

## 가상환경에서의 실세계 물리적 길이 비교

정철희<sup>o</sup> 임창혁 이민근\* 이명원

수원대학교 인터넷정보공학과

\*수원대학교 컴퓨터학과

[whiskerfe@hanmail.net](mailto:whiskerfe@hanmail.net), [singrey@gmail.com](mailto:singrey@gmail.com), [adora98@empal.com](mailto:adora98@empal.com),

[mwlee@suwon.ac.kr](mailto:mwlee@suwon.ac.kr)

### Real-World Physical Length Comparison in Virtual Environments

Chul Hee Jung<sup>o</sup>, 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

본 논문에서는 가상환경의 물체들을 정확하게 비교하기 위하여 실세계 모든 길이 단위를 이용하여 물체의 길이를 정의하는 방법을 기술한다. 본 연구에서 브라우저는 화면상에 물체를 보여줄 때 모델러가 정의한 물리적 길이 속성을 참조하여 제작자가 원하는 길이로 물체를 표현한다. 서로 다른 모델러에서 제작된 서로 관계 없는 물체들이라도 길이 명세를 가지고 있으면 브라우저에 들어올 때 그에 따라 스케일이 적용되어 정확한 크기 비교가 가능하게 된다. 본 논문에서의 길이 명세는 X3D 명세에 추가하여 정의되었으며 포함되는 길이 단위는  $10^{-24}$ (yotta) 부터  $10^{24}$ (yocto) 까지이다. 그리고 서로 다른 LOD(Levels of Length Detail) 속성을 가진 물체를 동시에 불러 올 때의 LOD(Levels of Detail) 처리와 LOD 속성을 적용하는 방법에 대해 기술한다.

#### Abstract

In this paper, we describe a method of defining an object's real length in order to compare objects' lengths precisely using all real length units in the real world. The browser in our study represents an object's length by referencing to the physical length property defined at modeling when it displays the object. Since objects' lengths are appropriately scaled according to these units, objects can be precisely and visually compared in size using real world length units. The concept of defining the real length unit is extended to the X3D specification. The units are ranged from  $10^{-24}$ (yotta) to  $10^{24}$ (yocto). In addition, we explain the method for processing LOD (Levels Of Detail) and for applying the property of LOD (Levels of Length Detail) when objects with different LOD are read into the browser.

키워드 : 가상현실, 실제 길이 비교, 물리 길이 단위, 물리 길이 속성, X3D

Keyword : Virtual reality, Real length comparison, Physical length unit, Physical length property, X3D

## 1. 서론

X3D(Extensible 3D)는 웹에서의 3D 구현을 위한 차세대 개방된 표준안으로, XML을 기반으로 하여 3차원 장면들과 물체들을 표현하고 통신하기 위한 파일 포맷과 런타임 구조를 정의한다[1][2]. X3D는 VRML (Virtual Reality Modeling Language)의 다음 버전으로 멀티미디어와 통합된 3차원 그래픽스의 전송과 교환을 위한 국제표준이다. 실세계의 물체를 가상공간에서 정확하게 나타내어 신뢰성 있는 자료를 구축하기 위해서는 실세계 물체의 길이, 무게, 습도 등의 물리적 속성들이 정확하게 표현될 때 가능하다. 이러한 물리적 속성으로 가상공간의 물체를 표현했을 때 의미 있는 웹3D 정보를 구현하게 될 수 있을 것이다.

본 논문에서는 물리적 속성 중의 하나인 물리적 길이를 X3D 명세서에 새로운 컴포넌트 개념으로 정의하고 이를 구현하는 방법에 대해서 기술한다. 본 연구에서의 가상환경의 물리적 길이 표현은 국제 표준화된 방법으로 기술되어야 하므로 국제표준인 X3D 명세를 기반으로 하였다[3][4]. 따라서 기존의 X3D 문법에 새로운 물리적 길이 컴포넌트를 도입하는 방법으로 정의하였다. 이를 위해 본 논문에서는 물리적 길이 노드의 문법을 정의하고 실세계 길이 단위를 명시할 수 있도록 하였으며 브라우저에서 이러한 단위 표현 방법에 대해 설명한다.

또한 서로 다른 물리적 길이 단위에 속하는 두 물체를 동시에 읽어 들일 경우에 대해서 LOLD(Levels of Detail)를 처리하는 방법에 대해 설명하고 각각의 상황에 따라 각 물체에 LOLD 속성을 적용하는 방법에 대해 기술한다.

## 2. 개념

### 2.1 물리적 길이 속성

일반적으로 브라우저는 화면상에 물체를 렌더링할 때 모델러가 정의한대로 물체를 표현한다[5][6]. 따라서 동일 환경에서 모델링을 수행하는 경우에는 물체의 길이에 대한 기준을 정하면 물체들의 크기를 상대적으로 표현하는 것이 가능하기도 하다. 그런데, 서로 다른 모델러에서 독립적으로 만들어진 두 모델을 한 화면에 들어올 때는 두 모델의 크기를 비교할 수가 없다. 이것은 현재의 컴퓨터그래픽스 기술이 모든 물체들을 화면에 잘 표현하도록 정규화된 좌표계로 설계되어온 그래픽스 파이프라인 개념을 기반으로 하고 있기 때문이다[7].

본 연구에서는 모델러가 정점 좌표를 이용하여 물체를 정의할 때, 크기에 대한 고려 없이 정점 데이터가 생성되더라도 브라우저에 물체의 실제 길이를 나타낼 수 있도록 하였다. 이를 위해서, X3D 파일 내에 길이 단위를

를 이용하여 길이 속성을 추가하고, 브라우저가 제작자가 정의한 길이로 물체를 표현할 수 있게 하였다. 여기서 정의하는 물리적 길이 컴포넌트는 X3D 파일 전체가 아닌 각각의 개체 속성에 적용될 수 있도록 한다.

### 2.2 LOLD (Level of Length Detail)

물리적 길이 속성에 사용되는 길이 단위의 범위를 정의한다. LOLD는 ISO/IEC 18025 에서 정의하는 단위크기(unit scale)를 기준으로 하였다(표 1). 길이의 기본 단위는 미터(meter)이며,  $10^3$  간격으로 단위가 정의된다.

(표 1) 길이 단위

Label	Symbol	Concept definition	Code
YOTTA	Y	$10^{24}$	1
ZETTA	Z	$10^{21}$	2
EXA	E	$10^{18}$	3
PETA	P	$10^{15}$	4
TERA	T	$10^{12}$	5
GIGA	G	$10^9$	6
MEGA	M	$10^6$	7
KILO	k	$10^3$	8
HECTO	h	$10^2$	9
DECA	Da	$10^1$	10
UNI	1	$10^0$	11
DECI	D	$10^{-1}$	12
CENTI	c	$10^{-2}$	13
MILLI	M	$10^{-3}$	14
MICRO	M	$10^{-6}$	15
NANO	n	$10^{-9}$	16
PICO	P	$10^{-12}$	17
FEMTO	f	$10^{-15}$	18
ATTO	a	$10^{-18}$	19
ZEPTO	z	$10^{-21}$	20
YOCTO	y	$10^{-24}$	21

### 2.3 물리적 길이 값

물리적 길이 값이란 물리적 길이 컴포넌트를 정의할 때 길이 속성 값으로서 물체의 실제 길이를 명시하는데 사용한다. 각 LOD 단위에 따라서 지정된 물리적 길이 값이 길이 단위로 해석되어 적용된다. 즉 LOD 단위의 하나인 UNI 에서 value 값 1 은 1m 가 되고 CENTI 에서 value 값 1 은 1cm 가 된다.

이 때 물리적 길이 속성에 적용되는 축으로는 모델 좌표계의 x, y, z축으로 정의하도록 하였으며, 이로써 물체의 길이 속성을 정의할 때 축을 선택하여 구현할 수 있도록 하였다. 하나의 축을 선택하여 물체의 길이 속성을 정의해두면 물체는 선택한 축으로만 커지는 것이 아니라 다른 축들도 선택한 축에 비례하여 크기가 변환되도록 하였다.

LOLD 처리에 있어서, 화면의 해상도가 약  $10^3 \times 10^3$  라고 가정할 때, 두 물체의 길이 차가  $10^3$  이하일 때는 화면상에서 두 물체의 크기 비교가 가능하지만 그 이상일 경우에는 작은 물체가 화면에서 보이지 않게 된다. 이 때 효율적인 렌더링 수행을 위해서는 LOD 처리를 해주어야 한다[8][9][10][11]. 서로 다른 LOD 속성을 가진 물체들을 동시에 화면에 표시할 때는 다음의 방법으로 LOD 처리를 수행한다.

- 두 물체가 한 장면으로 들어올 때는 두 물체의 LOD 속성을 비교한다.
- LOD 속성의 차가  $10^3$  이상이면 LOD 속성이 작은 물체의 렌더링은 생략한다.
- 움직이는 물체들의 경우에는 LOD 속성이 큰 물체가 관측공간에서 벗어날 때 LOD 속성이 작은 물체의 렌더링을 개시한다.

### 3. 물리적 길이 컴포넌트 정의

본 연구에서는 실세계 길이 비교가 가능하도록 물리적 길이 속성 컴포넌트를 정의하였다. 이를 위해 X3D 명세서를 기반으로 하는 새로운 노드를 정의하였다. 여기에는 X3D 에서 아직 처리되고 있지 않은 실세계 물리적 속성을 정의하기 위한 Physical 노드와 길이 속성을 정의하는 Length 노드가 포함된다.

#### 3.1 Physical 노드

Physical 노드는 물체가 가지는 물리적 특성을 설정한다.

```
Physical : X3DPhycalNode {
SFNode [in,out] Length NULL [X3DLengthNode]
}
```

이 노드의 필드에 대한 값은 NULL일 수 있다. 그러나 해당 필드가 NULL이 아니면, 필드는 적절한 유형의 노드를 포함하여야 한다. Length 필드가 NULL이거나 설정되어 있지 않다면, 물체는 별도의 길이 변환을 하지 않게 되며 X3D 문서 내에 표현된 정점 좌표(혹은 기하도형 노드에 설정된 값)를 기반으로 물체를 그려주게

된다.

#### 3.2 Length 노드

Length 노드는 화면에 표시되는 크기에 상관없이 물체가 가지는 고유한 길이를 표현해 준다.

```
Length : X3DLengthNode {
SFString [] axis "x" ["x"|"y"|"z"|""]
SFString [] LOD "UNI"
["YOTTA"|"ZETTA"|"EXA"|"PETA"|"TERA"|"GIGA"|"MEGA"|"KILO"|"HECTO"|"DECA"|"UNI"|"DECI"|"CENTI"|"MILLI"|"MICRO"|"NANO"|"PICO"|"FEMTO"|"ATTO"|"ZEPTO"|"YOCTO"|""]
SFFloat [] value [] [0,∞]
}
```

axis 필드는 길이를 측정하는 공간상의 축을 설정한다. x축, y축, z축으로 물체를 구현할 수 있다. LOD 필드는 길이를 측정하는데 사용되는 단위를 설정한다. 이 값이 설정되어 있지 않으면 단위는 기본적으로 Meter (UNI)로 표현된다. 이 단위는 10의 n 제곱 단위로 정의되어 있다.

value 필드는 물체가 가지는 실질적인 길이 값을 설정한다. 이 값은 LOD 필드에 설정된 값(설정되어 있지 않으면 기본값)과 함께 물체의 길이 변환에 사용된다. LOD 필드와 value 필드가 설정되어 있으면 y축에 대한 길이 변환을 위한 스케일 값은 다음과 같이 계산된다.

$$\text{Height} = \text{pBox.m\_fMax}[Y] - \text{pBox.m\_fMin}[Y];$$

(식 1)

$$\text{LOLD} = \text{pow}(10, \text{LOLD});$$

(식 2)

$$\text{Scale} = \text{value}/\text{Height} * \text{LOLD};$$

(식 3)

(식 1)은 axis 필드에 기술되어 있는 축의 최대값(Max)에서 최소값(Min)을 빼주어 축에 대한 물체의 길이 값을 구해준다. (식 2)는 pow 함수를 사용하여 LOD 필드에 기술되어 있는 단위 값만큼 10의 곱을 해준다. (식 3)에 의해 LOLD에 따른 스케일 값을 구할 수 있다.

### 4. LOD 정의

LOLD 정의를 위해서는 본 논문에서 정의한 Physical 노드와 Length 노드를 참조해야 한다. Physical 노드의 필드에 NULL 값이 아닌 Length 필드가 설정되어 있으면 Length 노드를 참조하게 되고, Length 노드의 axis 필드, LOD 필드, value 필드의 설정을 참조하여 물체의 크기를 적용하게 된다.

물체에 LOD 속성을 정의하는 방법은 (그림 1)에서와 같이 LOLD로 길이 단위를 지정하면 된다. 이 예에서는 z 축 방향으로 180cm 길이를 명시한 것이다.

그리고, 파일 내부에 두 개 이상의 Length 노드가 존재하거나, Inline 등을 사용하여 길이 속성이 문서 내에 여러 객체에 정의되었을 때 LOLD 값 지정에 따라 서로 다른 처리가 필요하게 된다. 문서 내부에 길이 속성이 <length axis="y" LOLD="UNI" value="1"/> 속성으로 되어있는 물체 A 와 같은 문서에 Inline 으로 추가되어진 <length axis="x" LOLD="CENTI" value="10"/> 속성의 물체 B 가 있다면, 두 물체는 서로의 속성에 영향을 받지 않고 각자의 길이 명세에 따라 표현되도록 한다.

```

<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 scale="1 1 1" >
<Physical>
<Length axis="z" LOLD="CENTI" value="180"/>
</Physical>
<Shape>
<Appearance>
<Material diffuseColor="0.9725 0.7412 0.3412"/>
</Appearance>

```

(그림 1) LOLD 정의 예

5. 구현

본 절에서는 물체간의 관계를 고려하지 않고 각각 모델링 된 물체들을 정의한 파일을 한 장면에 읽어 들여 표현했을 때 그들 물체간의 정확한 길이나 크기의 차이를 확인할 수 있는 예를 설명한다.

기존의 X3D 뷰어로는 물리적 속성 처리가 불가능하므로 본 연구에서는 이러한 속성 적용이 가능하도록 확장 X3D 뷰어를 수정하여 본 연구에서 정의한 Physical 노드와 Length 노드를 해석하고, 3D 모델에 실세계의 길이 단위를 적용시킬 수 있게 되었다[4]. 예를 들어 만약 사람의 경우에는 y축을 사용하여 길이를 표시하고, 사람의 신장을 나타내는 단위로는 일반적으로 사용되는 CENTI(10<sup>-2</sup>)을 사용할 것이다. 이 때 180cm와 130cm 사람의 길이(키)는 다음과 같이 정의된다:

```

<length axis="y" LOLD="CENTI" value="180"/> 과
<length axis="y" LOLD="CENTI" value="130"/>

```

두 사람을 각각의 LOLD를 이용하여 렌더링을 하면 (그림 2-a)와 같은 결과를 얻을 수 있다. 즉 신장 180cm를 가진 사람과 신장 130cm를 가진 사람을 정확하게 구현할 수 있게 되고 두 사람의 신장 차이를 한눈에 비교해 볼 수 있다.

(그림 2-b)는 또 다른 예제로 신발을 예로 보인 것이다. 신발의 경우에는 x축 방향으로 사이즈를 나타내고 길이 단위로는 MILLI(10<sup>-3</sup>)을 사용한 것이다. 신발의 길이 정의는 다음과 같이 기술할 수 있다:

```

<length axis="x" LOLD="MILLI" value="280"/> 과
<length axis="x" LOLD="MILLI" value="200"/>

```

이 예제에서는 사이즈 280mm의 신발과 사이즈 200mm의 신발을 정확하게 표현할 수 있게 되어 크기 비교가 가능하게 된다.

(그림 2-c)는 다음의 물리적 길이 속성을 적용한 예를 보여준다:

```

<length axis="y" LOLD="UNI" value="10"/> 과
<length axis="y" LOLD="UNI" value="6"/>

```

즉 높이가 10m인 집과 높이가 6m인 집을 정확하게 구현할 수 있다.

(그림 2-d)는 여러 객체들에게 동시에 물리적 길이 속성을 적용한 결과를 보여준다. 집, 사람, 티셔츠, 바지 등 각 객체를 위한 Shape 노드에 다음의 각 길이 노드가 적용된 것이다:

```

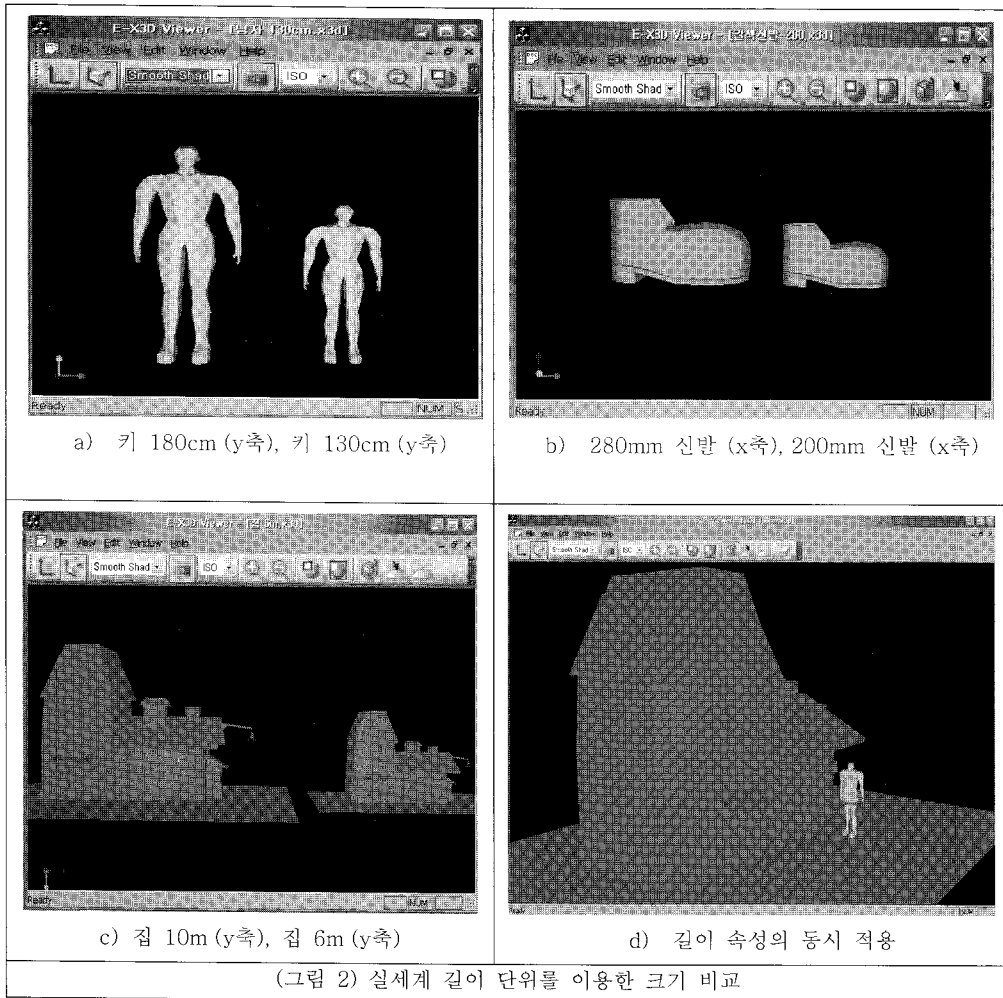
<length axis="y" LOLD="UNI" value="6"/>,
<length axis="y" LOLD="CENTI" value="180"/>,
<length axis="y" LOLD="CENTI" value="78"/>,
<length axis="y" LOLD="CENTI" value="20"/>.

```

여러 물체의 물리적 길이 속성이 다르게 정의되어 있어도 각 물체들은 서로의 속성에 영향을 받지 않고 표현되므로 높이 6m의 집, 길이 78cm의 티셔츠, 길이 20cm의 반바지, 키 180cm의 사람을 각각 정확하게 구현할 수 있다.

6. 결론

본 연구에서는 실세계 길이 단위를 이용하여 가상환경에서의 물체들의 물리적 길이 속성을 정확하게 표현하고 시각적으로 물체들의 크기 비교가 가능하게 하는 시스템을 개발하였다. 이를 위해 기존 X3D 명세서에 Physical 노드와 Length 노드를 포함하는 물리적 길이 컴포넌트를 새롭게 정의하였고 이를 X3D 장면 내에서 표현 가능하도록 해주는 브라우저를 구현하였다.



본 연구의 결과는 물체의 정확한 실제 길이를 필요로 하는 인체 모델링, 건축물, 온라인 쇼핑, 각종 설계 도면, 교육 자료 구성 등에서 활용될 수 있다.

### 참고 문헌

- [1] ISO/IEC 19775-1:2004(E), Information technology - Computer graphics and image processing - Extensible 3D (X3D), Part 1: Architecture and base components, 2004.
- [2] ISO/IEC 19776-1:2005(E), Extensible 3D (X3D) encodings, Part 1: Extensible Markup Language (XML) encoding, 2005.
- [3] 이명원, 임창혁, 이용덕, "Level of Details for Representing Virtual Objects' Real Length", 한국컴퓨터그래픽스학회 학술대회 논문집, pp37-43, 2006년 11월.
- [4] 임창혁, 이민근, 박종인, 이종협, 이명원, "가상환경의 물리적 속성 정의 및 구현", 한국컴퓨터그래픽스학회 하계학술대회 논문집, pp.137-144, 2006년 7월.
- [5] Johannes Behr, Patrick Dähne, Marcus Roth, "Utilizing X3D for immersive environments", Proceedings of the ninth international conference on 3D Web technology, pp. 71-78, 2004.
- [6] 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.
- [7] Donald Hearn and M. Pauline Baker, Computer Graphics with OpenGL, 3rd Ed., Prentice-Hall, Inc.
- [8] Tan Kim Deok and Daut Daman, "A Review on Level of

Detail”, International Conference on Computer Graphics, Imaging and Visualization (CGIV’04), July 2004

[9] Karsten Hilbert and Guido Brunnert, “A Hybrid LOD Based Rendering Approach for Dynamic Scenes”, Computer Graphics International 2004 (CGI’04), June 2004

[10] Jonathan Cohen, David Luebke, Nathaniel Duca and Brenden Schubert, “GLOD: A Geometric Level of Detail System at the OpenGL API Level”, 14<sup>th</sup> IEEE Visualization 2003 (VIS’03), October 2003

[11] Randy K.Scoggins, Raghu Machiraju and Robert J.Moorhead, “Enabling Level-of-Detail Selection for Exterior Scene Synthesis”, 11<sup>th</sup> IEEE Visualization 2000(VIS’00), October 2000