

# 센위버 플랫폼 기반의 다중센서 협업을 이용한 모니터링 시스템 개발<sup>†</sup>

## (Development of a Monitoring System Based on the Cooperation of Multiple Sensors on SenWeaver Platform)

권 차 옥\*, 차 경 애\*\*

(Cha-Uk Kwon and Kyung-Ae Cha)

**요 약** 본 논문에서는 센서네트워크시스템에서 다양한 센서 정보를 협업시켜 주변 환경을 효율적으로 감시하는 모니터링 시스템을 제안한다. 제안한 모니터링 시스템은 카메라, 이동체 및 인체 감지센서를 설치하여 예외시간에 내부 공간으로 침입하는 침입자를 감지하기 위한 목적으로 구현이 되었다. 본 논문에서 제안한 시스템은 센위버 플랫폼 상에서 개발되었으며, 실험한 결과, 다중 센서 정보의 상호보완적 활용으로 보다 효율적인 환경을 감시가 가능함을 알 수 있었다. 또한 센위버 플랫폼의 사용으로 센서 네트워크 구성이 용이하며 다양한 센서의 추가적 설치 및 활용이 가능하다. 또한 영상정보의 분석으로 움직이는 객체에 대한 판별이 가능하게 되어 센서의 동작을 단계적으로 적용시키는 체계적인 모니터링시스템의 구현이 가능함을 보였다.

**핵심주제어** : 모니터링 시스템, 센서네트워크, 센위버 플랫폼

**Abstract** This study proposes a monitoring system that effectively watches surroundings by cooperating the various sensor information including image information on a sensor network system. The monitoring system proposed in this paper is developed to watch certain intruders to the internal spaces through the interested region for exceptional time by installing cameras, PIR(Pyroelectric Infrared Ray) sensor and body detectors in such interested regions. Moreover the monitoring system is implemented based on the SenWeaver platform which is a integrated development tools for building wireless sensor network system. In the results of the test that was applied to a practically experimental environment by implementing some interfaces for the proposed system, it was considered that it is possible to watch surroundings effectively using the image information obtained from cameras and multiple sensor information acquired from sensor nodes.

**Key Words** : Monitoring System, Sensor Network, SenWeaver Platform

### 1. 서 론

다양한 영역에서 보안에 대한 관심이 높아지면서 모니터링 시스템의 사용은 점차 증가하고 있다. 침입자 감시시스템의 경우에는 주로 카메라에 의한 영상

<sup>†</sup> 이 논문은 2008년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

\* 대구대학교 정보통신공학과

\*\* 대구대학교 정보통신공학부, 교신저자

정보에 의존하기 때문에 24시간 카메라를 가동시켜야 하며, 카메라 영상의 분석이 자동으로 이루어지지 않으면 전력적인 면이나 효율성에서 취약점을 가질 수 있다. 센서네트워크시스템[1,2]의 경우에는 영상 정보 없이 센서로부터 감지된 데이터에 의존하는 시스템이 대부분이다.

본 논문에서는 기존의 모니터링 시스템이 가지는 단점을 보완하고 효율적인 모니터링을 위해 침입자 감시시스템의 영상 정보를 포함한 다양한 센서 정보를 협업시켜 단계적으로 모니터링하는 시스템을 제안한다. 본 논문의 제안 시스템은 공간 영역의 특성에 맞는 모니터링이 이루어지도록 이동체 감지 센서와 인체감지 센서로부터 얻은 센서 정보와 영상에서의 객체 추출 정보를 협업시켜 예외시간의 침입자를 감시하는 목적으로 수행된다. 이를 통해서 서로 다른 형태의 센서 정보를 협업시켜 시스템을 단계적으로 운영하여 불필요한 감시를 줄이고 보다 효율적인 모니터링이 가능하도록 한다. 또한 센서네트워크 구축을 위한 통합 플랫폼인 센위버를 활용하여 센서네트워크 설치 및 응용 소프트웨어 개발의 용이성을 향상시키고 보다 다양한 형태를 센서의 추가 설치를 통한 모니터링 영역을 확장하도록 한다.

본 논문의 2장에서는 관련 연구에 대해 기술하고, 3장에서는 제안한 모니터링 시스템의 구현방법을 자세하게 기술한다. 그리고 4장에서는 구현 및 실험 결과를 보인다. 마지막으로, 5장에서 결론을 맺는다.

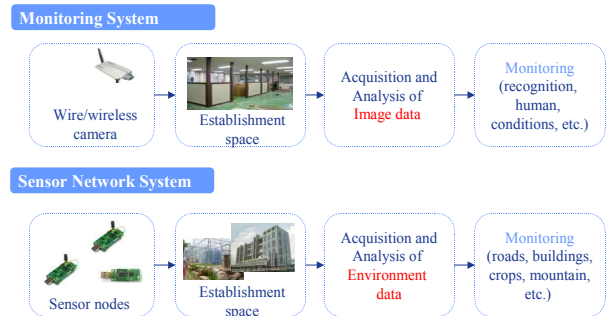
## 2. 관련 연구

### 2.1 기존 연구 동향

모니터링 시스템은 주변 환경을 자동적으로 감시하고, 위험 상황을 전송 및 조치하는 시스템이다. 이러한 모니터링 시스템은 <그림 1>과 같이 카메라의 스트리밍 데이터를 이용한 시스템과 센서네트워크를 구축하여 센서 정보를 이용하는 시스템으로 구분할 수 있다.

[6]의 연구에서는 다중 카메라를 사용하여 관심영역 내로 침입하는 객체의 이동경로와 행동패턴을 추적하는 시스템을 제안하였다. 카메라를 이용한 모니터링 시스템의 경우에는 카메라의 뷰잉 범위 내의 모든 객

체를 감시하기 때문에 효율이 떨어지는 단점이 있다. 한편, 센서네트워크를 이용하여 주변 환경을 감시하는 모니터링 시스템은 환경센서 정보를 이용하는 경우가



<그림 1> 카메라 정보를 이용한 모니터링시스템과 센서네트워크 시스템

대부분이다. [7]은 연기감지센서로 센서네트워크를 구성하고, 무인헬기를 적용시켜 신속히 산불을 감지하고 조치할 수 있도록 하는 시스템을 제안하였다. 또한 [8]에서는 독고노인이 거주하는 집에 인체감지 센서로 센서네트워크를 구성하여 독거노인의 행동 패턴과 외출여부를 판별할 수 있도록 하였다. 이처럼 센서네트워크를 이용하여 모니터링하는 시스템의 경우에는 센서 정보에 전적으로 의존해야하며, 시각정보가 부족하기 때문에 주변 환경을 효율적으로 감시하지 못하는 단점이 있다.

따라서 응용 환경에 따른 보다 효율적인 모니터링이 가능하도록 하기 위해서 카메라의 영상정보와 더불어 다양한 센서 정보를 협업시켜서 운영하는 시스템이 필요하다.

### 2.2 센위버 플랫폼(SenWeaver Platform)

센서네트워크가 환경 감시, 교통, 농업, 군사, 의료 등의 다양한 어플리케이션 분야에서 활용되면서 효율적인 개발 플랫폼이 필요하게 되었다. 센위버는 이러한 취지로 대규모 센서네트워크 환경에 적합하도록 센서노드 S/W 아키텍처, 센서 OS, 각종 개발도구 등을 구비한 플랫폼이다[3,4,5].

이 플랫폼은 멀리 떨어진 지역의 환경 요인에 대한 데이터 수집을 가능하게 하고, 인터넷이 연결된 지역은 어느 곳이나 해당 지역을 모니터링 할 수 있는 시스템이다. 센위버 플랫폼을 사용하면 응용 분야의 센

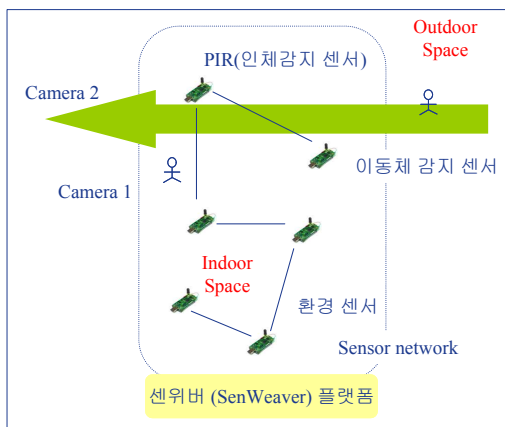
서모듈만 있으며 곧 바로 무선 센서네트워크를 구축할 수 있게 된다[5].

센위버 OS는 다양한 측면에서의 접근 방법을 통해 API 함수, 기능, 모듈, S/W 단계의 계층적 재구성의 기능을 제공하여 코드 크기를 조정할 수 있도록 하였으며, H/W의 사양에 상관없이 운영체제에 대한 자동 코드 생성 기법을 통해 다양한 센서노드에 구동될 수 있는 장점을 가지고 있다. 이러한 통합적 플랫폼의 사용으로 개발의 용이성을 피하고 향후 시스템의 확장과 관리의 효율을 높일 수 있다.

### 3. 다중 센서 정보의 협업을 통한 모니터링

#### 3.1 모니터링 시스템 구성

본 논문에서 제안 시스템은 <그림 2>와 같이 복도와 같이 외부인의 출입이 있는 공간에 카메라, 인체감지 센서 및 이동체 감지 센서를 설치하여 예외 시간에 움직이는 객체를 판단함과 동시에 카메라를 작동시켜서 객체를 추출 및 녹화하여 침입자를 감시한다. 사무실과 같은 공간에는 조도 및 온습도 센서를 설치하고 영상에서의 움직임 추출을 통해서 주변 기기를 자동 제어하도록 한다. 실내공간의 센서네트워크 구성 및 모니터링 시스템은 [9]의 연구와 같다.



<그림 2>시스템 구성도

#### 3.2 다중 센서 정보에 의한 침입자 감지

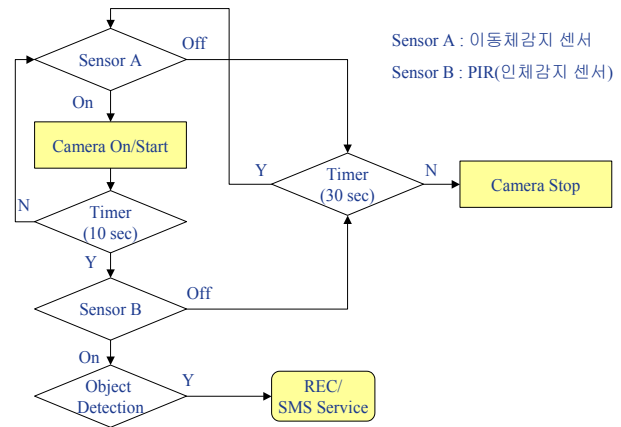
본 논문의 모니터링 시스템은 예외시간에 침입자를

감시하는 것을 목적으로 카메라의 동작과 센서의 동작을 상호보완적으로 활용하여 보다 효율적으로 카메라 및 센서 노드를 운용하도록 한다.

<그림 3>은 침입자를 감지하기 위한 센서의 동작 과정이다. 이동체가 이동체 감지 센서(Sensor A) 범위 내로 들어오면, 이동체 감지 센서가 ON되고 동시에 OFF되어 있던 카메라가 ON되면서 영상 정보를 전송하여 움직임이 있는 객체를 추출한다. 만약 이동체가 인체감지 센서(Sensor B) 범위 내로 들어와서 인체감지 센서가 ON이 되면, 시스템 상에서는 침입자로 판단해서 객체 추출이 없을 때까지 녹화를 진행하고, 관리자에게 SMS 경고 메시지를 전송한다. 이때 이동체 감지 센서는 일정시간 (본 논문에서는 10초) 동안 유지된다.

만약, 이동체 감지 센서는 ON이 되었으나, 10초 안에 인체감지 센서가 ON이 되지 않으면, 이동체가 사람이 아니거나 관심영역 내로 이동체가 진입하지 않은 경우로 판단되며 카메라의 영상녹화는 진행되지 않는다. 따라서 카메라의 불필요한 동작을 줄임으로써 전력 등의 자원 관리가 보다 효율적이다.

설정된 시간(본 논문에서는 30초) 이상 이동체 감지 센서 및 인체감지 센서가 모두 OFF이면, 이동체가 없다고 판단하여 ON되어 있는 카메라를 STOP시킨다. 각 경우의 설정 시간은 모니터링 시스템의 사용자 인터페이스에서 변경할 수 있다.

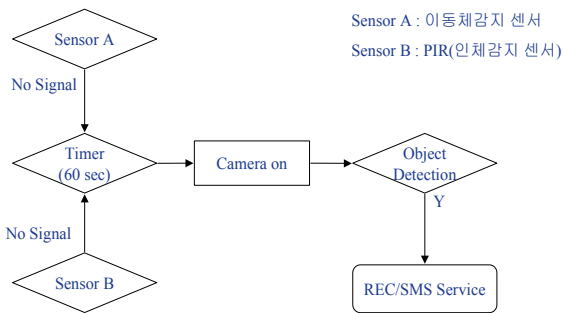


<그림 3> 다중 센서의 동작 순서도

이와 같이 이동체 감지 센서 및 인체감지 센서를 사용하여 이동체가 사람인지 아닌지를 판별하며, 이동체가 있는지 없는지도 판별 가능하기 때문에 카메라

의 동작 시간을 최소화하여 용량이 많은 영상 정보를 효율적으로 관리할 수 있으며, 필요한 시점에 객체 추출을 통해서 침입자 여부를 판별할 수 있다.

한편, 이동체 감지 센서와 인체감지 센서의 오동작이나 배터리가 없을 경우를 대비하기 위해 이동체 감지 센서와 인체감지 센서가 싱크노드로 일정 시간(본 논문에서는 1분) 이상 데이터를 전송하지 않으면, 시스템에서는 센서노드에 이상이 발생했다고 판단하여 강제로 카메라를 ON시켜 영상 정보를 통한 모니터링이 운영되도록 설계하였다. 이러한 동작 과정은 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 센서 오동작 시 카메라 구동 과정

카메라를 통해서 입력되는 영상 정보는 움직임이 판단되었을 때 객체 검출을 위해 사용한다. 이는 학습에 의한 RunningAVG 알고리즘을 이용해 구현하였다. 먼저 실시간으로 입력받은 스트리밍 프레임 영상을 복사하여 새로운 작업 영역으로 생성한다. 다음 단계에서는 배경이 될 수 있는 화소의 휘도치의 범위를 체크하고 객체 추출을 위해 휘도를 재계산한다. 배경이라고 판단된 영역의 배경의 휘도 평균과 휘도 진폭을 갱신한다. 그리고 물체 영역이라고 판단된 영역에서 휘도 진폭만을 배경 영역보다 느린 속도로 갱신하게 되며, 마지막으로 물체 영역만을 출력 화상에 카피하여 객체 추출을 완료한다.

본 논문에서 이의 구현을 위해서 먼저 배경 영상의 밝기와 진폭을 100번 정도 학습시키고 기준 값을 결정한다. 입력 영상의 밝기와 진폭을 재계산하여 기준 값과의 차영상을 계산한다. 이때 차영상 값이 변화가 있으면 외곽선 추출을 하고, 외곽선의 크기가 미리 정의해둔 임계치(50)이상이면 객체가 추출되었다고 판단한다. <그림 5>는 학습하는 동안의 영상 변화를 나타

낸다.

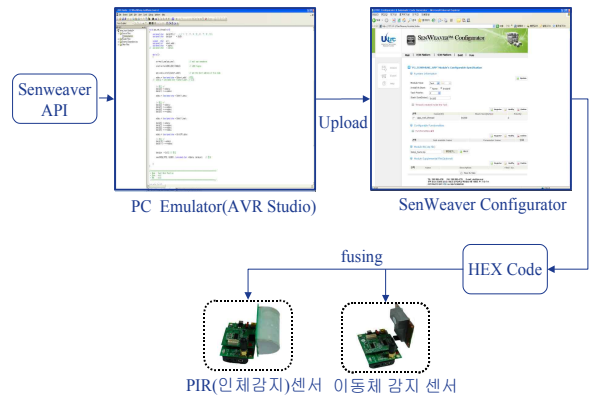


<그림 5> 객체 추출 알고리즘의 학습 과정

## 4. 구현 및 실험 결과

### 4.1 센위버 플랫폼에서의 센서네트워크 구축

실험 환경은 센위버 플랫폼 상에서 어플리케이션을 개발하는 도구인 센위버 컨피규레이터를 통해 센서노드 센서네트워크를 구현하였다.



<그림 6> 센위버 플랫폼에서의 센서네트워크 구현 과정

먼저, PC기반 에뮬레이터로 센위버 API 함수를 이용하여 작성한 코드를 사전검증하고, 검증이 완료되면 센위버 컨피규레이터에서 H/W 및 S/W 모듈 등록 과정을 통해 센서노드에 맞는 디바이스를 세팅한다.

그리고 빌드(Build)과정을 통해 메모리를 재배치하고 실행이미지를 생성시키며, 마지막으로 퓨즈(Fuze) 과정을 통해 실행이미지를 센서노드에 다운로드시켜

센서네트워크 구축을 완료한다. <그림 6>은 이와 같은 과정을 보인다.

본 연구에서 사용된 하드웨어는 <표 1>과 같이 움직임 검출 및 객체 추출을 위해서 화상 캠을 사용하였으며, 센서네트워크 구축을 위해 SN120 센서노드 6개, 이동체, 인체 센서 모듈을 각각 1개씩 사용하였다. SN120은 UTRC(경북유비쿼터스신기술연구센터)에서 개발한 센서노드로 SM430 이동체감지 모듈과 SM420 인체감지 모듈이 각각 탑재되어 있다.

<표 1> 제안된 시스템에 사용된 H/W

구분	모델	수량	사용
센서노드	SN120	6	센서 네트워크 구성
움직임 감지 센서 모듈	SM420	1	인체 감지
	SM430	1	이동체 감지
화상 캠 카메라	Logitech pro 5000	1	객체 추출 및 움직임 검출

```
// ③ 인터럽트 서비스 함수
void User_pkgs90ldr_isr()
{
    kprint("\n%d\n", count_isr++);
    nrx_data = 0;

    if(count_isr >= 830)
    {
        nrx_data = 1;
    }

    else if(count_isr >= 1100)
    {
        count_isr = 0;
    }
}

void app_nwk_thread(void)
{
    종료
}

int main(void)
{
    종료
    // ① 인터럽트 서비스 루틴 정의
    if(DERR_NONE ==
    (nrxbm->isr((unsigned int)User_pkgs90ldr_isr))
    {
        kprint("\nISR Registration Success !!\n");
    }
}
else
```

```
{
    kprint("\nISR Registration Fail !!\n");
}

// ② 이동체감지 센서모듈 감지 시작
if(DERR_NONE ==
    (nrxbm->read(ADDR_NRXBRM_START,
                &nrxbm_data, 0)))
{
    kprint("Error!!");
}

while(1)
{
    pled->write(ADDR_LED1, TOGGLE);
    count_isr = 0;
    post_sem(app_sem);

    delay_sec(1);
}

return 0;
}
```

<그림 7> 이동체감지 센서노드 어플리케이션 코드 일부

이동체감지 센서와 인체감지 센서는 인터럽트가 얼마나 걸렸느냐를 통해 움직임 또는 인체를 판별하게 된다. 따라서 어플리케이션 코드를 작성할 때 <그림 7>에서와 같이 main 함수에 ①처럼 인터럽트 서비스 루틴을 먼저 정의하고, ②와 같이 센서모듈 감지를 시작시키는 순으로 코드를 작성한다. 만약, 이동체가 감지되었다면, 인터럽트가 발생하게 되고 인터럽트 서비스 루틴에 정의된 ③의 사용자 정의 함수가 실행된다. 사용자 정의 함수에서는 인터럽트 수를 카운트하게 되고, 사용자가 정의한 일정한 수치 이상이 되면 감지가 된 것으로 판별하고 싱크노드로 1초마다 데이터를 전송한다.

이와 같은 절차를 거쳐서 실험환경에 <그림 8>과 같이 이동체 감지 센서, 인체감지 센서 순으로 설치한

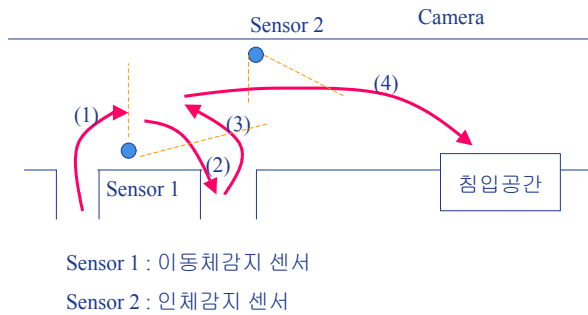


<그림 8> 실험 환경

다. 외부 공간 센서네트워크 구축 환경은 복도와 같이 협소하고, 센서 간의 거리가 짧기 때문에 싱크노드와 1:1 Start형으로 구성된다.

#### 4.2 실험 결과

제안한 시스템이 알고리즘대로 동작하는지 여부를 판단하기 위해서 다음의 검증 시나리오를 기반으로 객체의 이동 경로를 설정하였다. 첫째 객체가 이동체 감지 센서 영역에 나타났을 때 감지를 통해서 꺼진 상태의 카메라를 동작시키는가 이며, 둘째는 객체가 센서의 감지 영역에 1분 이상 존재하지 않을 때 이동체 감지 센서와 인체 감지 센서의 감지가 이루어지지 않아 켜져 있던 카메라의 동작을 멈출 것인가이다. 마지막으로 객체가 관심영역으로 다시 진입할 때 꺼진 상태의 카메라가 다시 동작하여 객체가 사라질 때까지 녹화를 진행할 것인가에 대한 시나리오이다.



<그림 9> 객체 이동 경로의 예(case 1)

<그림 9>는 이와 같은 시나리오 구현을 위한 객체 이동 경로의 예이다. (1)은 이동체 감지 센서 영역 이전까지 도달한 상태이다. 이 때 감지가 이루어지지 않으므로 카메라는 이전 상태를 유지하고 있다. (2)번 경로에 의해서 객체가 이동체 감지 센서 범위 내로 진입하여 이동체 감지 센서의 감지로 인해서 카메라의 영상전송이 이루어지며 시스템에서는 객체추출을 위해 학습을 진행한다. 이후 이동체 감지 센서 영역을 벗어나면서 1분 이상 (2)번 경로의 마지막 위치에서 객체가 머무르면서 센서의 감지가 이루어지지 않으므로 불필요한 카메라 동작을 감소시키기 위해서 영상전송이 중지된다. 다시 (3)의 경로로 객체가 이동하여 이동체 감지 센서 범위 내에 들어감으로써 켜져 있던

카메라가 다시 동작한다. 마지막으로 객체가 (4)의 경로로 이동하여 관심영역으로 진입하면 인체 감지 센서의 감지로 인해서 객체를 침입자로 판단하고 녹화를 하고, 관리자에게 SMS 경고 메시지를 전송한다. <그림 10>은 이 때 모니터링시스템에서 영상으로부터 객체를 추출하는 과정을 보인다.



<그림 10> 모니터링시스템에서 객체 추출 과정 영상

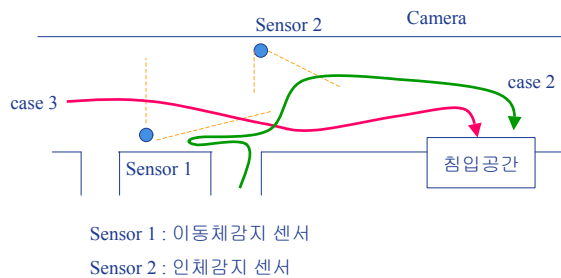
실제로 녹화가 일어나는 부분은 인체 감지 센서의 감지가 일어날 때부터 이동객체가 사라질 때까지이며,

그 결과 영상은 <그림 11>과 같다.



그림 11 객체 추출 및 녹화 영상

위 이동 경로를 case 1이라고 하고, 그림 12와 같이 서로 다른 경로를 설정하여 각각을 30번씩 실험한 결과 <표 2>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.



<그림 12> 객체 이동 경로의 예(case 2, case 3)

<표 2> 모니터링 시스템 성능 결과

Experiment(30 Times)					
	Sensor 3 (Motion)	Sensor 4 (PIR)	Camera Control	REC/SMS	Total Success
A	30	29	30	29	97%
B	30	28	30	28	93%
C	30	29	30	29	97%
AVG	-	-	-	-	95.6%

결과에서 보는 것처럼 종합적인 성공률은 약 96%로

나타났다. 그러나 인체감지 센서의 경우 모든 경로에서 한번 이상의 오류가 난 것을 알 수 있는데, 사람의 동선에 따라서 감지되지 않는 경우가 발생하였기 때문이며 이는 보완해야할 사항이다.

## 5. 결론

본 논문에서는 카메라의 영상 정보와 센서네트워크의 센서 정보를 협업시켜 효율적으로 주변 환경을 모니터링 하는 시스템을 제안하고 실험결과를 보였다.

본 논문에서 제안한 시스템은 다양한 센서 정보와 영상 정보를 서로 협업하기 때문에 좀 더 세부적으로 모니터링이 가능하고, 확장이 용이하다는 점이다. 예를 들어, 화재를 감지할 때 기존의 센서 정보만을 이용하던 것에서 영상 정보를 같이 이용하여 좀 더 신뢰성 있는 감시가 가능할 수 있고, 금속체 감지 센서와 같은 다양한 센서를 추가적으로 설치하여 이동체를 사람, 자동차, 휠체어 등으로 분류하고 거기에 맞는 다양한 알고리즘을 체계적으로 적용시킴으로서 세부적인 모니터링이 가능할 수 있다. 향후에는 객체추출 및 추적 기술을 적용하여 좀 더 신뢰성 있는 감시가 가능하도록 할 예정이며, 카메라 줌인 기술을 적용시켜 침입자가 누구인지를 판별할 수 있도록 연구를 진행할 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] M.Tubaishat, S.Madzukijiria, "Sensor Networks: An Overview", IEEE Potentials, vol. 22. pp. 20-22. 2003.
- [2] David Culler, Deborah Estrin, Mani Srivastava, "Overview of sensor Networks," IEEE Computer, vol. 37, pp. 41-49. 2004.
- [3] 유비쿼터스신기술연구센터, "SenWeaver 컴피커레이터 사용자 매뉴얼", 경산 : UTRC, 2009.
- [4] 유비쿼터스신기술연구센터, "SenWeaver 어플리케이션 개발자 매뉴얼", 경산 : UTRC, 2009.
- [5] [http://www.imaeil.com/sub\\_news/sub\\_news\\_view.php?news\\_id=29806&yy=2009](http://www.imaeil.com/sub_news/sub_news_view.php?news_id=29806&yy=2009)
- [6] 이윤미, 이경미, "모델기반 다중 사람추적과 다수

의 비접침 카메라를 결합한 감시시스템”, 정보과학회논문지:컴퓨팅의실제 vol. 12, no. 4 pp. 241-253, 2006.

- [7] 김성호, “무인헬기 및 센서네트워크 기반 화재 감시 시스템 설계”, 퍼지 및 지능시스템학회논문지, Vol. 7, No. 2, pp. 173-178, 2007.
- [8] 이선우, 김용중, 이기섭, “한림 지킴이:독거노인 일상 활동 원격 모니터링 시스템”, 정보과학회논문지. vol. 15, no. 4, pp. 244-254, 2009.
- [9] 차경애, 권차욱, “영상정보와 환경정보를 이용한 실내 공간 모니터링 시스템 구현”, 산업정보학회논문지, 제 14권 제 1호, pp. 1-8, 2009.



권 차 욱 (Cha-Uk Kwon)

- 정회원
- 대구대학교 정보통신공학부 학사, 2008. 2.
- 대구대학교 정보통신공학과 석사, 2010. 2.
- 관심분야: 멀티미디어시스템, 영상처리, 모니터링시스템.



차 경 애 (Kyung-Ae Cha)

- 정회원
- 경북대학교 컴퓨터과학과 학사, 1996. 2.
- 경북대학교 컴퓨터과학과 석사, 1999. 2.
- 경북대학교 컴퓨터과학과 박사, 2003. 8.
- 관심분야: 멀티미디어저작, 임베디드멀티미디어, 디지털방송.

논문접수일 : 2010년 03월 17일  
1차수정완료일 : 2010년 05월 27일  
2차수정완료일 : 2010년 06월 14일  
게재확정일 : 2010년 06월 15일