

논문 2009-46CI-2-14

모바일 기기의 3차원 시각화와 증강현실에 기반한 센서네트워크 모니터링 프레임워크

(WIVA : WSN MonItoring Framework based on 3D Visualization and Augmented Reality in Mobile Devices)

구 본 현*, 최 효 현*, 손 태 식*

(Bonhyun Koo, Hyohyun Choi, and Taeshik Shon)

요 약

최근 건설 현장에서의 많은 안전사고 발생으로 인해, 건축물의 건전성 감시(Structural Health Monitoring, SHM)에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 SHM의 활용을 위한 대표적인 적용 기술이 무선 센서네트워크 기술(Wireless Sensor Networks, WSN)이다. 본 논문에서는 이러한 무선 센서네트워크 기술을 바탕으로 카메라가 장착된 휴대단말기에 3D 시각화와 증강현실(Augmented Reality, AR) 기술을 적용한 관찰 가능한 정보의 범위를 확장시켜주는 WIVA(WSN Monitoring Framework based on 3D Visualization and Augmented Reality in Mobile Devices) 시각화 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템을 이용해 3층 건물 테스트베드에서의 화재 발생 실험을 수행하였다. 이를 통해, IEEE 802.15.4를 이용한 WSN 데이터를 활용한 3D와 AR 모드에서의 효용성을 검증하였다.

Abstract

Recently, due to many industrial accidents at construction sites, a variety of researches for structural health monitoring (SHM) of buildings are progressing. For real site application of SHM, one of the advanced technologies has known as wireless sensor networks (WSN). In this paper, we proposed WIVA(WSN Monitoring Framework based on 3D Visualization and Augmented Reality in Mobile Devices) system that applies 3D visualization and AR technology to mobile devices with camera based on WSN in order to expand the extent of information can observe. Moreover, we performed experiments to validate effectiveness in 3D and AR mode that utilize WSN data based on IEEE 802.15.4. In real implementation scenario, we demonstrated a fire occurrence test in 3-story building miniature.

Keywords : Wireless Sensor Network, Mobile Device Application, Augmented Reality, 3D, SHM

I. 서 론

한국 건설업은 현재 기술 및 관리 시스템, 브랜드 등에서 과도기를 맞아 경쟁력을 보유하기 위해 다양한 노력을 진행하고 있다. 이러한 노력의 하나로 IT기술과의 접목을 통한 인텔리전트 빌딩(Intelligent Building) 구축을 시도하고 있다. 인텔리전트 빌딩은 쾌적한 사무환경 속에 지속적인 생산성을 극대화하는 동시에 인간과

정보와 건물의 안전성을 높이고, 건설과 유지 관리 측면에서 경제성을 추구할 수 있어야 한다.

최근 주요 건축물의 고층화 대형화 추세에 따라 건축물에 대한 건전성 감시(Structural Health Monitoring, SHM)에 대한 많은 연구가 진행되고 있으며, 대표적인 적용 기술이 무선 센서네트워크 기술이다^[1~4]. 무선 센서네트워크는 초경량, 저전력의 많은 센서들로 구성된 네트워크로서 별도의 인프라가 필요 없고 센서노드들 간에 서로 자가 통신이 가능하도록 설계된 네트워크를 말한다^[5~7]. 센서 네트워크는 데이터의 수집 및 전달만을 처리하며, 이를 효과적으로 활용하고 적용하기 위해

* 정회원, 삼성전자 통신연구소
(Telecommunication R&D Center, Samsung Electronics)
접수일자: 2008년10월29일, 수정완료일: 2009년2월26일

서는 추가적인 소프트웨어 응용 기술이 반드시 필요하다. 기존의 SHM기술을 활용하기 위해서 2D 기반의 관찰 소프트웨어 및 네트워크 카메라를 활용하는 연구가 진행되었으나, 사각지역의 형성과 같은 문제가 있었다. 이를 해결하기 위해, 효과적이고 현실성 있는 시각화 기술의 필요성이 대두되었으며, 보다 고수준의 실용 가능한 시각화 기술의 접목이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 필요성을 바탕으로, 센서 네트워크기반의 3차원 시각화와 증강현실기술을 모바일 디바이스에 적용하였다. 적용된 결과물로, 보다 편리하고 효율적으로 건전성 감시 서비스 등에 활용할 수 있는 WIVA (WSN Monitoring Framework based on 3D Visualization and Augmented Reality in Mobile Devices) 구조를 제안하고 응용 서비스 모델에 적용해보았다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 이러한 센서 네트워크를 활용한 다양한 SHM시스템에 관한 기존 연구 사례들을 살펴보고, III장에서는 본 논문에서 제안하는 WIVA 시스템 구성 환경과 프레임워크를 소개하며, IV장에서는 제안한 시스템을 이용한 센서 네트워크 구축 테스트베드에서의 실험결과를 제시한다. 마지막으로 V장에서는 본 논문의 결론 및 향후 과제에 대해서 언급한다.

II. 관련 연구

최근 건설 산업은 생산성 향상과 프로젝트 비용의 절감에 있어 건설현장의 혁신을 한층 더 필요로 하는 상황이다. 이러한 상황으로 인해, 보다 빠른 완공과 생산성을 위하여 무리한 공사 진행으로 안전사고의 증가율은 매년 급증하고 있는 추세이다. 그림 1은 산업안전공단의 통계자료를 바탕으로 한, 국내 산업 현장에서 발

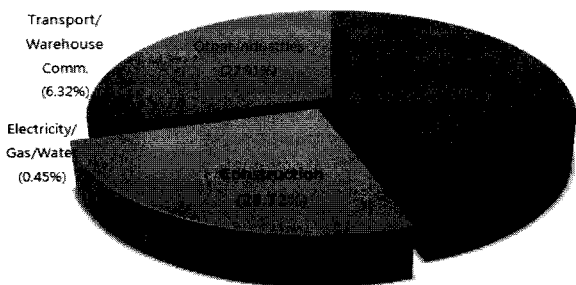


그림 1. 2006년 산업별 사망재해 분포
Fig. 1. 2006 Industrial Accidents and Death in Korea.

표 1. 2005-6년간 업종별 재해자 비교 및 증감률^[8]
Table 1. Increase rate of industrial accidents in Korea (2005/6).

연도	전산업	광업	제조업	건설업	전기·가스·수도업	운수·창고·통신업	기타 산업
2005	85,411	2,258	35,999	15,918	126	4,700	26,410
2006	85,910	1,869	35,914	17,955	122	5,049	29,001
증감(%)	5.27	-17.23	-0.24	12.80	-3.17	7.43	9.81

생하는 사망재해 중 건설업이 차지하는 비율을 보여주는 표이다^[8]. 그림에서와 같이 다른 업종에서 비해, 건설업의 사고 비율이 25.72%로 가장 높은 비율을 차지하고 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 표 1은 2005, 6년간의 업종별 산업재해자의 비교 및 증감률을 나타내는 표이다. 다른 산업들이 2005년에 비해 줄어들거나 10% 미만의 증감률을 보인 반면, 건설업은 12.8%로 가장 높은 증감률을 보임을 알 수 있다. 늘어나는 건설현장에서의 재해 사고를 방지하기 위해, 다양한 응용 기술의 접목에 대한 연구가 시도되었다. 이러한 예로, HongKong 대학에서는 석탄채광용 동굴 지하 구조물 모니터링을 통해 붕괴를 사전에 감지하고, 가스, 물, 산소 등을 측정할 수 있는 무선 센서네트워크 프레임워크 SASA (Structure -Aware Self-Adaptive) 시스템을 제안하였다^[9]. 그림2의 좌측은 SASA를 이용한 검증 실험을 위해 센서노드를 설치한 화면이다. 그림 2 우측은 Illinois 대학에서 WSN 환경에서의 분산 센싱과 제어를 위해, Mica2 MOTE를 이용한 Shaking Table 위의 18층 건물 데모 모델이다.

SHM기술을 활용한 대표적인 시각화 기법은 2D기반의 사용자 인터페이스를 제공하는 애플리케이션을 활용하거나, 네트워크 카메라를 이용하여 센서 주변을 활용하는 기술이다. 2D 기술의 경우 센서 네트워크의 정보

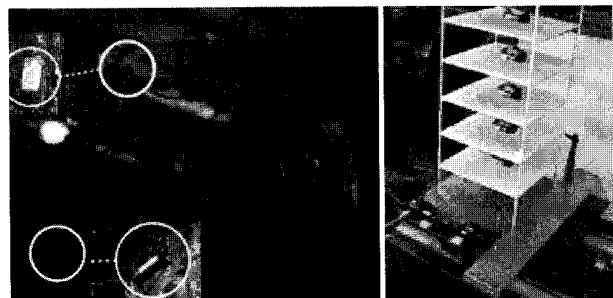


그림 2. HongKong 대학의 SASA(좌)와 Illinois 대학의 Shaking Table위의 18층 데모건물(우)
Fig. 2. SASA of HongKong Univ.(Left) and 18-story building on shaking table of Illinois Univ.(right)

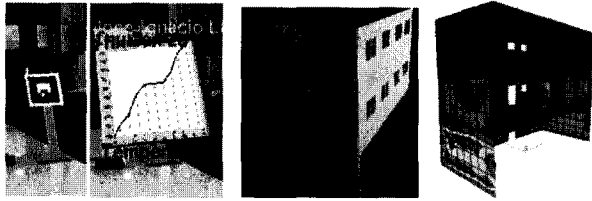


그림 3. Malaga Univ의 AR시스템(좌)과 Berkely의 Canoga Park(우)

Fig. 3. AR system of Malaga Univ.(left) and Canoga Park of Berkely Univ.(right)

전달이 실세계와 차이가 존재하며, 비현실적인 인터페이스가 많아, 정보의 전달이 원활하지 못한 단점이 있다. 반면, 카메라를 이용해 주변 상황정보를 촬영하는 경우에는 벽면 뒤 공간 등 카메라의 촬영 영역이 비추지 못하는 사각지역이나 사람이 직접 눈으로 확인하지 못하는 위치에 있는 센서 네트워크의 상황은 알 수 없다. 이러한 문제점들을 보완하기 위해 최근에는 3차원 시각화 및 증강현실 기술을 활용한 시각화 기법들에 대한 연구가 진행되었다. 그림3의 좌측은 Malaga 대학에서 진행된 병원 내 설치된 센서들의 데이터를 바탕으로 증강현실기술을 이용해 이를 보다 쉽게 전달할 수 있는 기법에 대한 연구이며, 그림 우측은 Berkely 대학에서 SHM의 정보를 보다 쉽게 분석하기 위해 건물의 진동 여파를 3차원 시각화로 표현한 Canoga Park에 관한 연구 예이다^[10~11].

III. WIVA 프레임워크

본 논문에서 제안하는 3차원 모델링과 증강현실 기법은 이미 다른 영역에서의 소프트웨어 구현을 통해, 그 효과가 검증된 바가 있다^[12]. 관련 연구를 통해 기존 기술의 문제점인 2차원 시각화 기술, 카메라를 이용한 모니터링 방법 등에서의 사각지역을 효과적으로 시각화하여 보여 주기에는 어려운 문제점이 있음을 제시하였다. 이를 해결하기 위해, 증강현실 기술을 이용해 카메라 영상 위에 센서노드들의 정보를 시각화 시켜 주는 3차원 모델링을 구현하고, 기존 2차원 시각화 기술과 비교해 보다 사실적인 정보 전달이 가능한 WIVA를 소개한다.

1. 시스템 환경

WIVA 시스템을 구성하는 구성요소들의 기능별 블록은 그림 4와 같다. 주변 정보를 센싱하는 센서노드들

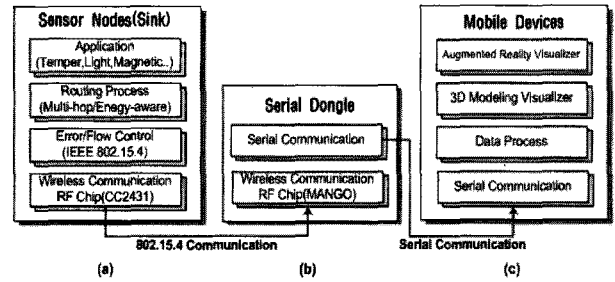


그림 4. 제안하는 시스템 구성 환경

Fig. 4. Proposed System Environment.

과 노드들로부터 데이터를 수집하는 싱크노드(a), 싱크노드로부터 데이터를 전달받을 동글(Dongle)(b), 동글과 연결되어 센서네트워크 정보를 확인할 수 있는 휴대단말(c)로 구성된다.

센서노드는 데이터 전송을 담당하는 RF 통신부와 MAC에서 Error Control 담당부, 네트워킹을 담당하는 라우팅 담당부, 주변 정보 등을 수집하고 이를 처리하는 응용부로 구성되며, 근거리 무선 통신(IEEE 802.15.4) 기술을 이용해 데이터들을 동글로 전송하게 된다. 또한, 온도, 습도, 가속도 등의 노드 주변의 기후나 상태 정보의 수집이 가능하며, 수집된 정보는 싱크노드로 전송하게 된다. 센서노드들의 데이터를 수집하는 싱크노드는 수신한 데이터들을 휴대단말과 연결된 동글로 브로드캐스팅하게 되는데, 이러한 방식으로 일대일 통신이 아닌 일대다 통신이 가능하다. 휴대 단말과 연결된 시리얼 동글부는 센서노드들(싱크노드)로부터 수신한 데이터를 처리하며, 휴대단말상의 시각화 소프트웨어는 시리얼 인터페이스를 이용해 동글로부터 센서네트워크의 데이터의 수신에 가능하다. 수신된 휴대단말 내의 데이터는 3차원 모델링과 증강현실용 3차원 모델로 가공되어 사용된다.

2. 제안하는 WIVA 시스템

본 논문에서 제안하는 WIVA의 전체프레임워크 구조는 그림5와 같이 크게 External Module(a), Core Module(b), Internal Module(c)로 구성된다.

먼저 External Module은 센서 네트워크로부터 데이터를 수신하여 처리하는 Serial Management(SM), 증강현실을 위해 카메라의 영상을 입력받아 애플리케이션에서 처리할 수 있도록 영상 정보를 처리하는 Camera Management(CM)로 구성된다.

Internal Module은 3차원 모델링을 위해 필요한 개발 라이브러리들의 실행 및 실행환경에 필요한 정보 제

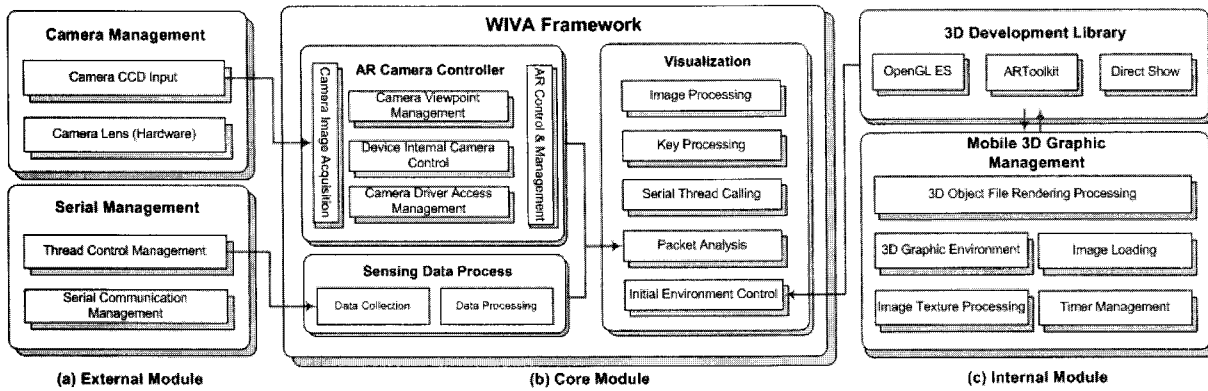


그림 5. WIVA 프레임워크
Fig. 5. WIVA Framework.

공 기능을 담당 3D Development Library(3DL), 휴대단말에서 3차원 모델링을 원활하게 수행할 수 있도록 환경 설정 등을 처리하는 Mobile 3D Graphic Management(M3GM)로 구성된다. M3GM과 3DL은 우선 관찰하고자 하는 대상(건물, 다리 등)의 구조를 3차원 객체 생성 도구를 이용하여 3차원 가상 모델을 생성하여, 휴대단말기의 애플리케이션에서 이 모델을 로드하는 기능을 담당한다.

마지막으로 Core Module은 AR Camera Controller (ACC), Sensing Data Process(SDP), Visualization 처리부로 설계되었다. ACC는 AR과 관련된 카메라 영상과의 정합 및 보정 기능 등을 담당하는 하위모듈로 Matrix 연산 등을 담당한다. 카메라 영상으로의 접근을 위해 응용 애플리케이션에서는 마이크로소프트사의 DirectShow와 같은 라이브러리를 이용하지만, Window Mobile SDK에서 제공되는 DirectShow는 극도로 제한된 기능만을 제공하고 있다. 이런 이유로 Window Mobile에 포함된 DirectShow에서는 미디어 소스(카메라에 의해 캡처된 영상 데이터)로 접근하기 위한 인터페이스를 지원하고 있지 않고 있어, 미디어 소스로의 접근을 위한 인터페이스(SampleGrabber)를 제작하여 사용하였다. 본 논문에서 사용한 M-4500 모델에 내장된 카메라의 경우 2-pin 구조의 카메라의 캡처 pin에서 출력되는 미디어 소스를 접근하여 영상 처리 및 3D 객체와의 정합에 사용하였다. SDP는 다음과 같은 센서노드들로부터 수집된 Raw Packet Data들을 처리 및 가공하는 역할을 담당한다. 프레임워크에서 센서데이터 수신 시, 입력되는 데이터 포맷은 16진수 형태의 Hex 데이터이다. 우리는 WIVA를 위해 2가지 패킷 타입을 정의하고, 필드를 설계하였다. 라우팅 정보의 갱신을 위한 라우팅 정

보 패킷(RIP:Route Information Packet)과 응용센서 정보의 활용을 위한 데이터정보(DIP:Data Information Packet) 패킷 타입이다. 2가지 타입의 구조는 다음과 같다. 패킷의 앞부분부터 순서대로 2bytes의 Start Pointer, Length(1), PAN ID(2), Destination Address(2), Source Address(2), UMR Type(1), Network Source Address(2), Network Destination Address(2), 그리고 TTL(1)의 총 15bytes 길이까지의 데이터는 RIP와 DIP 패킷 모두 동일하다. TTL 이후 RIP의 경우 노드가 지나쳐온 경로의 노드 주소들을 저장하며, DIP의 경우 응용센서의 값(예: 온도 센서의 경우 데이터 값 2바이트 00 F4)을 저장하고 있다. Visualization은 ACC와 SDP를 통해 3D 및 AR 모드를 수행하며, 모듈로부터 관찰 대상 3D모델의 로딩과 영상 및 센서데이터를 시각화하여 보여주는 역할을 담당한다.

3. 3D와 AR 모드 적용 시나리오

사용자가 모니터링 애플리케이션을 실행하는 경우는 다음과 같이 2가지 경우이다. 센서네트워크 모니터링 대상의 전체 구조를 3차원 모델링을 통해 확인하고자 하는 경우에 3D 모드로 실행하며, 벽면과 같은 장애물 뒤의 보이지 않는 곳에 대해서 센서네트워크 상황 정보 분석을 통해 상세한 정보를 확인하고자 AR모드로 실행하는 경우이다.

가. 시나리오 1 - 3D 모드

3D 모드는 모니터링 대상의 전체 구조를 분석하고자 실행하는 경우이다. 이 모드는 단말의 애플리케이션을 이용해 모니터링 대상의 전체구조 및 상황 정보를 3차원 모델링을 통해 확인할 수 있는 방법이다. 절차는 다

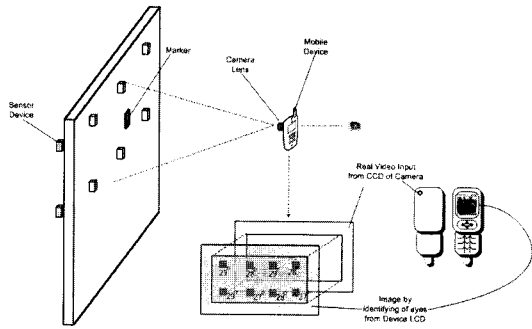


그림 6. 증강현실 적용 구조도
Fig. 6. Application Design of Augmented Reality.

음과 같은 순서에 의해 수행된다. 우선 관찰하고자 하는 대상(건물, 다리 등)의 구조를 3차원 객체 생성 도구를 이용해 3차원 가상 모델을 생성 후, 휴대 단말기의 애플리케이션에서 이 모델을 로드하여 원거리에서 관찰 대상의 전체 구조를 가상으로 휴대단말 상에서 확인할 수 있다. 이 때 대상 구조물의 온도, 습도 등의 이상 정보를 분석하기 위해 센서 데이터를 동글을 통해 수신하며, 수신된 데이터는 실시간으로 휴대 단말 상의 3차원 모델링 객체 위에서 시각화되어 표시된다. 3차원 모델링 작업은 3D MAX, Maya와 같은 3차원 모델링 전문 제작도구 등을 통해 생성할 수 있다. 3D 모델링을 사전 작업 없이, 카메라의 촬영을 바탕으로 실시간으로 복원하는 기술들이 있으나, 이는 본 논문의 범위를 넘어서는 분야이다.

나. 시나리오 II - AR 모드

증강현실을 이용하는 AR 모드의 실행은 건물 내부에서 상세한 정보를 확인하고자 하는 경우이다. 이때는 시각화 소프트웨어의 AR 모드 실행 후, 휴대 단말기의 카메라 렌즈를 통해 촬영을 진행한다. LCD상에 보여지는 촬영되고 있는 영상 위에 3차원 모델을 오버레이(영상과 3D의 합성)시켜서 확인할 수 있다. 다음 그림 6은 이러한 AR 모드의 전체 동작 원리를 보여주고 있다. 벽면과 같은 장애물에 의해 가려진 사각지역의 센서네트워크의 상황을 확인하고자 사용자는 휴대 단말기를 벽면 위에 부착된 증강현실용 마커를 카메라를 이용해 비추게 된다. 이때, 휴대 단말기의 카메라를 통해서 벽면으로 인해 보이지 않는 센서노드 장치들이 가지고 있는 응용 센서 데이터(온도, 습도, 조도 등의 센서 정보)를 3차원 모델링 시각화로서 마치 벽면이 투과되어 보이는 것과 같은 효과로 이를 확인할 수 있다. 단말의 카메라를 이용해 마커를 비추었을 때, LCD 영상 위

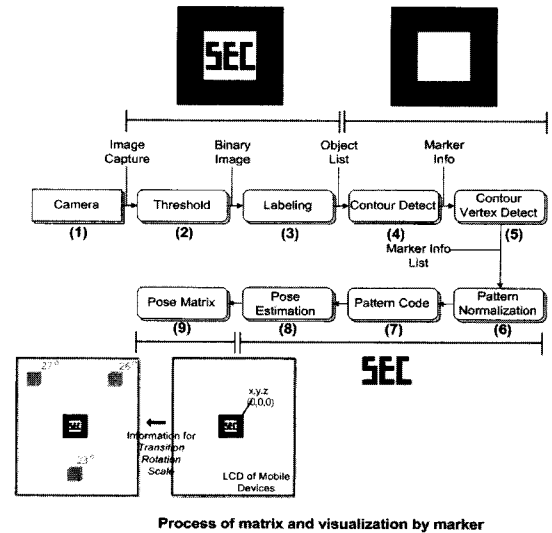


그림 7. 마커를 이용한 3D 시각화 과정
Fig. 7. 3D Visualization process by marker

에 3차원 모델링되어진 노드들의 위치를 정확하게 배치시켜야 보다 높은 현실성을 줄 수 있고 실제적인 정보의 전달이 가능한데, 이를 위해 마커를 기준으로 사전에 노드의 위치 정보는 미리 계산되어야 한다.

그림 7은 이러한 마커를 기준으로, 3차원 모델링 노드를 카메라 영상 위에 시각화하여 보여 주는 방법이다. 본 논문에서 증강현실 기술 구현을 위한 마커인식 기법은 ARToolkit 라이브러리를 이용하였다[13]. 각 과정은 다음과 같은 기능을 수행한다.

- Camera(1) : 카메라로부터 이미지를 캡처해 오는 단계, 이때 이미지는 초기 상태의 영상임.
- Threshold(2) : RGB 형식의 이미지를 Gray Scale 이미지로 변경한 후, 명도값이 Threshold 값을 보다 크면 흰색(255), 작으면 검은색(0)으로 변경하여 이진화(Binary) 이미지를 생성하는 단계
- Labeling(3) : 이진화 이미지 중 흰색인 부분은 영상처리를 위한 관심 영역으로 하나의 덩어리로 볼 수 있는 부분들을 그룹 짓는 단계
- Contour Detect(4) : Labeling을 통해 그룹 지어진 덩어리 부분들의 외곽선을 추출하는 단계
- Contour Vertex Detect(5) : 외곽선의 꼭짓점을 찾는 과정으로 이 단계를 통해 패턴 마커의 사각형 영역을 구분
- Pattern Normalization(6) : 사각형 영역으로 판별된 Contour 들을 정규화 과정을 통해 4개의 내각이 90도를 이루고 4변이 동일한 길이를 갖는 정사

각형으로 만드는 단계

- Pattern Code(7) : 처음 패턴 마커를 등록했을 때와 마찬가지로 검출된 사각형 영역에서 패턴 추출
- Pose Estimation(8) : 등록된 패턴과 검출된 패턴을 비교하여 패턴 마커의 S(scale), T(transition), R(rotation) 값을 추정하여 최종 변환 매트릭스 (Transform Matrix, Pose Matrix)를 산출
- Pose Matrix(9)는 실사 영상과 3D 객체를 정합하는 과정에서 3D 객체의 크기, 위치, 방향을 결정할 기준이 됨.

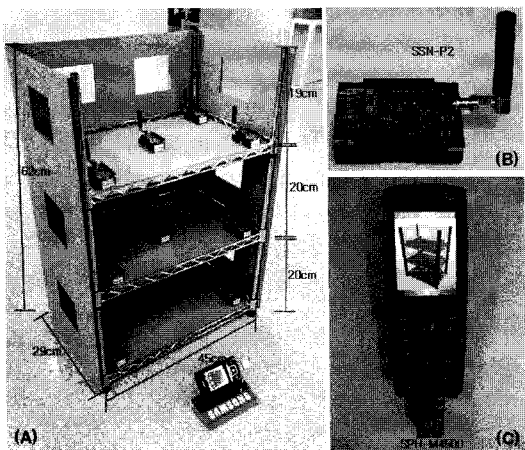


그림 8. 제안한 시스템의 실험 환경
Fig. 8. Our Experiments Environment.

IV. 시스템 구현 및 실험 결과

1. 시스템 실험 환경

SHM을 위해 제안한 WIVA 프레임워크의 검증을 위한 실험을 진행하였다. 그림 8은 실험을 위한 환경으로, 그림 8의 (A)는 가로 45, 세로 62, 폭 29(cm), 그리고 층간 높이는 약 20cm인 소형 빌딩 모델을 제작한 결과이다. 3층 형태의 빌딩 건물을 대상 모델로, 각 층마다 5개의 센서노드로 구성된 토폴로지 형태를 구성하도록 배치하였다. 실험상의 모든 센서 노드들은 송수신 거리가 모두 통신이 가능한 근거리에서 위치하게 되어, 모든 노드들이 통신이 서로 메쉬(MESH) 네트워킹이 가능하다. 실험의 검증과 효율성을 위해, 각 층간에는 서로 같은 위치에 있는 노드들만이 통신이 가능하도록 ACL(Access Control List)을 적용하였다. 그림 8의 (B)는 실험을 위해 자체 제작한 센서노드이다. MCU/RF 통합 칩으로 7×7mm 크기에 8051 마이크로 컨트롤러, 2.4

GHz 대역을 이용하는 TI의 CC2431^[14]과 128KB 플래시 메모리, 4KB 램을 포함하여, 56×35mm 크기로 제작된 SSN-P2이다. CC2431 칩의 내부에는 온도 센서를 포함하고 있어, 1초에 한 번씩 센서 값을 읽어 1도 이상 변한 경우 3절에서 설명한 패킷 타입 중 DIP를 이용해 이를 싱크노드로 RF 전송하도록 구현하였다. 그림 8의 (C)는 제작된 센서노드들로부터 데이터를 수신하는 동글과 동글이 연결된 휴대 단말(삼성, SPH-C2500)의 화면이다. 데이터 수신 동글은 Radio Pulse^[15]의 8bit 8051 MCU기반의 SOC로 제작된 MANGO chip을 이용하여 제작하였다.

2. 구현 및 실험 결과

본 절에서는 3절에서 설명한 WIVA의 설계 내용을 바탕으로 구현과 실험한 내용을 소개하도록 한다. 휴대 단말을 이용해 사용자가 WIVA를 실행 후, 3D 모드를 통해 3D 모델링 뷰어로 진입하거나, AR 모드를 통해 증강현실 뷰어로 진입하게 된다. 3D 모드의 효율성을 입증하기 위해, 건물 전체의 정보를 확인하고 특정 위치에서 화재가 발생하면 이를 센서 노드가 탐지하는 상황을 연출하여 실험하였다. 그림 9는 이러한 3D 모드를 통해 모바일 기기에서 실행한 화면으로 좌측은 건물의 전체 구조를 모니터링하고 있는 화면이며, 우측은 센서 노드가 화재를 탐지해 화재의 3D 이미지를 형상화시키고 단말의 사운드로 경보 메시지가 출력되는 화면이다. 3D 모드에서는 3D 모델을 건물의 형태로 설계하고, 로드가 가능하도록 구현하였다. 3D 모델은 제안하는 WIVA 프레임워크 상에서 처리하기 위해 SSX로 정의된 자체 파일 포맷을 이용해 변환된다. SSX 파일포맷 내에는 3차원 이미지파일들의 벡터와 컬러 정보들이 저장된다. 애플리케이션의 실행과 함께 관찰 대상의 3차

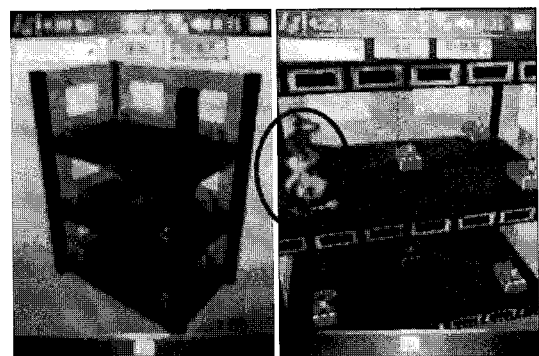


그림 9. 3D 애플리케이션 실행 화면
Fig. 9. 3D Application Interface.

원 객체가 휴대 단말의 LCD 화면에 로드되어 모니터링을 시작한다. 이때, 로드된 가상 객체의 다양한 시점 변화를 하기 위한 3차원 모델링의 제어가 필요하다. 이러한 제어를 위한 인터페이스 및 컨트롤 구성은 휴대 단말기기의 Key 버튼과 LCD의 터치스크린 기능을 이용하였다. 좌우 Key버튼의 입력을 통해 좌우로 360도 회전 가능하며, 상하 Key 버튼의 입력을 통해 상하로 시점을 이동시킬 수 있다. 또한, 키패드의 버튼키 입력 부분을 통해 시점을 확대 및 축소시켜 볼 수 있다.

그림 10(좌)은 증강현실기반의 AR 모드의 실험을 위해 3m 거리에서 모바일 기기를 통해 대상 건물(Marker)을 촬영하는 화면이다. 센서 노드들이 보이지 않는 사물을 카메라로 비추었을 경우, 그림 우측에서와 같은 방식으로 카메라의 영상 위에 3D 모델로 제작된 센서 노드들을 오버레이 시켜 벽면 뒤쪽의 센서노드들을 벽면을 투과시킨 듯 확인할 수 있었다. 증강 현실 뷰어의 경우 카메라의 실행, 상기 설명한 마커 식별 및 기준 좌표 계산과 같은 카메라 설정관련 전처리 과정을 거치게 되며, 이후 센서 노드들이 전송하는 센서 네트워크상의 데이터를 수신하기 위해 청취(Listen)상태로 진입하게 된다. 만약 패킷이 수신되지 않는 경우 이러한 청취 상태를 유지한다. 패킷이 수신된 경우엔 패킷의 타입을 식별하고, 수신된 센서 데이터의 이벤트 처리를 휴대 단말 화면상에 각각의 센서 종류에 맞추어 3차원 모델링 시각화를 수행하게 된다. 앞서의 그림 9의 실험처럼 센서의 종류가 화재 센서인 경우, 화재의 3D 이미지와 같은 효과를 줄 수 있었다.



그림 10. AR 실험 환경 및 시각화 실행 화면
Fig. 10. Experiments Environment for AR and Application Execution Interface.

V. 결론 및 향후 연구

IT 산업의 고도화가 진행됨으로써 이제 IT 분야의 기술들은 다양한 분야로 응용되고 있으며, 본 논문에서는 특히 IT 네트워킹 분야의 WSN을 기반으로 SHM 등의 분야에 응용 가능한 3D & AR 기반 WIVA 프레임워크를 제안하였다. 기존의 SHM 분야에서 주로 사용되던 2차원 센서 네트워크 시각화 기술과 카메라등을 이용한 모니터링 기능에서는 시각 지역이 발생하며 실제 상황의 reality를 충분히 전달하는것이 부족했었지만, 본 논문에서 제안한 WIAV 프레임워크에서는 3차원 모델링과 증강현실 기술을 활용하여 이러한 문제점을 해결하였다. 본 논문에서는 제안한 시스템의 검증을 위하여 3층 형태의 소형 건물을 제작하여 센서 네트워크를 구성하고, 모바일 기기를 활용한 3D 및 AR 모드 응용 시나리오를 test-bed상의 화재 탐지 실험을 통해 검증할 수 있었다.

향후 이러한 응용 시나리오를 바탕으로 WIVA 프레임워크를 활용한 센서 네트워크와 모바일 장치기반의 건축물의 건전성 및 안전사고 감지를 위한 실제 건설현장의 SHM 분야에 적용이 가능하다. 또한 RSSI와 삼각측량을 이용한 Markless 증강현실 기술을 추가한다면 보다 실제 현장에서 높은 효용성을 가지는 시스템이 될 것이다. 마지막으로 본 논문에서는 온도 센서를 이용해 화재 발생 여부만을 적용하지만, 가속도, 조도, 모션 센서를 활용하여 다양한 위험 사고 예측이 가능한 프레임워크의 연구가 진행 중에 있다.

참고 문헌

- [1] K. Mechtov, W. Y. Kim, G. Agha, and T. Nagayama. "High-Frequency Distributed Sensing for Structure Monitoring," First International Workshop on Networked Sensing Systems, 2004.
- [2] J. Paek et al., "A wireless sensor network for structural health monitoring: Performance and experience," in Proceedings of the Second IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors (EmNetS-II), May 2005.
- [3] N. Xu, S. Rangwala, K. K. Chintalapudi, D. Ganesan, A. Broad, R. Govindan, and Deborah Estrin, "A wireless sensor network For structural monitoring," Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems, November 03-05, 2004,

Baltimore, MD, USA

[4] M. Souryal, J. Geissbuehler, L. Miller and N. Moayeri, "Real-Time Deployment of Multihop Relays for Range Extension," *MobiSys07*, San Juan, Puerto Rico, pp. 85 - 98, 2007.

[5] P. P. Jayaraman, A. Zaslavsky and J. Delsing, "Sensor Data Collection Using Heterogeneous Mobile Devices," *ICPS'07: IEEE International Conference on Pervasive Services July 15-20, 2007, Istanbul, Turkey*, pp. 161-164, July 2007.

[6] R. Ballagas, F. Memon, R. Reiners and J. Borchers, "iStuff Mobile: Rapidly Prototyping New Mobile Phone Interfaces for Ubiquitous Computing," In *Proc. CHI '07: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1107-1116, 2007.

[7] L. Zhong, M. Sinclair, and R. Bittner, "A phone-centered body sensor network platform: Cost, energy efficiency and user interfaces," in *Proc. IEEE Body Sensor Network Wkshp.*, Apr. 2006.

[8] Korea Occupational Safety&Health Agency, <http://www.kosha.net/shdb/statistics/list.jsp?rootNodeId=806&selectedNodeId=3027>

[9] Mo Li, Yunhao Liu, "Underground structure monitoring with Wireless Sensor Networks," *Proceedings of the 6th international conference on Information processing in sensor networks 2007, Cambridge, Massachusetts, USA, April 25-27, 2007*, pp. 69-78, April 2007.

[10] D. Claros, M. D. Haro, M. Dom'nguez, C. D. Trazegnies, C. Urdiales, and F. Sandoval, "Augmented Reality Visualization Interface for Biometric Wireless Sensor Networks," *IWANN 2007, LNCS 4507*, pp. 1074 - 1081, 2007.

[11] Glaser, S. D. 2004. "Some real-world applications of wireless sensor nodes," *Proceedings of SPIE - Smart Structures and Materials: Sensors and Smart Structures Technologies for Civil, Mechanical, and Aerospace Systems*, 5391, 344-355.

[12] Nettleton, E., Ridley, M., Sukkarieh. S., Göktoğan, A. H., Durrant-Whyte, H.,(2004), "Implementation of a Decentralised Sensing Network aboard Multiple UAVs", *Telecommunication Systems Special Issue: Wireless Sensor Networks*, (26:2-4), pp:253-284

[13] ARToolKit site: <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit>

[14] TI CC2431 chip specification site: <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/cc2431.h>

tml

[15] RadioPulse MANGO(MG2400) chip specification site: http://www.radiopulse.co.kr/eng/main.html?mode=02_01

— 저 자 소 개 —



구 본 현(정회원)
2005년 동서대학교
정보통신공학과 학사
2007년 고려대학교
정보보호대학원 석사
2007년~현재 삼성전자
통신연구소 연구원

<주관심분야 : Mobile Security, Wireless Sensor Network, Visualization>



최 효 현(정회원)
1994년 서강대학교 학사
1996년 서강대학교 석사
2005년 서강대학교 박사
2005년~현재 삼성전자
통신연구소 책임 연구원

<주관심분야 : Ubiquitous Sensor Network, Wireless Mesh Network, Mobile Ad hoc Network, Routing Protocol>



손 태 식(정회원)-교신저자
2000년 아주대학교 정보 및
컴퓨터공학부 졸업
2002년 아주대학교
컴퓨터공학 석사
2005년 고려대학교
정보보호학 박사

2004년~2005년 Research Scholar,
Univ. of Minnesota
2005년~현재 삼성전자 통신연구소 책임연구원
<주관심분야 : Wireless/Mobile Network Security, Wireless Sensor Network, Anomaly Detection>