

포토카플러를 이용한 눈(snow)높이 감지 강설 계측시스템

최만용* (한국표준과학연구원), 박해원 (한국표준과학연구원), 박정학 (한국표준과학연구원),
김원태 (공주대학교)

Snow-Falling Measurement System monitoring the Height of Snow using the Photo Coupler

M. Y. Choi(Smart Meas. Grp., KRISS), H. W. Park(Smart Meas. Grp., KRISS), J. H. Park(Smart Meas. Grp., KRISS), W. T. Kim(Dept. of Bio-Mech. Eng., KNU)

ABSTRACT

The snow-falling measurement system including the snow sensor applying the photo-coupler is investigated in this study and using this snow sensor the height of snow fallen is measured. To measure the snow depth, five photo sensors are arranged with 5 mm distance. The snow-falling measurement system, which is measuring the motor revolution controlled with stepping motor, is mounted above the snow surface. From this work, it is feasible to measure quantitatively the snow on real time. Its software implements a proven method to achieve valid measurements also under difficult conditions as future study. In cases where the snow sensor is applied to the prediction of snow in the meteorological observation system and the snow removing system, it is recommend the GRS-Option in order to improve the quality of snow measurements for better compensation.

Key Words : Photo Coupler(포토카플러), Snow-falling(강설), Snow Height(눈높이), Photo Sensor(포토센서), Humidity Sensor(습도센서)

1. 서론

동절기에 눈이 많이 오는 우리나라 기후에 일반적으로 가장 많이 이용하는 제설방식은 염화칼슘을 살포하는 방식이다. 그러나 자동화에 의한 제설방식은 용설 용액을 살포하는 방식으로서 용설액은 물이나 기타 용액을 사용하며 처음 용액을 살포하는 시점은 눈이 오기 시작하여 약 5 mm 정도 쌓이게 될 때에 자가 급제동을 하거나 커브길을 회전할 때 미끄러지기 쉬우므로 이때부터 살포해야 한다. 용설액의 자동살포를 위해서는 노즐을 사용하며 살포되는 양은 강설량과 관계가 있으므로 내리고 있는 눈(snow-falling)의 적설량과 눈밀도 측정 등 눈(snow)높이에 대한 측정이 필수적으로 요구된다.

국내에서는 가시적으로 약 5mm 정도 눈이 쌓이는 것을 감각적으로 판단하는 고전적인 방법이 있으나 직접적인 강설량의 자동화된 측정을 통해 제설시기를 파악할 수 있는 연구는 아직 개발되지 않은 상태이다. 미국, 일본, 노르웨이 등 강설량이 상대적으로 많은 국외에서는 이와 달리 자동화된 강설계측시

스템을 이용 적절한 시기에 적절한 장소를 제설하는 연구가 부분적으로 이루어지고 있다.

공공기관, 도로공사, 국토청 및 지방자치단체 등 수요기관에서는 우리나라 도로 조건에 적합하고 국내 건설현장에 적용이 가능하고 설치가 용이한 최적 Spec을 설정하고 이 요구조건에 적합한 제설시스템을 개발해야 할 필요가 있다. 이를 통해 제설 종합대책기술을 수요기관과 협의하여 이를 근거로 도로 조건에 맞는 강설계측 시스템을 개발하고자 한다. 이로부터 도로에 쌓인 눈을 적절한 시기에 제거하여 적설에 따른 재해를 방지함이 본 연구의 목적이다.

특히 본 연구의 Snow 센서 개발은 눈 감지장치, 노면 및 주위온도 감지장치와 함께 연구된 강설량 계측장치에 적용하여 내리고 있는 눈에 대한 적시 감지 및 제설에 대한 종합관리를 보다 용이하게 할 수 있다. 따라서 국내 도로조건에 적합하고 건설현장의 적용성이 좋고 설치가 용이한 눈(snow)높이를 계측하는 snow 계측시스템의 설계를 연구하였다. 이를 위해 포토카플러(photo-coupler)를 이용한 눈 감지장치, 노면 및 주위온도 감지장치, 강설량 계측장치

를 설계하여 내리고 있는 강설량을 측정하도록 한다.

2. Snow 센서 설계

2.1 동작원리

눈을 감지하는 장치로서는 적설량 측정장치에 의한 눈 감지하는 장치. 눈이 올 때 광이 산란하게 되어 이를 감지하는 광산란식 센서로 감지하는 것. 그리고 간접적으로 눈이 올 때의 조건을 감지하여 현재 내리고 있는 것이 비 또는 눈임을 감지하는 방식이 있다. 이러한 여러 가지 방식 중 본 제설장치에 적합하고 가격이 저렴한 것을 채택하여 눈이 올 때의 조건을 참조하는 것으로서 눈 또는 비의 판별 조건은 다음과 같은 항목에 의해 결정된다.

Table 1 Constitute conditions for snow-falling

Parameter	Condition
Humidity	> 85%
Surrounding temperature, T_{∞}	< 3°C

본 연구에서는 표1의 조건이면 현재 내리고 있는 것이 눈이 된다. 따라서 이러한 원리를 이용하여 습도를 감지할 수 있는 센서를 제작하고 주위 온도를 측정하여 이것을 비교 및 조건회로에 의해 눈을 인식할 수 있는 회로를 설계하였다.

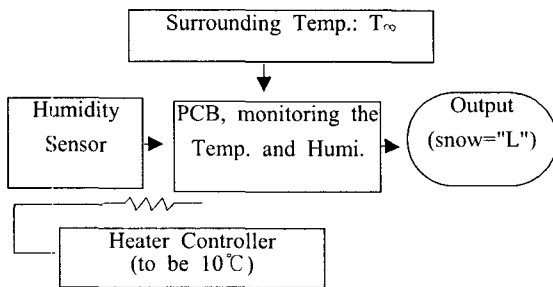


Fig. 1 Block diagram of snow monitoring PCB

2.2 수분센서

여기에서 수분을 감지하는 센서로는 두 개의 E형의 도체를 서로 엇갈리게 설계하여 두 도체 사이의 Conductivity를 측정함으로써 수분을 감지할 수 있도록 Fig.2에서와 같이 PCB에 직접 설계하여 수분센서로 사용하였다. 수분센서에 어느 정도 물기가 있으면 이를 감지하여 출력할 수 있도록 하였으며 또한 센서 표면의 온도를 항상 10°C에 유지할 수 있게끔 가열 제어장치를 구성하였고 히터로서는 20Ω 저항을 이용하였다. 습도센서에 쌓인 눈을 히

터가 녹임으로 센서가 수분을 감지하게

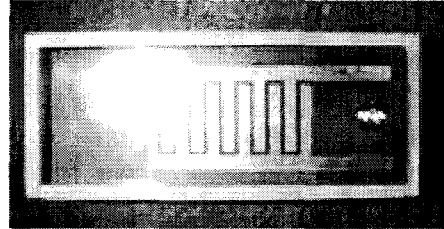


Fig. 2 Humidity sensor designed in this study

된다. 센서 표면 온도는 항상 10°C를 유지하도록 하여 눈이 오다가 그치면 수분이 쉽게 증발하여 눈이 내리지 않음을 감지하게 된다.

2.3 온도 감지 설계

주위 온도를 감지하여 수분이 있고 주위온도가 3°C 이하면 강설상태로 인식하면 된다. 따라서 주위 온도를 감지하는 센서로서는 백금 저항선이나 열전대(thermocouple)를 이용하면 정확하게 인식이 되지만 본 연구의 실용화와 원가절감 면에서 본 장치의 소형화 특성에 따라 단일 칩에 의해 온도가 감지되고 특성이 안정적인 LM35를 온도센서로 사용하였고 표2는 이의 동작 특성을 나타낸 것이다.

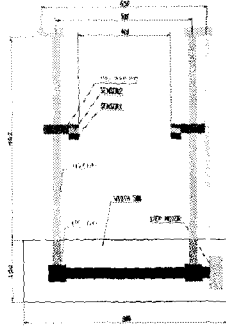
Table 2 Characteristics of LM35 Thermistor

Specifications	
range of operating temperature	-55°C ~ +150°C
range of operating voltage	4V ~ 30V
accuracy	0.5°C at 25°C
output	10 mV/°C

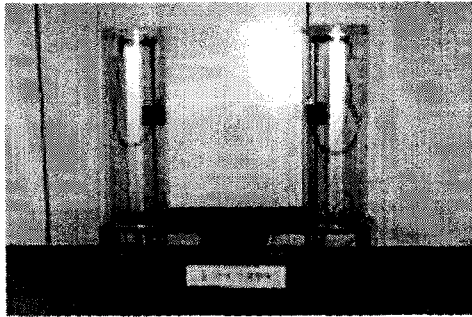
온도 하강 시 VR1을 조정하여 3°C시 출력이 "Hi"가 되도록 하고 반대로 온도 상승시에는 약 3.5°C에서 "Off"되도록 하였다. 이것은 R7, R8에 의해 히스테리시스 특성을 가지게 되는데 히스테리시스 간격전압 V_h 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 V_h &= \frac{R7}{R7 + R8} \cdot (V_{OH} - V_{OL}) \\
 &= \frac{2}{2 + 500} \cdot (10 - (-3V)) = 0.05V
 \end{aligned}$$

이로부터 0.5도의 히스테리시스가 있음을 알 수 있다. 또한, 영하의 온도도 감지할 수 있도록 출력에 부전압을 가하였고 출력전압의 노이즈특성을 개선하기 위해 UID Amp로 gain을 10배로 하여 출력전압 (V_o)이 100 mV/°C가 되도록 설계하였다.



a) Schematic diagram of the snow-falling system



b) Proto-type of the snow-falling system

Fig. 3 Snow-falling system

3. 강설 계측시스템

3.1 작동원리

이제까지 적설 높이 측정방식은 사방 1m되는 판의 정 중앙에 눈금자 기둥을 세워 강설 시 사람이 직접 눈 높이를 측정하는 방식이거나, 단위 면적에 쌓이는 눈을 녹이면서 생기는 물의 양으로 눈의 높이를 자동 측정장치를 이용하여 측정하였다.

그러나 이와 같은 방식은 눈의 밀도에 따라 오차가 있으므로 정확한 측정은 곤란하였다. 따라서 이러한 문제점을 보완하고 구조가 비교적 간단한 방식으로 설계하기 위해 Fig. 3의 a)와 같이 2개의 센서를 5mm의 높이 간격으로 설치하고 스테핑 모터로 센서

를 움직여 적설된 눈의 상부가 2개 센서 사이에 있도록 제어하고 이때 스테핑 모터의 회전수를 측정하여 적설된 눈 높이를 알 수 있도록 하였다. 측정장치의 적설량 측정오차는 $\pm 2.5\text{mm}$ 가 되고 최대 측정가능 높이는 스크류 기어의 길이에 의해 결정된다. 스크류 기어의 길이가 500 mm, 750 mm, 1000 mm, 1500 mm 등이 있으므로 적설량에 따라 선택하여 사용하면 된다.

3.2 구동장치

포토센서(photo sensor)의 브라켓을 구동하는 것은 스테핑 모터에 의해 동작하도록 되어 있고 이것을 베벨기어 및 유니버설 조인트에 의해 투/수광 Ass'y가 동일하게 움직일 수 있도록 스크류 기어에 의해 투/수광 Ass'y를 움직이는 시스템으로 적용하였다. 각각 구성원을 조립하여 Fig. 3 b)와 같이 강설 높이 측정장치를 제작하였다. 강설 높이에 따라 스크류 기어의 크기와 이에 따라 일부 보강재를 보완하면 됨으로 다양하게 적용할 수 있으며 본 시제품으로는 최대 적설량을 400 mm 이내로 가정하여 설계하였다.

4. 결과 및 고찰

4.1 눈감지 센서회로

본 연구로부터 설계된 snow 감지 센서의 회로도 는 Fig. 4와 같다. 제작된 눈감지 센서는 표1에서 주어진 조건으로부터 수분이 감지되고 주위온도가 3 $^{\circ}\text{C}$ 이하인 경우이다. 따라서 감지된 주위온도가 3 $^{\circ}\text{C}$ 이하인가를 비교하는 2.3절의 온도감지회로와 2.2절의 수분감지회로를 논리적 AND 결합하여 설계하였다.

Fig. 4의 회로도에서 보이는 바와 같이 U1C에 의해 3 $^{\circ}\text{C}$ 이하를 감지할 수 있도록 하였으며 또한 3 $^{\circ}\text{C}$ 에서 비교하게 되면 3 $^{\circ}\text{C}$ 부근에서는 동작상태가 매우 불안하게 된다. 따라서 이를 방지하기 위해 온도 히스테리시스 특성을 주어 온도 하강 시 가변저항에 의한 조정으로 히스테리시스를 제거하였다.

U1C에 의해 3 $^{\circ}\text{C}$ 이하 시 "Hi"가 되고 또한 습도가

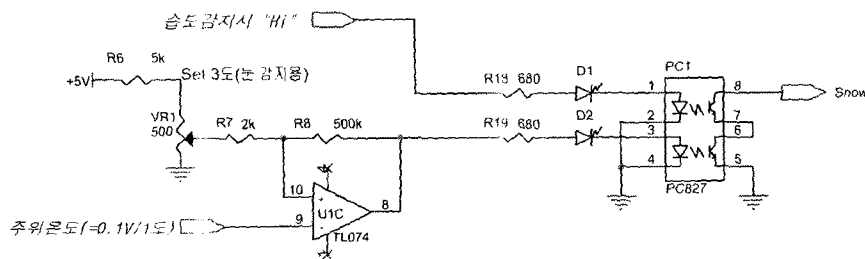


Fig. 4 Circuit diagram for monitoring the humidity

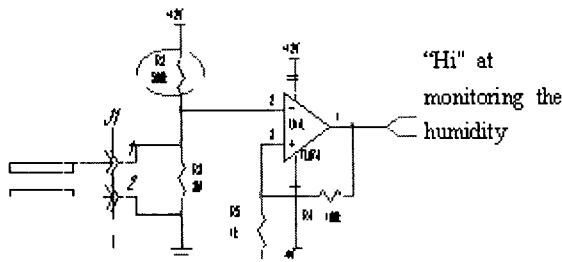


Fig. 5 Circuit diagram for monitoring the humidity

감지되면 "Hi"가 되어 각각 포토 카플러(photo coupler) PC1의 1번과 3번 핀에 저항을 통하여 가해지게 되며 두 개의 포토 카플러(photo coupler) 출력을 논리적 AND결합을 하여 눈인 경우는 출력 8번 핀이 "Lo"로 되어 강설상태를 감지한다.

4.2 수분센서 회로

Fig. 5는 본 연구로부터 설계되어 제작된 수분센서(humidity sensor)의 회로도이다. 그림에서 보이는 바와 같이 수분을 감지하는 회로로서 수분감지센서가 350 kΩ(≒ 5 V이하) 이하로 저항이 내려가면 수분이 있는 것으로 인정되어 U1A출력이 "Hi"가 된다. 그러다가 수분이 증발하여 수분센서의 저항이 360 kΩ 이상이 되면 수분이 없는 것으로 인식되어 U1A출력이 "Lo"가 된다.

4.3 눈감지 센서 특성

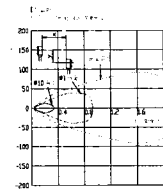
눈을 감지하는 센서(snow sensor)는 마이크로 포토센서(micro photo sensor)를 사용하였으며 본 연구로부터 설계된 눈감지 센서의 특성은 Fig. 6과 같다. 본 연구에서 적용된 포토센서(photo sensor)는 투과형으로 투/수광용으로 분리된 센서를 사용하였고 최대 검출거리는 1m이다.

본 연구에서 설계된 포토 커플러를 이용한 눈센서의 눈 높이 측정조건은 검출거리가 약 40 cm이고, 또한 2 개가 인접하여 설치되어 있으므로 간섭이 일어나지 않고 눈높이(snow height)를 비교적 정확하게 감지하기 위해서는 빔이 확산되지 않는 타입으로 설계하였다.

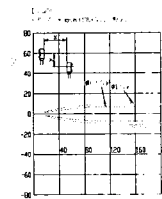
4. 결론

눈에 대한 정량적인 해석을 위해 눈을 감지할 수 있는 센서를 개발하고 또한 적설된 눈(snow)의 높이를 측정하기 위해 5mm 간격으로 포토센서를 설치하여 적설된 눈의 상부가 포토센서 사이에 있도록 스테핑 모터로 제어함으로써 모터의 회전수를 측정하여 눈의 높이를 측정할 수 있는 계측장치를 개발하였다. 이를 통해 눈의 실시간 자동계측이 가능하여

졌다. 향후 이러한 계측장치들에 대한 성능을 향상시키고 좀더 간단히 측정할 수 있는 시스템으로 개선하여 적용성이나 실용성이 용이하게 함으로서 눈에 대한 기상관측 장치로 적용하고 제설에 대한 GRS 사전예보 시스템에 적용하여 그 활용성을 향상시키고자 한다.



a) Short range



b) Long range

Fig. 6 Characteristics of snow sensor in the snow-falling system considered in this study

참고문헌

1. 社団法人 雪センター(日本), "특수 히트파이프를 이용한 에너지형 융설시설," Vol. 9, No. 33, pp. 32-39, 1998.
2. Koito(株), "노면 비접촉식 동결검지장치," 日本 建技 譯 制79101号, 1999..
3. Hokkaido Development Bureau, "Okhotsk roads come alive in winter," 1999.
4. 최만용 외, 최신정밀계측기술, 학인사, pp. 122-165, 1998.