

이 기종간 통합 센서를 이용한 센서네트워크 환경에서의 지능형 보안감시 시스템

오 석 준*, 문 승 진°, 최 선 오*

Intelligence Security and Surveillance System in Sensor Network Environment Using Integrated Heterogeneous Sensors

Suk-Jun Oh*, Seung-Jin Moon°, Sun-O Choi*

요 약

모니터링 관리자가 상주해야 하는 현재 CCTV와 같은 방범시스템은 음영지역 등에서의 범죄를 인식하고 실시간으로 대응하기에 한계가 있다. 이를 보완하기 위해 주변 환경속에서 보고, 듣고, 생각하는 사람처럼 능동적인 행동이 가능한 유기체와 같은 유비쿼터스 센서 네트워크 컴퓨팅 기술을 사용한 지능형 보안감시 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 논문에서는 PSD 센서와, Dual PIR 시스템을 통합하여 응용한 능동적 보안감시 시스템을 제안하였다. 제안된 시스템은 침입자 유/무만 확인하던 기존의 실내 보안감시 시스템을 발전시켜 상황인지 기술을 융합하였으며, 주변상황 및 사용자의 의도를 시스템이 독립적으로 인지하여 상황에 따른 대응환경의 구축이 가능케 하였다. 제안된 시스템의 효율성 검증을 위하여 다양한 형태의 시뮬레이션을 수행하였다.

Key Words : Ubiquitous sensor Network, CCTV System, Security and surveillance system, Dual PIR System

ABSTRACT

Current CCTV systems, which require continuous monitoring of the screens, have the limitation to detect and respond to the crime scenes in timely manner. Therefore, in recent years, the request for more intelligent surveillance system, with a ubiquitous sensor network, is increasing in order to behave more humanly fashions. Such systems require collective data processing of the environments based on various sensors. In this article, we suggests a new paradigm based surveillance system which integrates PSD and dual PIR sensors. The proposed system evolves from a existing indoor intrusion detection system which can only identify the intrusion event to a better intelligent system with context awareness.

We have conducted the various simulations in order to prove the effectiveness of the proposed system.

I. 서 론

컴퓨터 환경의 새로운 패러다임으로 등장한 유비쿼터스는 유비쿼터스 컴퓨팅과 유비쿼터스 센서 네

트워크를 기반으로 물리적인 공간을 지능화 하고 동시에 공간에 위치하고 있는 사물들을 네트워크로 연결시키려는 노력이라고 정의할 수 있다.

최근 유비쿼터스 컴퓨팅과 무선 센서네트워크 환

※ 본 연구는 경기도의 경기도지역협력 연구센터(GRRC) 사업[(GRRC 수원2013-B4) 실시간 상황 대응을 위한 정밀 위치추적 시스템 연구]의 일환으로 수행하였음.

♦ 주저자 : 수원대학교 컴퓨터학과, manga01@nate.com, 준회원

° 교신저자 : 수원대학교 컴퓨터학과, sjmoon@suwon.ac.kr, 종신회원

* (주)아이비즈코리아, sun2033@hanmail.com, 정회원

논문번호 : KICS2013-04-176 접수일자 : 2012년 4월 18일, 최종논문접수일자 : 2013년 6월 24일

경을 결합하여 새로운 서비스들을 개발하려는 노력이 진행중이며 이에 관련된 기술의 중요성도 급증하고 있다. 특히 기존의 보안감시 시스템을 보다 지능적인 시스템으로 발전시키려는 연구가 진행중에 있다. 기존의 보안감시 시스템은 CCTV에 의존적인 경우가 많았고, CCTV 설치가 되어진 지역의 범죄 발생률은 감소하였지만 CCTV가 설치되어지지 않은 지역의 범죄 발생률은 크게 줄어들지 못하는 추세이다. CCTV설치로 인한 효과는 범죄의 예방보다는 범죄 발생후 범인의 검거에 효과가 높다. 모든 지역에 CCTV를 설치함으로써 범죄 발생률을 줄일수 있겠지만 모든지역에 CCTV를 설치한다는 것은 설치비용등의 문제로 인하여 현실적으로 불가능 할 수밖에 없다. 또 CCTV를 설치하더라도 범죄의 초기 대응을 위하여 모니터링 관리자가 항시 대기하여야 한다는점도 있다.

따라서 기존의 보안감시 시스템의 문제점을 보완하기 위하여 유비쿼터스 무선센서네트워크 시스템의 특징인 저가의 경량 센서노드를 이용한 실시간 상황인지, 식별, 객체추적등은 보안감시 분야를 지능적인 시스템으로 발전시킬 수 있는 핵심 기술중 하나이다.

본 논문에서는 초기 대응을 위한 지능적인 보안감시 시스템을 위하여 PSD센서와 DualPIR 센서를 이용하여 CCTV의 음영지역과 모니터링 관리자가 상주하지 않는 상황에서 시스템이 독립적으로 상황을 인지하고 보안감시 환경내의 대상체를 인식하고 판별하는 시스템을 제안한다

본 논문에서는 센서네트워크 환경에서 각각의 센서노드를 통해 측정된 데이터를 통하여 대상체의 인식과 특징을 판별하는 시스템을 개발하여 기존 보안감시 시스템의 단점을 보완하는 것이 목적이다. 이 시스템의 기반이 되는 PSD센서와 기존PIR센서의 단점을 보완한 DualPIR센서들을 하나의 센서노드로 설계하였고, 이 센서노드에서 수집된 데이터를 바탕으로 센서네트워크 환경에서 동작하는 시스템을 개발하였다. 시스템을 테스트하고 성능평가를 위해 노드간 거리 4m 간격으로 센서노드들을 설치하여 시스템 성능평가 환경을 구축하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 관련연구로 PSD와 PIR센서, 센서네트워크, 센서네트워크 환경에서 사용되어지는 통신방식, 대상체 거리측정방법, 위치측정방법에 대해 설명하였다. 3장에서는 시스템 설계로 기존의 PIR센서의 단점을 보완한 DualPIR 센서를 사용한 대상체 판별 시스템과 PSD센서를 사

용한 대상체 위치측정시스템에 대해 설명하였다. 4장에서는 3장에서 설명된 설계내용을 바탕으로 시스템 구현에 대해 설명하였다. 5장에서는 본 시스템에 대한 시뮬레이션 결과에 대해 설명하였고 마지막으로 6장에서는 결론 및 향후 연구 과제에 대하여 기술하였다.

II. 관련 연구

2.1. Position Sensitive Device(PSD) Sensor

위치검출소자(Position Sensitive Device; 이하 PSD)는 반도체의 표면저항을 이용해서 1개의 p-n접합으로 입사광의 세기와 관계없이 광점의 위치를 얻을 수 있는 구조이다^[1]. 근거리, 원거리에서 물체를 통해 반사되는 적외선이 PSD센서 부분의 Photo Array의 입사위치(각도)가 달라짐에 따라 입사각에 비례하여 I_A , I_B 의 전류 차가 발생하게 되어 증폭회로를 거쳐 들어온 적외선의 입사위치(각도)를 전압으로 환산하여 출력회로에 보내주게 된다

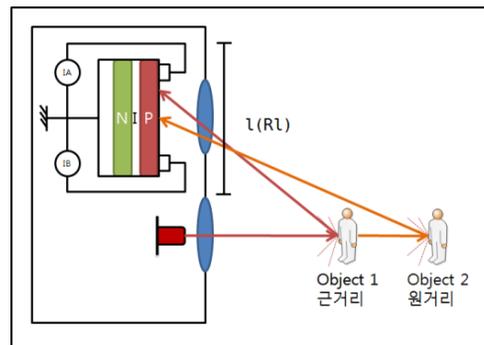


그림 1. PSD 센서의 동작원리
Fig.1. Operation principle of PSD Sensor

$$I_o = I_A + I_B \quad I_A = I_o \times \left(\frac{R_1 - R_2}{R_1} \right) \quad I_B = I_o \times \left(\frac{R_x}{R_1} \right) \quad \text{①}$$

$$I_A = I_o \times \left(\frac{l-x}{l} \right) \quad I_B = I_o \times \left(\frac{x}{l} \right) \quad \text{②}$$

$$P_1 = \frac{I_A - I_B}{I_A + I_B} = \frac{l-2x}{l} = l - \frac{2x}{l} \quad \text{③}$$

PSD센서의 작동방식은 위 <그림 1>과 같다 고정항기 판영역(i-층)표면에p층, n층을 형성하여 상하에 출력신호를 얻기 위한 전극을 설치한다. 표면에 형성된 p층은 균일하게 분포하는 전류분할 저항(R_1)의 기능을 수행한다 PSD의 전극 A와 B사이의 거리를 l, 그 저항을 R_1 , 전극 A로부터 입사광 위치까지의 거리를 x,

이부분의 저항을 R_x 라 하면, 입사광 위치에서 발생된 전류 I_0 는 각 전극까지 저항 값에 역비례 하여 나누어져 각 전극에 출력된다. 이 전류를 각각 I_A, I_B 라고 한다면 위 수식 ①을 통하여 대상체의 거리신호를 구할 수 있다. 이때 저항층은 균일하므로, 저항 값이 길이에 비례한다고 가정하면 위식은 수식 ②가 된다. 이 두전류의 차 ($I_A - I_B$)를 합($I_A + I_B$)으로 나눈 식을 위치신호라 하고, 수식 ③과같이 입사광의 세기와 그 변화에 관계없이 위치 신호를 얻을 수 있게 된다.

2.2. Pyroelectric InfraRed(PIR) Sensor

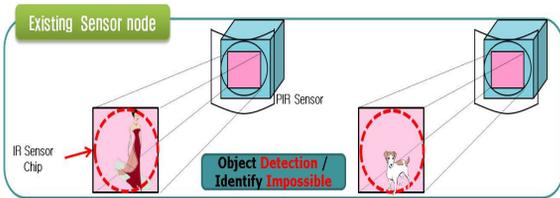


그림 2. PR Sensor 시스템
Fig. 2. PIR Sensor System

Pyroelectric InfraRed: 이하 PIR Sensor는 일반적으로 열선감지리기도 표현되어지며 사물이나 인체등에서 발산하는 적외선(열)을 감지한다는 것을 의미하고 PIR Sensor가 구축되어진 센서네트워크 환경에서 온도변화가 발생하여 이 온도 변화량을 초전 소자가 전기적 신호로 전환하여 대상체를 감지하는 외부조건 즉 보안감시 시스템하의 침입자등의 상황이 감지되었을 경우 온도변화와 발생을 감지하여 사용할 수 있으며 PIR Sensor는 인체감지 뿐만이 아닌 체열측정등의 의료, 전시장황에서의 적군 탐지등의 군사분야 등의 사회곳곳에서 많이 쓰여지고 있다.

PIR Sensor의 구성은 감시영역을 결정하는 Fresnel 렌즈와 감지된 열에너지를 전기적신호로 변환하고 증폭 비교해주는 신호처리부인 Pyroelectric 으로 구성되어진다. <그림 2>는 기존의 PIR Sensor 시스템을 나타낸 그림이다. 기존의 PIR Sensor 시스템은 단순히 대상체의 감지만 가능하였다. 건물 내부의 보안감시영역내에서 동물등의 움직임이나 바람에 흔들리는 창문가의 커튼에도 반응을 하는 단점이 있다 [4,6].

2.3. 센서네트워크

2.3.1. 센서 네트워크의 정의

모든 사물에 전자태그를 부착해(Ubiquitous) 사

물과 환경을 인식하고(Sensor) 네트워크(Network)를 통해 실시간 정보를 구축, 활용토록 하는 것이 유비쿼터스센서네트워크(USN)이다. 그중 센서 네트워크는 온도, 조도, 습도, 적외선 등의 각종 센서에서 수집된 정보를 무선으로 전달하여 서비스에 맞는 작동을하기 위해 구성된 네트워크를 말한다. 기존의 전자태그를 통해 개체를 식별하는 단계에서 주변 정보를 실시간으로 수집하는 기능을 부가해 환경정보를 취득하는 단계를 거쳐 태그간의 상호 통신으로 Ad hoc 네트워크를 구축하고 기능이 적은 다른 태그나 장비들을 제어하는 단계로 까지 발전하였다. 센서네트워크 기술은 초소형 정밀기계(MEMS : Micro Electro Mechanical Systems), 다양한 종류의 센서, 임베디드 시스템 기술등의 요소기술이 복합적으로 이루어진 기술이다^[5].

2.3.2. Zigbee

Zigbee는 센서 네트워크 환경에서 각 센서노드간의 수집된 정보의 데이터 전송을 위한 무선 센서 네트워크의 대표적 기술 중 하나이다. Zigbee는 2003년 IEEE 802.15.4위원회에서 표준화된 PHY/MAC층을 기반으로 상위 Protocol 및 Application을 규격화한 기술이며, 전력소모를 최대한 낮출 수 있도록 설계되어 무선 센서네트워크의 특징중 하나인 소형의 경량화 센서노드에서도 장시간동안 전력을 공급할 수 있다.

또한 WPAN(Wireless Personal Area Network)의 국제 표준으로 구조가 간단하여 설계가 쉽고, 크기가 작으며 개발 비용이 적어 센서네트워크 환경에서의 효율적인 네트워킹의 설계가 가능하다.

표 1. Zigbee 통신과 다른 무선통신 기술의 비교
Table 1. Compare Zigbee communication and other wireless communication technology

| division | Zigbee | Bluetooth | Wi-Fi | UWB |
|-------------------|---------------------|-----------|-------------|-----------|
| standard | 802.15.4 | 802.15.1 | 802.11b/g/n | 802.15.3a |
| distance | ~100M | ~100M | ~120M | ~10M |
| speed | 250Kbps | 3Mbps | 300Mbps | 500Mbps |
| Power consumption | Tr | 35mA | 40mA | 400+mA |
| | Wt | 3μA | 200μA | 20mA |
| Battery life | 2~3year | 4~8hour | 1~3hour | - |
| Number of nodes | 255~ Max 650,000 | 8 | 256 | - |
| Price | \$1 | \$5 | - | - |
| Cost | Low | expensive | expensive | - |

2.4. 위치측정 방법

2.4.1. 거리측정 방법 : TOA(Time of Arrival)

대상체의 거리측정 방식중 센서네트워크환경에 적합한 방법인 TOA(Time of Arrival)방식이 있으며 TOF(Time of Flight)라고도 불린다. 측정하기 위한 대상체(Object)와 신호를 보내는 센서노드 사이의 전파 전달시간의 차이를 이용하여 거리를 구하는 방식으로써 One Way Ranging방법과 Two Way Ranging 방법으로 나누어진다.

$$R = (T_1 - T_0) \cdot c \quad \text{①}$$

$$T = \frac{1}{2} (T_1 - T_0) - T_d \quad \text{②}$$

$$R = T \cdot c$$



그림 3. One Way Ranging 방식
Fig. 3. One way Ranging System



그림 4. Two Way Ranging 방식
Fig. 4. Two Way Ranging System

One Way Ranging 방식은 위 <그림 3>과 같다. 대상체(Object)로부터 전파를 송신하는 시간(T_0), 센서노드에서 신호를 수신하는 시간(T_1)과 전파 속도(c)를 이용하여 거리를 측정할수 있고 수식으로 나타내면 위수식①과 같다. 하지만 One Way Ranging 방식에는 대상체와 센서노드의 시간동기가 다르면 측정된 거리값에 오차가 생기게된다.

Two Way Ranging 방식은 위 <그림 4>와 같다. One Way Ranging 방식의 문제점인 시간동기 해결을 위한 방법으로써 센서노드에서 신호를 수신한뒤 대상체에게 에코메시지를 생성한뒤 약속된 처리시간(T_d)만큼의 지연을 가지고 대상체와의 거리값을 측정한다 이는 위 수식 ②와 같이 나타낼 수 있으며 수식①

방식과 유사하지만 처리시간(T_d)만큼을 제외한 값을 반으로 나눈뒤 전파의 속도를 곱하여 거리값을 구할 수 있다^{1,3)}.

2.4.2. 삼변측량 (Trilateration)

삼변측량은 대상체의 좌표를 계산한뒤 위치를 측정하는 방법으로 대상체로부터 각 센서노드까지의 거리를 측정한뒤 대상체와의 거리를 반지름으로 하는 원들의 접점에 대상체가 위치하게 된다. 삼각측량과 마찬가지로 삼각형 기하학을 이용하여 물체의 상대위치를 구하는 방법이지만. 하나의 변의 길이와, 양 끝의 두각을 이용하는 삼각측량과는 달리 삼변측량은 2차원 평면상에서 대상체의 위치를 측정하기 위해서는 최소한 3개의 기준점과 기준점으로부터 대상체까지의 거리정보가 필요하다. 이를 위해서는 3-1절에서 설명한 TOA방식으로 거리정보 D_1, D_2, D_3 를 측정한뒤 아래 표현된 수식 ①을 사용하여 대상체의 (x, y)좌표 값을 계산할 수 있다¹²⁾.

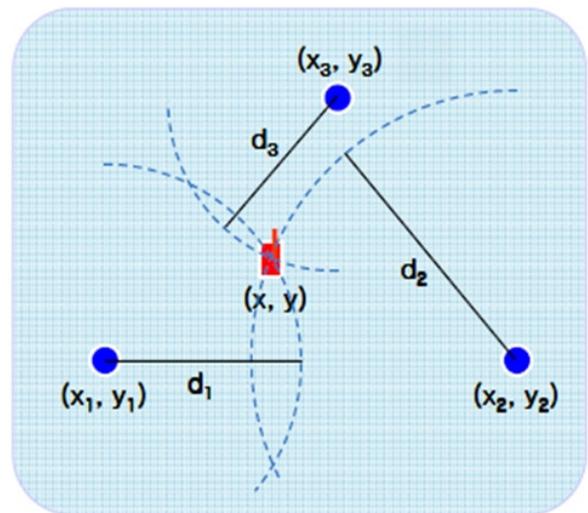


그림 5. 삼변측량
Fig. 5. Triangulation

$$D_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}$$

$$D_2 = \sqrt{(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2} \quad \text{①}$$

$$D_3 = \sqrt{(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2}$$

III. 시스템 설계

3.1. 전체 시스템 구조

본 논문에서 구현한 시스템은 기존의 보안감시 시

시스템의 단점을 보완하여 보안감시 상황내 침입자의 위치를 측정하고, 대상체의 식별 및 판단을 통한 동물등으로 인한 오작동을 방지하는 시스템이다.

표 2. 전체 시스템 구조
Table 2. Entire system configuration

| division | contents |
|--------------------|--|
| Positioning Module | Distance measure by PSD Sensor and Coordinate measurement by triangulation |
| Decsion Module | Determine by Dual PIR Sensor |

본 논문에서는 위 <표 2>과 같이 시스템을 크게 2부분으로 나누어 구현하였다. PSD센서에서 측정되어지는 대상체의 거리데이터를 통하여 센서네트워크 상황내 대상체의 좌표를 측정한다. 그 뒤 DualPIR 센서를 통하여 강아지, 새, 사람인지 등의 판별을 한다. 마지막으로 게이트웨이 및 처리 서버로 각 센서노드에서 수집된 데이터를 전송하여 보안감시 상황에서 침입상황등에 대한 판단을하게 된다.

3.2. 대상체 위치측정 모듈

본 논문에서는 대상체의 거리를 측정하기 위하여 PSD센서를 사용하였다.

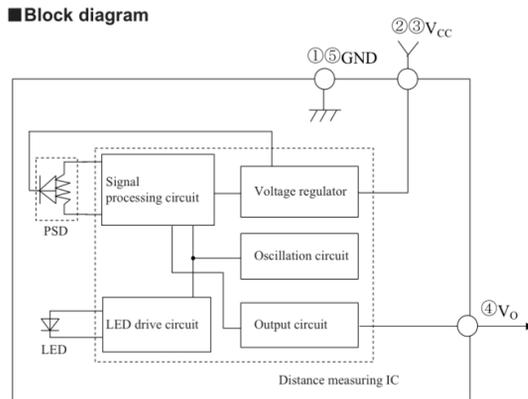


그림 6. PSD센서 구성도
Fig. 6. PSD Sensor configuration

위 <그림 6>은 PSD센서의 구성도이다. PSD센서는 크게 신호처리 회로, 적외선 LED구동회로로 나뉜다. LED(발광소자) 구동회로는 적외선 광의 발광소자(LED), 수광소자(PSD)로 구성되어 있으며 LED를 통해 적외선을 발광하고 PSD에서 수광한 뒤 증폭회로를 거쳐 Output 회로를 통해 거리

에 따른 전압이 출력으로 나오게 된다, 신호처리 회로 부에는 전압을 조정할수 있는 부분과 출력회로로 구성되어있다. 설계에서 사용되어진 센서는 사물이 가까울수록 전압은 HIGH상태에 머물게 된다.

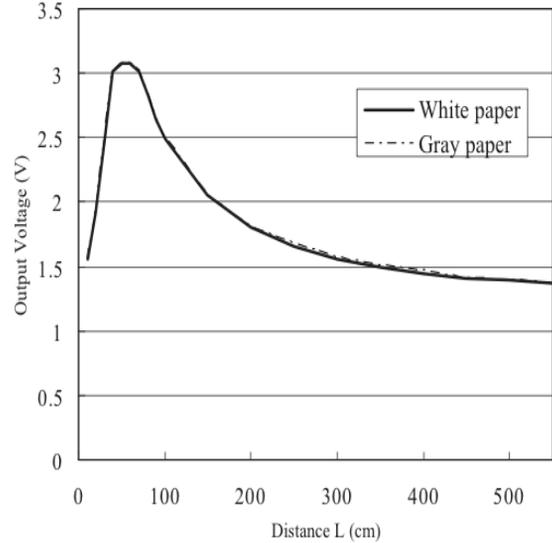


그림 7. 데이터 시트상의 거리별 전압변화
Fig. 7. Voltage changes by Distance in the Data sheet

위 <그림 7>은 PSD센서의 데이터 시트상의 거리별 전압변화에 대한 그래프이다. 위와 같이 센서 출력이 비선형적 특징을 갖는 센서는 각 구간별 분해능을 정확히 구하기가 어렵기 때문에 라그랑제보간법을 통하여 전압출력값에 따른 거리값을 추정하고 보완하여 데이터의 정확도를 향상 시킬수 있다.

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n) \quad ①$$

$$f(x) = \sum_{j=1}^n \left(y_j \times \prod_{i=1, i \neq j}^n \left(\frac{x - x_i}{x_j - x_i} \right) \right) \quad ②$$

$$f(x) = y_1 \frac{(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} + y_2 \frac{(x - x_2)(x - x_3) \dots (x - x_n)}{(x_1 - x_2)(x_1 - x_3) \dots (x_1 - x_n)} + \dots = \prod_{\substack{i=1 \\ (i \neq j)}}^n \frac{x - x_i}{x_j - x_i} \quad ③$$

위 식①을 지나는 n차 이하의 다항식 f(x)는 식②와같이 표현되며 이를 라그랑제 보간법(Lagrange

Interpolation)이라 명명한다. PSD센서의 출력 값을 그 간격이 일정하지 않아 인식할 수 있는 구간이 몇 개 없기에 전개식 ③을 통해 2개의 출력값 사이의 데이터를 추정하여 구간별 데이터값을 추정할 수 있다.

3.3. 대상체 판별 모듈(Dual PIR Sensor)



그림 8. Dual PIR Sensor 시스템
Fig. 8. Dual PIR Sensor System

위 <그림 8>은 본 논문에서 보안감시 상황에서 대상체의 판별을 위한 Dual PIR Sensor 시스템을 나타낸 그림이다. 센서 노드에 적외선 센서 2기를 삽입하고, 상단과 하단에 각각 15도 각도의 Fresnel렌즈를 장착하여 입사된 빛을 파악하여 위 그림에서 애완동물, 조류등의 추적하지 않아도 되는 데이터를 미리 추적함에 있다. 이 방법은 기존의 PIR 시스템의 단점을 보완할 수 있으며, 아래 <그림 9>와 같이 Fresnel렌즈의 성능 조절을 통하여 근거리 및 원거리의 감시 범위를 조정할 수 있다.

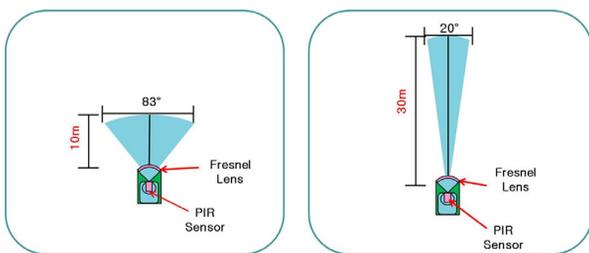


그림 9. Fresnel Lens를 통한 범위조정
Fig. 9. Range adjustmnet Using Fresnel lens

IV. 시스템 구현

3장의 PSD센서와 Dual PIR센서를 하나의 센서노드로 구현하여 아래 <그림 10>과 같이 구현하였다.

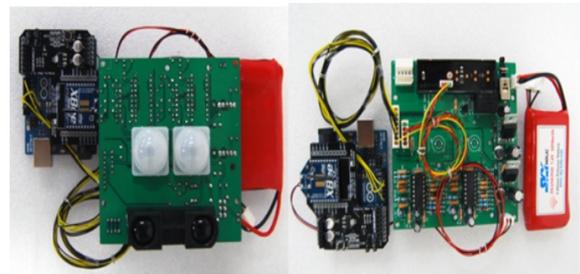


그림 10. 구현된 Sensor 노드
Fig. 10. Implemented Sensor node

센서네트워크 상황내의 보안감시 시스템에서 PSD센서는 대상체의 거리측정을 위해 10m이상의 장거리 및 1m이내의 근거리의 측정은 필요로 하지 않기 때문에 샤프PSD(GP2Y0A710K0F)센서를 사용하였으며 2개의 적외선센서와 상하 구분을 위한 Fresnel렌즈를 사용하여 각도를 조절하였다. 무선 센서네트워크 환경을 구축하기 위하여 데이터 전송에 강력한 성능을 발휘하는 Hybus사의 H-mote(CC2420)을 사용하였다. H-mote는 강력한 성능의 TI MSP430 Processor를 사용하여 TinyOS기반의 실시간 센서 네트워크를 구성, 내장 PCB안테나 및 외장 확장 안테나 단자와 다양한 센서 확장을 위한 확장포트를 제공한다. 구현된 센서 노드에 내장배터리를 연결하여 센서노드들을 소형화하여 센서네트워크 환경을 구축할 수 있도록 하였다. Dual PIR센서에서 대상체의 침입유무와 함께 대상체를 판별하여 더 이상 대상체를 인식할 필요가 없을 경우 PSD센서의 동작은 Sleep상태로 전환하여 전력소모를 최소화하였다. 또 침입상황을 인식했을 경우에 PSD가 대상체의 거리를 측정함과 동시에 주변 노드들과의 시간동기화 및 인접노드들에게 브로드캐스팅을 할 수 있어야 하기 때문에 TinyOS에서 제공하는 Mesh네트워크 토폴로지를 사용하였다. Mesh방식을 사용함으로써 주변노드들과의 시간동기화를 프로그래밍 할 필요가 없고, Sleep시간에 자동으로 동기화 하도록 설계되어있다^{9,11)}.

4.1. 대상체 위치측정 시스템 구현

표 3. PSD센서의 거리별 전압값

Table 3. PSD sensor voltage value by Distance

| Dst. (m) | Voltage Mesured (v) | Voltage Interpolation (v) | Voltage Correction (v) |
|----------|---------------------|---------------------------|------------------------|
| 0.30 | 3.932 | 2.53286 | 4.0 |

| | | | |
|------|-------|---------|-----|
| 0.60 | 3.085 | 2.44352 | 3.7 |
| 0.90 | 2.586 | 2.35418 | 3.4 |
| 1.20 | 2.186 | 2.26484 | 3.1 |
| 1.50 | 1.951 | 2.1755 | 2.8 |
| 1.80 | 1.788 | 2.08616 | 2.5 |
| 2.10 | 1.676 | 1.99682 | 2.2 |
| 2.40 | 1.562 | 1.90748 | 1.9 |
| 2.70 | 1.522 | 1.81814 | 1.6 |
| 3.00 | 1.489 | 1.7288 | 1.3 |
| 3.30 | 1.441 | 1.63946 | 1.0 |
| 3.60 | 1.406 | 1.55012 | 0.7 |
| 3.90 | 1.372 | 1.46078 | 0.4 |
| 4.20 | 1.359 | 1.37144 | 0.4 |
| 4.50 | 1.333 | 1.2821 | 0.4 |
| 4.80 | 1.318 | 1.19276 | 0.4 |
| 5.10 | 1.298 | 1.10342 | 0.4 |

위 <표 3>는 PSD센서를 통해 30cm 구간마다 대상체를 측정하여 출력된 전압값에대한 표이다. 시스템의 구현에 사용 되어진 샤프PSD센서의 최대 감지 거리는 5m이고 실제 테스트시 각 노드들이 설치되어질 구간은 4m이기 때문에 4m이상의 거리에서 수집된 전압값은 실제 사용을 위한 보정을 하지 않았다. 30cm거리마다 실제 측정된 데이터를 기준으로 수집된 전압값과 그 데이터에 라그랑제 보간법을 적용하여 나온 데이터가 위표에서 보여지는 보간법적용이다. 서버에서 측정된 데이터를 통하여 삼변 측량을 하기위해 실제측정된 데이터의 보정을 하였다.

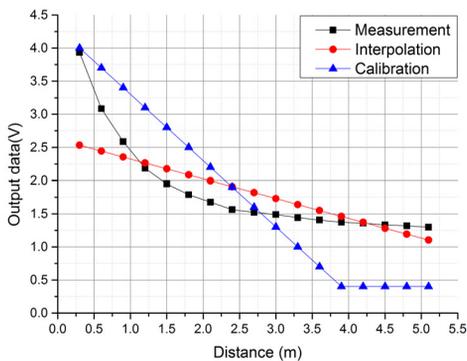


그림 11. PSD센서의 거리별 전압값 보정
Fig. 11. PSD Sensor Voltage value correction

위 <그림 11>은 라그랑제보간법이 적용된 데이터와 전압구간의 데이터를 보정한 뒤의 데이터를 그래프로 나타낸 그림이다. 실측데이터에 라그랑제 보간법을 적용하여 구간별 측정이 가능한 선형데이터로 변환하였다. 그뒤 각 구간의 데이터를 실제 사용가

능한 데이터로 보정하기 위해 일정한 수치를 가감하였다. 시스템의 실 구현 공간은 4m이기 때문에 4m이상의 거리값은 보정을 하지 않았다.

4.2. 대상체 판별 시스템 구현

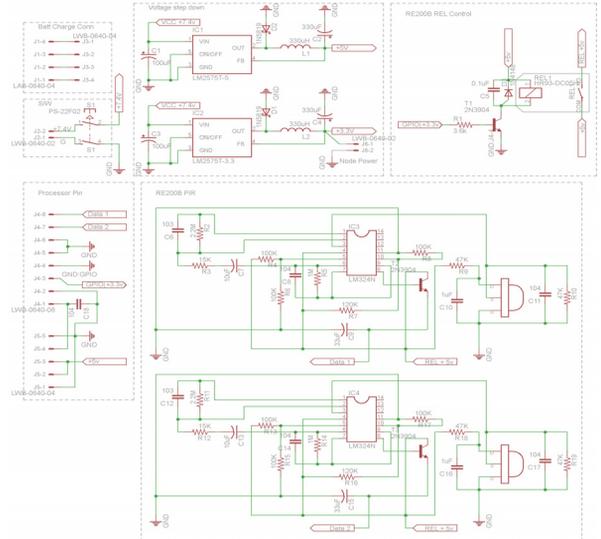


그림 12. Dual PIR 센서 회로도
Fig. 12. Dual PIR Sensor Schematic



그림 13. Dual PIR 센서 PCB
Fig. 13. Dual PIR Sensor PCB

위 <그림 12>와 <그림 13>은 대상체를 판별하기 위해 설계한 Dual PIR센서의 회로도와 회로도를 바탕으로 제작되어진 PCB의 사진이다.

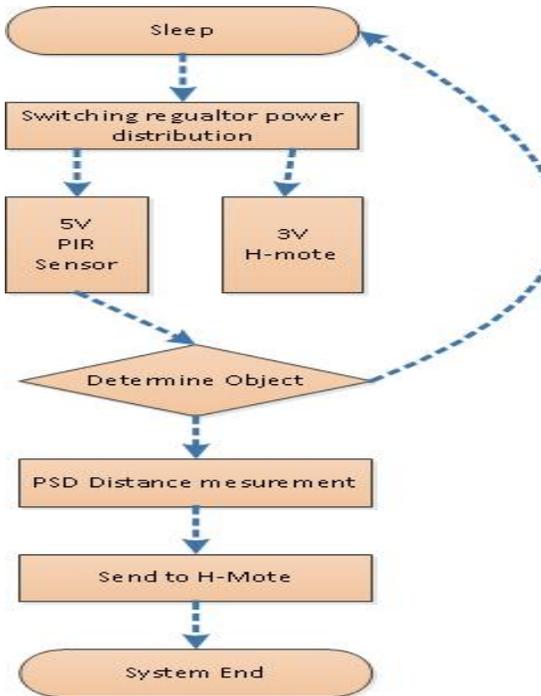


그림 14. Dual PIR 시스템 순서도
Fig. 14. Dual PIR System flowchart

위 <그림 14>는 설계된 Dual PIR 시스템의 순서도이다. 먼저 대기상태의 센서노드에서 작동을 시작할 때 스위칭 레귤레이터에서 데이터를 전송하는 부분인 H-mote와 PIR센서 부분으로 각각 3V와 5V의 전압을 나누어주게된다. 그뒤 대상체를 판별하여 대상체의 위치를 측정할 필요가 있을 경우 Relay회로를 통하여 PSD센서를 동작시켜 대상체의 거리 및 위치좌표를 구하게 된다. 대상체를 판별한뒤 PSD센서를 동작시킨 이유는 센서네트워크 환경에서 전력손실을 최소화 하여 센서노드들이 독립적으로 활동할 수 있는 시간을 최대한 길게 할 수 있도록 구현하였다.

표 4. PIR센서의 전압출력값
Table 4. Voltage output of the PIR sensor

| Number | Detection | Non detection |
|--------|-----------|---------------|
| 1 | 0.4 | 3.7 |
| 2 | 0.7 | 4.5 |
| 3 | 0.8 | 3.1 |
| 4 | 1 | 3.8 |
| 5 | 0.5 | 3.5 |
| 6 | 0.7 | 2.8 |
| 7 | 0.5 | 3.6 |
| 8 | 1.1 | 3.4 |
| 9 | 0.5 | 3.4 |
| 10 | 0.6 | 3.5 |

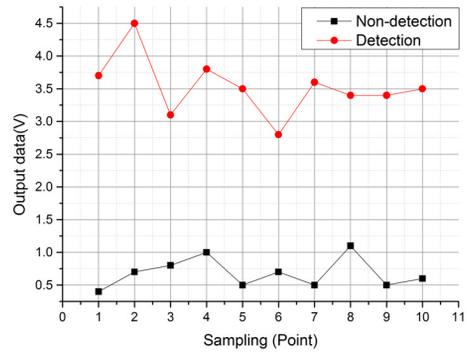


그림 15. PIR센서 출력값 보정전
Fig. 15. Uncorrected output of PIR sensor

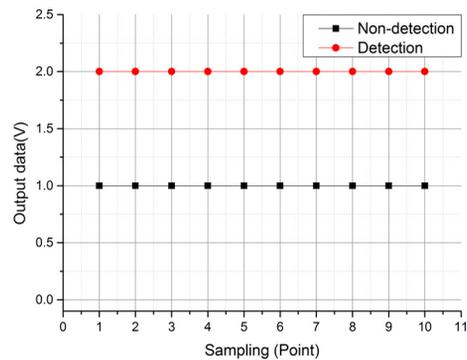


그림 16. PIR 센서 출력값 보정후
Fig. 16. Corrected output of PIR sensor

위 <표 4>는 PIR센서에서 대상체가 감지되었을 경우와 감지되지 않은 대기상태일때의 전압출력값을 2 초 간격으로 10회 측정한 표이다. 대기상태일때의 출력값은 0.4v에서 1.1v의값이 출력되고 대상체를 감지했을 경우 2.8v에서 4.5v의 값이 출력되는 것을 볼 수 있다. 대상체의 감지시와 비감지시의 출력값은 위 <그림 15>의 그래프를 보면 확연히 차이가 나는 것을 볼 수 있지만, 센서네트워크 환경에서의 데이터 통신시 빠르고 효율적인 데이터 처리를 위해 전압출력값 2v를 기준으로 2v이상의 데이터는 정수 2로 2v이하의 데이터는 정수1로 보정하였다. 이를 보정함에 따라 정수형에 비해 큰 용량을 사용하는 실수형을 정수형으로 보정하여 안정적인 데이터통신 및 처리를 할 수 있도록 구현하였다.

V. 시스템 성능평가

본 논문에서는 기존의 보안감시 시스템의 문제점을 보완하고 개선시켜 보안감시 상황내의 침입여부

등을 판별하는 대상체 판별시스템과 대상체의 위치를 측정하는 시스템을 구현하여 기존 시스템의 단점이었던 오작동과 대상체의 위치를 측정할 수 없는 점을 보완하였다. 구현된 시스템의 성능평가를 위해서 구현되어진 센서노드간의 거리를 4m간격으로 4개의 노드를 아래 <그림 17>와 같은 정사각형 형태로 배치하고 <그림 18>과 같이 실측정공간내 구역을 50cm단위로 구역을 나눠 좌표를 설정한 뒤 성능평가를 수행하였다.

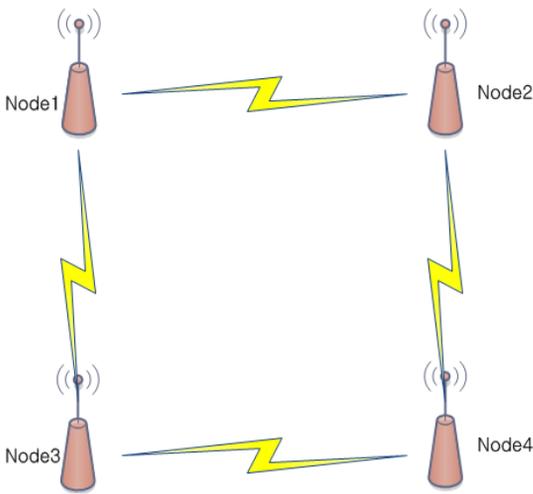


그림 17. 센서노드 배치형태
Fig. 17. Sensor nodes Arrangement

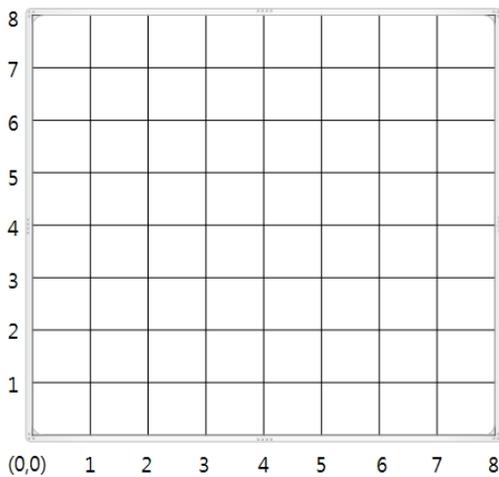


그림 18. 측정공간내 좌표설정
Fig. 18. Setting up the Measurement area

성능평가는 아래 <표 5>와 같은 항목으로 크게 3가지내용으로 수행하였다. 1번 항목은 대상체 거리 측정 평가로써 성능평가공간내의 임의의 좌표 10개를 선택한뒤 각각의 4개의 노드로부터 측정된 거리

데이터와 실제거리를 비교하여 정확도 및 오차율을 측정한다. 2번항목은 1번항목으로부터 측정된 거리 데이터를 사용하여 Node3(0,0)을 기준으로 삼변측량을통해 계산된 좌표값과 실제 대상체의 좌표를 비교하여 위치좌표의 오차율을 측정한다. 3번 항목은 좌표의 정중앙(4,4) 지점에서 앉아있는 사람(하부), 공중에 매달려있는 물체(상부), 서있는 사람(상하부)를 각각 50회씩 총 150회 수행하여 대상체 판별 정확도를 측정한다.

표 5. 성능평가 수행항목
Table 5. Performance Evaluation Items

| 구분 | 내용 |
|-------------------------|---|
| 1. distance measurement | 10 Random coordinates, Actual distance evaluation |
| 2. Object Positioning | Using a coordiante measuring distance data |
| 3. Object Determine | Determine object detection using Upper/Lower data |

5.1. 대상체 거리측정 평가

표 6. 대상체 거리측정 데이터 (단위m)
Table 6. Object Distance measure data

| coordinate | Node1 | | Node2 | | Node3 | | Node4 | |
|------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
| | actual | measured | actual | measured | actual | measured | actual | measured |
| (2,2) | 3.2 | 3.0 | 4.2 | 3.9 | 1.4 | 1.4 | 3.1 | 3.0 |
| (4,4) | 2.8 | 3.0 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 3.0 | 2.8 | 2.7 |
| (6,6) | 3.2 | 3.3 | 1.4 | 1.5 | 4.2 | 3.9 | 3.1 | 3.0 |
| (1,4) | 2.0 | 2.1 | 4.0 | 3.6 | 2.0 | 2.1 | 4.0 | 3.9 |
| (3,2) | 3.3 | 3.0 | 3.9 | 4.5 | 1.8 | 1.8 | 2.6 | 2.7 |
| (5,5) | 2.9 | 3.0 | 2.1 | 2.1 | 3.5 | 3.3 | 2.9 | 2.7 |
| (6,2) | 4.2 | 4.5 | 3.1 | 3.0 | 3.1 | 2.7 | 1.4 | 1.2 |
| (4,2) | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 2.2 | 2.4 | 2.2 | 1.8 |
| (3,6) | 1.8 | 1.5 | 2.6 | 2.7 | 3.3 | 3.3 | 3.9 | 3.9 |
| (7,6) | 3.6 | 3.6 | 1.1 | 1.4 | 4.6 | 3.9 | 3.0 | 3.0 |

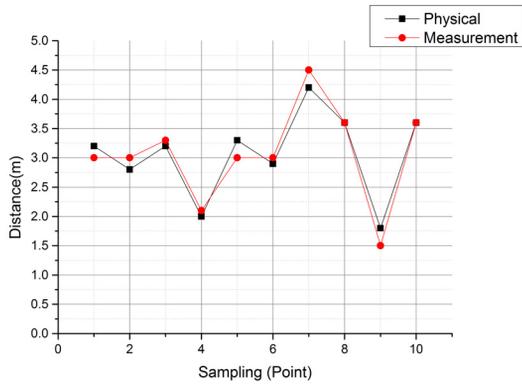


그림 19. 센서노드1의 거리측정값 비교 그래프
Fig. 19. Compare the measured value of the sensor node1 distance graph

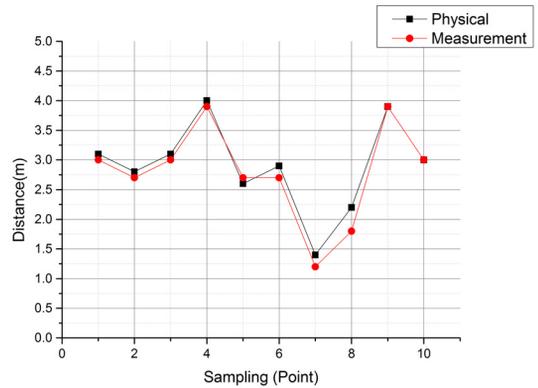


그림 22. 센서노드4의 거리측정값 비교 그래프
Fig. 22. Compare the measured value of the sensor node4 distance graph

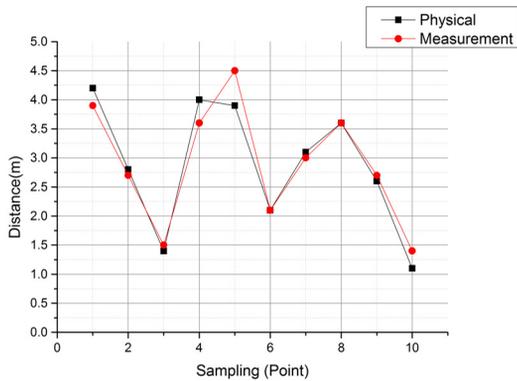


그림 20. 센서노드2의 거리측정값 비교 그래프
Fig. 20. Compare the measured value of the sensor node2 distance graph

1번 항목의 실험을 하여 위 <그림 19>부터 <그림 22>의 결과를 얻었다. PSD센서의 전압값을 통하여 안정적인 거리값을 계산하기 위해 30cm구간으로 나누어 보간법을 적용하였기 때문에 약간의 오차가 나는 것을 볼 수 있다. 특히 전압출력값의 변화가 큰 1m와 전압출력값의 변화가 거의 없는 4m에 가까워 질수록 오차가 많이 나는 것을 볼 수 있다.

5.2. 대상체 위치측정 평가

표 7. 대상체 위치측정 데이터
Table 7. Object Positioning measure data

| Actual | Mesured | Error (m) |
|--------|---------|-----------|
| (2,2) | (2,2) | 0.0 |
| (4,4) | (4,4) | 0.0 |
| (6,6) | (6,8) | 1.0 |
| (1,4) | (2,7) | 1.5 |
| (3,2) | (3,3) | 0.5 |
| (5,5) | (5,5) | 0.0 |
| (6,2) | (6,2) | 0.0 |
| (4,2) | (4,3) | 0.5 |
| (3,6) | (3,6) | 0.0 |
| (7,6) | (7,6) | 0.0 |

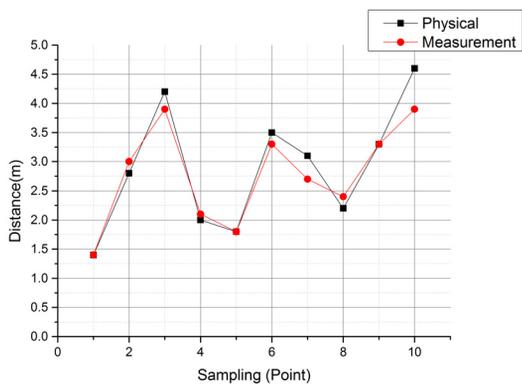


그림 21. 센서노드 3의 거리측정값 비교 그래프
Fig. 21. Compare the measured value of the sensor node3 distance graph

위 <표 7>는 측정된 <표 6>의 거리데이터를 사용하여 삼변측량을 이용하여 대상체의 실제 좌표를 측정된 표이다. Node 3을 기준으로 인접노드간의 삼변측량을 하였으며, 측정공간에 설정된 좌표의 구간이 50cm로 설정되어있어서 50cm 이하의 오차들을 보정하여 데이터의 오차율을 감소시킬 수 있었다.

5.3. 대상체 판별시스템 성능평가

대상체 판별 시스템의 성능평가를 수행하기 위하여 하나의 센서노드로 데이터를 측정하였다. 먼저 앉아있는 사람에 대한 데이터를 50회 측정하였고, 서있는 사람, 천장에 매달려있는 물체 순서로 데이터를 측정하였다. 아래 <그림 23>, <그림 24>, <그림 25>은 실험한 데이터를 그래프로 나타낸 그림이다.

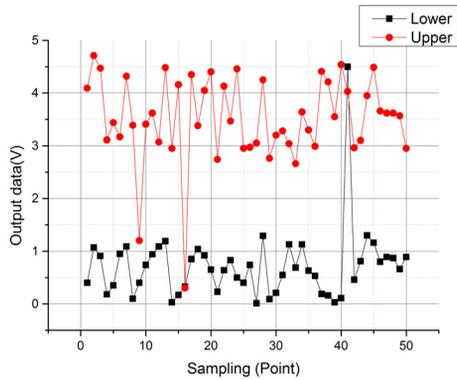


그림 23. 반려동물 판별 실험
Fig. 23. Experiments to determine Pet

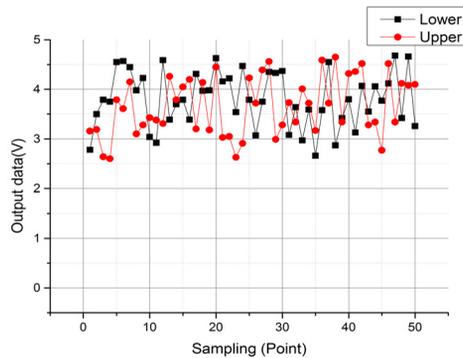


그림 24. 사람 판별 실험
Fig. 24. Experiments to determine Person

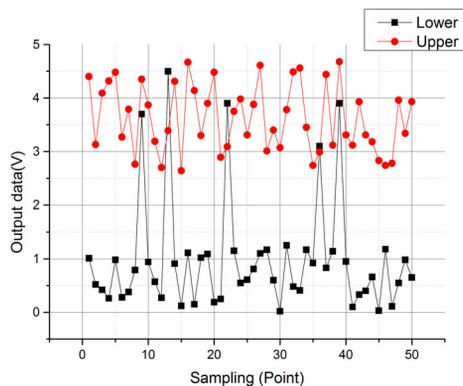


그림 25. 조류 판별 실험
Fig. 25. Experiments to determine bird

위 그림을 통하여 센서노드가 설치된 환경에서의 대상체 판별 정확도를 확인하였다. 각각 50회를 실험한 결과 상단과 하단의 센서중 한쪽 센서만 인식하는 상황(어린이, 조류, 동물)등의 상황에서 약간의 오차는 보였지만 대체적으로 높은수준의 정확도를 보임을 확인하였다. 이는 상단부와 하단부의 감지영역의 겹침이 발생하여 생기는 오류인 것으로 보인다. 이는 PIR 센서간의 Fresnel렌즈의 각도 조절 및 적외선 신호제거의 조정으로 정확도 향상을 유도 할 수 있다.

VI. 결론 및 향후 연구방향

본 논문에서는 기존의 PIR센서의 단점을 보완한 DualPIR센서와 PSD센서를 이용한 센서네트워크 환경에서의 보안감시 시스템에 대하여 구현하였다. 이는 기존의 보안감시 시스템의 단점들을 보완하여 보안감시 상황에서 침입상황에 대해 지능적으로 판단하는 시스템을 구현하였고 성능평가를 통해 시스템의 유효성을 실험하였다. 하지만 보다 지능적인 상황인식 보안감시 시스템을 발전시키기 위해서는 대상체를 실시간으로 추적할 수 있어야 하고 GPS, RFID태그등의 단말기를 소지하고 있지 않은 대상체도 정밀하게 추적할 수 있는 시스템을 필요로 한다.

본 논문에서 제안한 기술을 연구 발전시켜 CCTV의 음영지역등의 보안감시의 사각지대에서 응용되어질 경우 범죄 발생시 대상체를 추적하여 범죄검거율을 높이거나 보다 정밀한 대상체판별 시스템을 통하여 범죄 상황을 조기에 대응할 수 있다면 범죄 발생률을 낮추는데 크게 기여할 것이라고 생각한다.

본 논문에서 구현한 시스템을 보안감시분야만이 u-City 등의 다양한 사회곳곳의 상황에서 활용가능할 것이라 기대되어진다.

References

- [1] K. B. Yoon : "PIR Sensor Study on the Enhancement of the perception of distance in Sensor Network", *Journal of Korea Information Processing Society(KIPS)*, vol. 47 (2007년 12월)
- [2] J.Choi, D.Shin, and D,Shin, "Research and implementation of the context-aware middleware for controlling home appliance" *IEEE Transactions on Consumer Electronis*, vol. 51, no. 1, pp. 301'306 Feb.2005

[3] Qicai Shi Correal, N. Kyperountas, S. Feng Niu, "Performance comparison between TOA ranging technologies and rssi ranging technologies for multi-hop wireless networks", *IEEE VTC*, 2005.

[4] S. Okuda, S. Haneda, and H. Haga, "Human position/height detection using analog type pyroelectric sensors" *Lecture Notes in Computer Science*, vol. 3823, pp. 306-315, 2005.

[5] J. Hightower and G. Borriello, "Location systems for ubiquitous computing" *IEEE Computer*, vol. 34, no. 8, pp. 57-66, Aug 2001.

[6] Y.M.KIM, B.K.GO, C.H.La : "Invasion Object Detection and Tracking Algorithm for using PIR Sensor", *Journal of Korea Information Processing Society(KIPS)* 1, vol. 16, no. 01, pp 1071~1074 (2009.04)

[7] S.Y.Kwon : "Effect of P(VDF/TrFE) Film Thickness on the Characteristics of Pyroelectric Passive Infrared Ray Sensor for human Body Detection", *Journal of Sensor Science and Technology*, vol. 20, no. 1(2011) pp. 114-117

[8] R. W. Whatmore. "Pyroelectric devices and materials" *Rep. Prog. Phys.* vol. 49, pp. 1335-1386

[9] Y.J.Kim, K.K.Jung, Y.J.Kim : "Design and Verification using Energy Consumption Model of Low Power Sensor Network for Monitoring System for Elderly Living Alone", *Journal of IKEEE*, vol. 13, no. 3, pp. 39-46 2009

[10] H.J.Park, J.H.Park, E.H.Kim, Y.M.Kim : "For USN, Infrared Sensor digital signal processing Algorithm", *Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 25 (2008)

오 석 준 (Suk-Jun Oh)



2010년 2월 수원대학교 컴퓨터학과 학사
 2012년 2월 수원대학교 컴퓨터학과 석사
 2012년 2월~현재 수원대학교 컴퓨터학과 박사과정
 <관심분야> 임베디드 시스템, 실시간 위치추적, 센서네트워크, 유비쿼터스 시스템

문 승 진 (Seung-Jin Moon)



1986년 미국 텍사스 주립대학교 컴퓨터학과 학사
 1991년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 석사
 1997년 미국 플로리다 주립대학교 컴퓨터학과 박사
 1997년~현재 수원대학교 IT대학 컴퓨터학과 교수
 <관심분야> 실시간 센서네트워크 운영체제, 실시간 데이터 베이스, 센서네트워크 위치추적

최 선 오 (Sun-O Choi)



2006년 아주대학교 정보통신대학원 석사
 2006년~현재 (주)아이비즈코리아 대표이사
 2009년~현재 한국 폴리텍 대학 교수