

논문 2011-06-11

이미지 및 USN 기반 원격 적설량 측정 시스템

(An Image-Based Remote Snow Height Measurement System using a USN)

이 형 봉, 문 정 호, 정 태 윤*

(Hyung-Bong Lee, Jung-Ho Moon, Tae-Yun Chung)

Abstract : In conventional methods for measuring snow height, a graduated pole is installed on ground in an area of interest and the snow height is manually read from the pole. Recently, automated snow height measurement systems have been introduced to improve the conventional methods. The automated measurement systems, however, are quite expensive since they use the reflection of ultrasonic waves or laser beams. In addition, it is not easy to move the location of the automated measure systems. This paper proposes a snow height measurement system equipped with image sensors and wireless communication capability via a USN and the Internet. The proposed system has a resolution of 5 cm and easy to deploy without difficulties, which can be usefully used to monitor unforeseen local snowfalls.

Keywords : Snow height, Image-based measurement, USN, VSNP

1. 서 론

인간 생활과 매우 밀접한 관계에 있는 자연환경 가운데 하나가 날씨이다. 날씨는 일반인의 단순 야와 활동은 물론 농업, 토목 등 거의 모든 인간의 경제 활동에 직·간접적인 영향을 미친다. 날씨 중에서도 인간의 안전과 사회생활, 그리고 경제 활동에 직접적인 영향을 미치는 것이 강우량, 강설량, 적설량이다. 강우량 (amount of rainfall)은 일정 지역에 일정 기간 동안 내린 빗물의 누적 양이고, 강설량 (amount of snowfall)은 일정 지역에 일정 기간 동안 내린 눈을 녹인 물의 누적 양을 말하며, 적설량 (amount of snow cover)는 관측 지역의 1/2 이상이 눈으로 덮인 상태에서 관측 지점에 현재 쌓여 있는 눈의 깊이(cm)를 말한다 [1,2].

강우량·강설량·적설량은 모두 기본적으로 특정 지점에서의 관측치를 의미할 뿐이므로, 지역을 포괄적으로 대표하지는 못한다. 따라서 어느 특정

지역을 대표하는 관측치는 여러 곳에서 수집된 데이터들로부터 최대, 최저, 평균 값 등을 얻어 사용해야 하는데, 이 때 관측 지점의 수가 많을수록 보다 풍부하고 정확한 결과를 얻을 수 있음은 자명하다. 또한 날씨 변화로 인한 갑작스런 국지성 폭우·폭설이 잦은 환경에서는 측정 장치의 신속한 이동 설치와 원격 자동 측정 및 수집이 피해 예방 및 절감에 큰 도움이 될 수 있다.

강우량이나 강설량은 물의 부력에 반응하는 부표를 이용하여 측정하는데 원리가 간단하므로 자동 측정 장치 또한 비교적 쉽게 만들 수 있다. 이에 비해 적설량은 초음파나 레이저 빔 등의 반사파를 이용하여 눈에 덮힌 깊이를 측정해야 하기 때문에, 비교적 가격이 비싸고 또한 이동이 어려워 많은 보급이 쉽지 않다. 이런 단점을 보완할 목적으로 이 논문에서는 소규모 마을 단위의 폭설 감시 및 경보 장치로 활용 가능한 USN 기반의 보급형 자동 적설량 측정 장치를 제안한다. 이 장치는 USN으로 연결된 이미지 센서를 이용하며 5 cm 정도의 측정 분해능을 가지고 있다. II 장에서 적설량 측정 방법 및 활용 가능한 USN들을 살펴보고, III 장에서 USN 및 이미지 센서를 활용한 적설량 측정 시스템을 제안한다. 그리고 IV 장에서 시스템의 구현 및 효용성 실험 결과를 제시하고, 마지막 V 장에서 결

* 교신저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2011. 01. 13., 수정일: 2011. 02. 22.,

채택확정 : 2011. 03. 07.

정태윤, 문정호 : 강릉원주대학교 전자공학과

이형봉 : 강릉원주대학교 컴퓨터공학과

론으로 본 논문을 맺는다.

II. 관련 연구

1. 적설량 측정 장치 및 센서

1.1 전통적인 방법

적설량 측정을 위한 전통적인 방법은 그림 1과 같이 관측 장소에 적설판을 설치하고, 그 위에 쌓인 눈의 높이를 자로 실측하는 방식이다. 적설판은 가로 세로 각각 50cm인 백색 판으로 두께는 10~30mm의 규격으로 제작된다 [1].

눈이 많이 쌓이는 지점에는 그림 2와 같이 cm 눈금이 새겨진 나무 기둥 즉, 설척(雪尺)을 연직으로 세우고 눈금의 0을 지면에 일치시킨 후, 관측자가 직접 방문하여 눈금을 읽는 방식을 사용한다 [3].

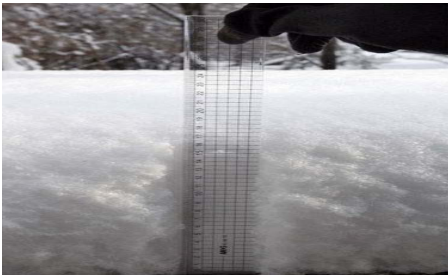


그림 1. 적설판

Fig. 1. Snow measuring plate



그림 2. 설척(雪尺)

Fig. 2. Ruler for snow cover

이 보다 개선된 방법으로 평형 우설량계 (balance for measuring amount of precipitation)가 있는데, 이는 눈이나 싸라기, 우박 등을 녹이지 않고 이들의 무게(질량)를 곧바로 높이로 환산하기 위한 저울로서, 특히 눈과 비가 섞여 내릴 때 편리하다. 이 측정기의 구조는 그림 3과 같이 일반적인 접시형 저울과 같다 [1].



그림 3. 평형 우설량계

Fig. 3. Balance for measuring amount of precipitation

1.2 자동화된 방법

현재 일반적으로 호칭되는 자동화된 방법으로 그림 4에 보인 적설 심도계(depth-of-snow-cover meter)가 있는데, 이 장치는 초음파를 발사한 다음, 쌓인 눈에 부딪혀 반사파가 되돌아오기까지의 시간을 거리로 환산하여 눈의 높이를 측정한다 [1,4,5]. 적설 심도계의 가장 큰 장점은 전화선(dial-up line)을 통해서 원격으로 실시간 측정이 가능하다는 데 있다.



그림 4. 적설 심도계

Fig. 4. Depth-of-snow-cover meter



그림 5. 레이저 적설 센서

Fig. 5. Laser snow depth sensor

최근에는 적설 심도계의 또 다른 유형으로 그림

5와 같이 레이저 빔을 이용하는 측정 장치들이 등장하고 있는데 [6,7], 그 방법은 초음파의 반사파를 이용하는 원리와 동일하다. 초음파의 경우 주위 온도차에 의한 음파 속도 보정이 필요하지만 레이저 빔은 주위 환경에 의한 영향이 적어 더욱 정밀한 거리측정이 가능하다는 장점을 갖는다. 그러나 이들 모두 전력 소모가 많고, 고가이며, 설치 및 이동이 쉽지 않다는 근원적인 단점을 가지고 있다.

1.3 영상 기반 방법

영상 적설 심도계는 눈이 쌓인 상태로 촬영된 영상을 목측 관측 기법을 적용하여 분석하는 방법으로, 주로 다른 적설 심도계의 측정 결과와 비교하여 상호 보완 혹은 보정 수단으로 사용된다 [1,8].

2. USN (Ubiquitous Sensor Network)

USN은 저 전력을 소모하는 무선 통신을 통하여 다수의 센서들이 연결된 비정형(Ad-Hoc) 무선 네트워크로서, 인터넷으로 대변되는 기간망과 대비되는 네트워크를 말한다 [9]. USN은 시간과 장소에 구애받지 않고 스스로 네트워크를 형성하기 때문에 환경이 열악한 야외에서의 활용 가능성이 높다. 표준화된 USN 프로토콜로는 WLAN, Bluetooth, ZigBee 등을 들 수 있다.

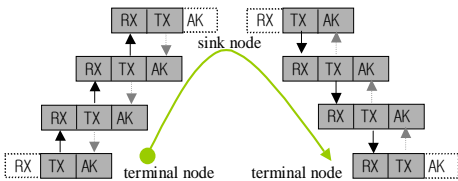


그림 6. BiWSLP 개념
Fig. 6. Concept of BiWSLP

흔히 무선랜으로 불리는 WLAN [10]은 주로 기

간망의 일부분으로 활용되기 때문에 USN의 본래 취지에는 부합되지 않는다. Bluetooth [11]는 10~20m 거리의 좁은 영역에서 최대 8개까지의 이동 단말기들 사이의 통신을 지원한다. USN의 개념에 가장 충실한 프로토콜로 ZigBee [12]를 들 수 있는데, 효과적인 데이터 수집에 가장 큰 중점을 두고 있다. 이러한 세 가지 프로토콜들은 모두 성형 토폴로지(start topology)를 근간으로 하기 때문에 멀티홉 통신 요구되는 넓은 야외에서의 적용은 쉽지 않다.

BiWSLP [13, 14]는 TSFP [15]를 기반으로 광활한 야외 지역에서 센서들의 선형 연결 및 효과적인 양방향 통신을 목표로 제안되었다. BiWSLP는 그림 6과 같이 모든 센서 노드들이 자신에게 할당된 타임슬롯 기간 동안 데이터 수신(RX), 전달 혹은 전송(TX), 그리고 확인(AK)을 담당함으로써 전체적으로 상·하향 가상 링크를 슈퍼프레임 주기로 반복적으로 형성하도록 한다.

VSNP [16]는 BiWSLP의 응답 지연을 보완하기 위하여 그림 7과 같이 하향 가상 링크를 먼저 형성하도록 개선하였다. 즉, BiWSLP에서는 하향 링크에서의 명령어 전송 후 응답이 다음 슈퍼프레임의 상향 링크에서 이루어지지만, VSNP에서는 동일 슈퍼프레임의 상향 링크에서 이루어질 수 있다.

본 논문의 적설량 측정 장치에서는 VSNP를 구현하여 적용하였다.

III. 이미지 및 USN 기반 적설량 측정 시스템

1. 이미지 기반 설척 측정

계기판이나 각종 표시창에 나타난 수치를 이미지로 캡처하여 패턴(숫자) 인식 처리 과정을 거쳐

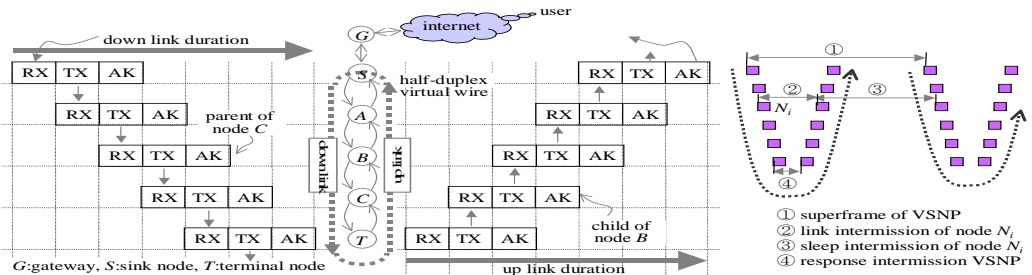


그림 7. VSNP 개념
Fig. 7. Concept of VSNP

측정값을 얻는 방법은 이미 널리 알려져 있고, 자동차 번호 식별 장치가 그 대표적인 예에 속한다.

그러나, 눈과 바람의 영향으로 적설량을 표시하는 설척의 눈금 숫자를 명확하게 캡처하는 일은 거의 불가능에 가깝다. 본 연구에서는 명확한 이미지 캡처가 요구되는 숫자 인식 방법 보다는, 특정 부위에 대한 on/off를 판단하는 방법을 적용하여 이미지 처리 부담을 줄이고, 정확도를 제고하였다.

1.1 바(bar) 타입 눈금 설척

일반적으로 사용되는 막대 설척 대신 본 연구에서는 그림 8과 같이 바 타입의 눈금이 새겨진 판넬 설척을 도입하였다. 설척 제작시 고려되어야할 조정인자 항목은 다음과 같다.

- n_Bar : 설척에 표시할 바의 총 수
- h_Bar : 바의 두께(높이)
- w_Bar : 바의 너비(길이)
- g_Bar : 바 사이의 간격

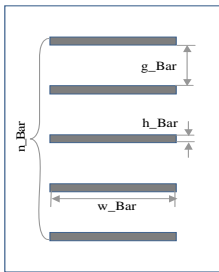


그림 8. 바 타입 눈금의 판넬 형 설척

Fig. 8. Panel ruler for snow cover scaled by bars

예를 들어 최대 50cm까지의 적설량을 5cm 단위로 측정하고자 할 때, n_Bar는 10으로 결정되고, 캡처된 이미지의 분해능에 따라 h_Bar+g_Bar의 값은 5cm로, 그리고 w_Bar는 판넬의 물리적 크기까지 함께 고려하여 적절한 값으로 설정한다.

1.2 설척 이미지 캡처

그림 8의 설척에 대한 이미지를 적절한 분해능으로 캡처 한 후, 그 이미지로부터 쌓인 눈에 의해 가려지고 남은 바의 수를 카운트하면 설척에 설정된 눈금 단위의 적설량 측정이 가능하다. 이를테면 그림 8의 설척에서 바 눈금 간격이 5cm이고, 아래쪽 두 개의 바가 촬영된 이미지에 나타나지 않으면 현재의 적설량을 10~15cm 정도로 판단할 수 있는

데, 이는 어느 정도 이상의 눈이 쌓였을 때 경보를 발령하고자 하는 상황에 적합하다.



그림 9. 설척 이미지

Fig. 9. Captured image of a ruler for snow cover

그림 9는 640 ×480를 지원하는 이미지 센서를 이용하여 5cm 단위의 바 눈금 10개가 있는 설척 모형을 80cm 거리에서 촬영한 모습이다. 이 그림에 사용된 설척의 바 눈금은 실험을 위해 인위적으로 약간 왜곡된 모습으로 제작되었다.

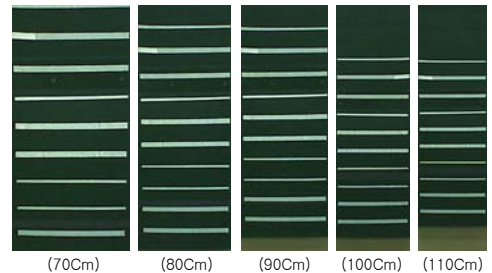


그림 10. 거리에 따른 설척 이미지의 변화

Fig. 10. Captured images of a ruler for snow cover with various distance

적절한 분해능을 가진 이미지를 얻기 위한 중요한 요소로 이미지 센서와 설척간의 거리 및 높이를 들 수 있다. 거리가 너무 멀어지면 분해능이 낮아지고, 너무 가까우면 설척의 전체 모습을 한 화면에 담지 못한다. 그림 10에 그림 9의 설척을 다양한 거리에서 촬영한 모습을 보였다.

이미지 센서의 높이는 설척 이미지의 왜곡에 더욱 민감한 영향을 미친다. 그림 11에서 보는 바와 같이 센서의 높이가 중심점(약 25cm)보다 낮으면 바 사이의 간격과 바의 길이가 아래쪽으로 갈수록 넓어지고, 중심점보다 높으면 아래 아래쪽으로 갈수록

록 좁아진다. 왜곡이 적은 영상을 얻기 위해서는 이미지 센서를 상·좌·우 중심점에 설치하는 것이 최선이지만, 적설량 측정을 위해서는 이미지 센서의 높이가 설적의 최대 높이 이상이 되어야 한다.

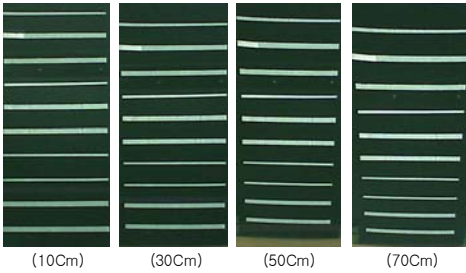


그림 11. 높이에 따른 설적 이미지의 변화
Fig. 11. Captured images of a ruler for snow cover with various height

1.3 이미지 처리(적설량 측정) 방법

바 눈금이 쌓인 눈에 가려진 상태를 off, 가려지지 않은 상태를 on으로 정의했을 때, 바 눈금들에 대한 on/off를 판별하면 그 결과가 곧 적설량에 대한 측정값이 된다. 본 연구에서는 8bit 프로세서의 연산 능력 및 에너지 소모를 고려하여 아래의 바 눈금 on/off 판별 방법을 도입하였다.

- 적절한 분해능을 얻을 수 있는 이미지 센서의 위치 즉, 거리와 높이를 결정하고, 이미지 센서를 고정시킨다.
- 촬영된 이미지로부터 바의 설적 전체의 바탕과 바들의 영역 좌표를 설정하고, 이미지 센서의 위치가 변하지 않는 한 이 좌표를 고정적으로 사용한다.
- RGB 비트맵 형식으로 촬영된 영상으로부터, 설적 이미지에 포함된 부분의 화소들을 아래의 일반적인 변환식 [17]을 이용하여 명암도(luminance)로 변환한다.

$$Y = 0.299R + 0.587G + 0.114B.$$

- 각 바 영역에 대한 명암 히스토그램과 평균 명암도를 계산한다.
- 바 i 영역의 명암 히스토그램이 평균 명암 주위에 집중적으로 분포하면 bar i 는 off인 것으로 판단한다. 이 논리는 쌓인 눈에 가려진 바 영역에 위치하는 화소들의 명암은 거의 유사하다는 사실에 근거하고 있다.

1.4 좌표 설정 프로시저

설적 이미지를 기반으로 바 영역에 대한 모든 좌표를 하나씩 수작업으로 결정할 수도 있지만 이는 매우 번거로운 일이므로, 최소한의 좌표 설정으로 필요한 모든 좌표를 얻을 수 있는 방안이 필요하다. 왜곡이 거의 없는 영상에서는 그림 8의 4개 기본 인수만 주어지면 충분하다.

본 연구에서는 이미지 센서를 설적의 중간 위에 설치했는데, 그림 11의 70cm 경우에서 보는 바와 같이 아래쪽으로 갈수록 바 사이의 간격이 좁아지는 비율이 거의 일정하다는 점에 착안하여, 그림 12에 보인 5개의 인수를 사용하여 바탕과 모든 바 영역의 좌표를 설정하는 그림 13의 프로시저를 고안하였다. 이 프로시저에서 s_Gap과 e_Gap은 바 사이의 거리가 좁아지는 속도(비율) 결정에 사용된다.

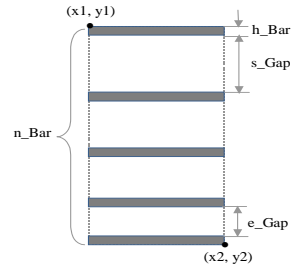


그림 12. 바 좌표 설정을 위한 인수
Fig. 12. Parameters for coordinates of bars

```

T_row = y2 - y1 + 1; // total number of rows in pixel
N_gap = n_Bar - 1; // number of gaps
I_gap = (e_Gap - s_Gap) / N_gap; // increment of gaps in rows
S_gap = (T_row - N_gap * (N_gap - 1) / 2 * I_gap; // number of rows of first gap
Bar[0] = y1; // coordinates of first bar in y-axis
for each bar_i, 0 < i < n_Bar
begin
Bar[i] = Bar[i - 1] + h_Bar + S_gap;
S_gap = S_gap + I_gap; // number of rows of next gap
end
    
```

그림 13. 바의 Y-좌표 설정 프로시저
Fig. 13. Procedure for Y-axis coordinate of bars

2. 실시간 원격 적설량 자동 측정

중앙 관제 센터로부터 야외에 설치된 장치에 지시하여 적설량을 원격으로 측정하기 위해서는, 측정 명령을 전달하고 이에 대한 응답을 회송할 수 있는 양방향 통신 신호가 필요하다. 본 연구에서는, 그림

14에 보인 바와 같이 인터넷에 닿아 있는 지점 즉, 게이트웨이에서부터 여러 노드들이 무선 통신으로 양방향 통신 선로를 형성하는 멀티홉 USN을 이루는 VSNP를 구현하여 서버의 관리자가 임의의 이미지 센서 노드와 대화할 수 있도록 하였다.

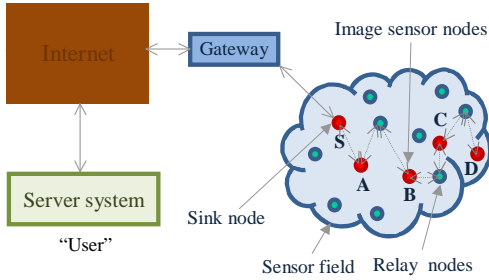


그림 14. 원격 측정을 위한 통신 경로 구조
Fig. 14. Communication path structure for remote measuring

IV. 적설량 측정 시스템 구현 및 실험

1. 노드 · 게이트웨이 하드웨어

본 연구에 사용된 게이트웨이와 센서 노드(MCU, 이미지 센서, RF 트랜시버)의 사양을 각각 표1, 표2에 보였고, 그림 15, 16은 그들의 실제 모습이다.

표 1. 게이트웨이 사양

Table 1. Specification of gateway

Items	Specifications
M C U	S3C2440(ARM9, 400MHz)
메 모 리	Flash 64M, RAM 64M
운 영 체 제	Linux kernel 2.4.xxx
전 원	DC 5V(battery) or AC 220V
인 터 넷 통신	Wireless LAN or Ethernet
노 드 통신	UART 115.2Kbps



그림 15. 게이트웨이 모습
Fig. 15. Picture of gateway

특히, 그림 16은 이미지 센서가 MCU 보드 후면 GPIO 슬롯에 쪽 보드 형태로 부착되어 있고, RF 트랜시버는 MCU 보드 전면에 부착된 모습을 보이고 있다.

표 2. 노드 및 이미지 센서 사양

Table 2. Specifications of node and image sensor

항 목	사 양 (모 델)	
M C U	모 델	Atmega2560(7.3728 MHz)
	타 입	8-bit microcontroller
	플 래 시	256KB(Boot: 4KB)
	내부 RAM	8KB
	외부 RAM	128KB
R F	소 모 전 력	active mode:8mA, sleep mode:15uA
	프 로 세 서	CC1100(800~928MHz, 250Kbps)
	안 테 나	1/2λ dipole
	출 력	10dbm
이 미 지 센서	Pixel Plus PO5030(640x480, 1/6.2" VGA Single Chip CMOS)	
전 원	lithium AA batteries(3.6V)	

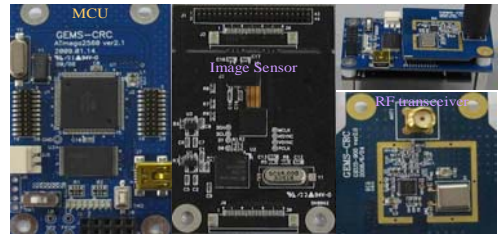


그림 16. 노드와 이미지 센서 모습

Fig. 16. Pictures node and image sensor

2. VSNP 소프트웨어

2.1 타임 슬롯 설정

그림 7의 VSNP에서 각 노드는 세 개의 연속된 기본 타임 슬롯 동안 깨어나 송신(RX), 전송(TX), 확인(AK)을 마치고 휴면상태로 들어가는 과정을 되풀이한다. 본 연구에서는 노드간의 타임 동기화를 위해 Atmega2560 MCU [18]의 0.9216MHz 타이머를 사용했는데, RF 트랜시버 CC1100 [19]의 64 바이트 RF 프레임 전송시간, MCU의 프레임 처리 시간 및 인터럽트 지연시간, 타이머 오차 등을 고려하여 기본 타임 슬롯 Tunit의 크기를 그림 17과 같이 설정하였다. 이 그림에서 Tguard1과 Tguard2는 오차를 고려한 완충시간, Tsfed는 프레임 송수신시 발생하는 SFD(Start of Frame Delimiter) 인터럽트의 지연시간, Tfr은 RF 프레임 송·수신 시간,

T_{dp}는 데이터(프레임) 처리시간을 의미한다.

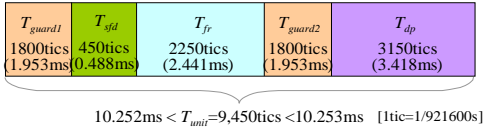


그림 17. VSNP 타임 슬롯 설정

Fig. 17. Configuration of VSNP time slot

2.2 패킷 포맷

그림 18에 VSNP 구현에서 도입한 패킷의 포맷을 보였고, 주요 패킷 id는 표 3과 같다.

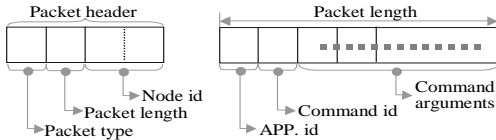


그림 18. VSNP 패킷 포맷

Fig. 18. Format of VSNP packet

표 3. VSNP 패킷 타입

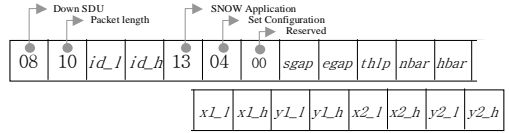
Table 3. Types of VSNP packet

패킷 타입		할당 id	
PDU (Protocol Data Unit)	Up	Emergent	0x05, 0x15, 0x25, ...
		Normal	0x0D, 0x1D, 0x2D, ...
	Down	Emergent	0x01, 0x11, 0x21, ...
		Normal	0x09, 0x19, 0x29, ...
SDU (Service Data Unit)	Up	Synchronous	0x04, 0x14, 0x24, ...
		Asynchronous	0x0c, 0x1c, 0x2c, ...
	Down	Synchronous	0x08, 0x18, 0x28, ...
		Asynchronous	0x00, 0x10, 0x20, ...
Event	Up	0x07, 0x17, 0x27, ...	
	Down	0x03, 0x13, 0x23, ...	

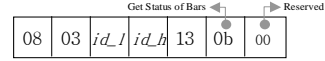
2.3 적설량 측정 어플리케이션 명령어

적설량 측정에 필요한 어플리케이션 명령어로, 그림 12의 여섯 가지 인수 설정과 설정된 인수를 바탕으로 설적을 촬영하여 바 눈금의 on/off를 응답하도록 하는 등의 두 가지 유형이 필요하다. 본 연구에서는 여섯 가지 기본 인수 외에, on/off를 판별할 때 적용되는 바탕 영역과 바 영역 간의 그레이 레벨 차의 유효성 판단 기준 비율 즉, 임계 비율을 인수에 추가하였다.

적설량 측정 어플리케이션 명령은 표 3에서 synchronous down SDU(0x08)에 해당되고, 이에 바탕을 둔 인수 설정 및 적설량 측정 명령어를 그림 19에 보였다.



(a) 인수 설정 명령 포맷



(b) 적설량 측정 명령 포맷

그림 19. 적설량 어플리케이션 명령 포맷

Fig. 19. Format of commands for snow application

2.4 개발 환경

노드 프로그래밍 즉, VSNP 소프트웨어는 WinAVR gcc 컴파일러 [20]를 사용하였고, 개발도구로는 AVR Studio 4 [20]를 사용하였다. 또한, 소프트웨어 구조는 별도의 운영체제를 사용하지 않고 주로 타이머 및 SFD 이벤트(인터럽트)를 처리하는 장치 구동기(펌웨어) 형태로 구성하였다. 적설량 측정 어플리케이션을 포함하는 VSNP의 코드와 데이터 사이즈는 각각 100KB와 6KB 정도다.

3. 적설량 측정 시스템 기구

본 연구에서 제안한 이미지 기반 적설량 측정 시스템에서는 설치된 설척과 이미지 센서가 상대적으로 움직이지 않고 고정되어야 한다.



그림 20. 적설량 측정 시스템 기구 모습

Fig. 20. Photo of snow height measurement system

즉, 이미지 센서의 위치나 각도가 변하면 이에 따라 촬영된 설척 이미지의 좌표 또한 변화하므로 정확한 측정이 불가능하다. 이를 극복하기 위해 본 연구에서는 그림 20과 같이, 이미지 센서와 RF 트랜시버가 부착된 센서 노드를 일반 CCTV용 케이

스에 패키징하고, 이를 설착이 설치된 프레임에 일체형으로 거치함으로써, 설착에 대한 이미지 센서의 상대적 위치가 고정될 수 있도록 하였다.

특히, 설착의 바 눈금에는 적색 LED를 부착하여 영상 촬영시 야간에도 바탕 영역과 바 영역의 색깔이 식별될 수 있도록 하였다.

4. 적설량 측정 시스템 실험

4.1 실험 환경

제안된 시스템의 기본 기능 실험을 위하여 7 개의 노드로 구성된 그림 14의 USN을 그림 21과 같이 실험실에 구축하고, 이중 id 0x00a1인 맨 마지막 노드Ia1에 이미지 센서와 설착을 부착하였다.

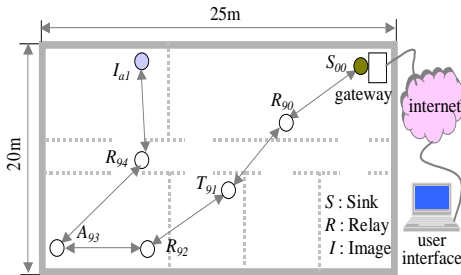


그림 21. 실험 환경

Fig. 21. Experimental environment

4.2 인수(좌표) 설정과 측정 명령 기능

그림 21의 환경에서 얻어진 그림 9의 설착 이미지에 대한 설착 좌표 설정과 측정 명령을 서버 콘솔에서 실행하는 화면을 그림 22에 보였는데, 명령어 전송 및 응답이 대화적으로 이루어지고 있음을 확인할 수 있다.

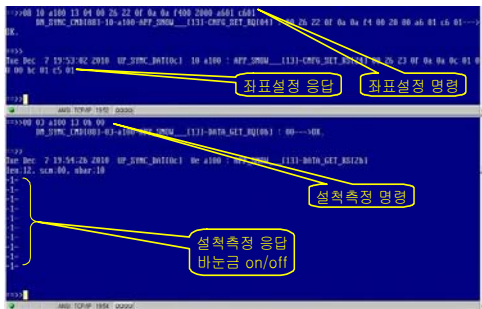


그림 22. 대화적 명령어 실행 화면

Fig. 22. Snapshot of interactive monitoring screen

4.3 측정 알고리즘의 정확성

그림 23은, 인위적으로 설착의 바 눈금에 몇 가지 형태의 장애물을 거치하고, “평균 명암을 중심으로 +/- 5 이내의 누적 히스토그램이 해당 바의 전체 화소 수의 70% 이상을 넘는가”를 on/off 기준으로 했을 때의 측정 결과를 보이고 있다. 이로부터 다음과 같이 예측된 사실들을 검증할 수 있다.

- 바가 완전히 가려지면 off로 판단한다(그림 23의 (a), (b), (c)에서 ⑧번 바 눈금 참조).
- 바 이미지 두께가 얇더라도 길이가 길면 on으로 판단한다(그림 23의 (b)와 (c)에서 ⑨번 바 눈금 참조).
- 바 이미지 길이가 짧더라도 두께가 두꺼우면 on으로 판단한다(그림 23의 (e)에서 ⑤와 ⑥번 바 눈금 참조).

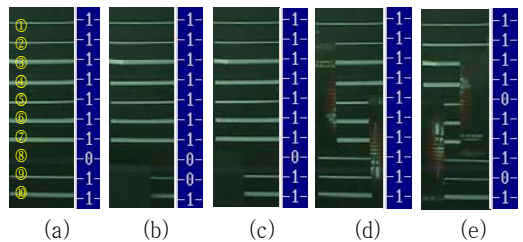


그림 23. 설착눈금의 왜곡 현상 예

Fig. 23. Examples of distorted bars

4.4 저온에서의 동작 안정성

그림 16에 보인 센서 노드의 혹한기 동작 안정성을 시험하기 위해 냉장고의 냉동실(-10°C ~ -18°C)과 냉장실(0°C ~ 5°C) 두 곳을 이용하여 24시간 동안 10분 간격으로 이미지 캡처 및 전송을 각각 144회, 총 288회를 시도한 결과 실패한 경우는 발견되지 않았다.

5. 구현 시스템의 현장 설치

본 연구에서 제안된 시스템은 국내 통신사 KT의 농어촌 BcN 망 보급 사업 [22]의 일환으로 연천, 가평, 보은, 상주의 마을 회관 옥상에 설치되어 현재 가동 중에 있는데, 이들 시스템들은 모두 태양광 발전(80watt solar panel, 60Ah battery)을 전원으로 사용하고 있다. 그림 24는 그림 23에 사용된 동일한 on/off 기준으로, 보은 설치 시스템에서 눈이 쌓이는 과정에 대한 측정 단계에서 시간대별로 얻어진 다양한 설착 이미지 모습이며, 이런 정도의 분해능을 가진 이미지는 본 연구에서 제시한

on/off 판별 알고리즘으로 100% 정확한 결과를 얻을 수 있다.

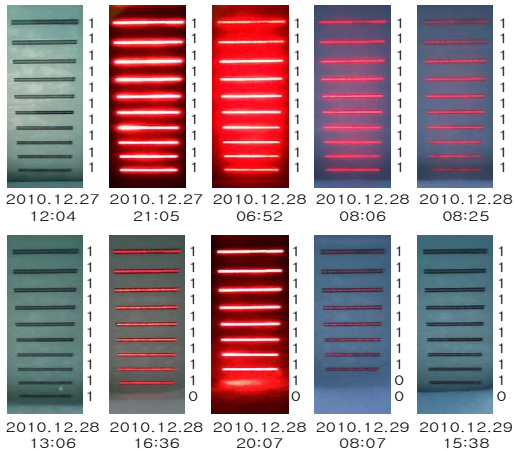


그림 24. 현장 설치 시스템의 측정 모습

Fig. 24. Photos of measuring process of the deployed system

V. 결 론

지구 온난화에 따라 장기 예측이 어려운 국지성 폭설이 일반화되고 있는 요즘, 가격이 저렴하고 설치 및 이동이 용이한 원격 적설량 측정 장치를 보급하여 폭설현황을 실시간으로 감시하고 경보를 발령할 수 있다면 농어촌 시설물 피해 절감은 물론 인명 피해 예방에도 크게 기여할 수 있을 것이다. 본 연구에서는 위의 목적에 적합한 이미지 및 USN 기반 원격 적설량 측정 장치를 구현하고 그 기능을 검증하였다. 이번에 제안된 시스템의 측정 단위는 5cm로 주로 폭설 감시 및 경보용으로 활용될 예정이다. 눈보라나 기타 부유물로부터 보호될 수 있는 설척 기구를 고안하면 동일한 이미지 기반 방법으로 1cm 단위의 측정까지 가능할 것으로 판단된다. 향후 계속되는 연구에서 개발될 새로운 설척을 기반으로 보다 정교한 적설량 측정 시스템의 보급을 기대한다.

참고문헌

[1] 기상청 기상백과, <http://web.kma.go.kr/communication/encyclopedia/list.jsp>

- [2] NAVER 백과사전, <http://100.naver.com/index.htm>
- [3] 두산 백과사전, http://www.encyber.com/search_w/ctdetail.php?masterno=829913&contentno=829913
- [4] Youngjun TNC, <http://www.weatherlife.co.kr/meteorological/newpro.htm>
- [5] Campbell Scientific, <http://www.campbellsci.com/sr50a>
- [6] JENOPTIC, http://www.jenoptic-los.com/data/downloads/679/SHIM_30_en.pdf
- [7] Miracle Ind. Co., http://www.solarmaker.com/products_road.php
- [8] 김경봉, <http://www.blog.daum.net/gkdnjs/2237/16193492>
- [9] I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless sensor networks: a survey", *Computer Networks*, Vol.38. Issue 4, pp. 393-422, Mar. 2002.
- [10] IEEE Computer Society, "Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications", ANSI /IEEE Std. 802.11-2007, June. 2007.
- [11] Bluetooth SIG, "Specification of the bluetooth system", Core, Version 1.2, Nov. 2003.
- [12] ZigBee Alliance, "ZigBee specification", Document 053474r17, Jan. 2008.
- [13] T. Y. Chung, H. S. Chung, H. B. Lee, L. J. Park, J. H. Moon, "Implementation of a remote fire monitoring system based on bidirectional USN", *Journal of IEMEK*, Vol.2, Number 2, pp. 107-115, June. 2007.
- [14] H. B. Lee, L. J. Park, J. H. Moon, T. Y. Chung, "Design and implementation of a TDMA-based bidirectional linear wireless sensor network", *Journal of KIISE : Computing Practices and Letters*, Vol.14, Number 4, pp. 341-351, June. 2008.
- [15] D. S. Kim, S. Y. Lee, K. H. Won, D. J. Chung, and J. H. Kim, "Time-synchronized forwarding protocol for remote Control of home appliances based on wireless sensor network", *IEEE Transactions Consumer Electronics*, Vol.53, Number 4, pp.1427-1433, Nov. 2007.
- [16] H. B. Lee, L. J. Park, S. W. Park, T. Y.

Chung, and J. H. Moon, "Interactive remote control of legacy home appliances through a virtually wired sensor network", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.56, Issue 4, pp. 2241-2248, Nov. 2010.

- [17] 강동중, 하종은, Visual C++을 이용한 디지털 영상처리, pp. 315-316, SciTech 출판사, 2003.
- [18] Atmel Corporation, 8-bit AVR Microcontroller with 64K/128K/256K Bytes In system Programmable Flash(Data Sheet), April. 2006.
- [19] Texas Instruments Corporation, CC1100 Single Chip Low Cost Low Power RF Transceiver(Data Sheet Rev. 1.1), June. 2006.
- [20] E. B. Weddington, "WinAVR user manual", <http://dybkowski.net/download/winavr-user-manual.html> (<http://winavr.sourceforge.net>), Jan. 2010.
- [21] Atmel Corporation, "AVR Studio 4", http://atmel.com/dyn/products/tools_card.asp?tool_id=27
- [22] <http://kt.wsnkorea.com>

저 자 소 개

이 형 봉



1984년 : 서울대학교
계산통계학과 학사.
1986년 : 서울대학교
계산통계학과 석사.
2002년 : 강원대학교
컴퓨터과학과 박사.

1986~1994년 LG전자 컴퓨터연구소 선임연구원.
1999년~2003년 호남대학교 조교수.
2004년~현재, 강릉원주대 컴퓨터공학과 부교수.
관심분야 : 임베디드 소프트웨어, 센서 네트워크, 운영체제.
Email : hblee@gwnu.ac.kr

문 정 호



1991년 : 서울대학교
제어계측공학과 학사.
1993년 : KAIST
전기및전자공학과 석사.
1998년 : KAIST
전기및전자공학과 박사.

1998년~2002년 삼성전자 중앙연구소 및 휴맥스 연구소 책임연구원.
2003년~현재 강릉원주대학교 전자공학과 부교수.
관심분야 : 임베디드 시스템, 센서 네트워크, 디지털 제어.
Email : itsmoon@gwnu.ac.kr

정 태 윤



1987년 : 연세대학교
전기공학과 학사.
1989년 : 연세대학교
전기공학과 석사.
2000년 : 연세대학교
전기컴퓨터공학과 박사.

1989년~1996년 삼성종합기술원 선임연구원.
1996년~2001년 삼성전자 중앙연구소 책임연구원.
2001년~현재, 강릉원주대학교 전자공학과 부교수,
강원 임베디드 소프트웨어 연구센터 센터장.
관심분야 : 임베디드 시스템, 센서 네트워크,
영상 부호화.
Email : tychung@gwnu.ac.kr