

논문 2012-07-27

무선 메쉬 네트워크 기반의 다층구조 감시 시스템 구축

(Multi-layer Surveillance System based on Wireless Mesh Networks)

윤태호, 송유승*

(Tae-Ho Yoon, Yoo-Seung Song)

Abstract : In the present, Wireless Sensor Network(WSN) has been used for the purpose of the military operation with surveillance systems and for collecting useful information from the natural environment. Basically, low-power, easy deployment and low cost are the most important factors to be deployed for WSNs. Lots of researches have been studied to meet those requirements, especially on the node capacity and battery lifetime improvements. Recently, the study of wireless mesh networks applied into the surveillance systems has been proceeded as a solution of easy deployment. In this paper, we proposed large-scale intelligent multi-layer surveillance systems based on QoS assuring Wireless Mesh Networks and implemented them in the real testbed environment. The proposed system explains functions and operations for each subsystem as well as S/W and H/W architectures. Experimental results are shown for the implemented subsystems and the performance is satisfactory for the surveillance system. We can identify the possibility of the implemented multi-layer surveillance system to be used in practice.

Keywords : Surveillance, QoS, Wireless mesh network, Wireless sensor network

I. 서론

현재 대규모 무선 센서 네트워크는 사람의 접근이 어려운 곳(산간지방, 섬)에서의 데이터 수집, 군사용, 교통, 감시 시스템, 의료분야 등 수많은 분야에서 사용되고 있다. 이러한 분야에서 활용이 가능한 이유는 무선 통신 능력과 센서 처리능력을 갖춘 센서노드 사용, 자율적인 네트워크 형성, 원격지

에서 감시/제어가 가능하기 때문이다 [1].

일반적으로 무선 센서 네트워크는 다른 기타의 무선 네트워크와 달리 몇 가지를 고려하여 시스템을 구성해야 한다. 응용분야에 따라 더 많은 요인을 고려해야 할 수도 있지만 기본적으로 아래에 제시되는 3가지를 고려해야 한다 [1]. 첫째는 fault tolerance이다. 비교적 단순한 기능을 가지고 시스템 구성 시 다량의 센서 노드를 사용하는 무선 센서 네트워크는 안정적인 전원공급이 어려운 경우가 많다. 이러한 경우를 대비하여 센서노드가 일정 수준 이상의 성능을 유지할 수 있는 지를 고려해야 한다. 둘째는 확장성이다. 보통 무선 센서 네트워크는 많은 수의 센서 노드를 사용한다. 그렇기 때문에 전체적인 시스템의 효율성을 위해서는 노드 배치를 어떤 식으로 할지가 중요하다. 셋째는 센서 노드의 가격이다. 많은 양의 센서노드를 사용하기 때문에 시스템 구성비용에 따른 경제적인 부분을 생각해야 한다.

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2012. 07. 26., 수정일 : 2012. 09. 06.,

채택확정 : 2012. 09. 18.

윤태호 : 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털방송공학과

송유승 : 한국전자통신연구원

※ 본 연구는 지식경제부 산업원천기술개발사업의 지원을 받아 수행된 원천기술개발 과제임(10033776).

위에서 제시된 무선 센서 네트워크의 특징을 바탕으로 다양한 분야에서 성능향상을 목적으로 연구가 진행되고 있다. 구체적인 연구 분야로는 센서 네트워크에서 사용되는 센서에 관한 기술, 센서에서의 정보 처리 기술, 효율적인 센서 배치에 관한 연구되고 있으며 최근에는 대체에너지를 이용한 센서 노드의 사용 시간 증가, 다중 입,출력 활용에 관한 연구가 추가적으로 진행되고 있다 [2-7].

실제로 대규모 센서네트워크를 구축한 사례가 있다. [8]에서는 FFSS(Forest-fires-surveillance system)라는 이름의 산불감시를 위한 시스템을 제안하였다. 위 시스템은 산불이 일어났을 때 변화가 일어나는 온도, 습도, 연기를 감지할 수 있는 센서를 이용해서 정보를 수집하고 수집된 정보를 분석함으로써 조기에 산불을 감지가 가능하도록 하였다. [9]는 인텔(intel)의 지원을 통해 구축된 센서네트워크 시스템이다. 구축된 시스템의 명칭은 Habitat Monitoring on Great Duck Island 이다. 위 시스템은 바다제비의 교배기간인 7달 동안 교배에 적합한 환경 조건(기후, 온도)에 관한 정보를 수집하기 위해 다양한 센서를 활용하여 구축되었으며, 이를 통해 바다제비의 교배에 영향을 주는 요인을 분석하였다.

본 논문에서는 다층 구조 감시 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템을 통해 기존의 CCTV에서의 영상과 음성 녹화 이외에 자체적인 알고리즘을 통해 영상을 분석하고 처리하여 활용할 수 있다. 다층 구조를 가지는 시스템의 H/W, S/W 구성 요소와 subsystem별 기능에 관해 기술된 내용을 통해 감시 시스템이 가지는 특성을 알 수 있다.

또한 Array MIC board를 활용한 실 환경에서의 방위각 추정 성능 실험, 특정 사고 시나리오에서의 event 분석 알고리즘을 활용한 다중센서 상황인지 실험, 매립형 detection sensor를 활용한 음향, PIR, 전자기 및 진동센서 실험 등을 통해서 다층구조 시스템에서 제안된 subsystem이 구현하고자 하는 기능을 충족시키는지 확인하였다.

II. 무선 메시 네트워크 기반의 다층구조 감시 시스템

본 논문에서 제안하는 다층구조 감시 시스템은 무선 메시 네트워크를 기반으로 하며 크게 관제 시스템을 포함 하는 server, 하위 sensor node들을 관리하는 Master Sensor Node (MSN), 데이터 취

득 및 라우터 역할을 하는 Sensor Node (SN) 그리고 도로상에서 움직이는 객체를 감지하는 매립형 detection sensor들로 구성된다. 전체적인 시스템 구성은 그림 1과 같이 계층적으로 연결되어 데이터를 송수신하게 된다. 제안한 시스템에서 Server는 다수의 MSN들로부터 들어온 각종 정보를 저장 및 관리 작업을 수행한다. MSN은 자체적으로 취득한 정보나 SN으로부터 올라온 정보를 필요에 따라 Server로 전송한다. 이때 MSN은 게이트웨이 역할을 통해 수집된 데이터들을 외부 망으로 보내게 된다. SN은 내장하고 있는 각종 센서들을 이용해 정보를 수집하고 취득된 정보를 일차적으로 처리한 후 MSN으로 전송한다. 매립형 detection sensor는 땅에 매립되어 도로에서 움직이는 물체에 대한인지 및 판단과정을 거쳐 최종 데이터를 SN으로 무선으로 전송한다.

본 논문에서 제안된 감시 시스템은 SN이 일차적으로 이벤트를 감지 및 판단하고 유용한 정보만을 MSN에게 전달하여 이차적인 판단을 거친 후 유용한 정보가 확보되면 server로 전달하여 이벤트 유효성 여부를 최종적으로 심의하는 다층구조 감시 시스템이라고 할 수 있다. 각 계층에서 유효성 검사를 통해 server로 전달되는 정보량을 제어함으로써 효과적인 감시 시스템 업무 개선이 가능하다는 것이 장점이라 할 수 있다. 다음 절에서 각 계층별 subsystem의 특징 및 기능들을 간략히 기술하며 특히 센서 네트워크에서 가장 핵심이 될 수 있는 SN에 대해서는 H/W 및 S/W 구조 등에 대해서도 세부적으로 설명된다.

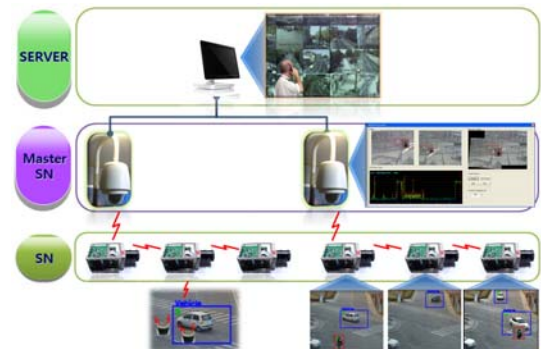


그림 1. 다층구조 감시 시스템 개념도

Fig. 1. Multi-layer surveillance system conceptual diagram

1. Server

본 시스템에서 server는 network video client (NVC) 역할을 하며 MSN을 직접적으로 제어하거나 필요한 정보를 MSN을 경유하여 SN을 제어한다. Server의 주된 역할은, 첫째로 영상을 서버에 저장하여 필요에 따라 모니터로 출력하거나 실시간으로 영상을 보여준다. 둘째로 MSN으로부터 올라온 이벤트 정보를 강력한 사건 탐지 알고리즘을 구동하여 최종 심의를 통해 그 이벤트 결과를 모니터로 출력하고 모니터링 요원에게 이벤트 발생 사실을 알린다. Server는 ONVIF protocol [10]을 통해 MSN 및 SN들을 제어하고 MSN 및 SN은 network video transmitter (NVT)로서 영상 전송 요청 및 각종 제어 정보를 요청에 대해 회신을 하게 된다.

2. Master Sensor Node

본 시스템에서 MSN는 PTZ(Pan/Tilt/Zoom)기능을 가진 고 해상도 카메라를 탑재하여 관제 시스템에서 필요한 특정 영상 정보에 대한 추가 획득이 가능하다. MSN은 SN으로부터 받은 일차적인 이벤트 발생 정보를 참고하여 이차적 영상 분석에 필요한 추가 정보를 SN에게 요청한다. MSN은 이벤트 유효성 판단을 수행하고 필요에 따라 그 결과를 NVT의 입장으로 상위 서버로 전달한다. 정확한 영상분석 및 기타 필요한 작업을 위해 요청 메시지를 SN에게 주고 필요한 정보를 받을 경우 MSN은 NVC로서 역할을 수행하고 SN은 NVT로서 요청 메시지에 대한 메시지를 회신하게 된다. 따라서 MSN의 역할은 각 상황에 따라 NVT 및 NVC의 이중적인 역할을 할 수 있도록 설계 및 구현 되었다.

그림 2에서 제안된 시스템에서는 SN 간 그리고 MSN과 SN간의 통신은 신뢰성을 보장하는 무선 메쉬 네트워크를 사용하며 SN은 MSN으로 데이터를 전송하기 위한 라우팅 기능을 수행하며 MSN은 정보를 외부망에 있는 Server로 전달하기 위한 gateway의 역할을 수행한다. 다중 홉 통신을 하는 무선 메쉬 네트워크는 경로상의 혼잡 정도에 따라 MSN으로 가는 경로가 수시로 변경된다. 또한 경로상에서 특정 SN에게 부하가 많이 걸리는 경우 라우팅 경로로서의 성능을 충분히 낼 수 없게 된다. 따라서 네트워크 전체의 전송량을 증대하기 위해서는 multi-gateway를 통한 트래픽 경로 분산을 통해 네트워크의 신뢰도와 전송 성능을 높일 수 있다. 따라서 제안하는 시스템은 복수개의 MSN을 설치 운용하는 multi-gateway 운용 개념을 도입하여 무

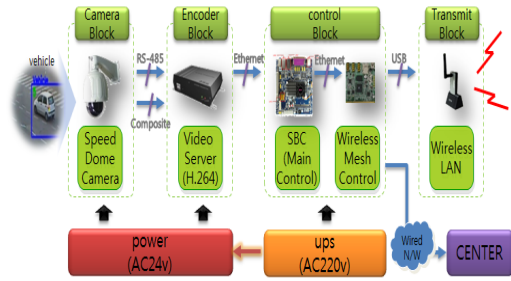


그림 2. 제안한 MSN 시스템 구조
Fig. 2. Proposed MSN system architecture



그림 3. SN module 구성도
Fig. 3. SN module composition diagram

선 메쉬 네트워크를 구현하였다.

그림 2는 제안된 MSN 시스템 구조이다. MSN은 speed dome camera, video server, single board computer (SBC), wireless mesh control module, wireless LAN module 그리고 각종 전원을 공급하는 전원제어부로 구성된다. Speed Dome camera는 이벤트를 감지하기 위한 pre-set기능을 지원하며 PTZ기능을 통해 관심영역에 대한 재확인이 가능하다. Video Server는 입력 데이터를 H.264/MJPEC으로 변환하여 SBC로 전달한다. SBC는 wireless LAN card/module, video server 그리고 speed dome camera를 제어한다. SBC는 SN으로부터 무선 메쉬 네트워크를 통해 들어오는 이벤트 정보를 다시 확인하는 알고리즘을 수행하고 결과가 유효한 경우 외부 공용망에 있는 server로 정보를 전달한다. Wireless Mesh Control module에는 virtual mesh driver가 설치되어 mesh network 통신을 권장한다.

3. Sensor Node

본 시스템에서 SN에서 구현된 H/W구성요소와

표 1. SN을 구성하는 module들의 주요기능

Table 1. Main function of modules composing SN

Module 그림	이름	기능
	DSP-2 (C6747)	음성 방위각 처리
	DSP-1(DM6437)	영상을 통한 사건탐지 및 분석
	주 제어 및 통신 모듈 (DM365, WiFi, GPS)	노드 간 통신 및 전반적인 제어
	보조센서 (G센서, 전자나침반, 온도/조도센서)	보조센서를 통한 정보 수집
	Zigbee 모듈 (CC2420)	Detection Sensor 와 SN 간 통신

S/W 구성요소에 대해 기술한다. SN의 H/W 구성요소는 subsystem별로 기술하였고 SN의 S/W의 구현에 대해서도 간략 기술한다. 그림 3의 구성요소로는 array MIC board, CMOS sensor module, video analysis module, main control board, WiFi module 등이 있다. 각 subsystem이 가진 특징과 담당하는 기능에 대하여 상세하게 기술하였다. 아래 표 1에 SN을 구성하는 모듈들의 주요 기능을 간략히 기술하였다.

3.1 Sensor Node H/W 구성

A. 모듈 간 통신방식

그림 4에서처럼 각 모듈 간 통신은 모듈 간 서로 주고받는 데이터의 종류, 요구되는 처리 속도 등을 고려하여 SPI, I²C, UART 등의 방식을 사용한다. Main control board(DM365)는 video analysis board와 SPI방식으로 통신하며, array MIC board, axillary sensor board 그리고 CMOS sensor module과는 I²C방식으로 통신한다. Zigbee board 및 GPS와는 UART 방식으로 통신한다.

B. Array MIC board

그림 5는 특정 사건 음만을 인식하여 음성 방위각 알고리즘을 통해 음향 발생지점의 방위각을

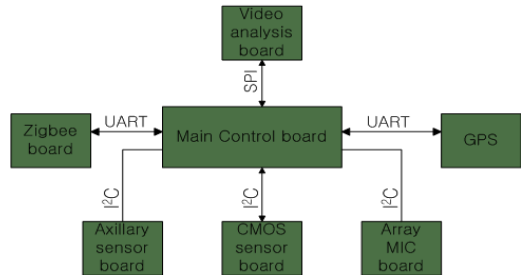


그림 4 모듈 간 통신 방식

Fig. 4. inter-module communication method

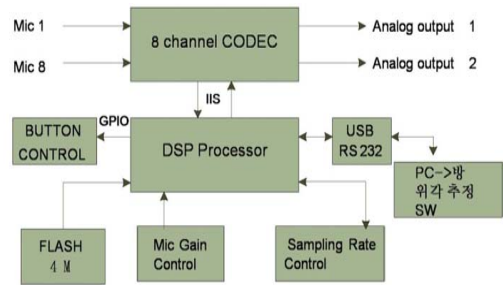


그림 5. Array MIC board 구조

Fig. 5. Array MIC board architecture

추정한다. 이러한 정보는 사건 또는 이벤트를 분석하는 video analysis board 내에 있는 DSP로 전달되어 정확한 event detection을 하는 데 추가 정보로 사용된다. 최대 8 microphone 입력을 적용해서 원거리음원을 Pick-up한 다음 Pre-Amp와 audio codec, ADC를 이용해서 DSP로 전달하여 처리한다. 이 과정에는 음성 처리 DSP-2(C6747) 블록이 관여한다.

C. CMOS sensor module

그림 6은 SN이 영상 데이터를 취득하기 위해 사용되며 mega pixel급을 지원한다. CMOS sensor에서 전달되는 bayer raw 형태의 영상데이터를 main control board내의 DM365의 ISIF 내부 모듈의 입력으로 내보내는 역할을 한다. CMOS sensor는 렌즈를 통해 들어온 영상을 여러 처리 과정을 거쳐 전기적 신호로 변환하여 데이터로 만드는 것이 주된 기능이다.

D. Video analysis board

그림 7은 카메라 센서 정보와 그 외 SN에 장착

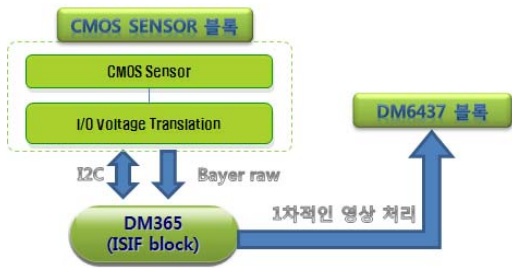


그림 6. CMOS sensor 블록
Fig. 6. CMOS sensor block

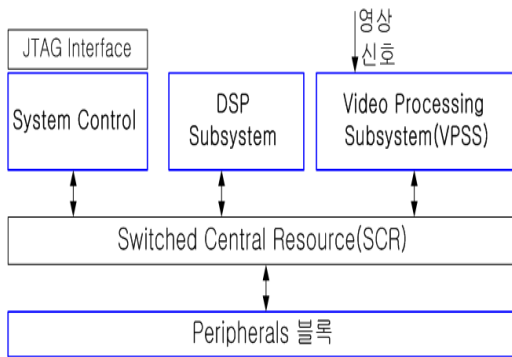


그림 7. Video analysis board의 주요 블록 및 기능
Fig. 7. Main Block and Function for Video analysis board

된 각종 센서들로부터 정보를 받아들이 이벤트의 여부를 판단한다. 이 과정에는 영상 처리 DSP-1(DM6437) 블록이 관여한다. 보드의 구성요소로는 system control 블록, DSP subsystem, video processing subsystem, peripherals 블록 등이 있다. 각 블록의 기능으로는 system control은 DSP의 clock 및 PLL 등의 기능을 처리해 주는 블록, DSP subsystem은 boot rom, L1, L2 Cache 메모리 블록 내장, video processing subsystem은 영상 신호의 입·출력을 처리하는 블록, Peripherals은 외부 메모리 및 GPIO와 같은 여러 종류의 interface를 제어하는 블록이다.

E. Main control board

Main control board는 SN의 각종 보드 및 영상 입출력 신호를 제어하는 DM365 digital media processor를 사용하여 구현되었다. SN에서 수

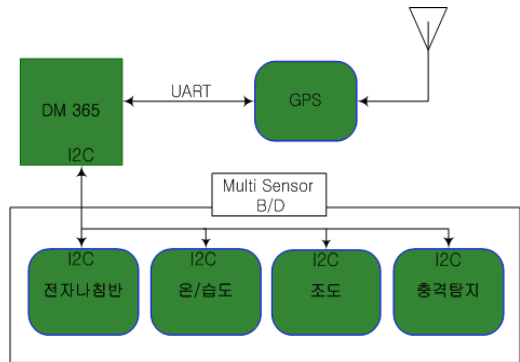


그림 8. Axillary sensor board 구조
Fig. 8. Axillary sensor board Architecture

집된 정보가 처리되는 과정에 관여하고 각 모듈과 연결되어 있다. 또한 입력으로 들어온 카메라 영상에 대한 1차적인 데이터 처리 과정을 거쳐 video analysis board에서 사용 가능한 형태로 변환하여 넘겨준다. Linux(Fedora OS)가 설치되어 있고 무선 mesh 네트워크를 위한 드라이버 및 커널이 설치된다.

F. WiFi module

WiFi module은 무선 mesh 네트워크를 사용하기 위한 장치이다. 상세 사양은 무선 IEEE 802.11b/g, 주파수 2.4GHz, 송신파워는 16dBm+/-2dB, 안테나 2dBi, 변조방식은 OFDM, QPSK, CCK, BPSK이다. 사용한 제품은 ipTime의 G054UA모델을 사용하였다.

G. Axillary sensor board

그림 8은 video analysis board에서 정확한 event detection이 가능하도록 추가적인 정보를 제공한다. Sensor의 종류에는 충격탐지, 온도, 습도, 조도, GPS등이 있다.

3.2 Sensor Node의 S/W 구현

SN의 S/W 구조에는 영상, 사고 이벤트 데이터를 포함한 각종 센서의 정보를 모아서 Onvif 프로토콜 [10]을 이용하여 MSN 또는 SN으로 전송하는 데 필요한 내용이 각각 구현되어 있다. 각각의 함수에는 main, capture, streamer, record, sensor, event가 있다. Main은 SN의 모든 환경 변수와 각 Thread를 관리한다. Capture는 입력으로 들어온 영상을 encoding하여 내부 버퍼에 저장한다. Streamer는

encoding된 영상 데이터를 RTP로 전송 가능한 데이터로 바꾸고 RTP/RTSP 프로토콜을 제어한다. Sensor는 각 센서의 데이터를 수집하여 onvif로 전송한다. Event는 video analysis board에서 처리된 meta data를 onvif로 전송한다.

A. Mesh Network S/W Architecture

그림 9는 SN들 간에 데이터를 주고받는 것이 가능하도록 하는 mesh network의 S/W 구조를 나타낸 것이다. S/W구조는 실제 링크 계층에 구현되어 있으며 시스템 커널과 WLAN 드라이버 사이에 독립적인 가상 디바이스의 형태로 설계 구현되어 있다. S/W 구조의 특징적인 사항으로는 다수의 무선 인터페이스 지원, back mode와 AP모드 동시 지원 등이 있다. back mode와 AP모드 동시 지원을 통해 모드별 인터페이스가 필요 없게 되었고 자원 사용을 최적화할 수 있다. 그리고 그림 9에서 Reliability Enhancement, Adaptability Enhancement 모듈을 통해 다양한 데이터에 대한 QoS 보장, 네트워크 환경변화에 대한 적응적인 대처를 고려하였다 [11]. 이러한 고려사항을 충족시키기 위해서 multi gateway 관리, QoS 지원을 위한 다중 queue, 트래픽 혼잡 발생 감지 및 통보, 대체 전송 경로 형성 등의 기능을 제공한다. QoS지원을 위한 다중 queue지원 기능은 각 패킷이 우선권에 따라 처리 우선순위가 다른 각각의 queue로 나뉘어져 들어가게 한다. 여기에 추가적으로 네트워크 혼잡 발생 시 패킷의 우선순위를 바탕으로 경로를 변경하여 전송할 수 있도록 하는 기능이 구현되었다.

4. 매립형 Detection Sensor Node

매립형 detection sensor node는 Zigbee 기반 센서모듈에 탑재된 다중센서 모듈(전자기센서, 진동센서, PIR센서, 음향센서)을 활용하여 차량 또는 사람을 감지하여 무선 네트워크를 통하여 sensor node로 데이터를 전송한다. 구현된 매립형 detection sensor node는 아래 그림 10에서와 같이 다양한 센서 및 센서 구동회로를 포함하는 센서 연동 모듈, 주위 저속 무선통신을 위한 RF모듈을 포함한 메인 모듈, 센서노드의 제어 및 데이터 처리를 위한 MCU를 포함하고 있는 센서 제어 모듈 그리고 DTT 전원모듈로 구성된다.

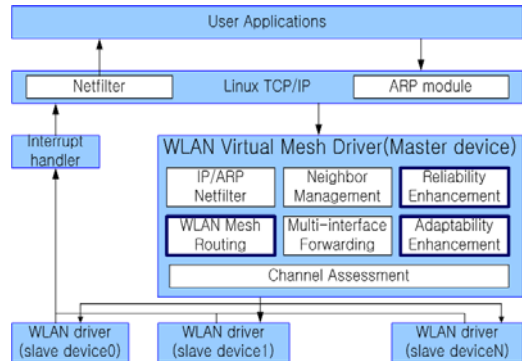


그림 9. WMN 기능적 구조
Fig. 9. WMN functional architecture



그림 10. 매립형 detection sensor node
Fig. 10. Underground detection sensor node

III. 실험결과

각 subsystem 별 실험환경 및 결과들은 아래와 같다.

그림 11에서는 매립형 detection sensor를 활용한 실험결과를 나타낸다. 저전력 센서노드 구조로 최대 소모 동작 시 55mA(5V)의 전류 소모량을 갖는다. Zigbee를 통해 데이터를 송수신 하며 2.4GHz 대역을 사용한다. 금속성을 가진 물체를 매립형 detection sensor가 감지하는 이벤트 발생 시 음향 값, PIR 값, 전자기 값 그리고 진동 값 등이 변화는 것을 그래프에서 차례대로 확인할 수 있다.

그림 12는 실 환경 도로에서 방위각 추정 성능 시험 결과는 나타낸다. 두 개의 선형 array MIC를 사용하고 간격을 6cm로 배치하였으며 신호원과의 거리는 대략 15m정도이다. 이벤트 음원은 그림

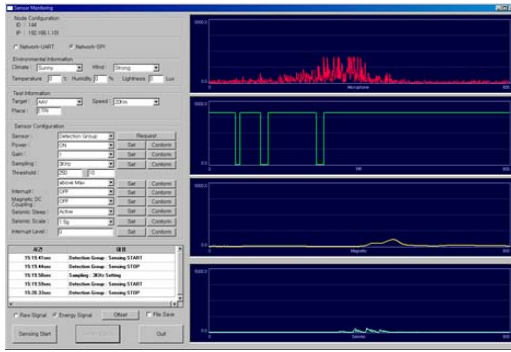


그림 11. 매립형 detection sensor를 활용한 음향, PIR, 전자기 및 진동센서 실험결과
 Fig. 11. Sound, PIR, electromagnetic and oscillation sensor experimental result using underground detection sensor

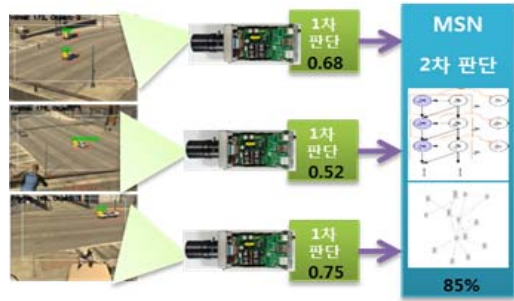


그림 13. 다층구조와 분산 사고인지를 활용한 상황판단 과정
 Fig. 13. Situation decision process using multi-layer and decentralized perception method

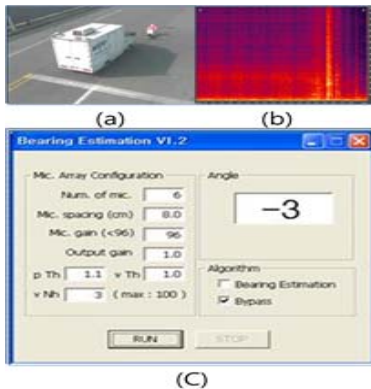


그림 12. Array MIC board를 활용한 실 환경에서의 방위각 추정 성능 실험결과
 Fig. 12. Azimuth estimation performance in real environment using Array MIC board

12(a)의시나리오에서 생성되었으며 약 -5도 방향에서 입사되며 그림 12-(b)는 이벤트 음원의 주파수 특성을 나타낸다. 이벤트 음원은 16KHz로 샘플링되어 입력되며 분석 SW를 통해 계산된 추정 음원 방위값은 그림 12-(c)에서 -3를 나타냄으로 추정오차는 2도가 된다. 참고로 본 개발의 추정오차 범위는 +/-5도 이다.

그림 13은 제안한 다층구조 대규모 감시시스템에서 다단계적 사건인지 및 결정을 하는 다중센서 상황인지 실험을 나타낸다. 차대 차의 모의 사고 상황을 연출하여 실제 사고를 발생시켰다. 하나의 사고 현장을 3대의 sensor node들 모두가 모니터링



그림 14. 대규모 다중센서 정보처리를 위한 서버 상황인지 기술을 탑재한 관제 시스템
 Fig. 14. Monitoring system containing sever perception engine for large-scale multiple sensor data processing

하고 있는 상황에서 sensor node들은 각각 0.5 ~ 0.8 사이의 사고 확률 값을 MSN에게 전달하고 MSN은 3대의 sensor node들로부터 사건을 재 판단하기 위해 필요한 정보를 요청하여 종합적인 상황인지를 알고리즘을 통해 2차적인 판단을 수행하여 85%의 사고 추론 결과를 나타냈었다. 2차적인 상황인지 판단 시 sensor node들로부터 일부 데이터의 손실 및 error, missing등의 상황이 발생할 수 있으므로 불확실성을 고려한 추론 확률모델이 적용되었다.

그림 14는 대규모 지능형 다층구조 시스템의 관제 모니터링 시스템을 보여준다. 각 Sensor node들의 상태 정보에 대한 실시간 monitoring이 가능하다. 실시간 event 발생 정보 및 해당 영상을 복수

개로 제공 가능하며 필요시 panoramic view를 통해 보다 상세하게 사건을 분석할 수 있다. 사건 발생 시 해당 객체를 검출하여 움직임을 연속적으로 추적하며 3차원 GIS view를 통해 사건 발생 지점과 객체의 위치 및 움직이는 궤적 정보를 제공한다. MSN으로부터 이벤트 발생 정보를 받게 되면 보다 정확한 판단과 오보율 감소를 위해 계절, 요일, 시간대, 날씨 등의 환경변수 영향도 분석과 함께 fuzzy 추론 이론을 통해 최종 사건 확률이 계산된다. 그 과정을 보면 관제 서버의 상황인지를 위해 먼저 계절별, 월별, 요일별 그리고 시간대별 MRA (Multiple Regression Analysis)를 통해 환경변수 (날씨, 온도, 조도, 습도 등)들의 영향도를 분석하고 Neuro-Fuzzy 모델을 통해 자동적으로 현재 환경에 적합한 새로운 지식 데이터를 획득한다. 획득한 데이터와 ANIFS(Adaptive Network-based Fuzzy Inference System)을 Neuro-Fuzzy 모델과 연계하여 적용하였으며 이를 바탕으로 최종 사건 확률 계산을 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 무선 메쉬 네트워크 기반의 대규모 지능형 다층구조 감시 시스템의 구성과 기능에 대해서 알아보았다. 구체적으로 시스템의 H/W와 S/W 구성 요소에 관해서 기술하였다. 각 구성 요소를 통해 모듈의 특징, 모듈에 구현된 기능과 각 기능들이 감시 시스템에서 어떤 역할을 하는 지 알 수 있다. 본 논문에서 제시한 분야 이외에도 다양한 분야에서 사용되어지고 있으며 성능 향상을 위한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에 제시된 감시 시스템은 영상 데이터, 음성, 각종 센서 정보를 전송 하는 것을 기초로 하여 데이터를 통한 사건판단, 위치판단 등을 목적으로 한다. 특히 본 논문에서는 다층구조 감시 시스템을 구성하는 각 subsystem별로 실제 testbed환경에서 실험을 진행하였다. 각 subsystem별 실험 결과를 통해 다층 구조 감시 시스템에 사용된 매립형 detection sensor 성능, 음성 방위각 추정 성능, 상황인지 알고리즘의 정확도, 전체적인 관제 모니터링 시스템이 시스템의 구축 목적에 맞게 동작하는 지와 원하는 수준의 성능이 나타나는 지 확인 할 수 있었다. 실험 결과를 바탕으로 실제 구현된 대규모 지능형 다층구조 시스템이 실제 환경에서 사용되었을 때 활용가능성이 있음을 확인했다.

참고 문헌

- [1] E.H. Callaway, "Wireless Sensor Networks : Architectures and Protocols," AUERBACH, 2003.
- [2] W.K.G. Seah, Z.A. Eu, H.P. Tan, "Wireless sensor networks powered by ambient energy harvesting (WSN-HEAP) - Survey and challenges," Proceedings on VITAE' 09, pp.1-5, 2009.
- [3] L. Jaime, G. Miguel, B. Diana, S. Sandra, "A Wireless Sensor Network Deployment for Rural and Forest Fire Detection and Verification." Sensors Vol. 9, No. 11, pp.8722-8747, 2009.
- [4] S. Slijepcevic, M. Potkonjak, "Power efficient organization of wireless sensor networks," Proceedings on IEEE ICC'01, 2001.
- [5] M. Cardei , D.Z. Du, "Improving wireless sensor network lifetime through power aware organization," Wireless Networks, Vol. 11 No. 3, pp.333-340, 2005.
- [6] W. Du, J. Deng, Y.S. Han, S. Chen, P. Varshney, "A key management scheme for wireless sensor networks using deployment knowledge," Proceedings on INFOCOM'04, Vol. 1, pp.4, 2004.
- [7] 윤상훈, 조행래, "무선 센서 네트워크에서 동적 클러스터 유지 관리 방법을 이용한 에너지 효율적인 주기적 데이터 수집," 대한임베디드공학회논문지, Vol. 05, No. 4, pp.206-216, 2010.
- [8] B. Son, Y. Her, J. Kim, "A design and implementation of forest-fires surveillance system based on wireless sensor networks for South Korea Mountains," Int. J. Comput. Sci. Netw. Secur., Vol. 6, No. 9, pp.124 - 130, 2006.
- [9] "Habitat monitoring on great duck island. <http://www.greatduckisland.net/index.php>."
- [10] Open Network Video Interface Forum Core Specification, Version 1.01, July 2009.
- [11] W.S. Jung, , Y.B. Ko, Y.B. Moon, S.J. Park, "On the Design and Implementation of IEEE 802.11s based Dual Mode Mesh AP," Preceedings on IEEE VTS APWSC, 2009.

저 자 소 개

윤 태 호



2012년 2월 한국기술교육대학교 정보통신공학과 학사.

현재, 과학기술연합대학원대학교 이동통신 및 디지털 방송 공학과 석사과정.

관심분야: Mesh Network, multi-routing protocol

Email: yth1026@ust.ac.kr

송 유 승



1996년 2월 국립창원대학교 학사.

2001년 12월 미국 Wichita State UNIV 공학 석박사.

2001년 10월~2005년 4월 삼성전자 통신연구소 책임연구원

현재, 한국전자통신연구원 선임 연구원, UST(과학기술연합대학원대학교) 겸임교수.

관심분야: Mobile WiMAX, WLAN, Mesh Network

Email: yssong00@etri.re.kr