

## 가상물체의 물리적 속성 구현 방법

임창혁 이민근\* 이명원  
 수원대학교 인터넷정보공학과  
 \*수원대학교 컴퓨터학과

singrey@gmail.com, mglee@suwon.ac.kr, mwlee@suwon.ac.kr

### An Implementation Method of Virtual Environment Physical Properties

Chang Hyuck Im, Min-Geun Lee, Myeong Won Lee  
 Dept. of Internet Information Engineering, The U. of Suwon  
 Dept. of Computer, The U. of Suwon

#### 요 약

컴퓨터 그래픽스 기술은 모든 물체를 화면 안에 표현 가능하도록 발전되어 왔다. 여러 물체를 화면 안에 동시에 표현할 때 컴퓨터 디스플레이 해상도의 제한으로 인해 물체들의 크기의 차가 클 경우에는 정확한 크기의 차가 표현되지 않는다. 그리고, 현재의 그래픽스 기술에서는 실제 물체의 길이 단위로 같은 물리적 속성으로 물체를 정확하게 화면에 표현할 수가 없다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 물리적 속성 중 하나인 길이 표현을 위해 웹 가상환경에서의 3차원 물체 표현 기술인 X3D(Extensible 3D)를 기반으로 하여 물체를 실세계 길이 단위로 정의하고 구현하는 방법에 대해 기술한다. 이를 위해 서로 다른 도구로부터 생성된 서로 다른 크기의 물체를 실세계 길이 단위 명세에 따라 크기 변환을 하여 렌더링하는 X3D 기반의 3차원 뷰어를 개발하였다.

#### Abstract

Computer graphics technology has advanced such that all objects can be represented within a computer display. However, because computer displays have a finite resolution, the variety of objects that can be realistically represented together in the same view is restricted by the difference in their relative size. In addition, objects cannot be rendered according to their physical properties in terms of real length units in current computer graphics technology. To solve these problems, we have defined a method that allows objects to be described using real-world physical property units, such as metric units, in a computer graphics system, and developed a 3D browser based on X3D, which implements the concept of relative proportion properties.

키워드 : 물리적 속성, 가상 물체, 가상 환경, X3D 기반 3차원 뷰어

Keywords : Physical Property, Virtual Object, Virtual Environment, X3D-based 3D Viewer

#### 1. 서론

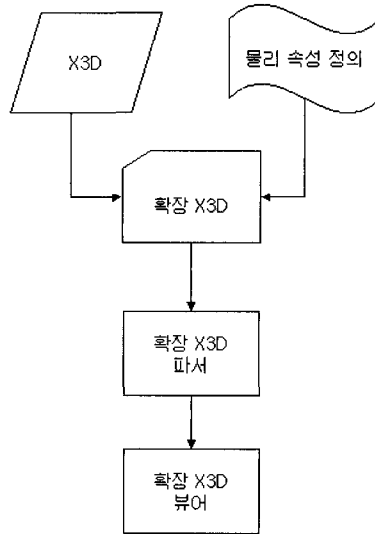
이제까지의 가상환경 표현 기술은 화면 안에 지구상의 모든 물체는 물론 미생물의 세계나 우주의 세계 등 모든 크기의 물체를 화면 안에 표현 가능하게 하도록 발전되어 왔다. 그런데, 현재의 컴퓨터 그래픽스 기술은 실세계에서 정의하고 있는 실제 길이 단위에 의해 물체를 가시화하는 것이 아니고 화면 안에서 가장 잘 보이게 하도록 정규화된 좌표치로 표현되도록 하고 있다[1][2][9][11]. 또한, 기존의 컴퓨터 그래픽스 기술은 물체의 재질과 관련된 사실적인 렌더링 표현 기술의 발전에 연구가 중점적으로 이루어져 왔다[3][5]. 컴퓨터 그래픽스로 생성된 3차원 물체가 실세계에서 정보처리로서 유용하게 활용되도록 하기 위해서는 물체의 길이, 무게, 속도 등의 물리적 속성이 정확하게 기술될 수 있어서 화면상에서 그러한 속성에 의해 물체가 구분될 수 있도록 하는 것이 필요하다.

그런데, 기존의 컴퓨터 그래픽스 개념에서는 물체들의 정확한 길이와 같은 물리적 속성을 표현하는 방법이 제공

되어 있지 못하다. 물체의 길이를 정확히 표현하기 위해 실세계에서 쓰는 길이 단위로 표현한다고 해도 컴퓨터 디스플레이 픽셀로 표현해야 하므로 모든 범위의 길이를 한꺼번에 다 표현하기도 불가능하다[4][6].

이러한 물체의 물리적 속성을 화면상에 구분하여 표현되도록 하기 위해서는 그러한 속성을 모든 물체에 적용할 수 있는 표준화된 정의 방법이 필요하다. 이와 함께 가상환경 브라우저가 물리 속성 기술 방법을 해석하여 물리적 속성대로 화면상에 디스플레이해주는 기술이 필요하다. 또한, 이러한 정의 방법은 어느 브라우저에서 통용될 수 있도록 구성되어야 한다.

본 연구에서는 하나의 물리적 속성으로 모든 물체의 길이를 표준화된 단위로 정의하여 물체들의 크기를 화면상에서 정확하게 판단하도록 하는 방법에 대해 기술한다. 그리고 이러한 물리적 길이와 함께 정의된 물체를 화면상에 표현하도록 하는 가상현실 뷰어의 개발에 대해서도 소개한다.



(그림 1) X3D 기반의 물리 속성 구현 과정

## 2. X3D 와 물체의 물리적 속성 표현

물체의 물리적 속성 표현은 어느 브라우저에서도 해석 가능하도록 표현되어야 한다. 이를 위해서는 물체의 물리적 속성을 포함하여 물체를 정의하는 모든 정보가 표준화된 기술 방법으로 정의될 필요가 있다. 여기에는 이제까지 컴퓨터 그래픽스 분야에서 물체를 정의하는 모든 속성들, 즉 기하 정보, 컬러, 재질, 광원 등 물체를 정의하는 모든 정보가 포함된다. 본 연구에서는 이러한 표준화된 물체 정의 방법으로 ISO와 Web3D 컨소시엄에서 표준화작업이 진행되고 있는 X3D (Extensible 3D) 명세를 이용한다 [12].

X3D는 웹에서의 3D 구현을 위한 차세대의 개방된 표준 언어로서, XML(Extensible Markup Language)[13]을 이용하여 3차원 장면들과 물체들을 표현하고 통신하기 위한 파일 포맷과 런타임 구조를 정의한다. 이것은 응용서비스에 포함시킬 수 있는 실시간 그래픽스 콘텐츠의 저장, 검색, 재생을 위한 시스템을 제공한다.

본 연구에서는 물리적 길이 정보의 표현을 위하여 X3D 와 XML의 DTD(Document Type Definition)를 사용하여 물리 속성을 포함하는 물체의 정보를 정의하며 이를 확장 X3D 라고 명명한다. 실세계 측정 단위로 정의된 물체의 물리적 속성은 확장 X3D 파서에 의해 분석된 후 확장 X3D 뷰어를 통해 물체를 렌더링 해주는 확장 X3D 시스템을 개발한다(그림 1). 이 확장 X3D 뷰어는 본 연구를 통해 기존의 X3D 뷰어와는 달리 실제 측정 단위의 물리 속성 처리가 가능하도록 새로 개발된 것이다.

## 3. LOLD(Level of Length Detail) 와 길이 속성 정의

기존의 X3D 를 이용하여 물체의 모델링 및 렌더링을 수행하는 경우에는 같은 물체를 그리더라도 개체마다 표준화된 크기 수치를 가지고 있지 않기 때문에 서로 다른 제작자에 의해서 만들어진 여러 종류의 3차원 물체들은 하나의 화면에 표현될 경우 비 현실적인 크기 비율로 표시될 경우가 생기게 된다. 즉, 사람보다 더 큰 사과, 짐보다 더 큰 사람 같은 결과가 생길 수 있다. 이 때 실세계의 길이 단위로써 물체의 실제 높이의 수치를 물체의 속성으로서 정의되어 해석된다면 여러 물체를 불러들인 메인 프레임에서 각 물체의 높이 속성 비교를 통하여 물체들의 크기를 비교할 수 있게 된다.

길이 측정 단위로는 다음의 종류가 있다: nm( $10^{-9}$ ),  $\mu\text{m}$ ( $10^{-6}$ ), mm( $10^{-3}$ ), cm( $10^{-2}$ ), m, km( $10^3$ ), Mm( $10^6$ ). 가상환경에 표현되는 물체는 어떠한 크기의 가상의 단일 물체의 경우에는 컴퓨터 화면에 표시될 수가 있다.

그러나, 컴퓨터 디스플레이 장치의 한계로 인해 이러한 단위로 측정되는 모든 길이로 표현되는 물체들을 한 장면 안에 모두 표시할 수는 없다[7][10]. 그리고, 한 장면에 포함시키는 물체 길이의 범위를 1000 단위로 구분하였다. 이에 따라 본 연구에서는 자세한 길이의 단계를 구분하는 LOLD(Level of Length Detail)을 정의한다(표 1).

(표 1) LOD의 범위

LOLD	최소 단위	최대 단위
1	nm	μm
2	μm	mm
3	mm	m
4	m	km
5	km	10 <sup>3</sup> km

LOLD의 구분은 가장 작은 단위인 nm부터 시작하여 10<sup>3</sup>km까지 사용할 수 있도록 지정하였으며 가장 많이 표현되는 3 LOD(mm부터 m까지 표현)를 디폴트 값으로 사용한다.

이상의 범위 이외의 길이도 추가로 정의하는 것은 가능하다. 이러한 LOD의 개념과 실제 물체의 측정 길이를 이용하여 3차원 물체의 물리적 길이를 정의한다. 물체 정의 구분은 X3D 명세를 기반으로 하였고 본 논문에서는 물체 길이의 예로 물체의 기하 자료 중에서 y축 값의 최대, 최소값의 차로 가정하여 정의한다. 확장 X3D에서 기술되는 물체의 높이는 실세계의 측정 단위로서 정의되는 물체의 높이와 같은 값을 갖도록 한다.

본 연구에서는 월드 좌표 공간 내의 물체의 크기 비교를 위하여 물체가 가지고 있는 모든 점들 중에서 y축 수치가 가장 낮은 위치부터 가장 높은 위치까지의 차이를 높이 값으로 정의하고 물체의 크기를 변환시킨다.

기존의 X3D에서 사용하는 scale 태그가 원래 물체의 크기에 대한 상대적인 확대나 축소를 표현해 준다면 높이 속성은 원래 표시되는 크기에 상관없이 정해진 값을 절대값으로 하여 적용되게 된다. 이것은 2개 이상의 물체를 불러들였을 때 높이 값을 통하여 서로간의 크기 비교를 가능하도록 만들어 준다. 또한 이것은 개체가 단지 y축으로만 크기가 확장 되는 것이 아니라 x축, y축, z축 간의 크기를 비교해 y축은 높이 속성과 같은 크기를 갖게 되고 나머지 축은 y축에 대한 x축 혹은 z축의 비율로 크기가 변환되게 된다.

#### 4. 확장 X3D를 이용한 길이 속성 정의

확장 X3D 물체의 길이 속성 정의는 X3D 명세에서 Shape 태그를 이용하여 정의된다. Inline 태그를 사용할 경우에는 물체가 중복하여 생성될 수 있으나 Shape 태그는 Inline 태그에서는 이용되지 않으므로 물체의 길이 속성의 중복 정의를 피할 수가 있다. 실제 측정 단위에 의한 길이 속성 정의는 Shape 속성에 다음과 같이 bboxHeight 속성을 기술한다:

```
<Shape bboxHeight = "height", LOD = 3>
```

여기에서 height는 LOD 3 범위에서의 물체의 실제 길이 단위로 표현 수치값이다. 그리고, DTD 파일에는 다음과 같이 속성에 대한 형식을 정의한다:

```
bboxHeight %SFDouble; # IMPLIED
LOLD %SFInt32; "3"
```

(그림 2)는 teapot의 높이로 200 밀리미터를 지정한 예를 보여준다. (그림 3)은 (그림 2)의 확장 X3D에 대한 DTD 파일의 내용을 보여준다. (그림 4)는 해당 LOD에서 실제 길이 속성에 따라 화면에 물체를 표현하기 위한 알고리즘을 보여준다.

```
<Scene>
  <Viewpoint position="0.0 0.0 1.0" description="1M view"/>
  <NavigationInfo type="EXAMINE" "ANY"/>
  <Background groundColor="0.05 0.1 0.3" skyColor="0.05 0.1 0.3" />
  <Transform>
    <Shape bboxHeight="200", LOD = 3>
      <Appearance>
        <Material diffuseColor="1.0 0.0 0.0"/>
      </Appearance>
    </Shape>
  </Transform>
</Scene>
```

(그림 2) 확장 X3D에 의한 측정 단위로 길이 속성 정의

```

<!ATTLIST Shape
  containerField NMTOKEN "children"
  class CDATA #IMPLIED
  bboxCenter %SFVec3f; "0 0 0"
  bboxSize %SFVec3f; "-1 -1 -1"
  bboxHeight %SFDouble; #IMPLIED
  LOLD %SFInt32; "3"
  DEF ID #IMPLIED
  USE IDREF #IMPLIED>           //end of ATTLIST

```

(그림 3) 길이 속성 정의를 위한 DTD 파일 기술의 예

```

float bboxHeight = atof(Height Value); // User defined value
m_pMesh->GetBounds(&pBox, TRUE); // Search the bounding box for the object

float fHeight = pBox.m_fMax[Y] - pBox.m_fMin[Y];
    // Calculate the Y interval value between the maximum and minimum Y values
    // of the bounding box

if (fHeight==0.0) return;

float fScale=bboxHeight/fHeight;
    // Calculate the scaling rate from the bounding box and user-defined height value

Matx4x4 XformMatrix; // Define a 4x4 scaling matrix for applying to the object
Scale3D(fScale,fScale,fScale, XformMatrix);
    // Process scale for all X,Y, and Z directions
m_pMesh->TransformVertex(XformMatrix);
// Apply the scaling matrix to all the coordinates of the object

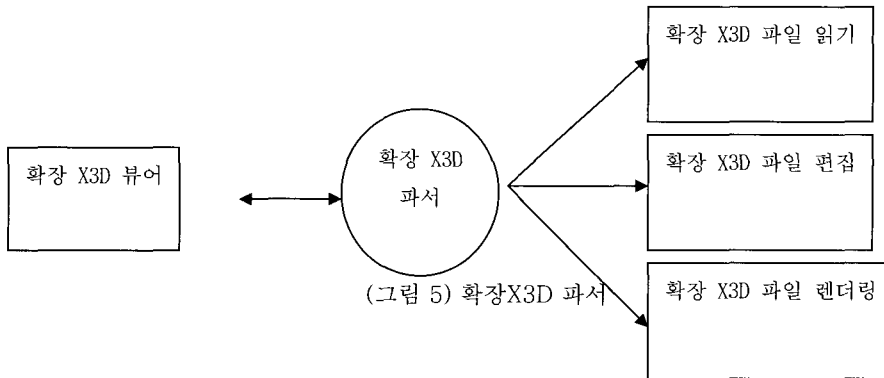
```

(그림 4) 길이 측정 단위 적용 알고리즘

## 5. 확장 X3D 뷰어

기존의 X3D 뷰어로는 물리 속성 처리가 불가능하므로 [8][12] 본 연구에서는 이러한 속성 적용이 가능하도록 확장 X3D 뷰어를 개발하였다. 또한 이 확장 X3D 뷰어는 속성 적용뿐 아니라 한 화면에서 두 개 이상의 X3D 파일을 불러오는 것을 가능하도록 해서 서로 다른 도구에서 제작된 두 개 물체가 한 장면으로 읽어들이 수 있도록 해서 물체의 길이 비교가 가능하도록 하였다. 이것은 여러 개의 X3D 파일을 프로그램의 수정 없이 불러들여서 가상 공간을 손쉽게 만들기 위한 것으로 각각의 높이 속성이 적용된 파일이 불러들여졌을 때 물체 간의 높이를 비교하는 것 만으로 물체들은 화면상에서 서로 다른 물체와 비교되어 정의된 길이 속성에 따라 크기 변환되어 렌더링된다.

확장 X3D 뷰어는 메뉴바, 툴바, 뷰 윈도우 등으로 이루어져 있다. 메뉴 바에서는 파일을 불러오거나 두 개 이상의 파일을 한 화면에 불러오기 위한 add 기능, 환경 설정 차일드 윈도우 설정 등의 기능을 제공한다. 툴바는 주로 위치 전환, 모델의 확대/축소, 이동, 초기화 등의 네비게이션 기능 등을 가진 아이콘들을 제공한다. 뷰 윈도우는 마우스 조작으로 물체를 이동, 회전, 확대/축소 연산을 시행한 결과를 받아 실제 모델이 렌더링되도록 하는 윈도우를 말한다. 확장 X3D 파일은 뷰어에서 읽어들이면 확장 X3D 파서를 거치게 된다(그림 5). (표 2) 및 (표 3)은 각각 메뉴바와 툴바 기능을 요약한 표이다.



(표 2) 확장X3D 뷰어의 메뉴바 기능

File	Open / Close	확장 X3D 파일을 열기/닫기
	Add	현재 화면에 또 다른 확장 X3D 파일을 불러온다.
	Recent Files	열어왔던 파일의 목록
	Exit	프로그램 종료
View	Menu/Status/Child/Tree/Fields Bar	Menu/Status/Child/Tree/Fields Bar 보이기 / 감추기
	Property	환경 설정 다이얼로그 열기
Edit	Grid / Axis	Grid / Axis 보이기 / 감추기
	Perspective	뷰를 Perspective로 보거나 또는 Orthographic으로 보기
	Clear View	현재 선택된 화면에서 보이는 모든 데이터 삭제 및 화면 Clear
Window	Cascade / Tile	차일드 윈도우를 Cascade / Tile 형식으로 나열
Help	About Viewer	확장 X3D 뷰어 프로그램 등록정보

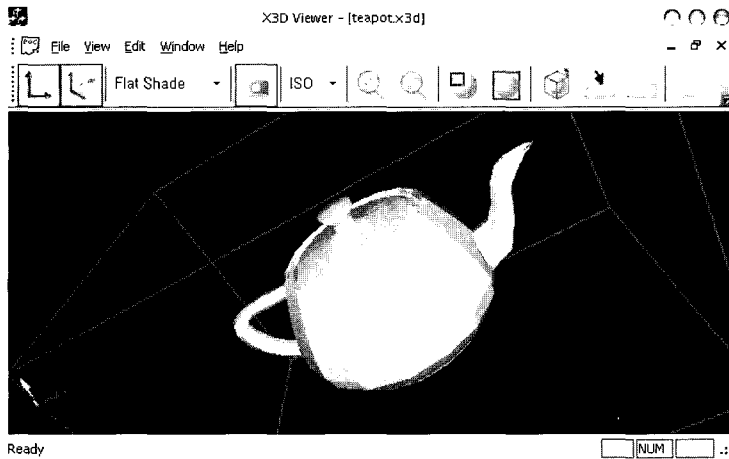
(표 3) 확장 X3D 뷰어의 툴바 기능

Grid	Grid 보이기 / 감추기
Axis	Axis 보이기 / 감추기
Render Mode	렌더링 모드 전환
Perspective	뷰를 Perspective로 보거나 또는 Orthographic으로 보기
Viewing Mode	위치를 전환
Zoom in / out	화면을 확대 / 축소
Fitting Model	선택된 모델을 볼 수 있도록 화면을 확대 또는 축소
View All	모든 모델을 볼 수 있도록 화면을 확대 또는 축소
Select Model/Polygon	버튼을 선택한 후 마우스의 오른쪽 버튼을 클릭해서 모델/폴리곤을 선택하는 기능
Select Cancel	선택 모드를 초기화 하는 기능, 선택된 모델이나 Polygon을 선택 해제
Clear View	현재 선택된 화면에서 보이는 모든 데이터 삭제 및 화면 Clear

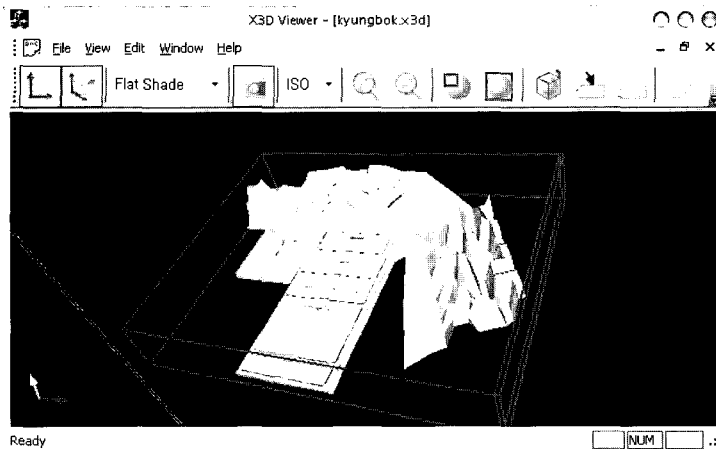
## 6. 구현 결과

다음은 실제 측정 단위로서 길이 정보의 기술을 포함하는 물체의 정보를 가지는 확장 X3D 에 의해 뷰어에서 물체들의 크기를 비교할 수 있는 구현 결과에 대해 설명한다. 본 시스템 개발에는 윈도우 XP, 비주얼C++ 6.0, OpenGL, 3DS MAX 등이 사용되었다. (그림 6)은 물체의 길이를 20cm 로 정의한 teapot을 디스플레이하는 장면이고, (그림 7)은 길이를 30 m로 정의한 경복궁 모델을 디스플레이하는 장면을 나타낸다.

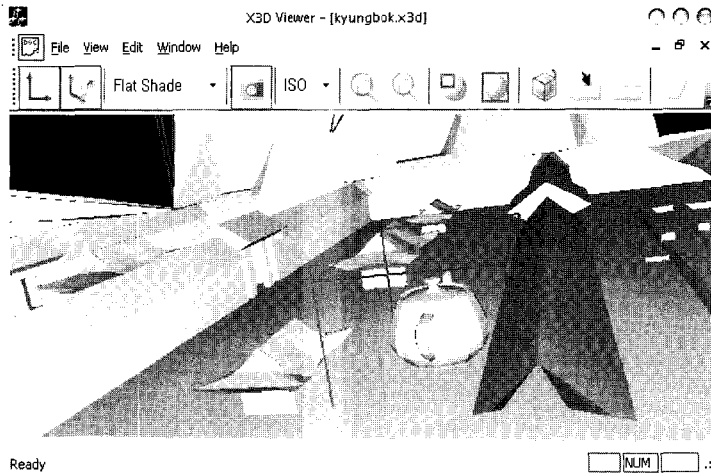
각 물체를 개별적으로 읽어들이면 뷰어는 각각을 정규화된 좌표계로 디스플레이 한다. 이 두 물체의 실제 길이를 고려하지 않고 두 물체를 같은 장면으로 읽어들이면 (그림 8)과 같은 장면의 결과를 얻는다. 이 그림으로는 두 물체의 크기에 대한 비교가 불가능하다. 그러나, 본 연구에서 정의하는 길이 속성 적용이 가능한 확장 X3D뷰어에서 차례로 두 물체를 읽어들이면 (그림 9)에서 보는 바와 같이 teapot 과 경복궁 모델의 실제 길이에 의해 물체의 크기가 조정되어 눈으로도 물체를 비교할 수가 있게 된다.



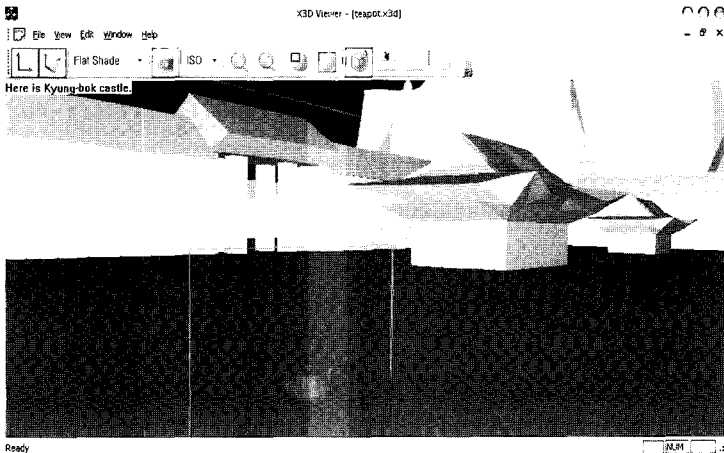
(그림 6) teapot (20cm)



(그림 7) 경복궁 모델(30m)



(그림 8) 길이 속성이 적용되지 않은 경우



(그림 9) 길이 속성이 적용된 경우

## 7. 결론

본 논문에서는 기존의 X3D 문법에 물체의 물리적 속성 중 하나인 길이 속성을 정의할 수 있도록 기능을 확장시켜서 실세계의 길이 측정 단위를 이용하여 물체의 정확한 길이가 표현 가능하도록 하여 뷰어에서 실제 길이에 의한 물체의 물리적인 특성을 구별할 수 있도록 하는 시스템을 구현하였다. 물리적 속성 정의는 X3D의 Shape 노드와 DTD 파일에 실제 길이 단위를 명시하는 구문을 새로 정의하였으며 이것을 해석하여 길이에 따라 크기 조정되어 화면에 물체를 렌더링해주는 확장 X3D 뷰어를 개발하였다.

기존에는 서로 다른 환경에서 제작된 물체들의 정확한 크기 비교가 불가능하였으나 이 시스템에 의해서 서로 다른

환경의 여러 물체들이 한 장면에 들어올 때 그 크기가 조정되어 서로의 물리적 속성을 정확하게 구별할 수 있는 기능을 갖게 되었다.

본 논문에서와 같이 물체의 물리적 속성을 정확한 수치로 정의하고 이를 기반으로 하여 뷰어가 정밀한 크기로 여러 물체를 표현 가능하게 하였을 때 컴퓨터 그래픽스에 의해 생성된 3차원 물체들이 과학적으로 응용 가능해질 것이다. 본 연구의 결과는 서로 다른 모델러에서 제작된 물체라 하더라도 물체의 길이에 관한 성능을 확인할 필요가 있는 웹 응용, 온라인 쇼핑, 각종 교육 자료 구성, 물체의 정밀한 표현이 요구되는 공학 분야 등에서 활용될 수 있다.

## 참고문헌

- [1] Andrea L. Ames, David R. Nadeau, John L. Moreland, VRML 2.0 Sourcebook, 2nd ed., John Wiley & Sons, 1996.
- [2] David beard, "Using VRML to share large volumes of complex 3D geoscientific information via the Web, Proceedings of the eleventh international conference on 3D web technology, ACM, pp.163 - 167, 2006.
- [3] Donald Hearn and M. Pauline Baker, Computer Graphics with OpenGL, 3rd Ed., Prentice-Hall, Inc. 2004.
- [4] David P. Luebke, "A Developer's Survey of Polygonal Simplification Algorithms", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 21, No. 3, pp. 24-35, May/June 2001.
- [5] F. S. Hill, Jr., Computer Graphics Using OpenGL, 2<sup>nd</sup> Ed., Prentice Hall, 2001.
- [6] Hector Yee, Sumanita Pattanaik, Donald P. Greenberg, "Spatiotemporal sensitivity and visual attention for efficient rendering of dynamic environments", ACM Transactions on Graphics (TOG), Vol. 20, No. 1, pp. 39-65, 2001.
- [7] Joshua Levenberg, "Fast View-Dependent Level-of-Detail Rendering Using Cached Geometry", Proceedings of 13th IEEE Visualization 2002 (VIS'02), pp. 259-265, 2002.
- [8] Luciano P. Soares, Marcelo K. Zuffo, "JINX: an X3D browser for VR immersive simulation based on clusters of commodity computers", Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology, pp. 79-86, 2004.
- [9] Richard S.Wright, Jr.and Benjamin Lipchak, OpenGL SuperBible Third Edition, SAMS Publishing, 2005.
- [10] Ross Brown, Luke Cooper, Binh Pham, "Level of detail: Visual attention-based polygon level of detail management", Proceedings of the 1st international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australasia and South East Asia GRAPHITE '03, pp.55-62, 2003.
- [11] [www.opengl.org](http://www.opengl.org)
- [12] [www.web3d.org](http://www.web3d.org)
- [13] [www.w3.org](http://www.w3.org)