

USN을 위한 노드 감지기 설계 및 성능 분석

강창수 (유한대학), 백주기 (GVS(주))

I. 요약

본 논문에서는 USN 시스템 구현을 하기 위한 노드 감지기를 설계하고 성능을 분석하였다. 온도 응답특성에서 USN 노드는 100ms 이후에 안정된 특성을 보였고, ZF5585는 50ms 이후 안정되나 이후 출력이 안정되지 않고 빠른 출력을 내보내지 못하는 문제점이 개선되었다. 온도시간의 측정결과 USN 노드는 PT100에 비해 온도 측정시간이 균일하게 나타났고 측정시간도 짧았다.

II. 서론

최근에 대두되고 있는 유비쿼터스 관련 기술 및 서비스는 위치기반 서비스와 밀접한 관계가 있으며 유비쿼터스를 구현하기 위한 기술은 통신 인프라 및 각종 데이터 수집을 위한 센서기술 등 현재 정보, 통신관련 기술뿐만 아니라 정밀기계와 관련된 기술까지를 총 망라한 넓은 영역을 포함하게 될 것이다. 이런 하부 기반 기술을 접목하여 궁극적으로 사용자에게 제공하는 서비스는 기존의 정보통신 인프라를 이용하여 제공되던

서비스와 크게 다를 바가 없지만 가장 두드러지는 차이점은 위치기반 서비스에서 가장 중요한 요소인 위치정보가 기존의 서비스에 더 추가됨으로써 서비스의 활용도가 다양해지고 정보의 가치가 더 커지게 된다.

임베디드 시스템 또는 마이크로 컨트롤러에서 일반적으로 사용되는 CAN(Controller Area Network) 버스는 이론적으로는 2031개의 서로 다른 디바이스를 하나의 네트워크상에 연결하여 통신을 수행할 수 있으나 CAN 송신기의 한계로 인하여 110개까지의 Node를 연결하여 사용할 수 있다. 통신속도는 실시간 제어가 가능한 1Mbps의 고속 통신을 제공하며 더불어 자동차 환경과 같은 심한 노이즈 환경에 적합하도록 에러검출 및 에러보정의 기능이 있다.

최근에는 USN(ubiquitous Sensor Network) 과 CAN(Controller Area Network)등을 이용하여 원거리에서 각종 데이터를 감시 수집하는 기능 등에 많은 연구를 하고 있다. 열연제품에 있어서 전체 폭과 전체 길이에 대해 치수 및 기계적 성질이 균일하도록 하는 데 연구를 많이 하고 있다.

본 논문에서는 CAN을 통해 적외선 센서의 온

도 값을 모니터링하고 이를 시스템에 전송하여 온도 조절을 함으로서 양질의 제품을 생산할 수 있도록 USN 기반 구현을 하기 위한 노드 감지기를 설계하고 성능을 분석하였고 그 결과를 제시하였다.

III. 적외선 온도센서와 USN 서버

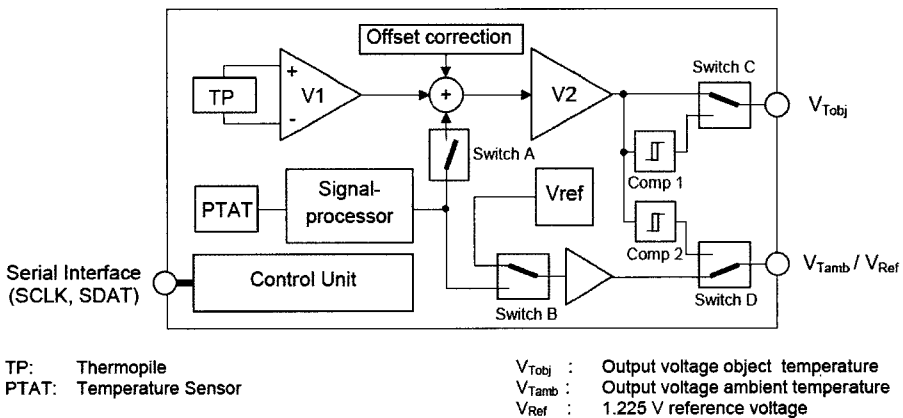
현 산업사회에서 온도센서에 대한 중요성은 점차 커지고 있으나 센서의 오류도 많고 그 사용범위도 광범위하여 이에 대한 이해가 부족한 상태이다. 온도센서(temperature sensor)는 열이나 온도를 전류나 전압으로 변환하여 검지하는 센서이며 다른 센서에 비해 종류가 많다.

측정대상은 기체, 액체, 고체, 플라즈마, 생체 등 다양하며 공간 역시 미생물에서 지구 및 천체에 이르기까지 광대하다. 따라서 온도센서의 종류는 매우 광범위하지만 크게 나누면 측정하고자 하는 피 측정물에 센서를 직접 접촉시켜 측정하는 접촉형과 피 측정물에서 방사되는 적외선을 원격 관측하는 비접촉형으로 나눌 수 있다.

접촉식 온도센서는 측정대상에서 온도센서를 접촉시키는 방식이며 측온의 기본형이다. 그러나 직접 접촉으로 인해 측정대상의 열에너지가 센서로 이동하기 때문에 측정대상의 온도가 저해된다. 따라서 열에너지가 작은 검출대상에서는 정확한 온도 측정이 힘들기 때문에 측정대상의 열용량이 센서 엘리먼트에 비해 충분히 커야 하며 센서 차체가 측정대상의 온도에 견디면서 동작을 할 수 있어야 한다.

비접촉식 온도센서는 측정대상에서 방사하는 열선을 계측하는 센서이기 때문에 온도 측정도 가능하기 때문에 접촉식에서는 불가능했던 다양한 응용도 가능하지만 열에너지를 검출할 수 있는 광학계와 여러 가지 부 재료를 필요로 하기 때문에 일반적으로 고가가 되기 쉽다. 비접촉식 온도센서는 방사의 검출기일 뿐이므로 방사 강도에만 의존하는 센서가 바람직하며 접촉식과는 달리 센서 출력력이 온도에 의존해서는 안된다.

적외선 센서는 서미스터, 서모파일등의 열형과 PbS, InSb, HgCdTe등의 반도체를 사용한 양자형으로 크게 나누어진다. 열형 센서는 감고



〈그림 1〉 A2TPMI 내부 구조
 〈Fig. 1〉 A2TPMI inner structure

다 낮고 응답이 늦지만 파장 전역에 걸쳐서 감도가 거의 없다는 특징이 있다. 양자형 센서는 고감도이고 응답도 빠르지만 감도의 파장 선택성이 강하고 사용 파장을 확인하여 센서를 선택하여야 한다.

본 논문에서 사용된 적외선 센서의 Perkin Elmer사에서 제작된 A2TPMI 적외선 센서로서 -20~300℃의 온도 범위를 지니는 모델로 적외선 센서의 파장은 5.5~13.5 μ m이다. A2TPMI 센서 내부에 신호처리 회로가 들어가 있어 기존의 센서처럼 외부에 복잡한 증폭 및 필터회로를 구성할 필요가 없으며, 외부와는 I2C 통신을 통해 검출된 값을 외부회로에 디지털 전송한다. 내부 신호처리 레지스터는 8비트 분해능을 지니고 있다.

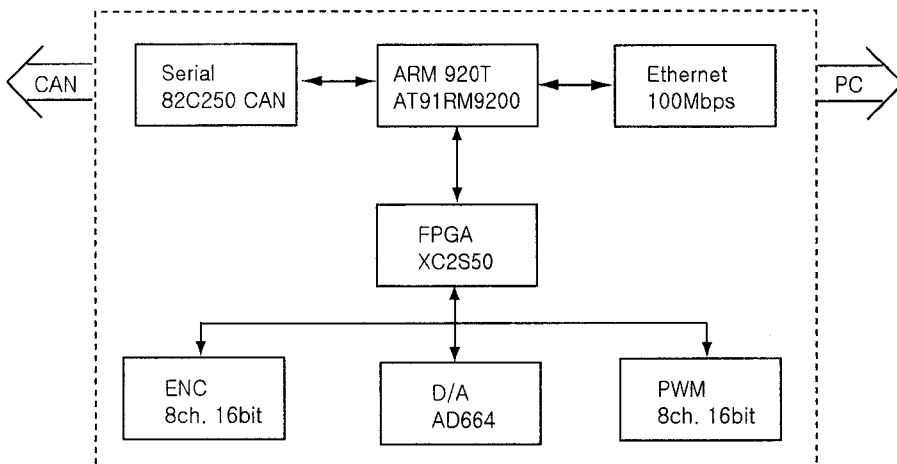
CAN 네트워크에 참여하는 노드들로부터 통신을 담당하는 CAN(Controller Area Network) Driver 칩이 마이크로프로세서에 연결되어 있으며, 모니터링을 담당하는 PC에 LAN으로 10Mbps 전송속도로 통신을 통제할 수 있다. 서버에서는 직결되는 노드를 위해 D/A, A/D, PWM, 엔코더

카운터기능들을 수행하도록 FPGA에 탑재하여 처리하는 서버용 컨트롤 보드를 사용하였다. USN 서버 제어보드의 구성도를 나타내면 <그림 2>와 같다.

마이크로프로세서는 Atmel사의 AT91RM9200으로 내부처리속도는 400MHz로 처리하도록 구성하였고 플래시 롬은 AM29LV32DB, RAM은 HY57V641620HG를 사용하여 각 세그먼트는 512Mbyte 공간을 각기 확보하였다. FPGA는 AT17V010A 시리얼 PROM을 이용하여 마스터 부트 모드로 사용하도록 하였다.

IV. USN 노드 감지기 설계 및 제작

본 논문에서 사용된 적외선 센서는 분해능을 높이기 위해 아날로그 값으로 출력된 값을 12비트 분해능을 가진 MCP3202 A/D 컨버터에서 신호를 변환하여 마이크로프로세서 모듈에 전송을 하도록 설계하였다. 사용된 적외선 센서의 응답속도는 25ms이다. 따라서 이 처리속도는 고가의 마이크로프로세서를 사용하지 않더라도 처리

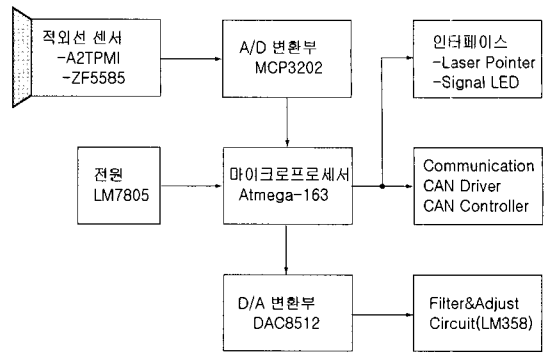


<그림 2> USN 서버 컨트롤 보드의 구성도
 <Fig. 2> Block Diagram of USN Server Board

가 가능하기 때문에 저가로 RISC 구조에 안정성이 높은 ATMEL사의 AVR 시리즈인 Atmega-163을 사용하여 설계 및 제작하였다. <그림 3>은 적외선 센서 구동부의 구성도를 나타낸 것이다.

USN 네트워크를 구성하고 현장에서 직접 조작 및 모니터링이 가능해야 하므로 온도표시기, 데이터를 네트워크에 출력 및 PLC 연동을 하기 위한 아날로그 출력등으로 구성하였다.

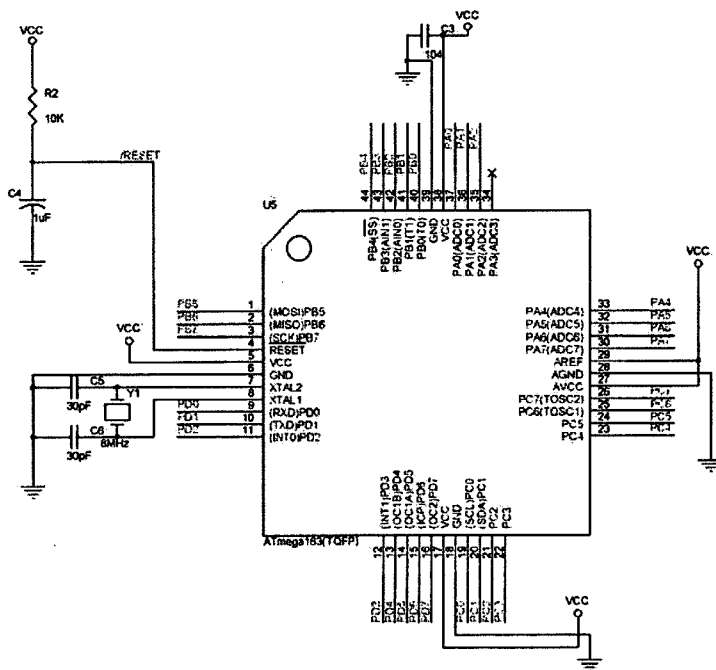
12비트 분해능의 아날로그 출력을 위해 DAC 8512를 사용하여 PLC에 연결하여 모니터링할 수 있도록 필터 및 조정회로를 내장하였다. 또한 USN을 위해 고유 ID 설정 및 원격모니터링 기능을 추가함으로써 공정제어에 USN을 구성할 수 있는 기본 감지기 역할을 수행할 수 있도록 하였다. <그림 4>는 마이크로프로세서의 기본 회로도도를 보인 것이다.



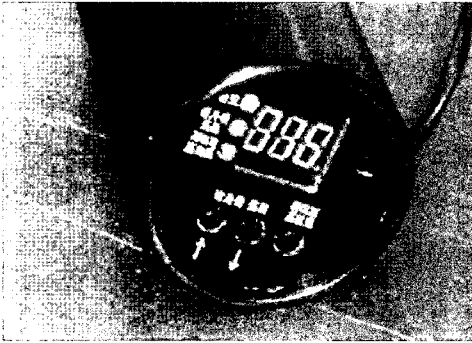
<그림 3> 적외선 센서의 구동부 구성도
<Fig. 3> Driver Block diagram of Infrared Sensor

<그림 5>는 실제 제작한 적외선 센서의 외형을 보인 것이다.

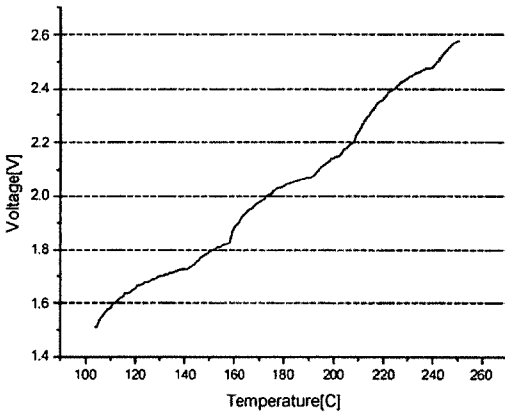
감지기에서 아날로그 전압을 입력받아 온도를 산출하는 프로그램의 작성은 회사에서 제공하는 데이터 시트를 통해 변환함수를 제작하여야 한다. 본 논문에서는 다차원 함수를 뽑아주는 커브



<그림 4> 마이크로프로세서의 기본회로도
<Fig. 4> Basic circuit of microprocessor



〈그림 5〉 실제 제작한 적외선 센서의 외형
 〈Fig. 5〉 External form of infrared rays sensor that manufacture actually

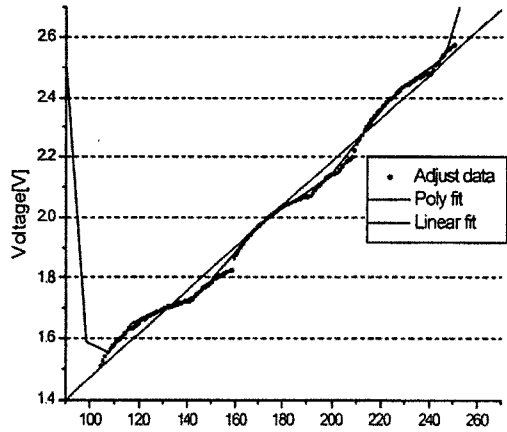


〈그림 6〉 ZF5585의 조정 곡선
 〈Fig. 6〉 Adjust curve if ZF5585

핏(Curve Fit) 프로그램을 이용하여 변환함수를 찾았다. 〈그림 6〉은 ZF5585 조정 커브 곡선을 보인 것이다.

V. USN 노드 감지기의 성능분석

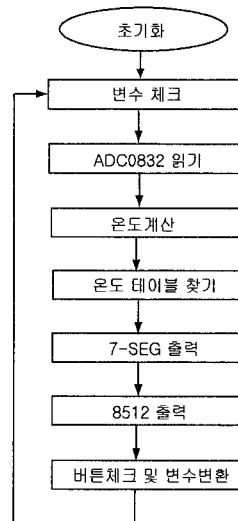
〈그림 7〉에 나타낸 보정곡선은 여러 번 실험한 결과 모든 구간에서 선형 특성을 나타내지 않았다. 따라서 보정 알고리즘을 사용하여 보정을 수행해야 정확한 값을 수행할 수 있음을 알 수 있었다.



〈그림 7〉 온도 조정
 〈Fig. 7〉 Temperature adjust

본 논문에서는 보정곡선의 정확도를 높이기 위해 9차 폴리핏 보정을 수행하였다. 그림에서 보듯이 직선 보간과 9차 폴리핏을 적용한 결과 이들의 특성은 100% 일치하지 않음을 확인할 수 있다.

〈그림 8〉은 메인 프로그램의 플로차트를 나타낸 것이다.



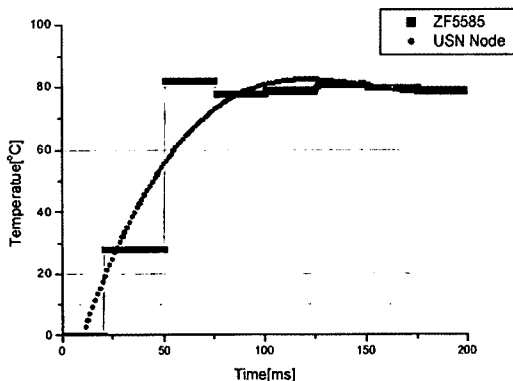
〈그림 8〉 메인 프로그램의 플로차트
 〈Fig. 8〉 Flow chart of main program

여러 번 반복 하여 보간 및 실측결과 흑색의 보간점을 얻을 수 있었지만 9차 함수를 이용하여 계산하는 것은 실시간 처리를 확립할 수 없으므로 사정에 계산된 보간점을 테이블화하여 입력대 출력값을 테이블에서 찾는 방법으로 정확하고 빠르게 온도를 측정할 수 있었다.

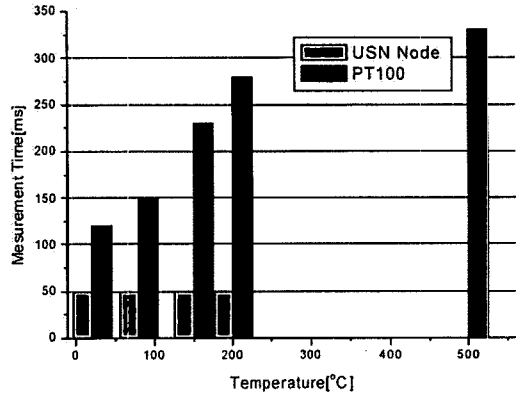
<그림 9>는 USN 노드에서 3차원 플리펄 기법을 적용해 센서에서 다음 데이터가 나오지 않더라도 입력시부터 보간을 수행하여 1ms에 한 번씩 출력하도록 알고리즘을 개선하여 응답특성을 크게 개선한 특성을 보인 것이다.

ZF5585의 출력특성을 NI A/D 보드를 이용해 캡처된 데이터와 같은 입력을 받아 처리하는 USN 노드의 출력 값을 서로 비교하여 표시한 것이다. 100ms까지의 안정화 시간중에는 보정이 부정확하였으나 그 이후에는 안정된 출력을 보이고 있음을 확인할 수 있다. ZF5585는 50ms 이후 안정되나 이후 출력이 안정되지 않고 빠른 출력을 내보내지 못하는 문제점이 개선되었다.

<그림 10>은 USN 노드와 공장자동화에 자주 사용되는 PT100인 열전대환 온도 컨트롤러를 사용하여 온도측정 시간을 비교한 것이다. USN



<그림 9> 응답특성
(Fig. 9) Response characteristic



<그림 10> PT100과 USN의 측정시간 비교
(Fig. 10) Comparison during measurement time of PT100 and USN

노드는 측정값과 표준온도 발생장치의 지시값에 오차 5%이내에서 안정된 값을 나타내는 시간을 기준으로 나타내었고, PT100도 같은 방법으로 시간을 측정하였다.

USN노드는 적외선 방식으로 바로 측정이 가능하여 온도에 따른 시간 오차도 균일한 특성을 나타내었다. 그러나 PT100의 경우에는 차제 쉘드 가열시간을 고려되어 온도가 높을수록 측정 시간이 늘어나는 단점을 나타내고 있다. USN노드에 적용된 센서의 최대 온도 값이 250°C임으로 250°C이상은 측정이 되지 않는 단점이 있으나 고온용 센서와 병렬 처리함으로써 이를 개선하는 방법을 연구해야 한다.

VI. 결론

본 논문에서는 CAN을 통해 적외선 센서의 온도 값을 모니터링하고 이를 시스템에 전송하여 온도 조절을 함으로서 양질의 제품을 생산할 수 있도록 USN 기반 구현을 하기 위한 노드 감지기를 설계하고 성능을 분석하였다.

온도 응답특성에서 USN 노드는 100ms 이후

에 안정된 특성을 보였고, ZF5585는 50ms 이후 안정되나 이후 출력이 안정되지 않고 빠른 출력을 내보내지 못하는 문제점이 개선되었다.

온도시간의 측정결과 USN 노드는 온도 측정 시간이 균일하게 나타내고 있지만 PT100은 측정 시간이 길뿐만 아니라 불균일한 특성을 보였다.

또한 USN노드에 적용된 센서의 최대 온도 값이 250℃임으로 250℃이상은 측정이 되지 않는 단점이 있으나 고온용 센서와 병렬 처리함으로써 이를 개선하는 방법을 연구해야 한다.

참고문헌

- [1] S.M. Park, "Technical Trend of Sensor Network Node Platform & OS ", *Electronics and Telecommunications trend analysis of ETRI*, Vol. 21, No.1, 2006
- [2] Gumzel, Roman, "A Configuration Manager for Embedded Real-Time Application", *CERTS'03*, 2003.
- [3] AVR 8bit RISC processor, <http://www.atmel.com>.
- [4] Mohanmmad Ilyas, Imad Mahgoub, *Handbook of Sensor Networks Compact Wireless and Wired Sensing System*, CRC press.2004.
- [5] A2TPMI data sheet, Perkin Elmer Inc. <http://www.perkinelmer.com>
- [6] ZF5583 data sheet, Radiant Innovation Inc. <http://www.zytemp.com>
- [7] 全馨錫, USN 기반구현을 위한 적외선 온도감시시스템에 관한 연구, 조선대학교, 2008.

저자소개



강 창 수

1975년 3월 1일~1982년 2월 23일 광운대학교 전자공학과 공학사
 1984년 9월 1일~1986년 2월 23일 한양대학교 공학석사
 1988년 3월 1일~1992년 2월 23일 광운대학교 공학박사
 1995년 12월 14일~1996년 12월 16일 Clemson University(USA) Post Doctor
 1991년 3월 1일~현재 유한대학 전자정보과 교수
 주관심 분야 : 신경회로망, 반도체, 회로설계, USN



백 주 기

1989년 3월 서울산업대학교 전자공학 학사
 1995년 2월 단국대학교 전자공학 석사
 1999년 8월 단국대학교 전자공학 박사
 2001년 3월~2006년 2월 재능대학교 겸임조교수
 2007년 3월~현재 인천전문대학 겸임교수
 2009년 3월~현재 GVS(주) 연구소장
 주관심 분야 : 전자회로설계, USN 회로설계