

---

# 맥락인식 모바일 증강 현실 시스템 개발을 위한 프레임워크

## A Framework for Context-Aware Mobile Augmented Reality System Development

홍길동, Dongpyo Hong\*, 우운택, Woontack Woo\*\*

---

**요약** 본 논문에서는 기존의 모바일 증강 현실의 한계점을 간단히 설명하고, 이를 극복할 수 있는 대안으로 맥락인식 (Context-aware) 모바일 증강 현실 프레임워크인 CAMAR (Context-Aware Mobile Augmented Reality) Core 플랫폼을 제안한다. 최근 모바일 장치의 기능 향상과 증강 현실과 관련된 기술의 발전으로 모바일 증강 현실에 관한 많은 연구들이 진행 중에 있다. 그러나 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 모바일 증강 현실을 활용하기 위해서는 다양한 컨텍스트 활용, 사용자에게 따른 개인화된 콘텐츠 증강, 그리고 여러 사용자가 공유할 수 있는 기능들이 제공되어야 한다. 따라서 제안된 CAMAR Core플랫폼은 이와 같은 기능들을 개발자들이 쉽게 활용하여 맥락인식 모바일 증강 현실 시스템을 구현할 수 있는 프레임워크를 제공한다. 제안된 프레임워크의 유용성을 보이기 위해서 제안된 프레임워크로 구현된 시스템을 소개한다.

**Abstract** In this paper, we propose CAMAR Core Platform as a framework for context-aware mobile augmented reality system development after brief introduction of limitations in the previous mobile augmented reality (AR). There have been many research activities on mobile AR due to recent enhancement of functionalities of mobile devices and development of relevant technologies to mobile augmented reality. In order to be used in ubiquitous computing environment, however, mobile AR systems should be able to utilize available contextual information, augment personalized contents, and share the augmented contents with other users. Thus, the proposed CAMAR Core Platform can provide such functionalities to those who want to develop CAMAR systems. To show the feasibility of the proposed framework, we show several applications based on the framework.

**핵심어:** *Framework, Context-awareness, Mobile Augmented Reality, Ubiquitous Computing*

---

본 연구는 21세기 프론티어 연구개발사업의 일환으로 추진되고 있는 정보통신부의 유비쿼터스컴퓨팅및네트워크원천기반 기술개발사업의 지원에 의한 것임

\*주저자 : 광주과학기술원 정보기전공학부 정보통신공학과 e-mail: [dhong@gist.ac.kr](mailto:dhong@gist.ac.kr)

\*\*교신저자 : 광주과학기술원 정보기전공학부 정보통신공학과 교수; e-mail: [wwoo@gist.ac.kr](mailto:wwoo@gist.ac.kr)

## 1. 서론

최근 국내 정보통신 기술과 모바일 장치 관련 기반기술의 급속한 발전과 보급으로, 전 국민의 80%정도가 카메라가 탑재된 개인 모바일 장치를 소유하고 있다. 모바일 장치의 급속한 보급은 사용자가 언제 어디서나 필요한 서비스를 이용할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 실현을 가속화시키고 있음을 알 수 있다[1]. 뿐만 아니라 휴대용 정보 단말기의 대중화로 인해 개인화된 서비스나 새로운 형태의 콘텐츠에 대한 사용자의 요구도 함께 증가하고 있는 추세이다[2]. 국내·외적으로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서 서비스 자동화와 개인화된 서비스 등에 대한 많은 연구가 이루어지고 있기는 하지만, 현재까지 실질적으로 표준화나 상용화에 대해서는 상대적으로 미비한 실정이다. 특히, 유비쿼터스 컴퓨팅 기술이 구현된 환경에서는 사용자에게 일방적이고 획일적인 형태의 서비스 제공이 아니라, 사용자가 관심을 가지고 있는 서비스를 선별하여 효과적으로 제공할 수 있는 새로운 형태의 서비스 패러다임을 필요로 한다. 결국, 사용자는 사용자 자신의 주변에 편재되어 있는 다양한 컴퓨팅 자원들(서비스, 콘텐츠 등)과의 자연스러운 상호작용을 요구하게 될 것이다.

특히, 사용자와 콘텐츠간의 상호작용에 있어서 증강 현실은 가상현실과 달리 사용자가 현실 세계에서 가상의 콘텐츠나 서비스와 직접적이고 직관적인 상호작용을 할 수 있는 장점이 있다[3]. 그리고 이와 같은 증강 현실이 갖는 상호작용의 특징을 언제, 어디서나 사용자를 대변할 수 있고, 사용자에게 필요한 정보를 효과적으로 제공할 수 있도록 모바일 컴퓨팅과 접목하려는 모바일 증강 현실에 관한 연구가 1990년대 중반부터 진행되어 왔다[4]. 초기 모바일 증강 현실 연구에서는 사용자 위치와 같이 단편적인 맥락 정보만을 이용하였지만, 최근에는 사용자 개인 정보뿐만 아니라 주변의 환경 정보도 함께 고려하고 있는 추세이다. 그럼에도 불구하고, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 모바일 증강 현실 기술을 접목하려는 기존의 연구들은 사용자 측면에서 증강된 정보의 사용성과 효용성의 성숙도가 아직 미흡한 점들이 많다[5]. 예를 들면, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해서는 기존의 서비스나 콘텐츠를 사용자 중심의 서비스나 콘텐츠로 개인화할 수 있는 기술, 사용자들 간에 동적 커뮤니티 형성을 통해 콘텐츠를 공유하고 협업을 지원할 수 있는 기술 등 다양한 맥락을 활용할 수 있는 기술이 요구되고 있다. 따라서 기존의 모바일 증강 현실 기술의 한계를 극복하고, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 융합할 수 있는 새로운 개념의 맥락 인식 모바일 증강 현실 연구가 이루어져야 한다.

본 논문에서는 모바일 증강현실과 관련된 선행 연구들의 검토를 통하여 맥락 인식 모바일 증강현실에 필요한 요소 기술들을 고찰하고, 개발자들이 쉽게 맥락 인식 모바일 증강

현실을 구현할 수 있는 CAMAR (Context-Aware Mobile Augmented Reality) Core 플랫폼을 제안한다. 우선, 맥락 인식 모바일 증강 현실이란 유비쿼터스 컴퓨팅 개념이 구현된 환경(Ubiquitous Smart Space)에서 사용자가 휴대형 개인 모바일 장치를 통해 자신과 주변의 맥락 정보를 수집·관리·활용하여, 서비스나 콘텐츠를 사용자의 맥락에 따라 현실 공간에 증강하고, 이를 선택적으로 공유하며, 상호작용과 협업 등이 가능한 이음매 없는 사용자 상호작용을 지원하는 새로운 컴퓨팅 개념이다. CAMAR Core 플랫폼은 사용자가 항상 휴대하기 편리한 모바일 장치를 이용하여 사용자와 주변 환경의 맥락을 획득하고 처리하여 그 결과를 모바일 장치에 증강할 수 있는 개발자 플랫폼이다. 제안된 플랫폼의 특징들은 다음과 같다. 첫째, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경과 모바일 증강현실의 접목으로, 사용자의 프로파일을 반영하여 동일한 대상에 대해서도 각각의 사용자가 원하는 개인화된 콘텐츠와 서비스를 제공할 수 있다. 둘째, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경의 다양한 스마트 오브젝트를 모바일 장치를 통해 인식하고 제어할 수 있다. 셋째, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 내에서 공통 관심사를 가진 사용자들 간의 커뮤니티를 구성하고 커뮤니티 내에서 콘텐츠를 공유함으로써 사용자들간의 협업을 지원한다. 끝으로 제안된 플랫폼을 이용해서 개발된 프로토타입 시스템을 소개한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 모바일 증강 현실 시스템에 사용된 프레임워크들에 대해서 살펴보고, 3장에서는 맥락인식 모바일 증강 현실 시스템 개발을 위해 사용된 모듈들을 중심으로 제안된 프레임워크에 대해서 자세히 설명한다. 4장에서는 제안된 프레임워크를 이용해서 구현된 시스템을 소개하고, 끝으로5장에서는 제안된 프레임워크에 대한 향후 과제로 결론을 맺는다

## 2. 관련 연구

본 장에서는 모바일 증강 현실과 관련된 최근 연구들에 대해서 간단히 언급하고, 사용된 기술이나 제안된 프레임워크에 대한 특징을 살펴본다.

MARS (Mobile Augmented Reality Systems)은 증강 현실과 모바일 컴퓨팅이라는 두 개념에서 사용된 사용자 인터페이스의 장점을 접목한 시스템이다[4]. 1996년부터 개발한 시스템으로써, 3차원 디스플레이를 활용하여 실제 영상에 가상의 모델 혹은 정보를 합성하는데 필요한 증강 현실 기술을 개발하였다. 또한, 저가의 소형 모바일 장치를 활용하여 주변의 많은 컴퓨팅 자원들을 사용자가 손쉽게 활용할 수 있도록 한다는 점에서 모바일 컴퓨팅 기술을 접목하였다. 그리고 Head-worn, Handheld, Palm-top과 같이 서로 다른 디스플레이 장치들을 복합적으로 사용하여 모바일 사용자에게 가장 적합한 모바일 디스플레이 환경을 제공할 수 있는

제사용 가능한 사용자 인터페이스를 개발하였다. 이보다 좀 더 앞선 시기에 NavICam[6]은 모바일 장치를 통한 AR을 구현한 최초의 시스템이었다. 하지만, 이 시스템에서도 디스플레이만 LCD장치를 통해서 보여주었고, 영상 처리와 트래킹과 관련된 처리는 PC에서 수행하였다.

AR-PDA 시스템은 증강 현실 콘텐츠와의 사용자 상호작용을 지원하기 위해 오브젝트 인식과 Markerless 트래킹(Tracking) 기술을 이용한 PDA 기반의 모바일 증강 현실 시스템이다[7]. AR-PDA는 서버-클라이언트 구조로 되어 있으며, 이 시스템에서는 별도의 트래킹 장치를 사용하지 않고 카메라 영상으로부터 2차원 특징점 정보를 추출하여 객체를 트래킹한다. 객체에 대한 정보가 이미 알려져 있다는 점을 고려하여 모델 기반 방법을 활용하였다. 그리고 트래킹 알고리즘은 무선 랜을 통하여 PDA와 통신하는 PC 기반 서버에서 구현되었다. 특히, 구현된 알고리즘은 6-8 프레임율(f/s)의 비교적 빠른 처리 속도를 가지는 비전 기반 Markerless 트래킹 기술을 통하여 모바일 증강 현실 시스템 구현이 가능함을 보여주었다.

Studierstube은 착용형 증강 현실 시스템으로 3차원 입체 영상을 지원하며, 일반적인 2차원 사용자 인터페이스인 펜과 패드를 통해 사용자가 가상의 객체와 직접적인 상호작용을 할 수 있는 시스템이다[8-10]. 그리고 데스크 탑용 증강 현실 사용자들과 모바일 증강 현실 사용자들 간의 협업과 관련된 사용자 인터페이스 실험을 위한 기본 테스트 베드로도 활용되었다.

Anders Henrysson 등은 Face-to-Face 협업을 지원하는 데 증강 현실 기술을 활용하는 방법을 제시하였다[11]. 또한 모바일 폰을 이용하여 Fact-to-Face 협업을 할 수 있는 증강 현실 애플리케이션을 구현하였고, 오디오-햅틱 피드백의 종류에 따른 사용성 평가를 수행하였다. 특히, ARToolkit[12]을 Symbian 모바일 폰에서 동작하도록 하였으며, 사용성 평가를 위해서 오디오와 햅틱 피드백이 제공되는 경우와 제공되지 않는 경우, 그리고 둘 중 하나만이 제공되는 경우에 대하여 연구를 수행하였다.

기존의 모바일 증강 현실 시스템들은 모바일 장치의 제한적인 컴퓨팅 능력 때문에, 대부분 서버/클라이언트 시스템 구조를 갖고 있었다. 이는 제한적인 모바일 장치를 위해서는 필요한 시스템 구조이지만, 사용자에게 실시간 상호작용을 제공하기에는 어려움이 많이 있다. 그리고 증강 현실 기술에서 중요한 트래킹(Tracking) 기술은 대부분 마커를 이용한 트래킹 방법을 택하고 있다. 비록 이와 같은 방법은 증강 시킬 3차원 가상 객체의 위치를 비교적 쉽고 빠르게 트래킹할 수 있는 장점이 있지만, 사용자에게는 여전히 부자연스러운 마커들을 사용해야 하는 단점이 있다. 특히, 최근에는 카메라를 탑재한 모바일 폰의 성능이 향상됨에 따라서, 모바일

폰을 활용한 형태의 시스템들도 소개되고 있다 [13,14].

그러나 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 모바일 증강현실을 활용하기 위해서는 다음과 같은 제약점들이 있다. 우선, 기존의 모바일 증강현실 시스템에서는 맥락 정보를 활용하지 않거나, 활용하더라도 체계적이지 못 하였다. 또한, 부자연스러운 마커를 사용하여 콘텐츠를 증강하기 때문에, 사용자에게 불필요한 정보인 마커까지도 보여주고 있다. 끝으로, 증강된 콘텐츠의 경우 사용자와 상관없이 획일적인 형태를 취할 뿐만 아니라 콘텐츠의 공유에 있어서도 선택적으로 공유할 수 있는 방법이 제시되지 않았다.

### 3. 맥락인식 모바일 증강 현실 프레임워크

본 장에서는 제안된 CAMAR프레임워크의 기본 구성 요소들간의 관계와 그 기능들에 대해서 자세히 살펴본다. 2장에서 살펴보았듯이, 기존의 모바일 증강 현실 시스템들은 모바일 장치의 제한적인 컴퓨팅 능력 때문에, 대부분 서버와 클라이언트로 구성된 시스템 구조를 갖고 있다. 이는 제한적인 모바일 장치를 위해서는 필요한 시스템 구조이지만, 사용자에게 실시간 상호작용을 제공하기에는 어려움이 많이 있다. 따라서, 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 편재된 다양한 센서들을 모바일 증강 현실 시스템에 활용할 수 있는 새로운 프레임워크가 필요하다.

#### 3.1 프레임워크 구성 요소들간의 데이터 흐름도

제안된 CAMAR Core 플랫폼은 증강 현실 시스템에서 일반적으로 사용되는 구조와 맥락인식 시스템에서 사용되는 구조를 결합하여 맥락인식 모바일 증강 현실 시스템을 개발하는데 용이한 프레임워크이다. 그림 1은 제안된 프레임워크의 기본 구성 요소들과 그들간의 관계를 데이터 흐름을 통해서 보여주는 그림이다.

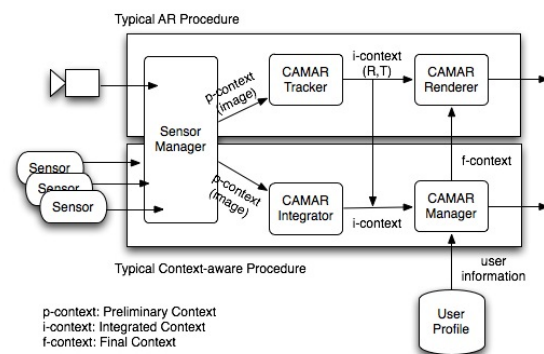


그림 1. 맥락인식 모바일 증강 현실 시스템 위한 프레임워크

그림 1에서처럼, 제안된 프레임워크는 모바일 장치에 부착된 센서들또는 주변 환경에 편재된 센서들로부터 필요한

데이터를 센서 관리자를 통해서 수집하고, 이를 초별 맥락 (preliminary context)로 변환한다. 이와 같이 변환된 초별 맥락은 각각 CAMAR Tracker와 CAMAR Integrator로 전달된다. 이때, CAMAR Tracker에서는 초별 맥락을 통해서 카메라의 자세(pose)를 추정하는데 필요한 정보들을 계산하고 이렇게 계산된 값은 다시 상위 수준의 맥락 정보인 통합 맥락 (integrated context) 형태로 변환되어 CAMAR Renderer로 전달된다. 한편, CAMAR Integrator는 수집된 초별 맥락들을 통합하고 필요에 따라서는 추론 기능을 통하여 통합 맥락을 생성한다. 그리고 CAMAR Manager에서는 CAMAR Integrator와 CAMAR Tracker를 통해서 계산된 통합 맥락과 사용자 프로파일 정보를 이용하여 CAMAR Renderer에서 증강될 콘텐츠들의 구체적인 사항들을 결정할 수 있는 최종 맥락 (final context)을 생성한다. 또한, 이렇게 생성된 최종 맥락은 다른 시스템과의 정보 공유를 위해서 활용되기도 한다.

### 3.2 맥락 표현과 맥락 인식 모듈

다양한 센서들로부터 수집된 데이터를 통해서 맥락을 인식하고 활용하기 위해서는 맥락인식 알고리즘들은 특정 센서 값에 비종속적인 형태의 알고리즘으로 개발되어야 한다. 이를 위해서는 다양한 데이터와 맥락을 일관되게 표현할 수 있는 맥락 표현 기법이 필요하다[15]. 그림 2는 제안된 프레임워크에서 초별, 통합, 그리고 최종 맥락을 표현하는데 사용되는 맥락 표현의 구조이다.

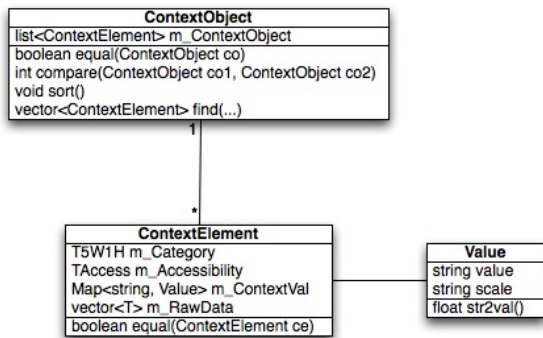


그림 2. 맥락객체와 맥락요소를 통해서 맥락을 표현

그림 2에서 보는 바와 같이, 제안된 프레임워크에 적용된 맥락 표현 기법은 5W1H (Who, When, Where, What, How, Why) 의미를 충분히 활용할 수 있도록 하였을뿐만 아니라 맥락 정보에 대한 접근성도 함께 고려하였다[16]. 특히, 증강 현실 시스템의 특성상 센서들로부터 획득된 데이터를 추후에 사용할 수 있도록 맥락 표현에 추가하였다. 또한, 기존의 맥락요소 (ContextElement)의 구조를 그림 2에서와 같이 변형하여, 반복되는 값들의 중복성을 해소하고 보다 다양한

값들을 표현할 수 있도록 하였다.

### 3.3 맥락정보를 활용한 트래킹 모듈과 렌더링 모듈

일반적으로 증강 현실 시스템에 사용되는 Tracker의 경우 카메라로부터 획득된 영상을 분석하여 카메라의 자세를 추정하는 방법, 센서들 (위치 트래킹 센서, 방위 트래킹 센서, 기울기 센서등)을 활용하는 방법, 그리고 두 가지를 적절히 병합하여 활용하는 방법으로 구분할 수 있다. 최근에는 병합된 방법을 증강 현실 시스템에 활용하고 있지만, 맥락을 활용하여 기존 방법들을 개선하는데 아직 미진하다. 따라서, 증강 현실 시스템에서 카메라의 위치를 추정하는데 맥락 정보를 활용할 수 있는 방법이 요구된다. 그림 3은 CAMAR 시스템에 사용되는 CAMAR Tracker의 한 예를 보여 주는 그림이다.

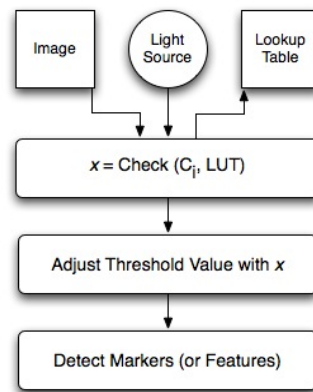


그림 3. 맥락(조도 값)을 활용한 트래킹 모듈의 예

그림 3에서와 같이, CAMAR Tracker는 일반적인 영상 기반 Tracker와 같이 영상뿐만 아니라 조도의 세기를 함께 입력으로 받는다. 이때, 일반적인 영상 기반 Tracker의 경우에는 마커만을 트래킹하기 위해서 임계값 (Threshold)을 주어진 영상을 분석하여 임계값을 계산하거나 사용자가 직접 입력을 한다. 하지만, 조도 센서로부터 조도에 대한 정보를 획득하고 이를 이미 만들어 놓은 참조 테이블 (Lookup Table)과 비교하여 그 임계값을 결정하면, 앞에서와 같이 영상 분석을 통한 임계값 계산에 소요되는 시간을 상대적으로 줄일 수 있다.

한편, 기존의 증강 현실 시스템의 경우에는 콘텐츠의 증강에만 편중되어 있었다. 사용자에게 보다 충분한 몰입감을 주기 위해서는 사실적이고 직관적인 정보의 가시화를 통한 시각뿐만 아니라 청각과 촉각이 함께 제공되어야 한다. 따라서 제안된 프레임워크에서는 CAMAR Renderer에는 우선 시적 몰입감을 제공할 수 있는 기능만을 포함하였다[17].

### 3.4 선택적 공유와 협업 지원을 모듈

유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 사용자는 자신이 원하는 서비스를 언제, 어디서나 활용할 수 있다. 이와 같이 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서의 시스템들은 사용자가 원하는 서비스를 제공하기 위해서 사용자의 목적에 부합되는 편제된 다양한 장치들을 하나의 노드로 만들 수 있어야 한다. 혹은, 다른 사용자들과의 협업을 통해서 사용자가 필요로 하는 서비스를 제공받을 수 있어야 한다[18]. 그림 4는 제안된 프레임워크에서 선택적 공유와 협업을 지원하기 위한 시나리오를 보여 주는 그림이다.

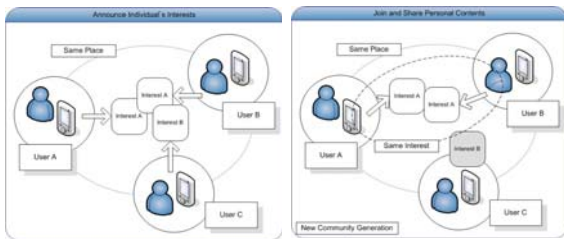


그림 4. 콘텐츠 공유 시나리오

그림 4에서와 같이, 동일한 공간에 3명의 사용자들은 각자 자신들이 관심을 갖는 서비스나 콘텐츠에 대한 정보를 자신들의 모바일 장치들 통해서 제공한다. 이때 각자의 시스템에서는 자신의 관심사와 상대방의 관심사를 비교하게 되고, 관심사가 같은 사용자들끼리는 필요한 정보나 콘텐츠를 서로 공유할 수 있도록 한다. 뿐만 아니라, 서로 협업을 할 수 있는 채널을 제공한다.

## 4. 구현

본 장에서는 제안된 프레임워크 구현에 사용된 소프트웨어들을 소개하고, 이를 기반으로 구현된 프로토타입 시스템을 소개한다. 제안된 CAMAR Core 플랫폼은 osgART[19]와 wear-UCAM[20]에 기반하여 개발되었다. 특히, osgART는 OSG (Open Scene Graph)[17]을 통해서 개발자들이 ARToolkit보다 비교적 쉽게 증강된 모델을 구성할 수 있도록한 라이브러리이다. 뿐만 아니라 다양한 시각적 효과(그림자, 파티클등)를 표현할 수 있는 기능들이 포함되어 있다. 그리고, osgART는 다양한 트래커들도 제공하고 있기 때문에 시스템의 요구 사항에 따라서 필요한 트래커를 선택할 수도 있다. CAMAR Core 플랫폼에는 osgART에서 제공하는 트래커이외에도 이미지의 특징점들을 트래킹할 수 있는 BazAR 트래커[21]와 맥락을 활용할 수 있도록 각각의 트래커들을 수정하여 포함하였다. 그리고, 실제 센서들 없이도 개발된 시스템들을 실험할 수 있도록 가상 센서들도 제공한다.

제안된 프레임워크를 통해서 구현된 시스템은 다음과 같

은 시나리오를 기반하였다. 일반적으로 유비쿼터스 컴퓨팅 환경은 사용자가 원하는 서비스를 언제 어디서나 제공하기 위해서 다양한 센서와 서비스들이 환경에 편제되어 있다. 특히, 이와 같이 수많은 센서나 서비스들이 환경에 편제된 가운데 특정 센서나 서비스가 고장이나 오동작을 하게 될 경우, 어디서 무엇을 어떻게 수리해야 할지 혹은 관리를 해야 할지 등에 대한 어려움이 있다. 따라서, 센서들로부터 직접 데이터를 획득하고, 이에 해당되는 정보를 적절히 가시화하여 보여줄 수 있다면, 사용자나 관리자는 보다 쉽게 해당 문제를 해결할 수 있을 것이다.

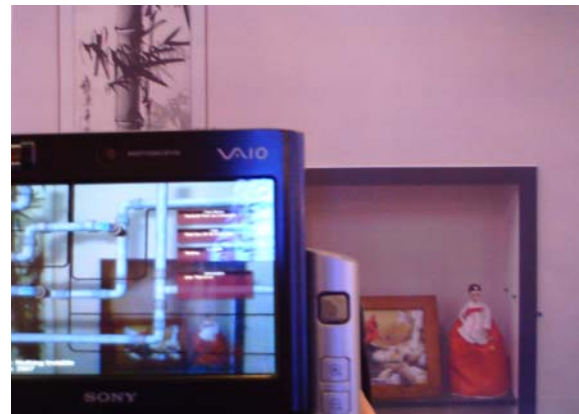


그림 6. CAMAR Core 플랫폼으로 구현된 건물 관리 뷰어 시스템

그림 5는 CAMAR 뷰어 시스템의 한 예로서 벽면에 가려서 보이지 않는 배관과 배선에 대한 이상 유무를 센서로부터 획득된 데이터를 분석하여 사용자 보고 있는 모습이다. CAMAR 뷰어는 이와 같이 편제된 센서나 서비스들을 모니터링하고 관리하는데 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 교육적인 목적으로 사용 가능하다. 예를 들면, 공기의 흐름이나 온도 변화와 같이 눈에 보이지 않는 것들을 증강 현실 기술과 센싱된 정보를 바탕으로 사용자에게 가시화하여 보여 줄 수도 있다.

## 5. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 편제된 다양한 맥락 정보를 활용하여 모바일 증강 현실 시스템을 개발할 수 있는 프레임워크인 CAMAR Core 플랫폼을 제안하였다. 제안된 프레임워크는 기존 증강 현실 시스템의 주요 기술들을 향상할 수 있을 뿐만 아니라 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에 편제된 보이지 않는 다양한 센서, 서비스 그리고 정보들을 가시화할 수 있도록 하였다. 따라서, 제안된 프레임워크는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경에서 건물 관리, 자재 관리, 그리고 과학 교육 시스템을 개발하는데 활용 가능할 것이다. 하지만, 제안된 프레임워크를 안정적으로 시스템 개발에 사용되기 위해서는 맥락 정보 활용한 트래킹 기법과 렌더링 기법

(청각과 촉각 기능 추가 포함)에 대한 보다 구체적인 실험이 선행되어야 한다. 뿐만 아니라 제안된 프레임워크로 구현된 시스템들이 사용자들에게 어떤 효과를 줄 수 있는지에 대한 사용자 평가도 함께 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

- [1] M. Weiser, "The Computer for the 21st Century," *Scientific American*, Vol.265, No.3. pp.94-104, 1991.
- [2] S.J.Oh, W.Lee, Y.Park, and W.Woo, "u-Contents : Realistic and Affective Contents in Ubiquitous Smart Space," *Korea MultiMedia Society*, Vol.10, No.2, pp.73-83, 2006.
- [3] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier, and B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol.21, No.6, pp.34-47, 2001.
- [4] T. Höllerer, S. Feiner, T. Terauchi, G. Rashid, and D. Hallaway, "Exploring MARS: Developing Indoor and Outdoor User Interfaces to a Mobile Augmented Reality System," *IEEE Computers Graphics and Applications*, Vol.23, No.6, pp.779-785, 1999.
- [5] Y. Suh, Y. Park, C. Shin, H. Yoon, Y. Chang, and W. Woo, "Context-Aware Mobile AR System for Personalization, Selective Sharing, and Interaction of u-Contents in u-Space," *KHCI 2007*, pp.598-605, 2007.
- [6] J. Rekimoto and K. Nagao, "The world through the computer: Computer augmented interaction with real world environments," *In User Interface Software and Technology*, pp. 29-36, 1995.
- [7] C. Geiger, B. Kleinnjohann, C. Reimann, and D. Stichling, "Mobile AR4ALL," *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality 2001*, pp.181-182, 2001.
- [8] D. Schmalstieg, A. Fuhrmann, and G. Hesina, "Bridging Multiple User Interface Dimensions with Augmented Reality," *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality 2000*, pp.20-29, 2000.
- [9] G. Reitmayr and D. Schmalstieg, "Location based Applications for Mobile Augmented Reality," *Australasian User Interface Conference (AUIC2003)*, 2003.
- [10] G. Reitmayr and D. Schmalstieg, "Collaborative Augmented Reality for Outdoor Navigation and Information Browsing," *Symposium Location Based Services and TeleCartography*, 2004.
- [11] A. Henrysson, M. Billinghurst, and M. Ollila, "Face to Face Collaborative AR on Mobile Phones," *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality 2005*, pp.80-89, 2005.
- [12] <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>
- [13] P. Föckler, T. Zeidler, B. Brombach, E. Bruns, and O. Bimber, "PhoneGuide: Museum Guidance Supported by on-Device Object Recognition on Mobile Phones," *International Conference on Mobile and Ubiquitous Computing*, pp.3-10, 2005.
- [14] E. Bruns, B. Brombach, T. Zeidler, and O. Bimber, "Enabling Mobile Phones to Support Large-scale Museum Guidance," *IEEE MultiMedia*, Vol.14, No.2, pp.16-25, 2007.
- [15] 홍동표, 우운택, "백라의 정의와 모델링에 관한 연구 동향 및 전망," *한국멀티미디어학회지(KMMS)*, vol.10, paper no.1, pp. pp.149-162, 2006.
- [16] D. Hong, H.R. Schmidtke, W. Woo, "Linking Context Modelling and Contextual Reasoning," *In A. Kofod-Petersen, J. Cassens, D.B. Leake, and Stefan Schulz, editors, Proc. of the 4th International Workshop on Modeling and Reasoning in Context (MRC)*, pp. 37-48, 2007.
- [17] <http://www.openscenegraph.org/>
- [18] J. Han and W. Woo, "Context-based Community Configuration for Selective Sharing in Ubiquitous Smart Space," *KHCI 2007*, pp.321-327, 2007.
- [19] <http://www.artoolworks.com/community/osgart/>
- [20] D. Hong, Y. Suh, A. Choi, U. Rashid, and W. Woo. wear-ucam: A toolkit for mobile user interactions in smart environments. *IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing, LNCS 4096:1047-1057*, 2006.
- [21] <http://cvlab.epfl.ch/software/bazar>