 수정할 수도 있다. 그림 3은 3DGML DTD의 기본 구조를 보인 것이다.

3DGML은 최상위 태그로서 3차원 그래픽 장면을 정의하는 <Scene>을 가진다. <Scene>태그는 3차원으로 모델링된 가상공간을 나타내는 하나의 문서

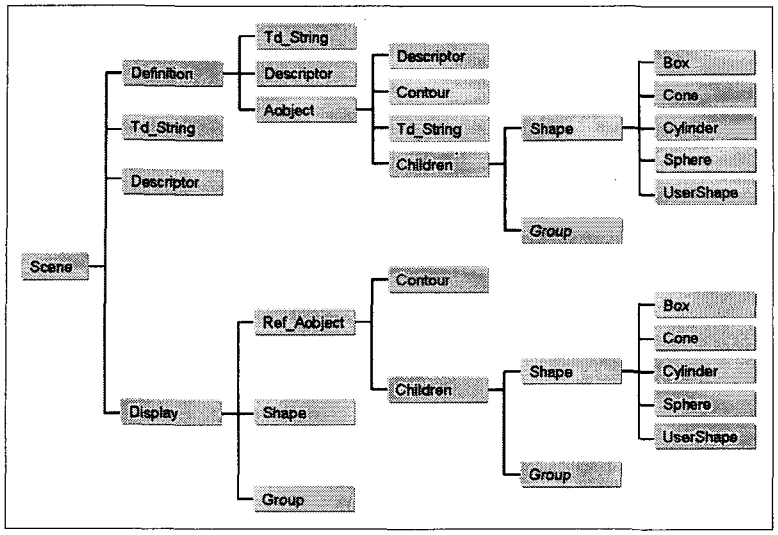


그림 3. 3DGML DTD

를 나타내며 장면의 정의부(Definition), 장면 정보를 기술하기 위한 <Descriptor>태그, 객체들 간의 공간 관계를 표현하기 위한 <Td_String>태그 및 시각화부(Display)로 구성되어 있다.

<Definition>은 가상공간을 모델링하기 위한 의미 객체를 정의하는 부분이고, <Display>태그는 <Definition>에서 정의한 모델을 시각화하는 정보를 표현하고 있다. <Definition>부분에서 정의되는 객체들은 3차원 객체모델[10]을 이용한다.

3DGML의 정의부에서는 3차원 그래픽 데이터 문서에 사용되는 의미 객체인 Aobject를 정의하는데 이것은 객체를 설명하는 기술자(Descriptor), 객체의 윤곽(Contour)을 나타내는 특징 값, 객체를 구성하는 구성요소(Children) 및 구성요소들 사이의 공간관계를 나타내는 3D 스트링(Td_String) 정보를 포함한다. 3D 스트링[19]은 좌우, 상하, 전후관계를 표현하는 삼원소로 표현된다. 객체의 윤곽정보는 Aobject를 구성하는 객체들을 감싸는 다각형으로 회전에 무관한 3차원 벡터 값으로 표현된다[20]. Aobject는 객체의 타입에 해당하는 정보로서 실제로 시각화되는 객체는 시각화부의 Ref_Aobject로 표현한다. Ref_Aobject는 인스턴스 객체를 정의한다. 그림 4는 그림 1의 객체를 3DGML로 표현한 것이다.

3.2 객체단위 데이터베이스 매핑 및 검색

3DGML 문서는 장면, 장면을 구성하는 객체, 객체를 구성하는 기본 객체로 분할할 수 있다. 이러한 관계는 그림 5에서와 같이 "장면-객체-객체구성요소"의 계층적 관계로 구별되고 이를 이용하여 정의된 객체의 재사용을 위한 객체단위 데이터베이스 매핑 기법을 적용할 수 있게 된다.

객체단위 매핑 기법은 XML로 표현된 3차원 그래픽 데이터에서 다양한 내용기반 검색을 지원하는데 필요한 요소들을 식별하고 이를 관계 데이터베이스에 매핑하는 과정을 의미한다. 이 과정에서 추출된 요소에 해당하는 3DGML 문서 부분도 XML 형태로 데이터베이스에 같이 저장함으로써 검색 결과도 장면 전체뿐만 아니라 장면의 일부, 하나의 객체 등과 같이 다양화할 수 있도록 하고 있다.

3DGML에서 3차원 그래픽 정보를 검색하기 위한 대표적인 검색 요소로는 객체의 색상이나 질감과 같은 특징 정보를 들 수 있다. 또한 내용기반 검색을 위한 의미 있는 객체의 설정과 모양, 객체를 설명하는 기술자, 객체를 구성하는 기본 객체, 객체들 간의 공간관계 등이 3차원 그래픽 데이터를 검색하는데 중요한 요소가 된다. 이러한 요소들과 "장면-객체-객체구성요소"의 계층적 관계를 이용하여 3DGML로 표현된 3차원 그래픽 데이터에 대해 수행할 수 있는 내용기반 질의를 분류해 보면 표 1과 같다.

데이터베이스 내에 저장된 3차원 그래픽 데이터를 검색하는 방법은 표 1에서 보인 것과 같이 4가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로 식별자를 이용하여 객

```
-<Scene>
   <Descriptor value="" />
   <Td_String u="" v="" w="" />
-<Definition>
  - <Aobject oid="1">
      <Descriptor value="TREE" />
      <Contour value1="-0.005095 -0.999974 0.005095" value2="0" />
    - <Children>
      - <Transform translation="-0.4977 1.833 -0.230000" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
        - <Transform translation="0.8867 14.01 0.9385" rotation="0 0 0 0" scale="1 1">
          - <Transform translation="-0.389 -24.35 -0.7085" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
            - <Transform translation="0 8.507 0" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
              - <Shape shapeID="0" color="0.6941 0.5804 0.102">
                  <Cylinder height="17.01" radius="10.07" />
                </Shape>
              </Transform>
            </Transform>
          - <Transform translation="0 -10.32 0" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
            - <Transform translation="0 17.33 0" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
              - <Shape shapeID="1" color="0.02353 0.5255 0.2275">
                  <Cone height="34.669998" radius="20.49" />
                </Shape>
              </Transform>
            </Transform>
          </Transform>
        </Transform>
      </Children>
    </Aobject>
  </Definition>
- <Display>
  - <Transform translation="0.4977 -1.833 0.23" rotation="0 0 0 0" scale="1 1 1">
      <Ref_Aobject inst_id="5" refID="1" />
    </Transform>
  </Display>
</Scene>
```

그림 4. 그림 1의 3DGML 문서

체를 검색하는 것이다. 식별자에는 장면을 정의한 문서의 아이디와 Aobject 및 인스턴스 객체의 식별자가 있으며 이를 이용하여 저장된 문서를 검색할 수 있다. 두 번째로 3차원 그래픽 데이터의 특징 값을 이용한 것이다. 특징 값에는 객체를 대표하는 색상이나 질감, 객체를 구성하는 기본객체의 색상이나 질감

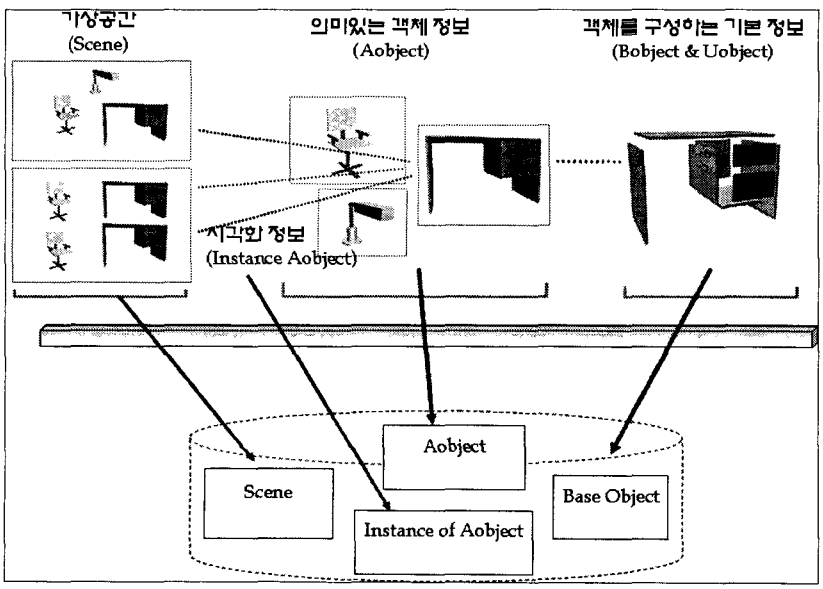


그림 5. 3차원 그래픽 데이터를 위한 객체단위 매핑

표 1. 3차원 그래픽 데이터 검색을 위한 질의 분류

	질의 분류	질의 내용
내용기반질의	• 객체기반	- 장면, Aobject, 인스턴스 객체
	• 특징기반	- 색상, 질감, 윤곽정보, 공간관계
	• 설명기반	- 장면, Aobject, 인스턴스 객체, 기본객체, 사용자정의 객체
	• 구성계층기반	- 기본 객체, 사용자정의 객체 → Aobject - Aobject ↔ 인스턴스 객체 - Aobject/인스턴스 객체 → 장면

값 등이 있으며 Aobject의 윤곽정보를 나타내는 특징 값을 이용하여 객체의 전체적인 모양을 기반으로 검색할 수도 있다. 또한 객체들 간의 공간관계나 객체를 구성하는 기본 객체들 간의 공간관계를 이용한 검색도 가능하다. 세 번째로 문서 생성시에 사용자가 부여한 설명정보인 기술자(descriptor)를 이용한 검색이 가능하다. 기술자는 문서(장면) 전체, Aobject, 인스턴스 객체, 기본 객체, 사용자정의 객체 등에 부여된다. 네 번째로는 문서를 구성하는 구성요소들 간의 계층적 관계를 이용한 검색이 가능하다. 특정 기본 객체나 사용자정의 객체를 이용하여 정의된 Aobject를 검색하거나 Aobject를 이용하여 정의된 인스턴스 객체를 검색할 수 있다. 반대로 인스턴스 객체가 참조하는 Aobject를 검색할 수도 있다. 또한 Aobject나 시각화된 인스턴스 객체를 포함하고 있는 장면을 검색할 수도 있다.

객체단위 매핑을 통해 3차원 그래픽 데이터에 대한 이러한 내용기반 검색을 지원하기 위한 데이터베이스 스키마 구조는 다음 장에서 자세히 설명하기로 한다.

4. 3차원 그래픽 데이터베이스 시스템 및 질의

본 장에서는 3DGML을 검색하기 위한 시스템 구조와 3DGML로부터 객체단위 매핑을 통해 추출한 정보를 저장하기 위한 데이터베이스 스키마 구조를 설명하기로 한다. 또한 3차원 그래픽 장면 데이터베이스로부터 SQL을 이용하여 검색하는 예와 그 결과를 보인다.

4.1 시스템 구조

본 논문의 3차원 그래픽 데이터베이스 시스템은 XML 기술을 기반으로 구현되었으며, 시스템은 의미편집기(semantic editor), 3D 객체 관리기, 질의 관리기(query coordinator), 데이터베이스 변환기(database wrapper), 결과 생성기 등으로 구성되어 있다. 그림 6은 3DGML 검색 시스템을 위한 전체 구성도를 보이고 있다.

본 시스템은 윈도우즈 NT 운영체제 상에서 Oracle 9i R2를 기반으로 하고 있으며, XML 파서는 DOM API를 이용하여 구현하였다. 3차원 그래픽의 모델

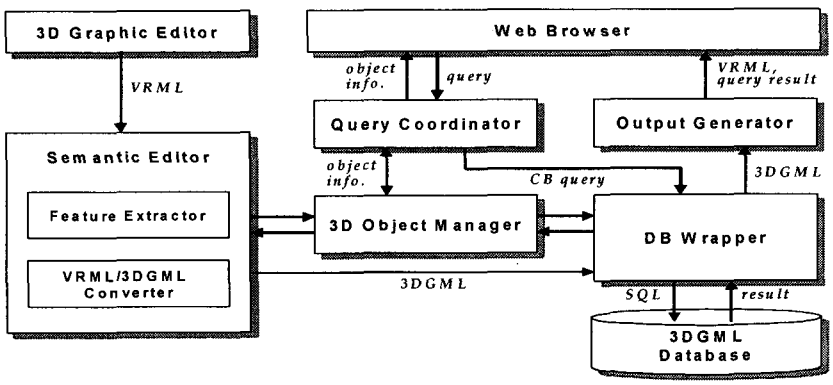


그림 6. 3DGML 검색 시스템

링은 3차원 그래픽 편집기인 3D Max를 사용하며, 결과 VRML 문서를 시스템 입력으로 사용한다. 생성된 VRML은 3차원 그래픽 의미 편집기를 통하여 객체의 특징 정보와 객체 간의 공간관계를 추출하고 각 객체에 의미를 부여한 후에 3D 객체 관리기를 통해 데이터베이스에 등록하려는 Aobject가 이미 등록되었는지의 여부를 판단한 후에 3DGML 문서로 생성된다. 이렇게 생성된 3DGML 문서는 객체단위 매핑 기법을 사용하여 데이터베이스에 저장된다.

사용자는 인터넷 브라우저를 통해 QBE(Query By Example) 형식의 그래픽 사용자 인터페이스나 SQL 텍스트 질의를 이용하여 3차원 그래픽 데이터를 내용기반으로 검색할 수 있다. 검색된 3DGML 문서는 결과 생성기에 의해 VRML 문서로 변환되어 브라우저에 전달된다. 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 구성된 질의도 내부적으로는 데이터베이스 변환기에 의해 SQL 질의어로 변환되어 검색이 수행된다.

4.2 객체단위 매핑을 위한 데이터베이스 스키마

3DGML 데이터베이스 시스템은 3DGML 문서로부터 추출한 요소를 데이터베이스에 저장하기 위해 관계 스키마 구조를 정의하고 있다. 관계 데이터베이스에 저장되는 정보는 내용기반 검색을 위해 필요한 의미 객체와 관련된 3D 특징 정보들이며, 3DGML 문서 자체도 검색 결과의 제공을 위해 저장된다. 객체단위 매핑을 위해 정의된 데이터베이스 스키마 구조는 다음 그림 7과 같다. 밑줄 친 애트리뷰트는 기본키를 의미한다.

데이터베이스에 생성되는 테이블로는 문서 저장을 위한 SCENE 테이블, Aobject를 등록하는 AOBJECT_LIB 테이블, Aobject를 참조하는 인스턴스 객체를 등록하는 INSTANCE_AOBJECT 테이블이 있고, 기본 객체와 사용자 정의 객체의 기술자를 위한 BASE_DESC 테이블, Aobject를 구성하는 기본 객체와 사용자정의 객체 등록을 위한 BASE_AOBJECT 테이블, Aobject를 구성하는 객체들의 정보를 매핑시키는 AOBJECT_BASE_MAPPING 테이블, 인스턴스 객체와 Aobject사이의 변화된 정보를 위한 INSTANCE_BASE_ ALTERATION 테이블이 있다.

SCENE 테이블은 3차원으로 표현된 가상공간을 표현하는 문서들을 저장하기 위한 테이블로 기본 키인 SCENE_ID와 문서를 기술하는 DESCRIPTION 필드, 문서 내에 사용된 Aobject사이의 공간관계를 표현하기 위한 TD_LR, TD_UD, TD_FB 필드를 가지며, 문서 자체를 저장하기 위한 XMLTYPE의 XMLDOC필드를 가진다. TD_LR은 Td_String에서 좌우관계를 표현하며, TD_UD는 상하관계를 TD_FB는 전후관계를 표현하는 속성이다.

AOBJECT_LIB 테이블은 의미가 부여된 복합객체인 Aobject를 저장하는 테이블로서 기본 키인 A_OID필드와 Aobject가 어느 문서에서 저장되었는지를 알기 위한 SCENE_ID 필드를 가진다. 또한 Aobject를 기술하는 DESCRIPTION 필드, Aobject를 이용하여 다른 Aobject를 정의하기 위한 PARENT_AOID 필드, 윤곽정보를 표현하는 벡터를 위해 MBP_X, MBP_Y, MBP_Z필드가 있다. Aobject를 구성하는 Bobject 간의 공간관계를 위한 TD_LR, TD_UD, TD_FB 필드를 가지며, 해당 Aobject를 정의하는 3DGML 문서를 저장하기 위한 XMLTYPE의 XMLDOC필드가 있다.

INSTANCE_AOBJECT 테이블은 인스턴스 객체의 식별자인 I_OID를 유일한 식별자로 가지며, 어느

SCENE (SCENE_ID, DESCRIPTION, TD_LR, TD_UD, TD_FB, XMLDOC, URL)

AOBJECT_LIB (A_OID, SCENE_ID, DESCRIPTION, PARENT_A_OID, MBP_X, MBP_Y, MBP_Z, TD_LR, TD_UD, TD_FB, XMLDOC)

INSTANCE_AOBJECT (I_OID, SCENE_ID, A_OID, XMLDOC)

BASE_DESC (BASE_DESC_ID, DESCRIPTION)

AOBJECT_BASE_MAPPING (A_OID, BASE_ID)

BASE_AOBJECT (BASE_ID, DESC_ID, WIDTH_RADIUS, HEIGHT, DEPTH, XMLDOC, COLOR_R, COLOR_G, COLOR_B, TEXTURE)

INSTANCE_BASE_ALTERATION (I_OID, BASE_ID, COLOR_R, COLOR_G, COLOR_B, TEXTURE)

그림 7. 데이터베이스 스키마

문서에서 포함되었는지를 나타내는 SCENE_ID필드와 어떤 Aobject를 참조했는지 나타내는 A_OID필드를 외래키로 가진다. 또한, 해당 인스턴스 객체를 정의하는 3DGML 문서를 저장하기 위한 XMLDOC 필드를 가진다.

BASE_DESC 테이블은 기본 객체나 사용자정의 객체를 설명하는 기술 테이블로서 BASE_OBJECT의 DESC_ID로 저장함으로써 기술자의 필드를 축약하여 저장한다.

AOBJECT_BASE_MAPPING 테이블은 Aobject를 구성하는 기본 객체나 사용자정의 객체를 매핑시켜주는 테이블로서 A_OID필드와 BASE_ID필드는 각각 AOBJECT_LIB 테이블과 BASE_AOBJECT 테이블의 기본 키가 되는 외래 키로 설정하며, 두 개의 복합키가 테이블의 기본 키이다.

BASE_AOBJECT 테이블은 Aobject를 구성하는 기본 객체와 사용자정의 객체를 저장하는 테이블로서 기본 키로 BASE_ID 필드를 가진다. 또한, 기본 객체 등록시에는 원기둥, 원뿔, 상자, 구에 따라 반지름, 가로, 세로, 높이와 색상, 질감, XMLDOC 필드를 저장하고, 사용자정의 객체 등록시에는 색상, 질감, XMLDOC 필드만 저장한다.

INSTANCE_BASE_ALTERATION 테이블은 인스턴스 객체의 정의시 Aobject를 변경한 정보를 등록하며 I_OID와 BASE_ID로서 시각화된 객체의 어떤 기본 객체가 변화되었는지 알 수 있다.

4.3 3차원 그래픽 데이터 질의 예

앞 절에서 제시한 객체단위 매핑 기법을 이용하여 3DGML 문서를 데이터베이스에 표현하면 3.2절의 표 1에서 제시한 3차원 그래픽 데이터에 대한 다양한 종류의 내용기반 검색이 SQL을 이용하여 가능해 진다.

예로써 "책상" 객체를 포함한 장면을 검색하기 위한 SQL 질의는 다음과 같이 표현될 수 있다.

```
SELECT  S.SCENE_ID, S.XMLDOC
FROM    SCENE S, AOBJECT_LIB AL
WHERE   S.SCENE_ID=AL.SCENE_ID AND AL.DESCRIPTION='책상'
```

SQL 질의에서 Aobject의 기술자가 책상인 Aobject의 식별자를 찾고 이 객체를 포함하고 있는 장면 객체를 검색하게 된다. 검색 결과로는 장면의 식별자와 장면을 정의한 3DGML 문서인 XMLDOC 필드를 반환한다. 이 정보를 이용하여 브라우저는 3DGML 문서를 VRML로 변환하여 사용자에게 보여주게 된다.

좀 더 복잡한 질의의 예로 의자, 책상, 램프를 포함하고 있는 장면 중 램프가 책상위에 놓여있는 장면을 검색하는 질의를 SQL로 표현해 보기로 한다. 이 질의는 장면에 특정 객체가 포함되어 있는 지의 여부와 그 객체들 간의 공간관계에 대한 검색이 필요하다. 우선 앞에서 소개한 질의와 유사한 질의를 통해 각각의 객체가 포함된 장면을 찾고 램프와 책상 객체 사이의 공간관계 중 상하관계가 있는 것을 탐색하게 된다. 3D 스트링에서 A 객체가 B 객체 위에 있다는 상하관계(TD_UD)는 "A<B" 같이 표현되므로 책상 위에 램프가 있다는 상하관계에 대한 조건 표현은 아래 SQL 문의 WHERE 조건에서와 같이 부분 일치 조건인 LIKE를 이용하여 (S.TD_UD LIKE '%'||DESK.A_OID||'%<%'||LAMP.A_OID||'%')와 같이 표현할 수 있다.

```
SELECT DISTINCT S.SCENE_ID, S.XMLDOC
FROM    SCENE S,
        (SELECT     AL1.SCENE_ID, AL1.A_OID
         FROM       AOBJECT_LIB AL1  WHERE AL1.DESCRIPTION='
         의자') CHAIR,
        (SELECT     AL2.SCENE_ID, AL2.A_OID
         FROM       AOBJECT_LIB AL2  WHERE AL2.DESCRIPTION='
         책상') DESK,
        (SELECT     AL3.SCENE_ID, AL3.A_OID
        FROM        AOBJECT_LIB AL3  WHERE AL1.DESCRIPTION='
        램프') LAMP
WHERE  (S.SCENE_ID=CHAIR.SCENE_ID AND S.SCENE_ID=DESK.SCENE_ID
        AND S.SCENE_ID=LAMP.SCENE_ID)
        AND S.TD_UD LIKE '%'||DESK.A_OID||'%<%'||LAMP.A_OID||'%'
GROUP BY S.SCENE_ID
```

그림 8은 3DGML 데이터베이스 시스템의 그래픽 사용자 인터페이스를 보인 것이다. 인터페이스는 웹 기반으로 데이터베이스에 등록되어 있는 Aobject를 이용하여 질의를 할 수 있도록 하고 있다.

질의 예로 Aobject ID가 1인 책꽂이를 포함하는 장면을 검색하는 것을 보이기로 한다. 우선 Instance Object Scene 체크박스를 선택하고 등록된 Aobject 리스트로부터 aoid가 1인 책꽂이 객체를 선택한 후 Search 버튼을 선택하면 질의가 수행된다. 이 질의는 앞에서 설명한 것과 같이 아래와 같은 SQL 질의로 변환되어 수행된다.

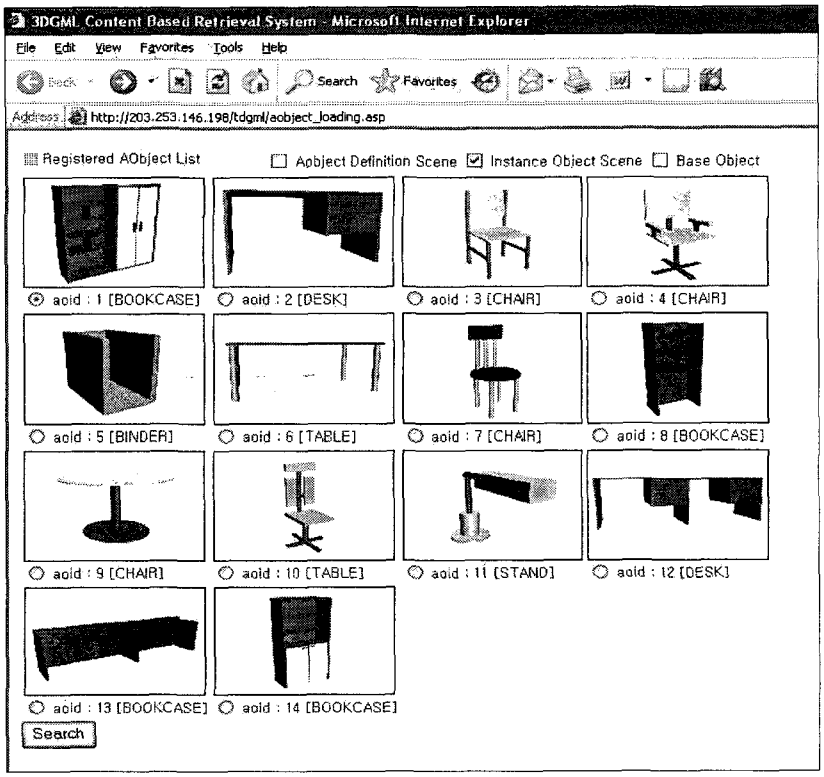


그림 8. 그래픽 사용자 인터페이스

```
SELECT  DISTINCT S.SCENE_ID, S.DESCRIPTION, S.XMLDOC, S.URL
FROM    SCENE S, INSTANCE_AOBJECT IA
WHERE   S.SCENE_ID=IA.SCENE_ID AND IA.A_OID=1
```

검색 결과는 그림 9에 보인 것과 같이 선택한 모양의 책꽂이 객체를 포함하고 있는 장면들의 리스트를 디스플레이하게 된다.

5. 결론 및 향후 과제

최근 인터넷에서 3차원 그래픽 데이터의 응용 분야가 증가되면서 3차원 그래픽 데이터에 대한 내용기반 검색 요구가 날로 증가되고 있다. 따라서 본 논문에서는 XML 기반의 3차원 그래픽 모델링 언어인 3DGML을 이용하여 구성된 3차원 그래픽 장면 데이터를 관계형 데이터베이스에 저장하고 이를 이용하여 3차원 그래픽 데이터에 대한 다양한 내용기반 검색이 가능토록 하는 시스템을 제시하였다.

먼저 XML 기반의 3DGML을 분석하여 "장면-객체-객체구성요소"의 계층적 관계를 도출하고 이를 이용하여 XML 문서를 객체단위로 관계 데이터베이스에 매핑하는 기법을 제시하였다. 이를 통해 XML 문서 전체를 처리하는 부담 없이 내용기반 검색에 필수적인 요소들만 데이터베이스에 저장하고 나머지 시각화에 필요한 정보들은 XML 문서 전체로 처리할 수 있도록 하였다. 또한 데이터베이스에 저장된 3차원 그래픽 데이터에 대해 SQL 질의어를 이용하여 3차원 그래픽 데이터에 대한 다양한 내용기반 검색 기능이 가능하도록 하였다. 지원되는 내용기반 검색으로는 특정 객체 및 객체의 구성요소를 이용한 검색과 객체의 특징 정보를 이용한 검색, 객체 간의 공간관계를 이용한 검색 등이 있다. 또한 사용자의 편리한 검색을 위해 웹 기반의 그래픽 사용자 인터페이스를 제공하여 웹 환경에서 비쥬얼 인터페이스를 통해 쉽게 3차원 그래픽 정보들을 검색할 수 있는 환경도 제공하고 있다.

본 논문에서 제시한 내용기반 검색 기능 중 윤곽 정보를 이용한 검색 등 일부 기능은 아직 초보적인 단계로서 정확한 윤곽 정보의 추출과 객체의 모양

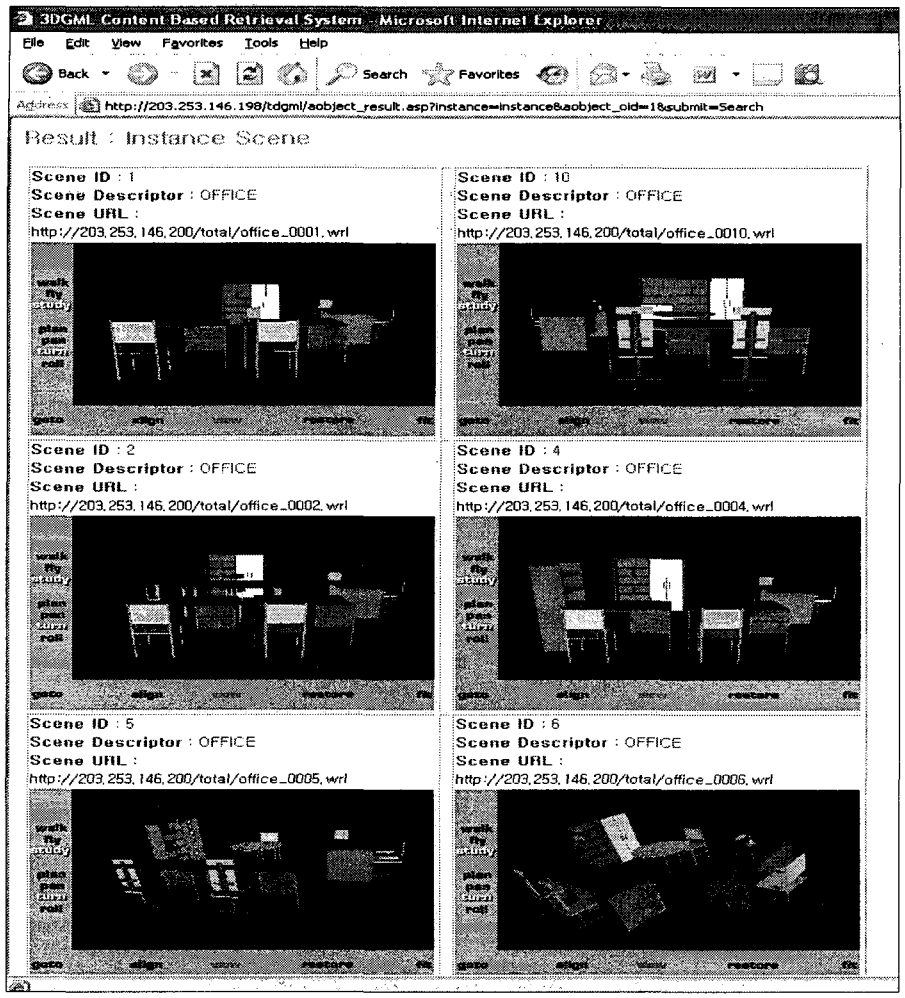


그림 9. 검색 결과

유사도를 비교할 수 있는 방법에 대한 연구가 현재 진행되고 있다. 또한 객체단위 매핑 방법으로 저장된 3차원 그래픽 데이터들에 대한 복잡한 질의를 효율적으로 처리할 수 있도록 하는 질의처리 기법과 인덱싱 방법 등에 대한 연구가 추가로 필요하다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

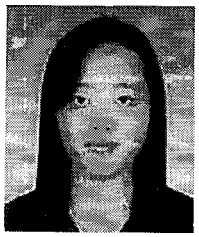
[1] T. Funkhouser, P. Min, M. Kazhdan, J. Chen, A. Halderman, D. Dobkin, and D. Jacobs, "A Search Engine for 3D Models," *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 22, No. 1, pp. 89-105, 2003.

[2] B. Bustos, D. Keim, D. Saupe, T. Schreck, and D. Vranic, "Feature-Based Similarity Search in 3D Object Databases," *ACM Computing Surveys*, Vol. 37, No. 4, pp. 345-387, 2005.

[3] C. Wang, T. Shih, C. Huang, and J. Chen, "Content-Based Information Retrieval For VRML 3D Objects," *Proceedings of the 17th International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, pp. 386-391, 2003.

[4] P. Min, J. Halderman, M. Kazhdan, and T. Funkhouser, "Early Experiences with a 3D Model Search Engine," *Web3D Symposium*, pp. 7-18, 2003.

[5] World Wide Web Consortium, "VRML Virtual Reality Modeling Language," *W3C Recommendation*, 1995.
[6] World Wide Web Consortium, "X3D (Extensible 3D)," *W3C Recommendation*, 2003.
[7] J. Hwang, K. Lee, and S. Hwang, "3DGML: A 3-Dimensional Graphic Information Retrieval System," *LNAI: Web Intelligence Research and Development*, Vol. 2198, pp. 282-291, 2001.
[8] World Wide Web Consortium, "Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Second Edition)," *W3C Recommendation*, October 2000.
[9] World Wide Web Consortium, "Document Object Model," *W3C Recommendation*, October 2000.
[10] XML.ORG, "Simple API for XML," http://www.xml.org/xml/resources_focus_sax.shtml.
[11] R. Bourret, "Native XML Database," http://www.rpbourret.com/xml/XMLDatabaseProds.htm#native, November 3, 2005.
[12] M. Grinev, A. Fomichev, and S. Kuznetsov, "Sedna XML DBMS," http://www.ispras.ru/~grinev/mypapers/sedna.pdf, 2004.
[13] J. Shanmugasundaram, R. Krishnamurthy, and I. Tatarinov, "A General Technique for Querying XML Documents using a Relational Database System," *SIGMOD Record*, Vol. 30, No. 3, pp.20-26, 2001.
[14] Oracle, "XMLTYPE," http://otn.oracle.com/docs/products/oracle9i/doc_library/release2/appdev.920/a96620.pdf, 2003.
[15] IBM, "XMLTYPE," http://www903.ibm.com/kr/software/wbr/db2/d-b2.html, 2003.
[16] S. Pal, I. Cseri, O. Seeliger, G. Schaller, L. Giakoumakis, and V. Zolotov, "Indexing XML Data Stored in a Relational Database," *Proceedings of 30th VLDB Conference*, pp. 1134-1145, 2004.
[17] World Wide Web Consortium, "XQuery 1.0: An XML Query Language," *W3C Working Draft*, 2003.
[18] P. O'Neil, E. O'Neil, S. Pal, I. Cseri, and G. Schaller, "ORDPATHs: insert-friendly XML node labels," *Proceedings of ACM SIGMOD Conference*, pp. 903-908, 2004.
[19] 황종하, 황수찬, "3 차원 그래픽 데이터베이스를 위한 시점 기반 방향 관계 표현 기법," 한국정보과학회논문지: 데이터베이스, 30권 2호, pp. 157-167, 2003.
[20] 윤지온, 황종하, 황수찬, "3차원 그래픽 데이터베이스에서의 모양기반 검색," Korean Database Conference 2002 학술발표논문집, pp. 127-132, 2002.

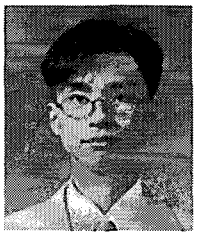


조 희 정

2005년 2월 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신 공학부(공학사)
2006년 2월 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 시스템, 정보 검색 시스템

김 용 환

1998년 2월 한국항공대학교 전자계산학과(이학사)
2000년 2월 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
2001년 3월~현재 : 한국항공대학교 컴퓨터공학과(박사과정)
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 멀티미디어 검색 시스템



이 기 준

1997년 2월 한국항공대학교 전자계산학과(이학사)
1999년 2월 한국항공대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
1999년 3월~현재 한국교육개발원
2002년 3월~현재 한국항공대학교 컴퓨터공학과 박사과정

관심분야 : 데이터베이스 시스템, 데이터마이닝, 데이터 웨어하우스

황 수 찬

1984년 서울대학교 전자계산기 공학과(공학사)
1986년 서울대학교 전자계산기 공학과(공학석사)
1991년 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)1991년 3월~현재 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신공학부 교수
관심분야 : 데이터베이스 시스템, 객체지향 시스템, 멀티미디어 시스템, 정보검색 시스템