

웹3D에서의 물리적 측정 단위 컴포넌트 명세

(Component Specification of Physical Measurement Units in Web3D)

김수현* 이명원**
(Su Hyun Kim) (Myeong Won Lee)

요약 가상 환경 표현의 기술은 실물의 정확한 표현보다는 화면 안에 잘 보일 수 있는 형태로 묘사되어 왔다. 컴퓨터 그래픽스 기술의 발전으로 다양한 분야에서 컴퓨터 그래픽스 물체 표현의 활용이 증대함에 따라서 단지 가시화의 기능 뿐 아니라 정확한 측정 정보를 요구하는 응용이 늘고 있다. 본 논문에서는 가상세계에서 정확한 측정 정보를 제공할 수 있도록 물리적 단위 체계를 적용할 수 있는 방법을 제안한다. 본 논문에서의 물리적 단위 속성의 명세는 웹에서의 3D 구현 기술인 X3D를 기반으로 정의하였다. 물리적 속성 중에서 X3D 장면 내에서 물리적 길이 속성을 정의하는 노드의 구성에 대하여 기술하고, 길이 외의 질량, 시간, 온도 등과 같은 다양한 물리적 속성의 단위를 국제 단위체계인 SI 단위계 (International System of Units)를 기반으로 객체에 정의할 수 있는 방법에 대하여 기술한다.

키워드 : X3D(확장성 3D), 가상 환경, 가상현실, 물리적 측정 단위, VR 측정 단위

Abstract The technology of virtual environments has been developed with better-quality appearance on a computer display in mind, but without consideration for objects' precise measurements in physical units. With the increased application of computer graphics in a variety of areas, there is a need for precise measurement functionality in addition to visualization. This paper describes the

* 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '웹3D에서의 물리적 측정 단위 컴포넌트 명세'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것이다

† 학생회원 : 수원대학교 인터넷정보공학과
auu-sinna@nate.com

** 종신회원 : 수원대학교 인터넷정보공학과 교수
mwlee@suwon.ac.kr

논문접수 : 2008년 10월 8일
심사완료 : 2009년 4월 24일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 컴퓨팅의 실제 및 레터 제15권 제6호(2009.6)

definition of physical properties using measurement units for X3D based virtual objects, to provide their precise physical information in virtual environments. To this end, we have included the physical property node in the X3D specification. The physical measurement units, such as length, mass, time, temperature, etc., are based on SI units (International System of Units).

Key words : X3D(Extensible 3D), Virtual Environments, Virtual Reality, Physical Measurement Units, Real Length Representation, VR Measurement Units

1. 서론

지금까지의 가상환경 표현의 기술은 실제 물체의 물리적 속성과 똑같은 표현보다는 정규화된 좌표치를 이용하여 화면 안에 가장 잘 보일 수 있도록 발전해왔다. 하지만 컴퓨터 그래픽스 기술이 발전되어감에 따라 더 현실적이고 사실적인 컴퓨터 그래픽 묘사가 필요하게 되었다. 예를 들어 3D 컴퓨터 게임에서 가상 세계를 구축할 때 사실적인 표현을 위한 물리 엔진은 필수적인 항목이라 할 수 있겠다. 또한, CAD 분야에서의 물리적 길이 정보는 필수적이라고 할 수 있다.

AutoCAD나 3ds Max와 같은 CAD 및 그래픽스 모델링 도구 등에서는 센티미터 혹은 미터 등의 물리적 길이 단위를 사용하고는 있으나 데이터 전송이나 교환에 필요한 그래픽스 물체 데이터에서는 그래픽스 도구에서 볼 수 있는 단위 명세가 정의되어 있지 못하다. 그리고, 가상환경의 물리적 단위 명세로 ISO/IEC JTC1 SC24 표준화그룹에서 국제표준화가 진행되고 있는 환경데이터 표현과 데이터 교환에 관한 표준 기술인 SEDRIS(Synthetic Environment Data Representation and Interchange Specification)에서는 수많은 물리 단위가 기술되어 있기는 하지만 이를 사용할 수 있는 인터페이스나 표현 기능은 제공하고 있지 못하다[1].

본 논문에서는 가상 환경을 구성하는 각 모델에 대해 물리적 단위 체계를 적용할 수 있는 방법을 제안한다. 본 연구에서의 가상환경의 물리적 단위 속성을 정의하는 구문은 ISO와 Web3D 컨소시엄에 의해 국제표준으로 제정된 X3D(Extensible 3D) 명세를 이용한다[2]. X3D는 XML을 기반으로 웹에서의 가상 세계 구현을 위한 표준안이며[3,4], 본 논문에서의 물리적 단위 속성은 X3D 내에서의 하나의 컴포넌트(Component)로서 제안한다. 본 연구팀의 기존 연구들과 비교하여 본 연구에서의 차이는 물체의 물리적 단위를 정의하는데 있어서 다양한 분야에서 표현되거나 제공될 수 있는 물리적 속성을 정의하고, 물리 속성의 측정 단위로 국제 표준화된 단위 체계인 SI 단위계(International System of Units)

를 기반으로 컴포넌트를 일반화된 개념으로 재정의했다는 점이다[5,6].

2. 물리적 속성과 측정 단위

가상 객체 모델에서 사용할 물리적 단위의 종류는 구현 기술 여부에 따라서는 포함할 필요가 없는 경우를 생각할 수 있다. 그러나 가상세계 표현에 있어서 물체 존재의 정확성을 나타내기 위해서는 표현 가능한 속성과 함께, 표현 가능하지 못한 경우에는 객체별 일관성 있는 속성 정보를 3D 가상공간에서 물체가 가질 수 있도록 해야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 객체 모델에 대한 단위 개념이 없는 X3D 명세에서 모델을 표현하는데 있어서 실세계에서 사용되는 다양한 물리 단위 속성을 기술할 수 있도록 한 것이다. 현재 적용되는 물리적 단위는 ISO/IEC에서 승인된 SI 단위계의 7개의 물리 단위인 길이(Length), 질량(Mass), 시간(Time), 전류(Electric Current), 열역학온도(Temperature), 물질량(Amount of Substance), 광도(Luminous Intensity)와 함께 특수 단위로써 음압(Sound Pressure)이 있다[7].

물리적 속성의 8개 단위 중에서 길이 단위를 제외한 나머지를 하나의 단위군으로 묶어서 정의한다. 나머지 7개의 단위들은 X3D 안에서 하나의 장면그래프(Scene Graph) 아래의 여러 Shape 노드마다 각 물리 단위의 값들을 적용시킬 수 있으며, 이때 적용된 값은 정보제공 수준의 자료이다. 이러한 정보 제공은 X3D에서 정의된 메타 태그(Meta tag)를 이용하여 기술할 수도 있지만, 메타 태그는 X3D의 헤더(Header)에서 선언되는 하나의 구조 전체에 대한 정보이며, X3D 구조상 이러한 정보는 가상 환경의 모델들에 어떠한 영향도 끼치지 못한다. 현재 제안되는 물리적 단위들은 헤더가 아닌 장면 내에서 각 모델마다 정의되기 때문에 가상 환경의 각 모델들에 대하여 훨씬 세밀하고 정확한 단위를 구성할 수 있다.

이러한 물리적 단위는 각 모델마다 정의할 수 있는 정보 제공의 차원에서 벗어나 의료정보 가시화 분야에서와 이용되는 사운드의 데시벨(dB)이나 속력(cm/s) 등도 데이터를 공유할 수 있는 형태로 가시화되어야 할 것이다[8]. 또한 기본적인 물리적 단위 속성을 이용하여 질량, 면적, 부피 등의 새로운 유도 단위도 생성할 수 있을 것이다.

3. 물리적 단위 컴포넌트 정의

3.1 Physical 노드

Physical 노드는 물체가 가지는 물리적 단위를 설정한다. Physical 노드의 추상화 타입(Abstract types)은

다음과 같다.

```
X3DPhysicalNode : X3DNode {
  SFNode [in,out] metadata NULL [X3DMetadataObject]
}
```

Physical 노드의 X3D 내에서의 위치는 최상위 노드인 X3DNode 아래에 위치하며 한 번의 정의로 X3D하위 노드 전체에 영향을 미친다. 또한, 각 Shape 노드에서 파생 가능하며 이 경우에는 각 Shape마다 영향을 미친다. 물론 필요성에 따라 X3DNode 아래의 다른 노드에서도 파생 가능하다.

```
Physical : X3DPhysicalNode {
  SFNode [in,out] Length NULL [Length]
  SFNode [in,out] Mass NULL [Mass]
  SFNode [in,out] Time NULL [Time]
  SFNode [in,out] Current NULL [Current]
  SFNode [in,out] Temperature NULL [Temperature]
  SFNode [in,out] Substance NULL [Substance]
  SFNode [in,out] Luminous NULL [Luminous]
  SFNode [in,out] SoundPressure NULL [SoundPressure]
  SFNode [in,out] metadata NULL [X3DMetadataObject]
}
```

Physical 노드의 노드 참조(Node Reference)에서는, 이 노드의 필드에 대한 값은 NULL일 수 있다. 그러나 해당 필드가 NULL이 아니면, 필드는 적절한 유형의 노드를 포함하여야 한다. 예를 들어, Length 필드가 설정되어 있으면 Length노드를 가져야 한다. Length 필드가 NULL이거나 설정되어 있지 않다면, 물체는 별도의 길이 단위를 가지지 않으며 X3D 문서 내에 표현된 정점 좌표를 기반으로 물체를 그려주게 된다.

3.2 Length 노드

Length 노드에서는 현실에서 많이 쓰이는 다양한 길이 단위를 정의한다.

```
Length : X3DPhysicalNode {
  SFString [in,out] unit "UNI"
  ["YOTTA"|"ZETTA"|"EXA"|"PETA"|"TERA"|"GIGA"|"MEGA"|"KILO"|"HECTO"|"DECA"|"UNI"|"DECI"|"CENTI"|"MILLI"|"MICRO"|"NANO"|"PICO"|"FEMTO"|"ATTO"|"ZEPTO"|"YOCTO"|"INCH"|"LINK"|"FT"|"YD"|"RD"|"CHAIN"|"FL"|"MILE"|"LG"|"
```

```
MIL|"AU"|"LY"|"PC"|"KPC"|"NMILE"|"ANG"|"US
ER"]
SFFloat [in,out] basis "1" [-∞, ∞]
SFString [in,out] numeral "DEC"
["SCIEN"|"DEC"|"ENGIN"|"ARCH"|"FRAC"]
SFNode [in,out] metadata NULL
[X3DMetadataObject]
}
```

이때 정의된 단위는 하나의 장면그래프 안에서 종속된다. Length노드의 기본 단위는 미터(meter)로 정의된다. unit 필드는 길이를 나타내는 길이 단위를 설정한다. 정의될 수 있는 단위의 범위는 미터법 뿐만 아니라 실제로 많이 사용되는 inch, feet, yard, 혹은 전문 분야에서 쓰이는 천문단위(AU) 등 대부분의 단위가 존재하게 된다. 또한 기타 길이 단위를 위하여 사용자 정의 단위를 추가하여 사용자가 직접 X3D 내에 단위를 정의할 수 있도록 하였다(표 1).

basis 필드는 사용자 정의 단위를 지정했을 때 미터당 단위를 설정하는 영역으로 속성이 적용된 단위에 대한 비율(축적)을 정의한다. 사용자 정의 단위는 기본 단위인 미터를 기준으로 basis 필드에서 명시된 값과 같이 사용되어 하나의 단위 체계로서 X3D에 정의된다.

numeral 필드는 단위 값의 표기 유형을 나타내는 필드로 X3D 내에서 정확하고 세밀한 치수를 표현하기 위한 방법으로 실제 많이 사용되는 다섯 가지 표기 유형을 정의하였다. 각 표기 유형들은 건축, 과학, 수학, 분수, 십진 표기 유형들로 전문 분야에서 많이 사용되는 표기법을 이용하여 정의하였다. 표 2는 numeral 필드의 표기 유형에 대하여 기술한다. 치수에 대한 정밀도를 높이기 위하여 각 표기 유형별로 표시된 좌표 데이터를 읽어 들일 수 있다. 이러한 numeral 필드는 CAD 도구를 이용한 설계에서 실질적으로 이러한 단위를 구분하여 사용하고 있어서 사용자 편의성을 위해 추가되었다.

표 1 사용자 정의 단위 명세표

Label	Symbol	Concept Definition	Code
USER	user	100	37

표 2 numeral 필드의 표기 유형

표기 유형	Symbol	표시 정밀도
Scientific	SCIEN	1.5000E+00, 2.0039E+00, 0.0000E+00
Decimal	DEC	1.5, 2, 0
Engineering	ENGIN	1.5", 2", 0"
Architectural	ARCH	1 ¹ / ₂ " , 2", 0"

3.3 기타 물리 속성 단위 노드

그 밖의 물리적 단위 속성을 정의할 수 있는 노드로는 질량, 시간, 전류, 열역학온도, 물질량, 광도, 음압의 단위가 있으며 이 단위들은 아직 정보 제공 수준의 노드로 정의된다.

```
Mass: X3DPhysicalNode {
SFString [in,out] unit "KG"
["MG"|"G"|"KG"|"LB"|"TON"|"GRAIN"|"OZ"]
SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
SFNode [in,out] metadata NULL [X3DMetadataObject]
}
```

Mass 노드는 질량의 단위를 정의하는 노드이다. Mass 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며 Shape 노드에서 Mass노드를 참조할 수 있다. 질량을 정의하는 단위는 국제단위계(SI)의 정의를 따르며, 기본 단위는 킬로그램(kg)을 사용한다[5]. unit 필드에서는 질량의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 질량 단위에 따른 실제 값을 입력한다.

```
Time: X3DPhysicalNode {
SFString [in,out] unit "S" ["H"|"MIN"|"S"]
SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
SFNode [in,out] metadata NULL
[X3DMetadataObject]
}
```

Time 노드는 시간 단위를 정의하는 노드이다. Time 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며, Shape 노드에서 Time 노드를 참조할 수 있다. 시간을 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며 기본단위는 초(s)를 사용한다. unit 필드에서는 시간의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 시간 단위에 따른 실제 값을 입력한다.

```
Current : X3DPhysicalNode {
SFString [in,out] unit "A" ["MA"|"A"]
SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
SFNode [in,out] metadata NULL
[X3DMetadataObject]
}
```

Current 노드는 전류 단위를 정의하는 노드이다. Current 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며 Shape 노드에서 Current 노드를 참조할 수 있다. 전류를 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며 기본 단위는 암페어(A)를 사용한다. unit 필드에서는 전류의 단위를 정의하

고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 전류 단위에 따른 값을 입력한다.

```
Temperature : X3DPhysicalNode {
  SFString [in,out] unit "K" ["OC"|"OF"|"K"|"OE"]
  SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
  SFNode [in,out] metadata NULL
                                     [X3DMetadataObject]
}
```

Temperature 노드는 온도 단위를 정의하는 노드이다. Temperature 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며 Shape 노드에서 Temperature 노드를 참조할 수 있다. 온도를 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며, 기본단위는 켈빈(K)를 사용한다. unit 필드에서는 온도의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 온도 단위에 따른 값을 입력한다.

```
Substance : X3DPhysicalNode {
  SFString [in,out] unit "MOL" ["MOL"]
  SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
  SFNode [in,out] metadata NULL
                                     [X3DMetadataObject]
}
```

Substance 노드는 물질량의 단위를 정의하는 노드이다. Substance 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며, Shape 노드에서 Substance 노드를 참조할 수 있다. 물질량을 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며, 기본단위는 몰(mol)을 사용한다. unit 필드에서는 물질량의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 물질량 단위에 따른 값을 입력한다.

```
Luminous : X3DPhysicalNode {
  SFString [in,out] unit "CD" ["CD"|"LM"|"LUX"]
  SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
  SFNode [in,out] metadata NULL
                                     [X3DMetadataObject]
}
```

Luminous 노드는 광도 단위를 정의하는 노드이다. Luminous 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며 Shape 노드에서 Luminous 노드를 참조할 수 있다. 광도를 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며 기본단위는 칸델라(cd)를 사용한다. unit 필드에서는 광도의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 광도 단위에 따른 정보를 입력한다.

```
SoundPressure : X3DPhysicalNode {
```

```
SFString [in,out] unit "DB" ["DB"|"PA"]
SFFloat [in,out] value "1" [-∞, ∞]
SFNode [in,out] metadata NULL
                                     [X3DMetadataObject]
}
```

SoundPressure 노드는 음압 단위를 정의하는 노드이다. SoundPressure 노드는 Physical 노드 아래에 위치하며, Shape 노드에서 SoundPressure 노드를 참조할 수 있다. 음압을 정의하는 단위는 국제단위계를 따르며, 기본단위는 데시벨(dB)를 사용한다. unit 필드에서는 음압의 단위를 정의하고 value 필드에서는 각 모델마다 정의된 음압 단위에 따른 정보를 입력한다.

3.4 Length 노드 구현 알고리즘

그림 1은 Length 노드를 구현하기 위한 알고리즘으로 적용하고 싶은 길이 단위 값과 적용된 단위의 비율을 basis 필드에서 정의한 후, 만들어진 하나의 단위를 모든 물체 변환에 적용시킨다.

```
unit = Code[length_units];
basis = atof(strName);
numeral = Symbol[i];
format = unit * basis;
//translation
m_pMesh->m_fTranslate[X] = tx * format;
m_pMesh->m_fTranslate[Y] = ty * format;
m_pMesh->m_fTranslate[Z] = tz * format;
//scale
m_pMesh->m_fScale[X] = tx * format;
m_pMesh->m_fScale[Y] = ty * format;
m_pMesh->m_fScale[Z] = tz * format;
```

그림 1 Length 노드 구현 알고리즘

4. 구현 결과 및 비교

본 절에서는 장면 내에 길이 단위를 정의하여 구성된 가상 환경에서의 모델간의 관계를 보여주는 예를 설명한다. 이 예에서는 가상의 미생물 환경을 구성하는데 실제로 사용되는 길이 단위를 적용시켰다. 미생물은 가시한계를 넘어선 0.1mm 이하의 크기를 지닌 미세한 생물은 지칭하는데 그림 2는 10 마이크로미터(μm)의 단위와 0.1 밀리미터(mm)단위를 적용시킨 결과를 보여준다. 각 노드의 정의는 다음과 같다.

```
<Physical>
  <Length unit = "MICRO" basis = "1"
    numeral = "DEC"/>
  <Transform scale = "10 10 10">
  <Length unit = "MILLI" basis = "1" numeral
    = "DEC"/>
```

```
<Transform scale = "0.1 0.1 0.1">
</Physical>
```

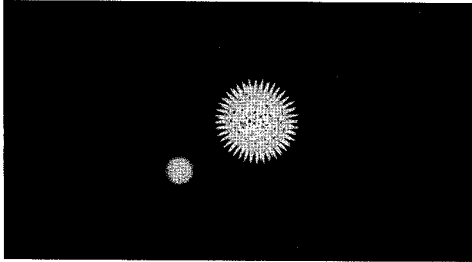


그림 2 서로 다른 길이 단위를 적용시킨 미생물

Length Node를 이용한 물리 길이 단위의 구현은 단일 물체에만 적용하게 되면 화면상에서는 기존의 크기 변환(scale)과 동일한 결과로 보여진다. 이는 그래픽스 물체가 그래픽스 파이프라인을 거쳐 화면에 표현되는 일련의 전체 과정에서 물리적 단위를 추가로 정의한 결과이기 때문이다. 그러나, 여러 개 물체를 서로 다른 모델링 환경에서 서로 다른 단위로 개별적으로 정의되어 데이터로 저장시키는 경우에 길이 단위를 명시하는 표준화된 데이터 형식이 부재하므로 문제가 발생하게 된다. 기존의 방식에는 이 물체들을 화면에 동시에 불러들일 때에는 상대적으로 물리 단위가 적용된 크기 변환의 결과를 얻을 수가 없다. 이에 비해 본 연구 결과에서는 물체의 기존의 모델링 데이터와 함께 길이 단위 명세가 추가되므로 물체들간의 상대적 크기 변환이 완성된 형태로 한 장면에 들어올 수 있게 된다.

그림 3은 기존의 방식으로 물체를 각각 읽어들이는 결과이고 그림 4는 본 연구 결과로 구현한 길이 단위를 명시한 X3D 파일을 뷰어에서 읽어들이는 결과를 보여준다.

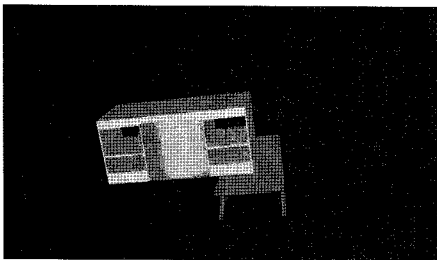


그림 3 기존 방식(길이 단위 없는 경우)

5. 결론

본 연구에서는 가상 환경에서 과학적이고 사실적인 표현이 가능하도록 실세계의 단위 표준인 국제단위계를

가상환경에서 사용할 수 있도록 X3D를 기반으로 물리적 속성 단위를 정의하였다. 이 방법에 의해 물리적 길이 속성 단위를 적용하여 현실적인 크기의 모델들을 구성할 수 있으며, 모델간의 관계가 서로 비교될 수 있다.

길이 외의 다른 물리적인 속성들에 대해서도 장면에 관한 정보를 표현할 수 있도록 각 속성의 노드를 정의하였다.

본 연구에서 제안하는 물리적 단위 속성은 정확한 치수 자료가 필요한 3D 설계 분야, 의료 가상화 분야에서 이용될 수 있을 것이고, 제공되는 단위 정보를 활용한 웹 응용, 3D 쇼핑물 및 전문 분야에서의 정밀한 가상 물체의 표현할 때 활용될 수 있다.

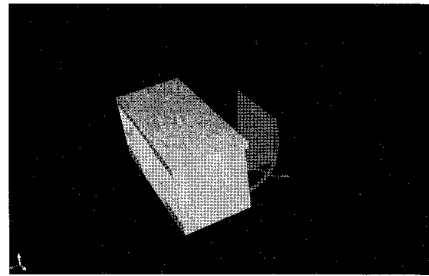


그림 4 본 연구결과(길이 단위 적용)

참고 문헌

- [1] George S. Carson, "Standards pipeline: work with the SEDRIS organization begins," SIGGRAPH Computer Graphics, Volume 34, Issue 1, pp. 35-36, February 2000.
- [2] Don Brutzman and Leonard Daly, Extensible 3D Graphics on Web Authors, Morgan Kaufman, 2007.
- [3] ISO/IEC 19775-1:2004(E), Information technology - Computer graphics and image processing - Extensible 3D (X3D), Part 1: Architecture and base components, 2004.
- [4] ISO/IEC 19776-1:2005(E), Extensible 3D (X3D) encodings, Part 1: Extensible Markup Language (XML) encoding, 2005.
- [5] 이명원, 임창혁, 이용덕, 한국컴퓨터그래픽스학회 학술대회 논문집, "Level of Details for Representing Virtual Objects' Real Length", pp. 37-43, 2006년 11월.
- [6] 임창혁, 이민근, 박종인, 이종협, 이명원, "가상환경의 물리적 속성 정의 및 구현", 한국컴퓨터그래픽스학회 학회학술대회 논문집, pp. 137-144, 2006년 7월.
- [7] "SI Units," The International System of Units (SI), 8 (in English), International Bureau of Weights and Measures, February 2007.
- [8] "Digital Imaging and Communications in Medicine," DICOM Standard, 2007.