

## 유비쿼터스 센서 네트워크 기반 국립공원 탐방객 통행량 계수시스템 개발

이주희 · 심규원\* · 배민기\*\*

대구대학교 관광학부, \*(주)테크노비전 코리아, \*\*대구대학교 전임연구교수  
(2007년 9월 28일 접수; 2007년 10월 24일 채택)

### The Development of Visitor Counting System Based on Ubiquitous Sensor Networks in National Park: Case Study of Nogodan Area in Chirisan National Park

Ju-Hee Lee, Kyu-Won Sim\* and Min-Ki Bae\*\*

Department of Tourism Management, Daegu University, Gyung-san 712-714, Korea  
\*TechnovisionKorea. Ltd, Techno-Park Center, Daegu University, Gyung-san 712-714, Korea  
\*\*Research Professor, Daegu University, Gyung-san 712-714, Korea

(Manuscript received 28 September, 2007; accepted 24 October, 2007)

#### Abstract

The purpose of this study was to develop the national park visitor counting system using the ubiquitous sensor network. This system is composed of a sensor node, sink node, gateways, CDMA module, server, and clients. The results of the study were: 1) stable data transmission distance was possible within 100 meters between sensor nodes, 2) the developed counting sensor system showed a network communication stability level of 88.3 percent in 1.2m wide trails. When installed in concentrate use areas or forks of national parks, the visitor counting system will not only contribute to provide reliable visitor counting, but also to improve the quality of national park visitor service, to manage park facilities and natural resources more efficiently, to achieve an information oriented national park system.

**Key Words :** Ubiquitous Sensor Network, Counting System, National Park

#### 1. 서 론

2007년 1월부터 국립공원의 입장료가 폐지됨에 따라 이전에 탐방객 계수를 담당하던 매표소가 탐방객 서비스 공간으로 전환되면서 사실상 국립공원에서 정확한 탐방객 계수는 이루어지지 못하고 있

다. 실제로 입장료 폐지 이후 우리나라 국립공원 관리주체인 국립공원관리공단에서 직원이 입장하는 탐방객 수를 직접 계수하고 있으나 현실적인 여건상 어려움이 있고 계수의 정확도도 문제로 지적되어 왔다<sup>1)</sup>. 특히, 국립공원 관리 및 계획수립을 위한 핵심적인 자료라고 할 수 있는 탐방로별 탐방객 통행량 조사는 거의 이뤄지지 못하고 있는 실정이다. 이처럼 전체 입장 탐방객 수의 계수 및 입장한 탐방객들 중 몇 명이 어떤 탐방로를 이용하여 어디로 이

Corresponding Author : Ju-Hee Lee, Department of Tourism management, Daegu Univ., Kyoungsan 712-714, Korea  
Phone: +82-53-850-6251  
E-mail: jhlee3@daegu.ac.kr

동하는지에 대한 통행량 자료가 수집되지 못함으로써 국립공원의 각 활동공간별로 적합한 탐방객·자원·시설관리계획을 수립하는데 한계가 있었다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 무인으로 정확한 탐방객 계수가 가능한 계수장비 및 정보기술의 활용이 필요하다. 그러나 일반적으로 사람들의 통행량을 계수하기 위한 장비는 대부분 실내용으로 개발되어 있으며, 인트라넷 또는 기존 통신망이 존재하지 않는 장소에 사용할 수 없다. 따라서 기후변화가 심한 산악지역이면서 전기 및 통신 등 기반시설이 존재하지 않는 국립공원이라는 환경에 적합한 탐방객 통행량 계수시스템 개발이 반드시 요구됨에도 불구하고 그에 대한 연구 및 시스템 개발은 거의 없는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 유비쿼터스 센서 네트워크를 사용하여 인프라를 구성하고, 저전력 계수장비를 사용하여 탐방객 통행량을 계수할 수 있는 시스템을 개발한 후, 지리산국립공원의 노고단을 연구대상지로 하여 시스템의 활용가능성을 검증하고자 한다. 본 연구결과는 국립공원 탐방객 서비스 질의 개선, 시설 및 자원관리 우선 구역결정, 국립공원 정보화에 기여할 수 있을 것이다.

## 2. 선행 연구 및 시스템 고찰

국립공원 탐방객 통행량 계수 시스템과 관련된 기존의 연구 및 관련 기술로는 이미지 처리, 무선통신, 계수 센서, 센서네트워크, 생태계 모니터링 기술 등을 들 수 있다. 최근 분산 컴퓨팅과 임베디드 시스템을 활용 영역이 확대되고 있고, 작은 크기의 센서 노드 제작이 가능해 졌다. 특히 무선 통신기술의 발달로 인해 시간과 공간의 제약을 받지 않고 이동 단말기들(mobile nodes)간의 통신이 가능하게 되었으며, 센서 노드들로 구성된 무선 센서 네트워크를 구성하는 것이 가능해졌다<sup>4),7),10)</sup>. 특히, 기존 인프라가 없는 지역에서 무선 센서 네트워크 기술을 적용하여 데이터 송수신이 가능하도록 구성할 수 있게 되면서 생태계 모니터링, 재난관리, 군사적인 응용 영역에도 사용되고 있다<sup>3)</sup>. 이미지 처리에 의한 보행자 계수에 관한 기존의 연구로는 Segen과 Pingali<sup>8)</sup>, Masoud와 Papanikolopoulos<sup>5)</sup>, Rossi와 Bozzoli<sup>6)</sup>, Terada 등<sup>9)</sup>을 들 수 있다. 이들 연구에서 제시된 자

동인원계수시스템은 전원과 통신 인프라 등이 설치되어 있는 실내에서 CCD 카메라와 포토 빔 센서를 사용하고 있다. 하지만 이러한 시스템은 산악 지역에서 전원 문제와 네트워크를 구축해야하는 문제점이 있는 국립공원에 적용하지 못한다는 한계가 있다. 자연 생태계를 모니터링하는 센서 네트워크 시스템으로서 Great Duck Island Ecosystems, Redwood Park Forest Ecosystems 등이 연구되고 있다. 이들 시스템은 유비쿼터스 센서네트워크가 시공간적, 소요 비용 제약으로 모니터링이 어려운 야생생물 및 식생의 생태와 서식환경을 모니터링 하는데 유용함을 보여주고 있다. 심과 이<sup>1)</sup>는 국립공원의 산악조난구조에 유비쿼터스 센서네트워크 기술 적용가능성을 검증하였다. 고찰결과, 기존의 계수시스템은 전원 및 통신 인프라 사용이 가능한 실내에서 사용가능하도록 개발되어 우리나라 국립공원에 직접 적용할 수는 없음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 국립공원에서의 전원문제를 해결하기 위해 저전력 하드웨어 설계를 통해 최소 전력으로 시스템을 동작할 수 있도록 하며, 포토 빔 센서의 높은 전력소모를 감안하여 자동계수 센서는 대용량 배터리와 태양열 전지판을 이용하여 연속적인 자동 계수를 할 수 있도록 개발한다.

## 3. 유비쿼터스 센서 네트워크 기반 탐방객 통행량 계수시스템 개발

### 3.1. 시스템의 구성

본 시스템은 센서 노드, 싱크노드, 게이트웨이, CDMA 모듈, 서버 그리고 client로 구성된다. 계수센서는 포토 빔 센서를 사용하여 좁은 탐방로를 지나 는 탐방객들의 계수가 가능하다. 계수센서는 상호 정보를 교환하고, 협동하여 무선 센서 네트워크를 구성한다. 계수센서는 수집한 계수 데이터를 무선 센서 네트워크를 통해 게이트웨이까지 전송한다. 게이트웨이는 무선 센서 네트워크와 외부 인프라를 서로 연결시키는 역할을 하며, 게이트웨이는 CDMA 모듈을 이용하여 CDMA 망에 접속하여 서버까지 데이터를 전송한다. 서버는 클라이언트에게 정보를 제공할 수 있도록 수신한 데이터를 분석한다. 클라이언트는 서버에 접속하여 분석된 정보를 실시간 확인할 수 있다.

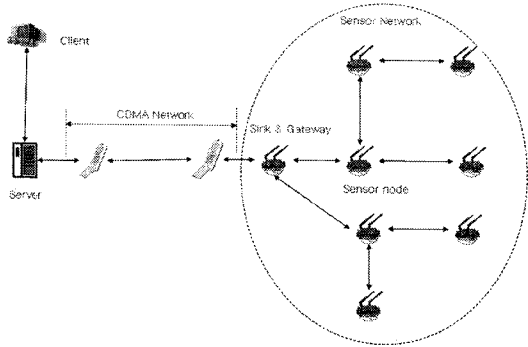


Fig. 1. Total system formation.

3.2. 하드웨어 개발

계수 센서 보드는 저전력 프로세서인 ATmega128 8bit Microcontroller를 기반으로 하고, 에너지 효율성을 극대화하기 위해 MAX1674과 LP2981을 사용하였다(Table 1).

계수 센서 보드 상단에 2개의 RF 보드를 설치하였다. 환경변화가 심한 산악지형에 적용 가능한 주파수를 테스트한 결과 443 MHz가 가장 적합한 것으로 판단되어 센서 노드는 Chipcon의 CC1010 RF chip을 사용하였다. 계수 시스템의 경우 기상조건의 변화와 관계없이 안정적인 계수가 가능해야 하기 때문에 태양열 전지판을 이용한 충전식 대용량 배터리를 사용하였다. 이는 태양광이 있을 경우에는 태양열 전지를 시스템 전원 및 배터리 충전용으로 사용하고, 태양광이 없는 경우에는 충전지를 사용할 수 있도록 구성하였다. 포토 빔 센서는 오토너스

Table 1. Characteristics of counting sensor board

Category	Characteristics
MPU	- ATmega 128 L 8 MHz - 4 KByte EEPROM - 4 KByte internal SRAM - 8 bit Timer/Counter 2 EA - External 16 bit Timer/Counter 2EA - 8 bit PWM Channels - Active Power DC 2.7~5.5 V
Memory	Internal 128 K Flash Memory, External 512 K Flash Memory
RF Power	10 mW, 0 dBm
Network	IEEE 802.15.4 compatible, Multi-hop Routing, ZigBee

사의 BEN5M-MFR을 사용하였다(Fig. 2, Table 2).

3.3. 네트워크 프로토콜

본 시스템은 산악지역에서 무선통신 거리를 최대한 확보하기 위해 IEEE 802.15.4 표준이 정하고 있는 주파수 대역보다는 전파의 회절성과 국내 주파수 할당 관련 법규를 고려하여 433 MHz로 결정하였다. RF 통신 모듈은 Chipcon의 CC1010 송수신기를 선정하였으며, 443 MHz에서 동작하도록 프로그래밍 하였으며, 기본적으로 GFSK(Gaussian filtered FSK) 변조와 Manchester encoding을 사용하여 구현하였다. 데이터 패킷 구조는 그림 3과 같으며 전체 패킷 길이는 17 Byte로 구성된다(Fig. 3).

3.4. 양방향 탐방객 계수 알고리즘

ATmega128의 외부인터럽트 INT4, 5를 사용하여 두 개의 빔을 연결하고 수신된 신호를 이용하여 양방향 계수를 한다. INT4에서 신호가 먼저 발생하면 들어온 사람을 계수하고, INT5의 신호가 먼저 들어오면 나가는 사람을 계수한다. 계수 지점을 통과하는 피사체를 계수하기 위해서는 포토 빔 센서가 가리고 있는 평행 이동 특성 데이터에 의해서 두 개의 빔 간격은 서로 간섭이 없도록 최소 10 cm를 유지하도록 하였다. 기본적인 양방향 계수의 경우, 신뢰도를 높이기 위해서 인터럽트의 rising edge와 falling edge를 이용하여 피사체가 지나가는 동안 인터럽트 방법을 바꾸어 감지하여 진입하던 피사체가 계수 센서의 특정 인터럽트에 신호를 발생시켰다가 뒤로 물러나는 경우 혹은 인터럽트 두 곳에 신호를 발생시켰다가 물러나는 경우는 계수에서 제외시키도록

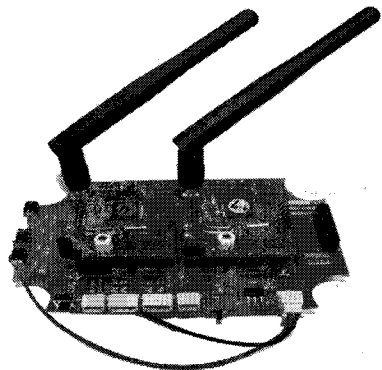


Fig. 2. Developed counting sensor board and RF board.

Table 2. Characteristics of RF board

	Characteristics
RF Module	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Chipcon CC1010</li> <li>- 300~1000 MHz UHF RF Transceiver</li> <li>- Very Low current consumption (9.1 mA in RX)</li> <li>- Programmable output power up to +10 dBm</li> <li>- Data rate up to 76.8 Kbps</li> <li>- Fast PLL setting allowing frequency hopping protocols</li> <li>- RSSI</li> <li>- 8051-Compatible Microcontroller</li> <li>- 32 KB Flash, 2048+128 Byte SRAM</li> <li>- 3 Channel 10 bit ADC</li> <li>- 4 Timer / 2 PWM</li> <li>- 2 UART, RTC, Watchdog</li> <li>- SPI, 26 general I/O pin</li> <li>- In-circuit interactive debugging is supported for the Keil uVision2 IDE through a simple serial interface</li> <li>- 2.7~3.6 V supply voltage</li> <li>- 64-lead TQFP</li> </ul>
Antenna	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Helical ANT : 1500 Meter</li> <li>- Connector type : Male Reversed SMA</li> <li>- Frequency range : 433 MHz</li> <li>- Impedence : 50 Ohms nominal</li> </ul>

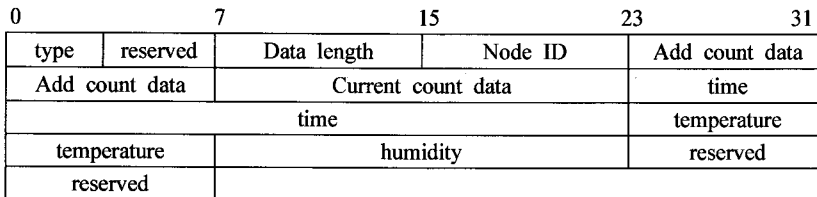


Fig. 3. Packet format.

하여 포토 빔 센서의 계수 신뢰도를 제고할 수 있도록 구성하였다. 따라서 계수 센서가 만약 분기점마다 설치되어 있을 경우 해당 지역 또는 국립공원의 전체 출입 인원 현황, 시공간별 이용량, 그리고 현재 남아있는 인원을 실시간 계수할 수 있도록 하였다.

#### 4. 유비쿼터스 센서 네트워크 기반 탐방객 통행량 계수시스템 검증 결과 및 고찰

##### 4.1. 유비쿼터스 센서네트워크의 데이터 송수신율 검증

국립공원과 같은 산악지형은 지형, 암석, 식생 밀도 등 데이터 송·수신율에 영향을 주는 인자들이 존재하고 있기 때문에 센서네트워크 구축에 한계가

있을 수 있다. 더구나 참조할 만한 산악지형에서 센서 네트워크를 이용한 데이터 수신율 측정자료가 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 계수 데이터의 안정적인 송·수신을 위해 지리산 국립공원을 포함한 주왕산국립공원, 가야산국립공원, 팔공산국립공원에서 443 MHz의 통신 가능 거리와 통신 신뢰성을 검증하였다. 50 m 단위로 통신가능거리를 검증하였으며, 통신 신뢰성을 검증하기 위해 100개의 패킷을 송신하여 수신되는 패킷의 비율로 검증하였다. 그 결과 국립공원과 같은 산악지역에서 LoS(Line of Sight)가 불가능한 지역의 통신가능거리는 100 m 내외임을 확인하였다. 따라서 통신 인프라가 없는 산악지형의 경우에도 센서 노드간의 설치거리를 100 m 내외로 할 경우 안정적인 데이터 송·수신이

**Table 3.** Counting algorithm

```

// INT4, 5의 Rising, Falling edge 설정
#define INT4R5R  EICRB = (1 << ISC41) | (1 << ISC40) | (1 << ISC51) | (1 << ISC50)
... 인터럽트 설정 변경 중략 ...

// 양방향 계수 저장
unsigned long in_cnt = 0;
ungisned long out_cnt = 0;

INT4R5R;
int_flag1 = 0;
int_flag2 = 0;

while(1)
{
    if(int_flag1) // 첫번째 신호가 들어온 경우(진입)
    {
        INT4F5R;
        int_flag1 = 0;
        while(1)
        {
            // 진행 방향과 반대로 나오는 경우 인터럽트 설정을 바꾸어
            // 실제 지나간 사람만을 계수 하도록 한다.
            if(int_flag1)
            {
                INT4R5R; int_flag1 = 0;          break;
            }
            ... 중 략 ...
            if(int_flag2) // 두번째 신호(완전히 지나간 경우)
            {
                in_cnt++;
                INT4R5R; int_flag1 = 0;          int_flag2 = 0;
                break;
            }
        }
    }
    else if(int_flag2)
    {
        // 진입하는 경우와 반대로 동작
    }
}

```

가능한 것으로 판단된다(Fig. 4).

**4.2. 탐방객 통행량 계수시스템의 계수율 검증 및 결과**

본 연구에서는 지리산국립공원 노고단 지역을 대상으로 탐방객 통행량 계수시스템의 계수율을 검증하였다. 지리산 국립공원의 노고단 지역은 연중 탐방이 가능한 코스로 연간 100만 명 가까운 탐방객이 찾고 있어 우리나라 국립공원 내 단일 지역으로는 최대의 탐방객 수를 기록하고 있어 계수기의 계수율 검증에 적합한 장소라고 판단된다.

유비쿼터스 센서네트워크 구축을 위해서 노고단

대피소와 노고단 정상, 그리고 코재에 있는 구조물이나 지형적 특성을 감안하여 RF 안테나를 지상 2~3 m 정도 위에 설치하였다. 왜냐하면, 그림 4의 검증결과를 고려해볼 때, 연구대상지는 개활지와 같은 통신환경으로서 상호간의 LoS(Line of Sight) 확보가 충분히 가능하여 센서 노드를 100 m 간격으로 설치할 필요 없이 직접 통신이 가능하였기 때문이다(Fig. 5).

통행량 계수시스템의 설치 및 검증을 위해서 계수 센서는 개발된 인터페이스 보드에 포토 범 센서를 설치하여 계수를 실행하였다. 게이트웨이는 센서 네트워크와 인터넷 망과 연동시키는 역할을 수

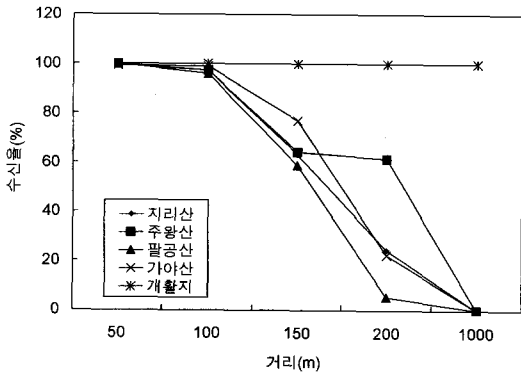


Fig. 4. Results of data send-receive ratio test according to distance.

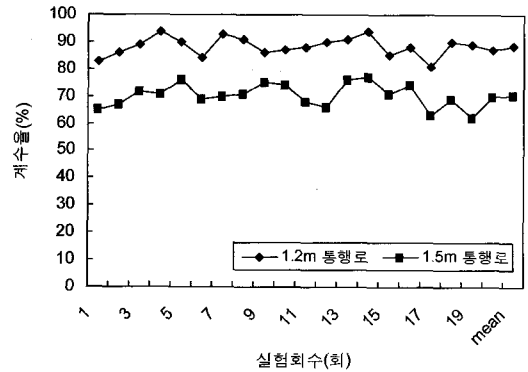


Fig. 6. Results of counting sensor reliability test according to path width.

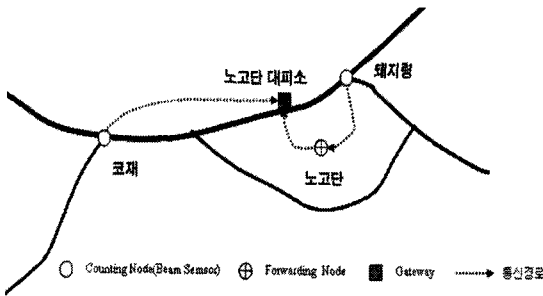


Fig. 5. Counting system composition map.

행한다. 계수 센서는 기본적으로 양방향 계수가 가능하도록 포토 빔 센서 1쌍으로 구성하였으며, 지면으로부터 약 1 m 높이로 고정하여 설치하였으며 탐방로의 폭은 1.2 m이다. 계수 센서를 코재와 돼지령 방향 탐방로에 설치한 이유는 코재는 화엄사에서 노고단으로 유입되는 탐방객을 계수할 수 있는 위치이며, 돼지령 방향 탐방로는 천왕봉에서 유입되는 탐방객 및 노고단에서 천왕봉 방향으로 유입되는 탐방객의 계수가 가능하기 때문이다. 이와 함께, 탐방로 폭의 변화에 따른 계수율의 변화를 파악하기 위하여 노면 폭이 1.5 m인 코재와 천왕봉으로 연결된 노고단 정상부 탐방로에도 같은 조건으로 계수를 하여 계수율을 비교하였다.

탐방객 100명이 지나가는 것을 조사자가 직접 확인한 후 계수기의 계수된 수치와 비교하는 과정을 20회에 걸쳐 반복하였으며, 그 결과는 (Fig. 6)과 같다. 아래 그림의 X축은 실험한 회수를 나타낸 것이

며, X축에 표시된 mean은 계수율의 평균값을 나타낸 것이다. Y축은 계수 센서의 신뢰도인 계수율(%)을 나타낸 것이다. 통행로의 폭이 1.2 m인 경우에는 계수율이 88.3%로 나타났으며, 통행로의 폭이 1.5 m인 경우에는 계수율이 70.3%로 급격하게 낮아짐을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 개발한 포토 빔 센서를 이용한 양방향 계수 센서는 코재와 같은 폭이 좁은 탐방로, 탐방로 분기점, 그리고 실내의 탐방안내소 등에 적용할 경우 매우 효율적임을 알 수 있었다.

### 5. 결 론

본 연구는 유비쿼터스 센서 네트워크 기술을 이용하여 국립공원 탐방객 계수시스템을 개발하는데 그 목적이 있으며, 본 연구에서 개발된 계수 센서는 저전력 프로세서인 ATmega128을 기반으로 개발되었다. 본 연구에서 개발된 계수 센서를 이용하여 통행로 폭을 1.2 m와 1.5 m로 나누어 계수 센서 신뢰도를 검증한 결과 통행로의 폭이 1.2 m인 경우에는 계수율이 88.3%로 나타났으며, 통행로의 폭이 1.5 m인 경우에는 계수율이 70.3%로 급격하게 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 개발된 계수 센서는 코재와 같은 폭이 좁은 탐방로, 탐방로 분기점, 그리고 실내의 탐방안내소 등이 적용 가능성이 높은 것으로 나타났다. 국립공원과 같은 산악지역에서 LoS(Line of Sight)가 불가능한 지역의

통신가능거리는 100 m 정도로 나타나, 통신 인프라가 없는 산악지형의 경우에도 센서 노드간의 설치 거리를 100 m 내외로 할 경우 안정적인 데이터 송·수신이 가능한 것으로 나타났으며, 전파에 방해가 되는 장애요소가 전혀 없는 개활지의 경우 센서 노드간의 거리가 1,000 m 이상 안정적인 데이터 송·수신이 가능한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구 대상지인 성삼재 지역의 경우 RF 안테나의 설치 위치를 지상에서 2~3m 정도 위로 설치할 경우 개활지와 같이 송신 RF와 수신 RF간의 LoS(Line of Sight) 확보가 개활지와 같은 수준으로 증계 센서 노드를 설치하지 않고 직접 통신하도록 네트워크를 구성하였다.

유비쿼터스 센서 네트워크 기술은 인프라가 구축되어 있지 않는 국립공원에서도 네트워크 구축이 가능하여 공원 관리에 필요한 정보 수집의 범위를 확대시킬 수 있다. 탐방로 분기점이나 정상부 또는 이용 집중지에 설치하여 정확한 이용현황의 파악이 가능하여, 국립공원 탐방객 서비스 질의 개선, 시설 및 자원관리 우선 구역결정, 국립공원 정보화 등에 기여가 가능할 것으로 판단된다. 상시적인 전원 공급의 어려움으로 인하여 국립공원 진입부 이외에 탐방객 이용에 관한 장비의 설치가 어려웠으나, 배터리에 의해 구동이 가능한 저전력 하드웨어의 개발과 센서 네트워크 기술의 결합으로 가능하게 되었다. 또한 안정적이고 상시적인 전력 공급을 위해서 태양열 에너지의 이용이 가능하여 친환경성이 높다. 어려웠던 탐방로 분기점이나 이용 빈도가 높은 지역에 적용이 가능한 장점이 있다. 다만, 포토빔 센서를 이용한 계수 센서의 경우 센서의 특성상 계수지점의 통행로 폭이 계수에 영향을 줄 수밖에 없기 때문에, 계수의 효율성을 극대화하기 위해서는 통행로의 폭이 좁아 통행량이 적은 곳에 활용하는 것이 바람직하며, 통행로의 폭이 넓고 이용량이 많은 경우 바닥에 매설하는 Mat 형태의 센서가 더욱 용이하다.

### 감사의 글

이 논문 또는 저서는 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아

수행된 연구임"(KRF-2006-521-D00628)

### 참고 문헌

- 1) 심규원, 이주희, 2007, Ubiquitous Sensor Network 기반 산악조난구조시스템 구현에 관한 연구, 한국임학회지, 96(1), 70-76.
- 2) 이주희, 배민기, 2007, 국립공원 입장료 폐지에 따른 국립공원 관리정책 수립 방안, 한국임학회지 96(1), 96-106
- 3) Akyildiz I., Su W., Sankarasubramanian Y., Cayirci E., 2002, A Survey on Sensor Networks, IEEE Communications Magazine, 40(8), 102-114.
- 4) Bahl P., Padmanabhan V., 2000, RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System, In Proc. of INFOCOM, 775-784.
- 5) Masoud O., Papanikolopoulos N. P., 2001, A novel method for tracking and counting pedestrians in real-time using a single camera, IEEE Trans. on Vehicular Tech. 50, 1267-1278.
- 6) Rossi M., Bozzoli A., 1994, Tracking and counting moving people, IEEE Proc. of Int. Conf. Image Processing. 3, 212-216.
- 7) Singh S., Woo M., Raghavendra C., 1993, Power-aware Routing in Mobile Ad Hoc Networks. In Proc. of MOBICOM, 181-190.
- 8) Segen J., Pingali S., 1996, A camera-based system for tracking people in real time, IEEE Proc. Of Int. Conf. Pattern Recognition, 3, 63-67.
- 9) Terada K., Yoshida D., Oe S., Yamaguchi J., 1999, A counting method of the number of passing people using a stereo camera, IEEE Proc. of Industrial Electronics Conf., 3, 1318-1323.
- 10) Toh C-K. 2002, Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Protocols and Systems, USA : Prentice Hall PTR, 10-102pp.
- 11) <http://cache.national.com/ds/LP/LP2981.pdf>
- 12) <http://datasheets.maxim-ic.com/en/ds/MAX1674-MAX1676.pdf>
- 13) [http://ib.berkeley.edu/labs/dawson/research\\_redwood.php](http://ib.berkeley.edu/labs/dawson/research_redwood.php)
- 14) <http://www.greatduckisland.net/>
- 15) <http://www.visit.fi>
- 16) [http://www.atmel.com/dyn/resources/prod\\_documents/doc2467.pdf](http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc2467.pdf)
- 17) [http://www.chipcon.com/files/CC1010\\_Data\\_Sheet\\_1\\_3.pdf](http://www.chipcon.com/files/CC1010_Data_Sheet_1_3.pdf)