

유비쿼터스 센서 네트워크를 이용한 겨울철 도로기상정보 시스템

윤근영[†], 김남호^{**}, 최황규^{**}, 정도영^{**}, 최신희^{**}, 김기택^{***}

요 약

겨울철 강설 및 도로결빙으로 인하여 불편함 뿐만 아니라 예상치 못한 사고를 당할 위험성이 있어 이에 대한 적절한 대책이 필요하다. 산간지역의 급경사도로 등에 도로조건을 감지하는 시스템이 설치되고 있지만 비용이 고가이기 때문에 많은 지역에 설치하고 있지 못하는 실정이다. 본 논문에서는 강설과 결빙 등 겨울철 도로기상정보를 체계적으로 수집하는 도로기상정보 수집시스템을 제안하였다. 디지털 온도센서, 적외선 온도센서, 초음파 센서 및 CMOS 카메라와 구동모터를 사용하여 센서 등 멀티미디어 데이터를 수집하고 측정된 데이터를 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)를 이용하여 서버에 전송하기 위해 두 가지 타입의 제어통신보드를 구성하였다. 서버프로그램의 구성과 수집된 데이터를 이용하여 상황을 판단하는 방안을 함께 제시하였으며, 구성된 시스템의 성능을 실험을 통해 도로에서의 적용가능성을 확인하였다.

A Winter Road Weather Information System Using Ubiquitous Sensor Network

Yoon Geun Young[†], Kim Nam Ho^{**}, Choi Hwang Kyu^{**}, Jung Do Young^{**},
Choi Shin Hyeong^{**}, Kim Gi Taek^{***}

ABSTRACT

Snow fall and icing on traffic roads in the winter season cause not only inconvenience but unexpected traffic accidents, so the proper measures are needed. The existing road information system is being installed for steep slope roads in mountain areas, however, it is not widely adopted because it is too expensive. In this paper, a novel and cost-effective road weather information system especially for snow fall and icing on roads is proposed. The system consists of digital temperature and relative humidity sensor, infrared temperature sensor, ultrasonic sensor, CMOS camera, and two types of control/communication board for ubiquitous sensor network to send the data to server. The server program including the decision making method with received data is also described. Experimental results are provided to prove the feasibility of the proposed system.

Key words: Ubiquitous Sensor Network(유비쿼터스 센서 네트워크), Road Information(도로정보), Snow Fall(적설)

* 교신저자(Corresponding Author): 김기택, 주소: 강원도 춘천시 효자동 192-1(200-090), 전화: 033)250-6344, FAX: 033)242-2059, E-mail: gikim@kangwon.ac.kr
접수일: 2009년 12월 18일, 수정일: 2010년 12월 7일
완료일: 2011년 1월 8일

[†] 정회원, 포스코ICT 원전제어사업추진반 연구원
(E-mail: gyy978@poscoict.com)

^{**} 정회원, 강원대학교 교수

(E-mail: nhk@kangwon.ac.kr)

(E-mail: hkchoi@kangwon.ac.kr)

(E-mail: dyjung@kangwon.ac.kr)

(E-mail: cshinh@kangwon.ac.kr)

^{***} 정회원, 강원대학교 전기전자공학부 교수

* 본 연구는 강원대학교 학술연구조성사업 연구비 지원으로 수행되었음.

1. 서 론

자동차의 이용과 교통량의 증가로 도로의 중요성이 날로 강조되고 있다. 특히 겨울철 강설 및 도로결빙으로 인하여 불편함 뿐만 아니라 사고 위험성이 증가하여 이에 대한 적절한 대책이 필요하다. 우리나라의 기상예보는 넓은 지역을 대상으로 예보를 하기 때문에 특정 도로의 적설량 등 기상조건이나 결빙 등 도로의 상태를 실시간으로 알려주지 못하는 상황 이어서 도로를 운전하는 운전자나 여행객들은 불편이나 예상치 못한 사고를 당할 위험성이 크다. 우리나라의 경우 2008년의 교통사고는 총 20만 건 이상이 발생, 4000명 가까이 사망하고 30만 명 이상이 부상을 당했다. 겨울철의 사고 발생건수는 다른 계절과 비슷하지만, 사고당 사망률이 평균 0.026에 비해 높은 0.032를 보이고 있고, 특히 겨울철 강설이 많은 강원도의 경우에는 사망률이 0.044로 높은 것으로 나타났다[1].

산간도로 등 강설취약지역의 도로에 도로조건을 감지하는 장비를 설치되고 있지만 비용이 고가이기 때문에 많은 지역에 설치하고 있지 못하는 실정에 있으며, 앞으로 국지적인 기상예보사업도 가능할 것으로 예상되어 저비용의 효율적인 도로기상정보 수집시스템을 구축할 필요가 있다. 미국, 유럽, 일본 등 외국에서는 오래 전부터 겨울철 도로의 결빙 방지(Anti-Icing) 및 제빙(De-icing) 시스템을 갖추고 있으며, 이런 시스템은 도로정보 제공 기능 외에도 효과적인 제설제 투입시점과 투입량을 결정해 줌으로써 효과적인 제설작업을 가능하게 하여 사고절감에도 기여하며, 또한 제설제 투입을 최적화함으로써 환경에 미치는 악영향을 최소로 하고 있다[2-4].

본 논문에서는 겨울철 도로정보를 체계적으로 수집하고 분석하여 교통사고를 예방하고 감소시킬 수 있는 도로기상정보 수집시스템을 구현하고자 한다. 기존의 고가의 센서를 사용하지 않고 경제적인 구성 방법을 제안하여 큰 비용을 들이지 않고 도로에 설치할 수 있는 시스템을 제안하기 위하여 겨울철 교통사고의 주요 원인이 되는 적설량과 도로결빙 등에 대한 도로상태 정보를 수집하여 실시간으로 분석하는 시스템을 설계하고 구현한다. 구현된 시스템은 대기과 도로면의 온도, 습도 등 상태, 눈의 온도와 적설량 등을 측정할 수 있는 각종 센서정보와 카메라를 이용한

영상 등 멀티미디어 데이터와 이를 제어하고 수집한 데이터를 전송하는 제어통신보드로 구성된다[5]. 여러 도로에서 센서에 의해 수집된 도로상태, 적설량, 온도, 습도 등의 도로 기상정보들은 서버로 보내져 이를 분석하여 상황을 판단할 수 있는 자료로 활용된다. 구현된 시스템은 실험을 통하여 동작 상태를 검증하고 정확도를 측정하여 현장적용의 가능성을 검증한다.

본 논문은 2장에서 겨울철 도로정보 수집시스템의 개요와 국내외 연구동향을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제시한 도로기상정보 수집시스템의 구성에 대하여 기술하고, 4장에서는 각종 센서와 제어보드의 구현에 대하여 설명한다. 5장에서는 수집 정보를 분석하는 서버시스템의 구현과 이를 통해 전체 시스템의 동작을 분석하고 검증하며, 마지막으로 6장에서 결론을 맺는다.

2. 도로 기상정보 수집 시스템의 연구동향

2.1 도로 기상정보 수집 시스템의 개요

도로정보 수집시스템은 ITS(지능교통체계, Intelligent Transportation Systems)의 한 분야로서, ITS 기술의 목적은 컴퓨터와 정보처리, 제어, 전자, 통신 기술을 교통체계에 적용하여 안전도, 수송능력, 공기오염도, 이동성 등을 향상시키는 것으로, 교통체계운영의 효율성을 확보하고 안전한 교통체계 및 환경을 구축하는 것이다[6].

안전한 교통체계 및 환경 측면에서 도로의 정보, 특히 도로상의 대기 및 도로면 상태에 대한 실시간 정보 및 예측은 사전 경보 체계를 통하여, 운전자에게는 사고의 위험을 최소화할 수 있게 하는 중요한 정보가 된다. 도로기상정보 수집시스템은 겨울철 강설과 결빙으로 인한 도로 장애에 대처할 수 있는 시스템으로 기상악화가 자주 발생하는 도로에 대한 감시 시스템으로 운전자에게 실시간으로 도로정보를 제공하는 시스템이다. 또한 겨울철의 폭설과 도로면의 결빙 그리고 안개로 인한 불편한 교통상황을 극복하고, 도로에 대한 효율적인 관리를 도모하여 경제적, 사회적으로 손실을 줄일 수 있어 매우 중요하다.

도로 기상정보 수집시스템은 관측 시스템, 통신 시스템, 예측 시스템으로 나눌 수 있다. 관측시스템은 대기상태, 도로면상태, 적설상태를 각각 관측하고,

관측된 데이터는 데이터 통신 시스템을 거쳐 서버로 전송되어 데이터베이스에 저장된다. 그 후 저장된 데이터를 바탕으로 도로면과 대기상태에 대한 예측을 위한 기술이 적용되고 있다.

2.2 국내 연구동향

현재 국내에서 활용되고 있는 도로정보 관측 장비로 무인자동차기상관측시스템(AWS)이 있으며, 농업진흥청 및 기상청 등 기상 유관기관과 민간 기관의 AWS는 약 1,000여 곳에 설치되어 있다. 예측은 기본적으로 기상정보의 수치모델에 의한 예측으로, 우리나라의 경우 도로에 대한 정보가 없기 때문에 도로면 상태에 대한 정확한 예측은 어려운 실정이다[7-8].

기상청에서 발표하는 도로의 기상예보는 기상청 광역예보를 통계적으로 응용하여 고속도로 구간 대기에 대한 예측 정보만을 생산하고 있어 도로 중심 예보에는 한계가 있다. 현재 기상청의 경우 예보정확도는 80% 정도로 알려져 있으며 국지적인 예보정확도는 상대적으로 더 낮은 것으로 알려져 있다. 최근에는 RFID/USN 기술과 연동하여 도로 정보를 실시간으로 체크하고 이를 운전자들에게 알려주는 시스템을 개발하는 중이며, 서울북악스카이웨이와 남부순환도로, 제주도 한라산 횡단도로 등 11개 구간에서 시험 운영 중에 있다.

2.3 국외 연구동향

미국, 유럽, 일본 등 여러 나라에서 실시간으로 도로의 기상이나 상태 정보를 알려 주는 시스템을 설치하여 사용하고 있으며, 중앙 및 지방정부 관할 도로 담당기관에서 운용하고, 관측 시스템은 도로 여건에 적합한 자체 시스템을 민간 기업이 개발하여 공급하고 있다. 유럽은 COST Action 344 Project를 통하여 활발히 연구하고 있으며, 미국은 FHWA, NOAA, OFCM와 같은 기관에서 National ITS Architecture에 따라 도로의 상태 정보를 개발된 시스템으로 만들기 위해 연구하고 있다[9].

3. 도로 기상정보 수집시스템의 개념과 구성

3.1 도로정보 수집시스템 개념

본 논문에서 제안한 도로정보 수집시스템의 개념

을 그림 1에서 보여주고 있다. 각 센서에서 측정된 데이터를 통하여 도로의 상태를 분석하고, 분석된 정보들은 과거의 수집데이터와 비교하여 도로상태의 상황 분석 및 판단을 실시한다. 이 결과는 그 지역을 지나는 운전자들에게 도로의 상태 등을 전달하는데 활용할 수 있다. 본 논문에서는 시스템의 구현에 있어 도로정보 수집을 위한 센서와 통신기능이 있는 단말장비와 이를 이용한 서버에서의 데이터 수집 기능에 중점을 두고 개발하였다. 현재는 축적된 데이터가 없어 도로제설작업 경보발령 기준을 사용하고, 본 시스템을 운영하여 데이터가 축적되면 보다 정확한 분석, 예측 및 경보발령이 가능할 것이다.

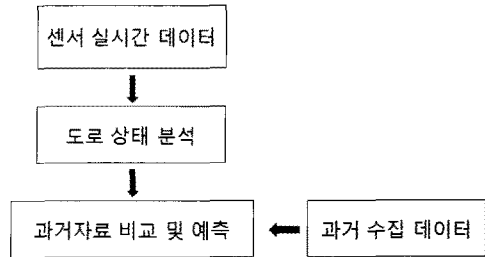


그림 1. 도로정보 수집시스템의 개념

3.2 도로 기상정보 수집시스템 개념

본 논문의 도로 기상정보 수집시스템은 그림 2와 같이 대기 관측 장치, 도로면 관측 장치, 영상장치들을 이루는 각 말단의 센서 부분과 센서들을 제어하고 데이터를 전송하는 제어통신보드, 그리고 전송되는 데이터들을 분석하고 상황판단을 할 수 있는 서버 부분으로 구성된다. 대기 관측 장치와 도로면 관측 장치로 각각의 관측 장치에서 온도, 습도, 적설량에 관한 데이터를 전송하면 서버에서는 데이터를 취합하고 분석하여 종합적인 도로의 상태 혹은 그 지역의 상태를 예측할 수 있도록 하는 통합 시스템이다.

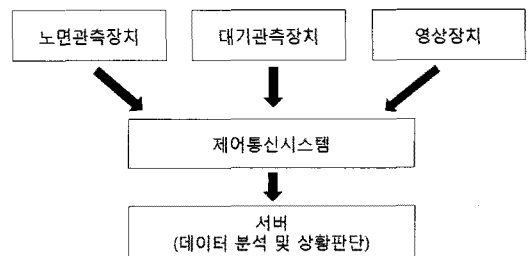


그림 2. 도로 기상정보 수집시스템의 개념

3.3 도로 기상정보 수집시스템 구성

도로 기상정보 수집시스템의 센서 구성은 대기 관측 부분과 도로면 관측부분으로 나눌 수가 있다. 대기 중의 온도, 습도 관측부분은 안개 생성과 도로의 빙판상황을 만들 수 있기 때문에 중요한 부분으로 디지털 온도센서로 구성한다. 그리고 도로면 관측부분은 적설량, 도로면의 온도와 습도 상태를 측정하며, 도로면을 관측하는 센서는 디지털 온도센서 외에 적설량과 새로 내리는 강설(신적설)량을 측정하기 위해 초음파(Ultrasonic) 센서를 사용하고, 눈표면의 온도를 측정하기 위해 적외선 온도센서를 사용한다. 대기, 도로면 및 눈표면의 온도를 측정하면 결빙의 정도와 해빙에 필요한 제설제에 대한 정보를 산출할 수 있게 된다. 또한 CMOS 카메라를 사용하여 적설의 상황과 결빙상태를 보기 위해 영상장치를 사용하고 구동모터를 이용하여 상하 좌우 조절을 통해 다양한 지역을 감시할 수 있게 한다.

각 센서에서 입력되는 데이터가 센서네트워크를 구성하여 서버에 전달하기 위하여 마이크로프로세서를 기반으로 하는 제어통신보드에서 제어하며, 경제적인 센서시스템 구성을 위하여 그림 3과 같이 두 가지 형태를 갖는다.

Type_A는 CDMA 모듈 등을 이용하여 게이트웨이 역할을 수행하여 인터넷을 통해 서버와 연결하는 기능을 갖게 된다. Type_B는 근거리 무선 방식인 Zigbee 통신을 이용하여 여러 대의 Type_B 장비가 센서네트워크를 구성하여 데이터를 Type_A 장비에 전달하게 되고, 이 데이터는 다시 Type_A 장치가 서버에 전송하게 된다. Type_A에는 통신 기능 외에도 카메라, 적외선센서, 초음파 센서가 포함되어 상세한 기상정보를 수집할 수 있으며, Type_B에는 기본적으로 필요한 대기과 도로면의 온도와 습도정보를 수집하도록 하였다. 여러 대의 센서에서 종합적으

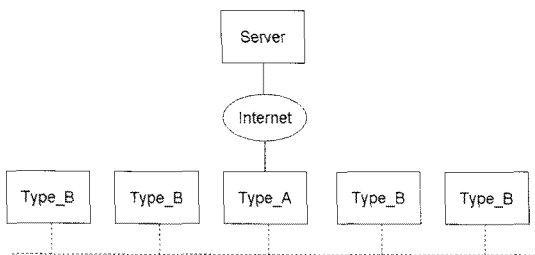


그림 3. 도로 기상정보 수집시스템 구성

로 데이터를 수집하여 교량이나 음영지역 혹은 야간에 운전이 위험한 지역을 판단할 수 있는 데이터를 제공하도록 한다.

4. 도로 기상정보 센서 구현 및 성능

본 장에서는 실제 도로 기상정보를 수집하는 센서를 구현하는 방법과 데이터 측정결과를 보여준다.

4.1 도로 기상정보 센서

디지털 온도센서는 대기와 도로면의 온도와 습도를 측정하는 것으로서 Sensirion사의 SHT-75를 사용하여 구현하였으며, 표 1은 디지털 온도센서의 규격을 보여준다. 여기서 RH는 상대습도(Relative Humidity)를 의미한다[10].

SHT-75에서 출력되는 디지털센서의 습도 데이터 값은 그림 4와 같이 비선형적으로 출력되고, 상대습도 데이터 값을 얻기 위해 식 (1)과 같은 비선형 보상과 식 (2)와 같은 온도보상 등 2번에 걸쳐 보정이 수행된다. 여기서 C1, C2, t1 등은 보정상수이다.

$$RH_{linear} = C_1 + C_2 \times SO_{RH} + C_3 \times SO_{RH}^2 (\%RH) \quad (1)$$

$$RH_{true} = (T_c - 25) \times (t1 + t2 \times SO_{RH}) + RH_{linear} \quad (2)$$

디지털센서의 성능을 확인하기 위하여 성능 및 가격이 우수한 완제품인 2개의 비교군 센서 CEM사의 DT-615, DT-3321과 비교한 결과를 그림 5에 보여

표 1. 디지털 온도센서 SHT-75 규격

측정범위	0~100% RH
상대습도정밀도	±1.8% RH
온도 정밀도	±0.3℃ 25℃ 보정
보정된 디지털 출력	2-wire interface
반응속도	4sec 이하
저전력	30μW

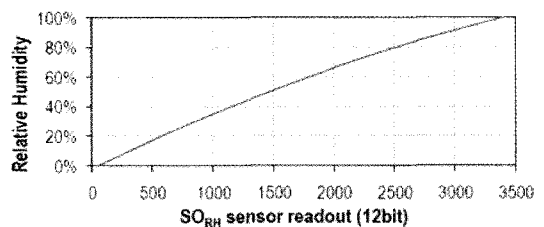


그림 4. SHT-75 습도 특성

온도(Co)	습도(Co)	온도(RE)	습도(RE)	DT-615	DT-615	DT-3321	DT-3321
-5.5	61.3	-6	58.4	-5.6	56	-5.9	58.4
-5.8	61	-6	58.7	-5.6	63	-6.4	58.7
-5.7	61	-5.9	58.7	-5.6	58.8	-6.3	58.7
-5.9	61	-6	58.9	-5.7	61	-6.2	58.9
-5.9	61	-6	58.7	-5.7	55.9	-6.2	58.7
-5.8	61.2	-6	58.7	-5.7	57.8	-6.2	58.7
-6	61	-5.8	61	-5.9	64	-6.7	59
-6	61	-5.9	61	-5.9	63.8	-6.5	58.9
-5.9	61	-6	61	-5.9	63.2	-6.5	59.1
-6	61	-5.9	61	-5.9	61.3	-6.4	59.2
-6	61.1	-5.9	61	-5.9	59.3	-6.3	59.2
-6	61	-5.8	59.3	-5.8	57.8	-6.3	59.3
-5.8	61	-5.8	58.3	-5.7	52.8	-6.1	58.3
-5.9	61	-5.9	59	-5.7	54.7	-6.1	59
-6	61	-6	58.9	-5.7	63	-6.5	59.4
-6	61	-6	59.1	-5.7	63	-6.5	59.4
-6	61	-6	59.2	-5.7	63	-6.5	59.4
-6.4	61	-6.2	59.2	-5.9	56	-6.5	59.5
-6	61	-6.2	59.3	-5.8	56	-6.6	59.5
-6.2	61	-6.2	58.3	-5.8	56	-6.4	59.5
-6.2	61	-6.2	59.5	-5.8	56	-6.4	59.5

그림 5. 디지털센서 온도 및 습도 측정 성능

주고 있으며 0.5°C 이내의 오차를 보이는 것을 확인할 수 있다.

4.2 적외선 온도센서

눈표면은 적설량에 따라 높이가 달라지기 때문에 고정 위치에 설치할 수 없어 눈표면의 온도를 측정하는 온도계로서 비접촉 형식의 적외선 온도센서 Tn901을 이용하여 구현하였으며, 표 2에 적외선 온도센서의 규격을 보이고 있다.

적외선 온도센서는 두 가지 종류의 온도를 나타낸다. 첫 번째는 주위의 온도를 나타내고, 두 번째는 원하는 지점의 물체온도를 나타낸다. 디지털 전송방식을 사용하며 이 두 가지를 분류하는 방법은 그림 6에서와 같이 형식 별로 아이템 설정을 통해 선택할 수 있고, 식 (3)의 보정을 통해 주변의 온도와 물체의 온도를 측정한다[11].

표 2. 적외선 온도센서 Tn901 규격

동작전압	3~4.5V
측정온도범위	-33~220°C
작동온도범위	-10~50°C
업데이트 주파수	1.4hz
습도측정범위	0~100%RH
온도정밀도	±0.3°C
반응응답속도	1sec

Item	MSB	LSB	Sum	CR
------	-----	-----	-----	----

그림 6. 적외선 센서 데이터 포맷

$$T = (MSB-LSB)/16 - 273.15 \quad (3)$$

적외선센서도 디지털센서와 같이 측정성능을 확인하기 위하여 성능 및 가격이 우수한 완제품인 2개의 비교군 센서 CEM사의 DT-8860, DT-8861과 비교한 결과를 그림 7에 보여주고 있으며 역시 0.5°C 이내의 오차를 보이는 것을 확인할 수 있다.

DT-8860B	DT-8861	TN901(Co)	TN901(RE)
-5	-5.2	-4.5	-4.5
-4.5	-5.5	-4.6	-4.3
-4.3	-5.2	-4.2	-4.8
-4.8	-5	-4.5	-4.5
-4.5	-5	-4.5	-4.6
-4.6	-5	-4.5	-4.7
-4.7	-5	-4.5	-4.5
-4.6	-5	-4.5	-4.5
-4.3	-4.9	-4.6	-4.6
-4.5	-5	-4.5	-4.2
-4.6	-5	-4.5	-4.5
-4.7	-5	-4.5	-4.5
-4.6	-5	-4.5	-4.5
-4.3	-4.9	-4.6	-4.5
-4.3	-4.9	-4.6	-4.9
-4.5	-5	-4.5	-5
-4.6	-5	-4.5	-5

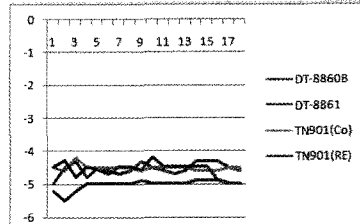


그림 7. 적외선센서 온도 및 습도 측정 성능

4.3 초음파 센서

초음파센서에 의한 거리측정을 이용하여 안개시 가시거리와 적설량을 측정한다. 강설 혹은 안개 상황에서 수평방향 거리를 측정하여 가시거리를 측정하며, 도로방향으로 수직거리를 측정하여 적설량을 측정한다. 초음파 센서는 Devantech사의 SRF-04 센서로 구현하였으며 표 3에 초음파 센서의 규격을 보이고 있다[12]. 이 센서를 이용하여 적설량을 측정하여 그 결과로 적설량을 산출하는 실험을 수행하였다.

초음파 센서 동작과정은 다음과 같다. 먼저, 10µs의 트리거신호를 보내고 난 다음 입력 포트에 100µs

표 3. 초음파센서 SRF-04 규격

동작전압	5V
동작전류범위	20mA 최대 50mA
주파수	40KHz
최대측정가능거리	3m
최소측정가능거리	3cm
입력펄스	최소 10μs(TTL레벨)

-18ms까지의 길이를 갖는 에코 펄스 신호를 입력받는다. 만약 36ms 지연시간동안 라이징 펄스가 발생하지 않는다면 장애물이 없는 것이고, 지연시간의 길이가 길수록 장애물이 멀리 있다는 것이고, 짧을수록 장애물이 가까이 있다는 것이다.

초음파센서에서 발사된 초음파 신호가 표면에서 반사되어 다시 초음파 센서로 되돌아올 때까지의 시간을 측정하여 거리를 산출하는 방법을 사용한다. 따라서 공기 중에 초음파의 음속을 산출하는 것이 중요하며 디지털 온도센서 SHT-75에서 측정되는 대기 중 온도를 실시간으로 받아 음속을 온도보정하도록 구현하였다. 초음파센서에서 표면까지의 거리측정은 다음과 같이 식 (4)를 이용하여 구할 수 있다.

$$H = t/2 \times u \tag{4}$$

u : 기체음속[m/s], t : 소요시간[s],

H : 측정물체까지의 거리[m]

온도 보정에 적용하는 온도는 매초 측정되어 누적되는 온도 값으로부터 평균값을 구하여 그 값을 적용하며 초음파는 바람이나 온도 차이에 민감하기 때문에 초당 50번의 측정을 통하여 평균값을 구하여 적용하게 된다. 초음파센서로 적설량을 측정할 데이터가 정확한지 확인하기 위하여, 눈이 오는 상황에서 2미터 거리에서 측정하여 실측한 데이터와 비교한 결과를 그림 8에 보여주고 있으며, 기상청에서 허용하고 있는 ±1cm를 고려할 때 만족할만한 오차 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

4.4 카메라 및 구동모터

카메라에 의한 영상은 두 가지의 기능을 한다. 적설량을 측정하는 초음파센서가 오작동 또는 작동불능일 경우 적설량을 간접적으로 영상처리를 이용하여 측정하며, 도로나 주변 환경의 상태를 확인할 필요가 있는 경우를 위하여 구현하였다. CMOS 이미지

눈쌓인높이	실제값	SRF04(Co)	SRF04(RE)	오차(Co)	오차(RE)
1.9	11.1	11.2	11.2	-0.1	-0.1
2.2	9.8	9.7	9.7	0.1	0.1
3.6	9.4	9.6	9.8	-0.2	-0.4
4.1	8.9	9	9.2	-0.1	-0.3
5.1	7.9	7.9	8.2	0	-0.3

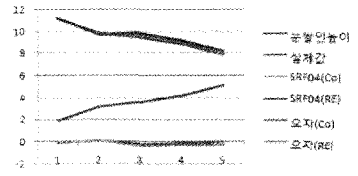


그림 8. 초음파센서에 의한 적설량 측정 성능

센서를 이용한 카메라 데이터는 USB 포트를 통해 입력되며, 제어보드의 구동모터를 이용하여 카메라를 상하좌우로 움직일 수 있게 제작하였고, 표 4에 카메라와 구동모터의 규격을 보여준다[13].

그림 9에 카메라에 의한 적설량 측정 및 주위상황을 파악하는 화면을 보여주고 있으며, 카메라 구동모터를 제어하는 버튼을 같이 보여주고 있다. 원하는 부분을 모터동작 버튼을 통하여 제어할 수 있으며, 원하는 부분을 Capture 버튼을 통하여 영상을 획득하고 저장한다. 이 후 Process 버튼을 누르게 되면 도로의 눈이나 빙판의 상황을 알 수 있게 그래프 값

표 4. CMOS카메라와 구동모터 규격

카메라	구동모터(HS-311)
트루 1.3메가 픽셀	동작전압: 4.8~6.0v
캡처: 최대 1280×960	동작온도: -20~60℃
스틸이미지 캡처:4mega	토크: 3.0/3.5k(4.8V/6.0V)
초당 30프레임까지 지원	속도: 0.19/0.15(4.8V/6.0V)

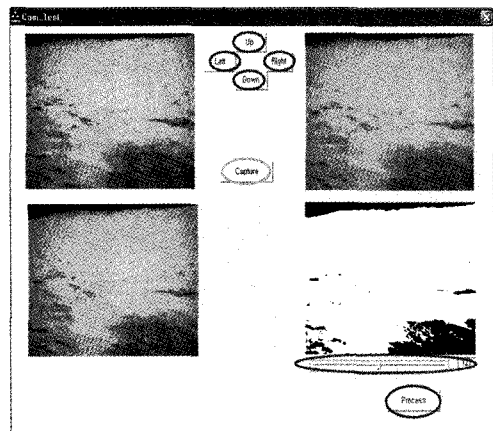


그림 9. 카메라와 구동모터 제어 프로그램

으로 변경 후 이진화를 통하여 영상으로 보여준다. 관리자가 임계값을 조정하여 더 나은 영상을 얻게 하기위해 임계치 조정 메뉴를 추가하였다. 실험한 결과 영상을 획득하여 영상처리 하기 위한 거리는 1m-10m정도가 적당하였다.

4.5 Zigbee 통신

Type_A 장치와 Type_B 장치 간의 무선 데이터통신을 위하여 WPAN(IEEE 802.15.4) PHY, MAC 프로토콜과 2.4GHz ISM 밴드를 사용하는 Zigbee 통신을 구현하였으며, Type_A에는 그림 10과 같이 Coordinator 기능을 구현하고, Type_B에는 그림 11과 같이 End-Device 기능을 구현하였다. 100mW RF 출력을 사용하여 야외에서 100미터까지 통신이 가능하도록 하였으며, 50미터 거리에서 2대의 Type_B 장비와 1대의 Type_A 장비로 실험하여 동작하는 것을 확인하였다. Zigbee 통신을 위하여 Chipcon 사의 CC2420 칩을 사용하였으며 사양은 다음과 같다[14].

- 통신속도: 20~250Kbps
- 128 byte buffering in Tx & Rx
- 통신 범위: 100m
- 노드수: 255

Type_B에서 송신한 데이터를 Type_A의 제어통신보드로 보낸 후 Type_A의 CDMA 통신 등을 통하

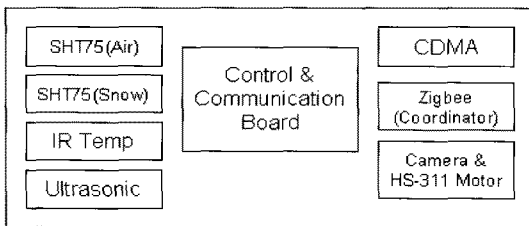


그림 10. Type_A 제어통신보드

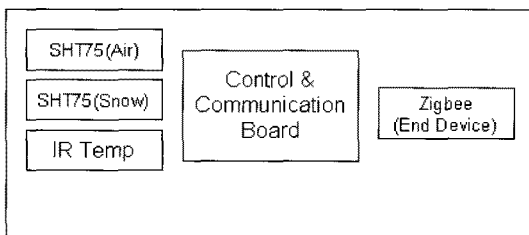


그림 11. Type_B 제어통신보드

여 서버로 데이터를 송신한다.

4.6 CDMA 모듈

Type_A 노드에서 서버와 연결하기 위한 방법으로 CDMA 모듈을 사용하였다. CDMA 모듈은 단말기 및 운용 비용이 고가이지만 유무선 네트워크 설비가 없는 도로변에서 사용하기 가장 용이한 방법이다. CDMA 모듈을 제어하여 통신하기 위하여 AT 명령어를 구동하였고, 온도 등의 데이터는 데이터 사이즈가 작아 80바이트 이내의 단문메시지(SMS)를 이용하여 노드번호, 온도 및 습도 등의 정보를 전송하고, 카메라 데이터 등 데이터 사이즈가 큰 경우에는 PPP 접속을 통해 서버에 데이터를 전송한다. LAN, WLAN 등의 접속이 가능한 지역에서는 CDMA 대신 다른 방식을 이용한 인터넷 접속이 가능할 수 있다. CDMA 모듈로는 Fidelix 사의 FW5105 CDMA 모듈을 사용하였으며 사양은 다음과 같다[15].

- IS-95B, CDMA2000-1x
- IS-707A(PPP) 153.6kbps
- IS-637A(SMS)
- 표준 및 확장 AT Command 구현

4.7 CPU

Type_A와 Type_B 노드를 구현하기 위한 CPU로는 Atmel 사의 ATmega128 8bit CPU를 사용하였다. 시리얼 포트(RS-232)를 이용하여 Zigbee 및 CDMA 인터페이스를 구현하였으며 소프트웨어는 운영체제 없이 구현하였다. ATmega128 CPU의 사양은 다음과 같다[16].

- RISC 8bit, 16MIPS
- 128KB Flash, 4KB RAM, 4KB EEPROM
- I/O: RS-232, Timer, ADC, SPI

5. 서버 프로그램 및 실행 결과

5.1 상황 분석 및 판단

서버의 분석 프로그램을 통하여 실시간으로 들어오는 데이터를 확인 및 분석할 수 있는 환경을 제공하고, 분석된 데이터를 이용하여 상황 판단에 참조할 수 있도록 하며, 적설, 도로결빙 및 안개주의 상황을

판단 혹은 예측하는 과정으로 구성된다. 각 상황에 대한 판단기준은 현재는 측정된 데이터가 없어 도로 제설작업 경보발령 기준을 사용하고, 본 시스템을 운영하여 데이터가 측정되면 대기온도, 노면온도, 습도 등의 데이터를 이용하여 정확한 기준을 제시하여 보다 정확한 분석, 예측 및 경보발령이 가능할 것이다.

5.1.1 적설량 관련 판단

초음파센서를 통하여 입력되는 적설량 측정 데이터 혹은 카메라장치를 이용하여 데이터를 측정하여 기록한다. 적설을 관측하는데 있어서 적설, 신적설, 일최심적설, 일최심신적설 4가지로 나뉘며, 본 논문에서는 구현하기 용이하도록 1과 2번만 고려하여 구현하였다[17].

- 1) 적설: 지면에 쌓인 눈, 시간에 관계없이 관측 시 실제 지면에 쌓여있는 눈의 깊이를 전부를 뜻하며 본 시스템에서는 총적설량으로 표현하였다.
- 2) 신적설: 어떤 정해진 시간(6시간 또는 24시간)에 내려 쌓인 눈의 높이로 본 시스템에서는 신적설이라고 표현하였다.
- 3) 일최심적설: 언제 내린 눈이든 00~24시 중 실제 지표면에 쌓인 눈의 최대 깊이를 말한다.
- 4) 일최심신적설: 00~24시 중 새로 내려 쌓여 있는 눈의 최대 깊이를 말한다.

그리고 시간에 따른 강설의 양으로 눈에 대한 주의보 혹은 경보를 판단하도록 구성하였으며, 기상청의 특보 발표기준서는 대설에 관하여 주의보와 경보로 나누어서 표 5와 같다.

표 5. 대설 기준

주 의 보	경 보
24시간 강설이 5cm 이상 예상될 때	24시간 강설이 20cm이상 예상될 때, 산지는 24시간 강설이 30cm 이상 예상될 때

5.1.2 도로결빙 상황 판단

디지털 온도센서를 이용한 대기 온도와 도로면 온도, 적설량, 적외선온도센서를 이용한 데이터를 이용하여 도로 결빙 상태를 판단하여 양호, 주의, 경계로 나누어 경보를 결정한다. 결빙 판단은 표 6과 같이

기상청에서 발령하는 기준을 사용하였다. 표 6의 적설량, 노면온도, 대기온도 3가지 중 2가지 이상의 조건을 만족하면 해당 경보로 판단하게 된다.

표 6. 대설 기준

구 분	총적설	노면온도	대기온도
양호(약혼합빙결)	4mm이하	3℃이상	2℃이상
주의(혼합빙결)	4~20mm	-2~3℃	-4~2℃
경계(완전빙결)	20mm이상	-3℃이하	-5℃이하

5.1.3안개 상태와 가시거리 판단

초음파 센서에 의한 가시거리 측정에 의해 안개상태를 판단하고, 기상 데이터를 이용하여 안개발생을 예측한다. 안개상태는 맑음, 열음, 질음으로 안개에 의한 가시거리는 양호, 조심, 경계로 판별한다[18]. 포화수증기 도표인 그림 12를 이용하여 구현하였다. 영하의 날씨 속에 장시간(1시간 이상) 노출되어 있으면 결빙된 것을 간주하여 그림 13의 습도가 빙결된 경우의 도표를 이용하여 포화수증기량을 계산 후 안

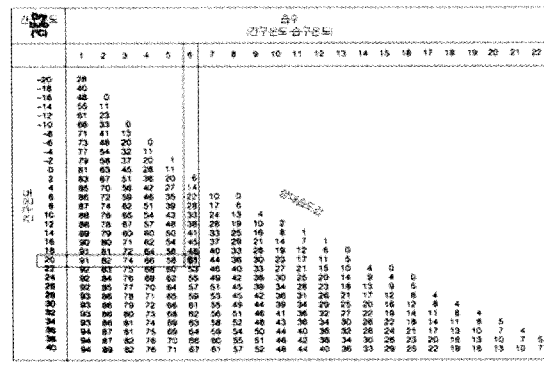


그림 12. 습도가 빙결되지 않은 경우

습도가 빙결된 경우

	건구(θ)			
	-5	-10	-15	-20
건	100	95	91	86
구	90	83	74	64
과	80	71	58	42
습	71	59	42	20
구	61	47	26	
의	52	35	11	
차	43	23		
(35	12		
t	25			
t	16			
t	8			

그림 13. 습도가 빙결 된 경우

개 생성 유무를 판단한다.

건구온도와 습구 온도의 차에서 나온 값을 건구온도 값에 대응되는 점을 찾아 포화수증기량 값을 확인하고 그 값을 이용하여 습구온도의 상대습도(눈 속도·습도계)에 차를 구하였다. 현재 상대습도와 표의 포화수증기량의 차가 적을수록 안개생성의 농도는 적었고 차가 클수록 커짐을 확인했으며, 포화수증기량의 차를 이용하여 현재 상대습도와 표의 상대습도의 차가 8%인 경우 맑음, 8%~15% 인 경우 엷음, 16%인 경우 짙음으로 분류하여 구현하였다.

안개에 의한 가시거리를 측정하기 위하여 안개 발생하는 것과 같은 방법으로 노면온도를 건구온도계로 설정하고 대기온도를 습구온도로 설정하여 측정하였다. 노면온도와 대기온도의 차가 클수록 안개의 농도가 강해져서 가시거리가 줄어드는 것을 이용하였다. 건구온도계의 온도가 같다면 건구온도와 습구온도의 차가 커질수록 포화수증기량은 줄어들어 대기의 상대습도와 도로면의 상대습도의 차이를 이용하여 가시거리를 예측할 수 있다. 상대습도의 차이와 초음파센서에 의한 가시거리 측정을 이용하여 표 7의 2가지 조건 중 1가지 이상을 만족하면 양호, 조심, 경계의 3단계로 경보를 표시한다. 표 7에서는 지방도로의 경우의 예를 보여 주며 고속도로 등에서는 상향된 기준을 적용하게 된다.

표 7. 가시거리 상태 구분

구분	가시거리	대기와노면 상대습도차
양호	1km 이상	8% 이하
조심	100m이상1km 이하	8~15%
경계	100m 이하	16% 이상

5.2 서버 프로그램

본 프로그램은 통신, 분석, 상황판단 세 부분으로 구성된다. 통신은 서버와 측정시스템의 데이터를 통신하는 기능이며 CDMA 모듈을 이용하여 SMS 메시지 수신과 인터넷 접속기능을 구현하고, 통신을 통하여 들어오는 데이터를 저장하고 실시간으로 분석하여 결과를 수치로 볼 수 있게 하였다. 각 수치는 독립적으로 표현하고, 이 때 그래픽 함수를 이용한 그래프도 같이 나타날 수 있게 하였다. 분석에서 들어오는 수치를 이용하여 눈의 상태와 ('멈춤', '오는중') 신적설, 눈 주의보와 눈에 의한 가시거리, 안개상

태와 안개에 의한 가시거리, 도로빙판을 종복으로 각각의 상태 표시를 하여 알려 준다.

5.3 실행 결과

강원도 춘천시 강촌스키장 옆 지방도로에서 2009년 1월 16일 4cm 눈이 오는 중에 실험을 수행하였으며, 서버에서 받은 결과와 현장에서 실측하여 기록한 데이터를 비교하여 검증하였다. 온도와 습도 및 적설량은 각각 0.5°C, 0.5%, 0.5cm 이내의 정확도를 보여 기상청 요구수준인 1.0°C, 1.0%, 1cm의 정확도를 만족하였다.

그림 14는 눈이 오는 상태와 주의, 경계 등의 상황을 정확히 표현하고 있으며, 총 적설량과 신 적설량이 처음에 눈이 오고나 눈이 온 다음 다 녹았을 때는 총 적설량과 강설량은 함께 올라가는 것을 볼 수 있다. 상황판단부의 눈이 오는 상태는 '오는중'과 '멈춤'으로 구성하였다. 그래프 부분의 대기온도, 도로면온도 값을 보여주도록 구현하였다. 그림 15는 장시간 그 지역이나 도로에 눈이 안 올 경우 시간적 이벤트를 주어 상황판단부의 눈 상태는 '멈춤'으로 바뀌면서 신적설이 0으로 변한 것을 볼 수 있다. 눈이 안 오는 것을 판단하는 것은 초음파센서가 장시간 적설량의 값 같거나 다른 원인에 의해 적설량 값이 줄어들었을 경우를 말한다. 그림 16은 강설이 멈추고 장시간이 지난 후의 모습이다. 총적설량은 4cm를 기록하고 있으며, 신 적설은 0.4cm를 기록하고 있다. 또한

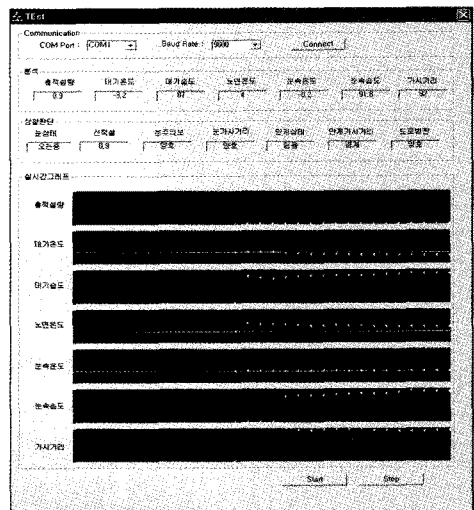


그림 14. 처음 눈이 오는 상황

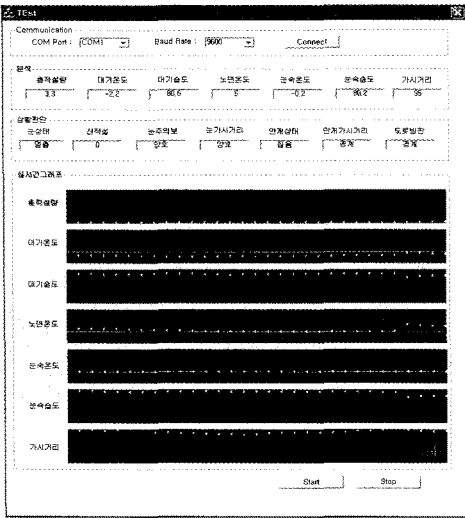


그림 15. 눈이 멈추는 상황

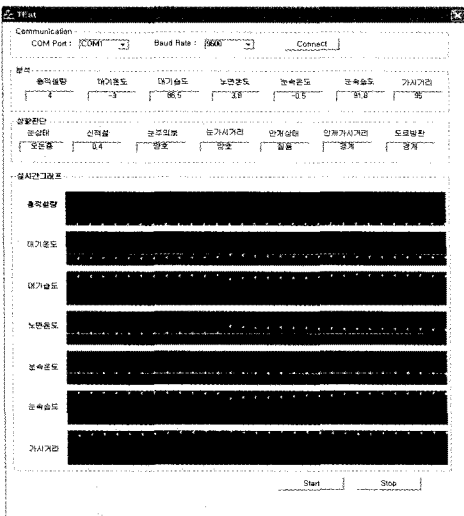


그림 16. 다시 눈이 오는 상황

상황판단부의 눈 상태는 ‘오는중’으로 바뀐 것을 볼 수 있다.

6. 결 론

겨울철 도로정보를 체계적으로 수집하고 분석하여 교통사고를 예방하고 감소시킬 수 있는 도로기상정보 수집시스템을 제안하였다. 적설량과 도로결빙 등에 대한 도로상태 정보를 수집하여 실시간으로 분석하는 시스템을 기존의 고가의 센서를 사용하지 않고 경제적인 구성방법을 제안하여 큰 비용을 들이지

않고 도로에 설치할 수 있는 센서와 통신기능을 갖는 시스템을 구현하였다.

구현된 시스템은 대기 관측 장치, 도로면 관측 장치, 영상장치를 이루는 각 말단의 센서 부분과 센서들을 제어하고 데이터를 전송하는 제어통신시스템, 그리고 전송되는 데이터들을 분석하고 상황판단을 할 수 있는 서버 부분으로 구성된다. 대기와 도로면의 온도, 습도 등 상태, 눈의 온도와 적설량 등을 각 센서에서 측정된 데이터를 통하여 도로의 상태를 분석하고, 분석된 정보들은 과거의 수집데이터와 비교하여 도로상태의 상황 분석 및 판단을 실시한다.

디지털 온도센서, 적외선 온도센서, 초음파 센서 및 CMOS 카메라와 구동모터를 사용하여 센서 등 멀티미디어 데이터를 수집하고 측정된 데이터를 유니쿼터스 센서 네트워크를 이용하여 서버에 전송하기 위해 두 가지 타입을 이용한 제어통신보드를 구성하였다. 서버프로그램의 구성과 수집된 데이터를 이용하여 상황을 판단하는 방안을 함께 제시하였으며, 구성된 시스템의 성능을 실험을 통해 실제 도로에서의 적용가능성을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 교통사고통계검색, <http://www.rota.or.kr/taas/report.jsp>.
- [2] V. P. Sisiopiku, "Winter Road Maintenance-ITS Options, Intelligent Transportation Systems," *Proceedings. IEEE*, pp.298-302, 2001.
- [3] N. Perrier, A. langevin, and J. Campbell, "A Survey of Models and Algorithms for Winter Road Maintenance," *Computers & Operations Research*, Vol.33, pp.239-262, 2006.
- [4] Y. Takebayashi, "Upgrading Information System for Reporting Road Situation Regarding Snow Accumulation on Mountain Passes," *Intelligent Transportation Systems, Proceedings, International Conference on IEEE/ IEEJ/JSAI*, pp.152-157, 1999.
- [5] Ki Wook Lee and Chang Gyu Seong, "Implementation of Sensor Network Monitoring System with Energy Efficiency Constraints,"

Journal of Korea Multimedia Society, Vol.13, No.1, pp.10-16, 2010.

- [6] Intelligent Transport Society of America, <http://www.itsa.org>.
- [7] 자동기상관측자료, http://www.kma.go.kr/sfc/sfc_05_01.jsp.
- [8] 기상청, <http://www.kma.go.kr>.
- [9] Highway Safty Improvement Program, <http://safty.fhwa.dot.gov>.
- [10] SHT75 Sensor Datasheet, <http://www.sensirion.com>.
- [11] Tn901 Sensor Datasheet, <http://www.ZyTemp.com>.
- [12] Ultrasonic SRF-04 Sensor Datasheet, <http://www.robot-electronics.co.uk>.
- [13] CMOS Sensor, <http://www.logitech.com>.
- [14] CC2420 Datasheet, <http://www.chipcon.com>.
- [15] FW5105 Datasheet, <http://www.fidelix.com>.
- [16] Atmega128 Datasheet, <http://www.atmel.com>.
- [17] 건설교통부, 도로 개설 매뉴얼 제정을 위한 연구, 2002.
- [18] 한국건설기술연구원, 안개다발지역의 안전관리 시스템 개발, 2003.



윤근영

2004년 2월 강원대학교 멀티미디어공학과 공학사
 2009년 2월 강원대학교 전자통신공학과 공학석사
 현재 포스코ICT 원전제어사업추진반 연구원



김남호

1974년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 학사
 1977년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 석사
 1993년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 박사

1982년 3월~현재 강원대학교 전기전자공학부 교수
 관심분야: 전력 계통 보호, 전기 기기



최황규

1984년 2월 경북대학교 전자공학과 공학사
 1986년 2월 KAIST 전자공학과 공학석사
 1989년 2월 KAIST 전자공학과 공학박사

1990년 3월~현재 강원대학교 컴퓨터학부 교수
 관심분야: 멀티미디어 시스템, 데이터베이스 시스템



정도영

1981년 2월 영남대학교 전기공학과 공학사
 1984년 2월 서울대학교 전기공학과 공학석사
 1989년 8월 영남대학교 전기공학과 공학박사

1983년 9월~2006년 2월 삼척대학교 전임강사, 조교수, 부교수, 교수
 2006년 3월~현재 강원대학교 삼척캠퍼스 교수
 관심분야: 방재전기설비, 유비쿼터스 시스템, 자동화 시스템



최신형

1993년 2월 울산대학교 전자계산학과 (공학사)
 1995년 2월 경남대학교 전자계산학과 (공학석사)
 2002년 8월 경남대학교 컴퓨터공학과 (공학박사)

2003년 9월~현재 강원대학교 제어측정공학과 부교수
 관심분야: 임베디드시스템, 유비쿼터스시스템, 정보보안



김기택

1983년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 학사
 1985년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 석사
 1989년 8월 서울대학교 공과대학 전기공학과 박사

1990년 8월~현재 강원대학교 전기전자공학부 교수
 관심분야: 디지털신호처리, 전력전자