

## 3D 가상공간에서의 센서 표현 방법

임창혁 이명원

수원대학교 IT 대학

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

### A Method of Representing Sensors in 3D Virtual Environments

Chang Hyuk Im, Myeong Won Lee

IT College, The U. of Suwon

#### 요 약

최근 센서와 가상공간의 융합 어플리케이션 개발이 증가함에 따라 실제 공간에서의 물리적 센서를 3차원 가상공간에서 표현하고 직접 제어, 관리할 수 있는 방법에 대한 요구도 증가하고 있다. 본 연구에서는 물리적 센서와 가상공간의 디지털 객체가 공존하며 시각화를 생성하는 가상세계와 현실세계를 혼합한 증강 현실을 이용하여, 3D 가상공간에서의 물리적 센서 장치를 표현하는 기법을 정의한다. 이것은 이기종 컴퓨팅 환경에서 증강 혼합현실 응용프로그램에서의 데이터 공유와 상호 교환을 통하여 네트워크상의 다양한 물리 센서들을 관리 제어하는 것을 목적으로 한다. 현실 세계에 존재하는 수많은 센서들을 구분하기 위하여 대표적인 센서 타입을 분류하고 세서별 기능을 3D 가상공간에 표현하기 위한 세서 장면 그래프를 정의하고 데이터 모델을 정의하였다. 이를 기반으로 3D 가상공간에서 센서 장치들의 기능을 시뮬레이션 할 수 있는 물리적 센서 뷰어를 개발하였다.

#### Abstract

Applications about systems integration of sensors and virtual environments have been developed increasingly. Accordingly, there is a need for the ability to represent, control, and manage physical sensors directly in a 3D virtual environment. In this research, a method of representing physical sensor devices in a 3D virtual environment has been defined using mixed and augmented reality, including virtual and real worlds, where sensors and virtual objects co-exist. The research is intended to control and manage various physical sensors through data sharing and interchange between heterogeneous computing environments. In order to achieve this, general sensor types have been classified, and a sensor based 3D scene graph for representing the functions of sensors has been defined. In addition, a sensor data model has been defined using the scene graph. Finally, a sensor 3D viewer has been implemented based on the scene graph and the data model so as to simulate the functions of sensors in indoor and outdoor 3D environments.

키워드: 센서, 센서 3D 장면 그래프, 센서 3D 데이터 모델, 센서 타입, 3D 가상환경, 센서 뷰어  
Keywords: Sensor, Sensor 3D scene graph, Sensor 3D data model, Sensor type, 3D virtual environment, Sensor viewer

\*corresponding author: Myeong Won Lee/IT College, The U. of Suwon(mwlee@suwon.ac.kr)

## 1. 서론

최근 가상현실을 이용하여 현실 세계의 물리적 객체의 현상과 공간과의 관계를 표현하기 위한 연구나 증강현실을 실외에서 실현 가능하게 하는 착용식 컴퓨터(Wearable computer)에 관한 연구가 많이 진행되고 있다[1][2]. 게임, 모바일 솔루션, 교육 분야 등에서도 모바일 증강현실과 센서를 이용한 다양한 제품이 개발되고 있다. 그리고, 물리적 센서를 사용하는 응용 프로그램의 개발이 매우 빠르게 혁신되고 있다[3]. 증강현실의 발전을 바탕으로 하는 센서와의 융합 기술 개발에서는 센서의 표현에 필요한 많은 속성 데이터를 다차원적으로 분석하는 것이 중요하다[4][5]. 센서 정보 처리와 관련하여 물리 센서 중 하나인 카메라 센서를 이용하여 실세계 3차원 공간상의 시각적 정보를 처리, 저장 및 전송에 관한 연구가 있다[6]. 그리고, 실세계의 환경 정보를 수집하고 모니터링하기 위해서 수많은 센서 데이터들을 3D 웹에서 가시화하는 연구도 진행되었다[7]. 이들은 물리 센서 정보를 수집 가공하여 장면에 표현하는 기능을 갖고 있으나 센서 정보 표현을 위한 장면 구성이 실세계 지리 정보를 고려한 3차원 공간을 구성하는게 아니고 센서의 정보만 화면에 나타난다.

이와는 달리 본 연구에서는 현실 공간에서 물리 센서로의 접근을 3차원 가상 공간에서 표현하고 이 가상 공간에서 센서에 접근을 하면서 기존의 모양 위주의 3D 모델링 표현에서 벗어나 센서의 기능적 및 물리적 속성을 3차원 장면 안에 포함할 수 있도록 하는 센서 표현 시스템 구성에 대해 기술한다. 또한, 이를 이용하여 GPS, 카메라, 조명, 사운드, RFID, CCTV, 보안, 온도, 습도 센서 등을 구현한 시뮬레이션 사례를 소개한다. 본 연구와 가장 관련 있는 연구로 센서 장치의 데이터 모델에 관한 표준화 연구로는 국제 민간 표준화 단체인 OGC (Open Geospatial Consortium)에서 많이 진행되고 있다. 이 OGC 센서 데이터 모델은 데이터베이스 개념을 기반으로 하며 모든 센서 장치의 각 세부 기능과 속성 데이터를 정의하고 있다[8][9]. 본 연구에서의 3D 센서 모델은 OGC 데이터 모델보다는 상위 개념으로 3차원 가상공간에서 시각적으로 표현하는 장면 그래프를 이용하여 센서 물체들의 위치와 센서의 정보를 가상공간에 표현하는 인터페이스를 정의한다.

본 연구의 목적은 3D 가상세계에 여러 가지 센서 장치를 표현하는 방법을 정의하고, 센서 기능을 표현하고 시뮬레이션 할 수 있도록 하여 센서의 데이터 교환과 센서 기능을 제어 관리할 수 있도록 하는 것이다.

## 2. 물리적 센서 타입 분류 및 이벤트 정의

실세계에는 수많은 물리적 센서들이 존재하며 센서 기술 발전에 따라 그 수는 계속 증가될 것이 예측된다. 센서의 수는 계속 증가하고 센서들의 속성도 제품의 성능에 따라서 계속 변화될 것이 예측되므로 모든 센서들을 가상공간에 표현하기 위해 센서 전체의 데이터 형식을 정의할 필요는 없다. 개별적인 센서 속성 구현이 아니라 대표적인 센서 타입을 정의하는 것이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 대표적인 센서 타입을 분류하고 속성들을 정의하였다.

본 연구에서 물리적 센서타입은 Table 1에서와 같이 15종류로 분류한다. 사운드 센서(Sound sensor)는 스피커, 마이크, 보청기, 진동 계측 장치 및 음향 센서를 말한다. 이동 센서(Movement sensor)는 자동차, 로봇 및 팬과 같은 이동식 장치를 말한다. 카메라 센서(Camera sensor)는 모든 카메라와 CCTV와 CCD 센서를 포함한 이미지 감지기를 말한다. 화학 센서(Chemical sensor)는 연기 감지기 등의 모든 화학 탐지 장치를 말한다. 전기 센서(Electric sensor)는 전력 및 전압 검출기 등 모든 전기 장치를 말한다. 환경 센서(Environment sensor)는 온도 및 습도 센서와 같은 모든 환경 감지기를 말한다. 유체 센서(Flow sensor)는 공기 흐름 및 유체 센서와 같은 모든 흐름 감지기를 말한다[8]. 파티클 센서(Particle sensor)는 모든 이온화 방사선 및 양자 입자 검출기를 말한다. GPS 센서는 현재 위치, 방향 및 기타 탐색 정보를 감지하는 모든 내비게이션 센서를 말한다. 위치 센서(Position sensor)는 위치, 각도, 오실로스코프, 변위, 거리, 속도, 가속도 감지기를 말한다. 라이트 센서(Light sensor)는 모든 광학, 빛, 그리고 광자 검출기를 말한다. 압력 센서(Pressure sensor)는 압력 측정을 하는 센서를 말한다. 힘 센서(Force sensor)는 모든 힘 센서와 액체 및 가스 농도 및 레벨 측정 센서를 말한다. 온도 센서(Temperature

sensor)는 열 감지기를 말한다. 근접 센서(Proximity sensor)는 접근 탐지 기능이 있는 센서를 말한다.

센서 기능의 표현과 시뮬레이션을 위해서는 센서 이벤트를 정의해야 한다. 센서의 기능에 따른 속성 정의에 따라 센서를 위한 파라미터가 정의되며 센서 이벤트는 이 파라미터들을 통해서 입출력 되도록 구성한다. Table 1에 분류된 각 센서 타입에 대해 속성 파라미터를 정의하고 센서 이벤트는 속성 파라미터 값들의 변화로 화면에 표현되도록 한다.

사운드 센서는 음향 재생 정보를 구현할 경우 공간상에 직접 표현하지 않고 스피커를 통해 표현되도록 한다. 이는 센서에서 음향이 표현될 경우 어떤 음향을 표현할 수 있는지 모호하기 때문이다. GPS 센서의 GPS 정보는 위치 정보 이벤트를 수신하며 3 차원 공간상에 한 물체의 위치 정보를 의미한다.

Table 1 물리적 센서 타입 분류

Sensor Type	Explanation
Sound sensor	Acoustic, sound, vibration
Movement sensor	Automotive, transportation
Camera sensor	Camera, image
Chemical sensor	Chemical
Electric sensor	Electric current, electric potential, magnetic,
Environment sensor	Environment, weather, moisture, humidity
Flow sensor	Flow, fluid velocity
Particle sensor	Ionizing radiation, subatomic particles
GPS sensors	Navigation instruments
Position sensor	Position, angle, displacement, distance,
Light sensor	Optical, light, photon
Pressure sensor	Pressure
Force sensor	Force, density, level
Temperature sensor	Thermal, heat, temperature
Proximity sensor	Proximity, presence

Table 1 물리적 센서 타입 분류

Sensor Type	Explanation
Sound sensor	Acoustic, sound, vibration
Movement sensor	Automotive, transportation
Camera sensor	Camera, image
Chemical sensor	Chemical
Electric sensor	Electric current, electric potential, magnetic,
Environment sensor	Environment, weather, moisture, humidity

Flow sensor	Flow, fluid velocity
Particle sensor	Ionizing radiation, subatomic particles
GPS sensors	Navigation instruments
Position sensor	Position, angle, displacement, distance, speed
Light sensor	Optical, light, photon
Pressure sensor	Pressure
Force sensor	Force, density, level
Temperature sensor	Thermal, heat, temperature
Proximity sensor	Proximity, presence

카메라 센서의 카메라 상태 및 기타 이벤트는 카메라의 On/Off 상태 및 지능형 이벤트를 수신하며 영상 정보의 경우 이벤트 외에 영상을 재생하는데 필요한 별도의 속성이 필요하다. 예를 들어 카메라 접속 정보 등이 필요하다. 라이트 센서는 조명의 상태 정보 및 조도 이벤트를 수신하는데, 라이트 센서가 갖는 불빛의 밝기, 방향, 색상 등의 정보가 필요하다. 또한 조명의 형태를 이벤트 정보에 포함시킬 것인지 아니면 센서 노드의 다른 속성으로 지정할 것인지 정의가 필요하다. 조명의 방향이나 색상이 바뀌는 조명 장비의 경우라면 이벤트 정보에 포함시켜야 해당 이벤트를 표출 가능하기 때문이다. 환경 센서에서는 온도, 습도, 풍향 등 기상 정보를 수신할 때 장비 유형에 따른 각종 이벤트 타입의 정의가 필요하다. 기상 정보의 경우 공간상에 표현 방법이 모호한 경우가 많으므로 표현 방법에 대한 구체적인 방안이 필요하다.

### 3. 3D 가상공간에서의 물리적 센서 표현 모델 정의

물리적 센서를 표현하기 위해서는 실제 공간 정보의 GPS 정보를 필요로 하며 이와 함께 물리적 센서의 이벤트가 가상공간에서 정확하게 실제 데이터 표현이 가능해야 한다. 이를 위해서는 먼저 가상 세계와 센서 GPS 정보로 동기화시킬 필요가 있다. 3D 가상세계는 모델링, 렌더링, 애니메이션, 시뮬레이션의 기능을 포함하는 한편, 센서 표현 모델을 위해서 가상세계를 GPS 정보로 동기화시키고 그 위에 물리적 센서 정보를 표현해야 한다(Figure 1). Figure 1은 현재 ISO/IEC SC24 WG9에서 국제표준화를 추진하고 있는 AR 참조 모델을 기반으로 해서 센서 표현 모델을 정의한 것이다[11]. 이 센서 표현 모델을 기반으로 하는

GPS 혼합현실(MR) 세계에서는 실제 센서의 스트림 데이터를 가상공간에 입출력하는 것을 이벤트로 표현함으로써 물리적 센서의 제어를 가능하게 하는 것을 목표로 한다. 물리적 센서의 트래킹 데이터와 이벤트 데이터가 MR 가상공간에 표현되고 시뮬레이션되며 결과는 혼합현실 콘텐츠로서 화면에 렌더링된다.

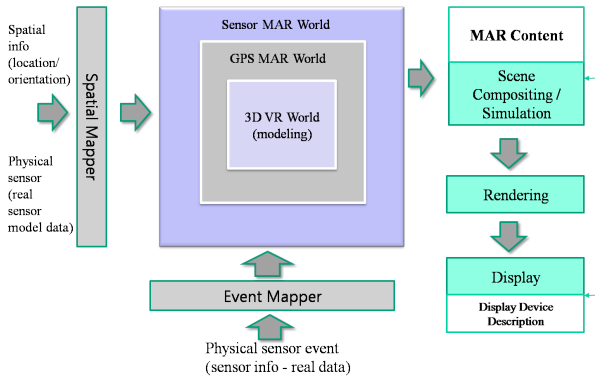


Figure 1 물리적 센서 표현 모델

#### 4. 센서 장면 그래프의 정의

센서 혼합현실 공간 표현을 위한 데이터구조를 정의하는 센서 혼합현실 장면그래프는 물리적 센서와 3D 가상공간이 공존하는 하나의 계층 구조로 표현된다 (Figure 2). 하나의 혼합현실 장면은 계층구조상의 혼합현실 객체들로 표현되며, 하나의 혼합현실 객체는 3D 객체와 물리적 센서로 구성된다.

혼합현실 객체는 3D 가상공간에서 GPS 정보로 그 위치가 표현되고 일반 3D 객체나 물리적 센서는 모양 정보를 나타내며 일반적인 3D 정보를 갖게 된다. 또한, 3D 물체를 위한 그래픽스 인터페이스와 함께 센서 객체의 물리적 정보를 3D 가상공간 안에 들여오기 위한 물리적 인터페이스가 필요하다. 센서 객체는 이러한 물리적 인터페이스 외에서 3차원 가상공간에서의 사용자에게 의한 제어를 위해 그래픽스 인터페이스도 갖게 된다.

센서 장면 그래프는 실제 공간과 정확히 일치하는 공간을 하나의 혼합 증강 현실 장면을 구성하며 한 혼합 증강 현실 장면은 여러 혼합 증강 현실 객체, 위치와 방향, 장면의 바운딩 박스로 정의한다. 혼합 증강 현실 객체는 3차원 객체와 물리 센서로 정의한다.

3차원 객체는 일반적인 모양으로 정의되며 기하, 속성, 가상공간 인터페이스를 갖는다. 물리 센서는 모양, 위치와 방향, 센서타입, 물리적 속성, 현실 세계와의 인터페이스를 포함한다.

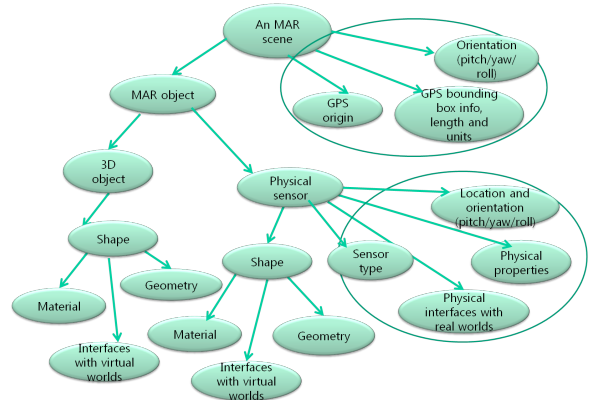


Figure 2 센서 장면 그래프

#### 5. 센서 장면 그래프 구현을 위한 시스템 아키텍처

본 연구에서는 센서 장면 그래프를 이용하여 센서 장면을 구성하고 센서로부터의 신호에 의해 3차원 가상공간 장면을 변화시키도록 하여 현실 공간에서의 설비나 장치에 의한 변화가 가상공간에서 표현되도록 하여 설비나 장치 관리가 가상공간에서 가능하도록 한다.

이러한 기능을 제공하는 시스템 아키텍처의 구성은 Figure 3과 같다. 혼합 증강현실 도큐먼트 파일로부터 읽어들이온 혼합 증강현실 데이터는 시스템 파서를 통해서 혼합 증강현실 오브젝트로 분류된다. 혼합 증강현실 오브젝트는 시각 오브젝트와 센서 오브젝트로 구성되며 혼합 증강 관리자에 의해 제어된다. 혼합 증강 오브젝트 관리자는 시각 오브젝트와 센서 오브젝트의 구조와 속성을 다룬다. 외부 센서 장치로부터 들어오는 센서 이벤트는 물리 센서 인터페이스를 통해서 이벤트 제어기로 전달된다. 이벤트 제어기는 3D 장면에서 센서 오브젝트 관리자에 의해 가상공간에 표현되는 센서 오브젝트에 이벤트들을 전송한다. 혼합 증강현실 장면 접근 인터페이스는 이벤트 제어기로부터 전달된 센서

이벤트들이 가상공간에 표현될 수 있도록 이벤트 데이터를 구성한다. 그림에서 이벤트 제어기로부터의 두 화살표는 두 가지 경우를 나타내며 하나는 이벤트가 시각 오브젝트에 영향을 주는 경우이며 다른 하나는 이벤트가 시각 오브젝트와 관계없이 표현되는 경우를 나타낸다. 혼합 증강현실 장면 그래프 관리자는 기하, 속성, 이벤트로 분류되는 장면 그래프를 작성하여 하나의 3차원 장면이 시각 오브젝트, 센서 오브젝트, 센서 이벤트로 구성될 수 있도록 한다. 3차원 장면이 시뮬레이션 혹은 사용자 인터페이스에 의해 변화되면 외부 센서 장치의 프로그램은 센서 오브젝트가 보낸 정보로 이벤트 제어기에 의해 영향 받을 수 있도록 구성된다.

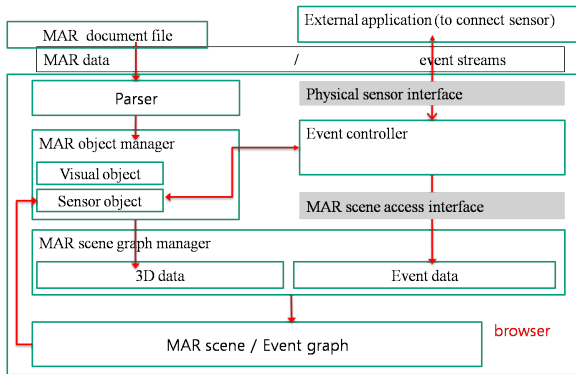


Figure 3 시스템 아키텍처

## 6. 시스템 구현 및 분석

본 연구의 실험 모델로서 3차원 공간에 일부 센서들을 표현하고 센서들의 기능을 화면에 표현하는 시뮬레이션 모델을 구성하였다. 3D 센서 장면 그래프를 기반으로 한 물리적 센서 표현을 위한 가상공간 모델을 구현하였고 가상공간과 센서 표현은 X3D(Extensible 3D)를 사용하였다. 물리적 센서의 이벤트 정의를 위해서는 실제 센서 장치에서 발생할 수 있는 이벤트들에 대하여 X3D 문서에서 구현하기 위한 목록의 정리가 필요하다. 이것은 이벤트가 센서의 종류에 따라 가변적으로 변할 수 있기 때문에 X3D 문서의 Node 나 Attribute 등의 고정적인 형태로 정의가 불가능하다. 따라서 정의된 이벤트 자체가 센서의 속성값으로 구현되어야 가능하다. 그리고 이벤트를 수신하였을 경우 장비를 식별하기 위해서 실제 장비에서 이벤트가 발생하였을 경우 공간상에 표현된 센서 중 이벤트 발생 장비를 구별하기

위한 식별 코드가 필요하다. 장비의 식별 코드는 이벤트 수신 서버 혹은 에이전트에서 동일하게 관리될 수 있는 코드를 사용한다. 이벤트를 수집할 때 이벤트 서버에 각각의 장비마다 서로 다른 통신 프로토콜이 통합될 수 있도록 해주는 서버가 필요하다. 서버에서는 각각의 장비가 가진 프로토콜을 이용하여 이벤트 정보를 수신하고 X3D 문서에서 정의한 이벤트 유형에 맞는 값을 뷰어로 전달한다. 이벤트 서버가 보내준 정보를 수신할 때 이벤트 서버에서 X3D 문서의 유형에 맞는 이벤트 값을 보내주면 해당 정보를 뷰어에서 수신한다.

시스템 구현 수준은 현 단계에서는 실제 장비와의 통신 및 통합 이벤트 서버가 없어서 해당 내용에 대해서는 임의의 무작위 샘플 데이터 생성 프로그램으로 대체했다. 즉, 샘플 이벤트 정보를 수신 받은 상태에 장비의 상태 값 변경을 뷰어에서 표현하도록 구성하였다.

Figure 4는 물리적 센서를 표현하기 위해 뷰어에서 장치들을 생성하고 표현하는 방법을 보인다. 각 센서별 시뮬레이션 인터페이스에서 센서 제어를 통해 어떻게 동작하는지 보여준다. Figure 5는 실외에서의 RFID 및 조명 센서를 포함하며 센서 이벤트를 제어하는 장면을 보여준다. Figure 6은 실내에서 CCTV 카메라의 작동과 제어를 위한 시뮬레이션 인터페이스를 포함하는 장면이다.

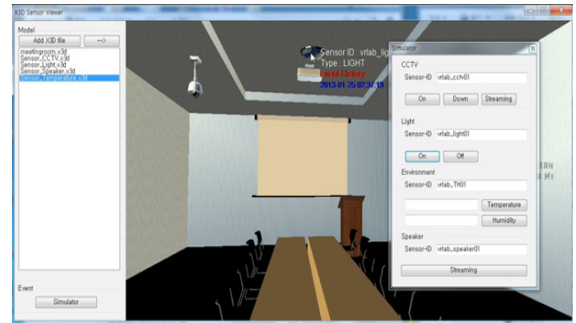


Figure 4 실내 가상공간에서의 센서 표현



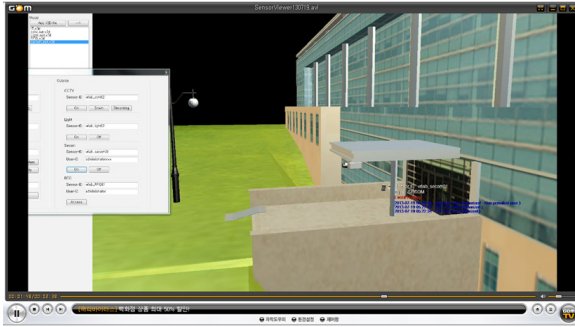


Figure 5 실외 가상공간에서의 센서 표현

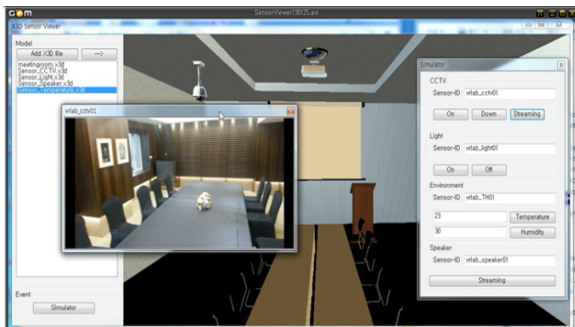


Figure 6 카메라 센서의 스트리밍 표현 장면

Figure 7은 카메라 센서와 같은 물리 센서를 3차원 가상공간에 표현하기 위한 데이터 모델을 XML로 정의한 것이다.

## 7. 결론

본 논문에서는 3D 가상공간에 물리적 센서와 그 기능을 표현하고 시뮬레이션 할 수 있도록 기존의 3차원 장면 그래프에 센서를 포함시킬 수 있도록 새롭게 정의하고, 이를 구현하기 위해서 3D 데이터 모델과 시스템 아키텍처를 정의하고 시스템 구현에 대해 기술하였다.

이러한 혼합현실 구현을 위한 3D 데이터 모델은 3차원 가상환경에 물리적 센서 모델을 추가하여 정의할 수 있도록, 기존의 모양과 속성 기반의 3D 가상공간 장면 그래프를 확장하여 실세계 센서의 정확한 위치와 방향을 포함하여 실세계 센서의 정보를 실측 기반으로 정확하게 표현할 수 있는 3차원 장면 그래프를 구성하였다.

향후 연구로는 각 센서 타입의 응용 개발을 지원할 수 있도록 각 타입별 센서의 대표적인 속성을 정확하게

정의하여 추상화시키는 일이 포함된다. 본 시스템은 향후 다양한 이기종 컴퓨팅 환경에서 혼합 증강현실 응용 프로그램간 상호 연동할 수 있도록 호환성 있는 센서 데이터 형식을 제공하여 3D 가상 환경에서 물리적 센서를 관리하고 및 제어할 수 있도록 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기술진흥센터의 대학 ICT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (IITP-2016-0-00312)

## References

- [1] F.Zhou, H.Duh, M.Billinghurst, "Trends in augmented reality tracking, interaction and display: A review of ten years of ISMAR", 2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.193-202, 2008
- [2] D.Hong, J.Looser, H.Seichter, M.Billinghurst, W.Woo, "A Sensor-Based Interaction for Ubiquitous Virtual Reality Systems," isuvr, 2008 International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality, pp.75-78, 2008.
- [3] C.Richter, "Visualizing Sensor Data", Media Informatics Advanced Seminar on Information Visualization, 2008/2009.
- [4] D.Cook. Making Sense of Sensor Data. IEEE PERSVASIVE COMPUTING, pp. 105-108, 2007.
- [5] Sunnyvale, "Modeling and Simulation of Dynamical Systems", IEEE Control Systems Society Santa Clara Valley, 2011.
- [6] Bashima Islam, Md Tamzeed Islam, Shahriar Nirjon, "Glimpse.3D: a motion-generated stereo body camera for 3D experience capture and preview", IPSN'18: Proceedings of the 17th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks, IEEE Press, April 2018.
- [7] Arne Broring, David Vial, Thorsten Reitz, "Processing Real-Time Sensor Data Streams for 3D Web Visualization", IWGS'14 Proceedings of the 5th ACM SIGSPATIAL International Workshop on GeoStreaming, pp. 72-80, November 2014.

- [8] Mike Botts, Alexandre Robin, "OpenGIS Sensor Model Language Implementation Specification", Open Geospatial Consortium, OGC 07-000, 2007.07.17.
- [9] Arne Broring, Johannes Echterhoff, Simon Jirka, Ingo Simonis, Thomas Everding, Christoph Stasch, Steve Liang and Rob Lemmens, "New Generation Sensor Web Enablement", Sensors, ISSN 1424-8220, 2652-2699, 2011.
- [10] HyungSeok Kim , Hanku Lee, Sung-Ryul Kim, "VR-Based Sensor Management System for USN-Based Air Quality Monitoring", Computer Sciences and Convergence Information Technology. pp. 330-334, 2009.
- [11] Myeong Won Lee, Kwan-Hee Yoo, Gerard J. Kim, "A Standard Reference Model for Generic Sensors and Events in Mixed and Augmented Reality", The 6th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR 2013), 2013.

## 〈저자소개〉

### 임 창 혁



- 2009년 수원대학교 인터넷정보공학 과 졸업(학사)
- 2009년~2018년 4월 이글루시큐리티 (융합보안연구소)
- 2018년 5월~현재 (주)코드빌 책임연구원
- 관심분야: 3D 입체 영상, 3D 가상현실

### 이 명 원



- 1981년 서울대학교 학사
- 1984년 서울대학교 대학원 계산통계학과 (전산전공) 석사
- 1990년 The Univ. of Tokyo 대학원 정보과학과 박사
- 1984년~1986년 (주)테이콤 연구소 연구원
- 1990년~1993년 일본 Kubota Corporation 연구원, The Univ. of Tokyo 연구원
- 1993년~1996년 (주)KT 멀티미디어연구소 선임연구원
- 1996년~현재 수원대학교 컴퓨터학부 교수
- 관심분야: 그래픽스, 가상현실, 애니메이션, 웹3D

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<MRScene xmlns="http://suwon.ac.kr/mwlee/MAR" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-
instance"
xsi:schemaLocation="http://suwon.ac.kr/mwlee/MAR MRSensor-180111.xsd ">
  <GeoOrigin lat="37.335760" lon="126.584224" />
  <GPSBoundingBox>
    <Position1 lat="37.335800" lon="126.584300" />
    <Position2 lat="37.335800" lon="126.584400" />
    <Position3 lat="37.335900" lon="126.584300" />
    <Position4 lat="37.335900" lon="126.584400" />
    <Length x="10.0" y="5.5" z="7.5" unit="m" />
  </GPSBoundingBox>
  <Orientation pitch="22.5" yaw="152.0" roll="280.5" />
  <MRObject>
    <ThreeDObject id="obj1">
      <Name>Name</Name>
      <Shape>
        <Geometry polygonNo="2">
          <Polygon vertexNo="3">
            <Vertex coordinate="1.0 0.0 0.0" />
            <Vertex coordinate="1.0 1.0 0.0" />
            <Vertex coordinate="0.0 1.0 -1.0" />
          </Polygon>
          <Polygon vertexNo="4">
            <Vertex coordinate="-1.0 0.0 0.0" />
            <Vertex coordinate="-1.0 -1.0 0.0" />
            <Vertex coordinate="0.0 1.0 1.0" />
            <Vertex coordinate="0.0 1.0 -1.0" />
          </Polygon>
        </Geometry>
        <Material>
          <Color value="1.0 0.0 0.0 1.0" />
          <Normal coordinate="1.0 1.0 0.0" />
          <Texture S="1.0" T="0.5" color="1.0 1.0 0.0 0.5"/>
        </Material>
        <InterfaceWithVirtualWorlds>
          <Selection>Selection</Selection>
          <Picking>Picking</Picking>
          <Input>Input</Input>
          <Output>Output</Output>
          <Import>Import</Import>
          <Export>Export</Export>
          <Viewing>Viewing</Viewing>
          <Transform translation="0.0 -0.68 0.0" rotation="1.0 0.0 0.0 1.57"
scale="1.0 2.0 3.0" reflection="1.0 1.0 1.0" shear="1.0 2.0 2.0" />
        </InterfaceWithVirtualWorlds>
      </Shape>
    </ThreeDObject>
  </MRObject>
</MRScene>

```



```

<PhysicalSensor id="sensor1" xsi:type="CameraSensorType">
  <Name>Name</Name>
  <Description>Description</Description>
  <SensorType>Camera</SensorType>
  <StreamDataType>StreamDataType</StreamDataType>
  <Location lat="0.0" lon="0.0" />
  <Orientation pitch="22.5" yaw="152.0" roll="280.5" />
  <PhysicalProperties>
    <Weight unit="g">250.0</Weight>
    <PhysicalMaterial>plastic</PhysicalMaterial>
    <Tactility>soft</Tactility>
    <EventType>Temp</EventType>
    <ControlType>Temp</ControlType>
  </PhysicalProperties>
  <PhysicalInterfaces>
    <Name>Name</Name>
    <Description>Description</Description>
    <IP>202.22.118.243</IP>
    <Port>8080</Port>
    <ID>user1</ID>
    <Password>passwd1</Password>
    <Protocol>TCP</Protocol>
  </PhysicalInterfaces>
  <Shape>
    <Geometry polygonNo="2">
      <Polygon vertexNo="3">
        <Vertex coordinate="1 0 0" />
        <Vertex coordinate="1 1 0" />
        <Vertex coordinate="0 1 1" />
      </Polygon>
    </Geometry>
    <Geometry polygonNo="3">
      <Polygon vertexNo="3">
        <Vertex coordinate="-1 0 0" />
        <Vertex coordinate="-1 1 0" />
        <Vertex coordinate="0 -1 1" />
      </Polygon>
    </Geometry>
    <Material>
      <Color value="1 1 1 0" />
      <Normal coordinate="1 1 1" />
      <Texture S="0.5" T="1.0" color="1.0 0.5 0.5 1.0" />
    </Material>
  </Shape>
</PhysicalSensor>

```

```

        <InterfaceWithVirtualWorlds>
            <Selection>Selection</Selection>
            <Picking>Picking</Picking>
            <Input>Input</Input>
            <Output>Output</Output>
            <Import>Import</Import>
            <Export>Export</Export>
            <Viewing>Viewing</Viewing>
            <Transform translation="1 0 0" rotation="0 0 -1 0" scale="1 1 1"
                reflection="1 0 1" shear="0 0 1" />
        </InterfaceWithVirtualWorlds>
    </Shape>
    <Width unit="mm">1.0</Width>
    <Height unit="mm">1.0</Height>
    <AspectRatio unit="percent">10.0</AspectRatio>
    <ActualPixelCount>10</ActualPixelCount>
    <Megapixels>10</Megapixels>
</PhysicalSensor>
</MRObject>
</MRScene>

```

Figure 7 3차원 가상공간에서의 물리 센서 정의 예