

센서신호처리를 위한 다중채널 데이터획득/로깅 시스템

박찬원[†] · 김일환

A multi-channel data acquisition/logging system for a sensor signal processing

Chan-won Park[†] and Il-hwan Kim

Abstract

This paper presents a development of the multi-channel data acquisition/logging system for a sensor signal processing and a method of the evaluation and a temperature compensation for the A/D converters with the specific analog and digital circuit including the software. Also, we have designed a hardware and a software filters with smart algorithm for better signal processing of the proposed system. Software approach was adopted to obtain the stable data from A/D converter.

Key Words : sensor signal processing, A/D converter, data acquisition/logging system

1. 서 론

최근 다양한 센서개발과 함께 이들의 신호처리를 위한 회로들도 각종 반도체 소자의 개발에 힘입어 많이 소개되고 있다. 센서신호처리 기술에서 기본적인 요소는 센서로부터 출력되는 미세한 아날로그신호를 증폭하고 필터링하는 시그널컨디셔닝과 이를 디지털정보로 변환하는 A/D 변환기술이라고 할 수 있는데 최근의 우수한 성능의 증폭기나 고분해능의 A/D 컨버터의 출현에도 불구하고 다양한 환경에서 센서에 실제 적용하기에는 많은 제약이 따르게 된다. 대표적인 요인으로 잡음과 온도변화에 따른 아날로그신호 증폭과 관련된 능동 및 수동소자의 출력변화, 전원 및 입력센서의 출력변화, A/D 컨버터 자체의 출력변화 등이다. 원하는 분해능의 출력을 얻기 위해서는 이러한 요인들을 제거해 줄 필요가 있다^[1-2].

본 연구에서는 온도 변화에 따른 각종 출력 변화에 의한 A/D 컨버터의 출력의 변화를 보상하기 위한 데이터 획득/로깅 시스템 및 시뮬레이션을 통한 보상파라미터를 찾아내는 프로그램의 개발을 최종 목적으로 하고 있다^[3].

실제 센서를 이용한 시스템에서 측정값은 신뢰성을 위해 동일한 조건에서 여러 번 테스트를 거쳐야 한다. 이는 아무리 아날로그회로를 잘 조합하였다 하더라도 회로의 드리프트나 센서의 특성들이 각 개별마다 다르기 때문이다. 단일

시스템이면 한 종류의 장치에 대해 여러 번 테스트를 해야 하고 또 다른 동일한 장치에 대해 같은 테스트를 반복하여 테스트 데이터의 신뢰성을 높여야 한다. 하지만, 이 방법은 시간과 경제적인 면에서 많은 비효율성을 내포하게 된다^[4-5].

따라서 본 연구에서는 서로 다른 센서 신호처리용 A/D 변환장치 또는 동일한 장치 여러 개를 동시에 테스트하여 데이터를 획득 및 기록하고, 이 획득된 데이터를 PC를 이용하여 시뮬레이션을 분석하는 방법으로 장치의 선택, 오동작 장치의 조기 판별 및 장치의 신뢰성 판별을 함으로써 센서를 이용하는 자동화 및 생산성 향상에 효율적으로 적용가능하게 하고자 하였다.

2. 다중채널 데이터획득/로깅 시스템

전체 시스템 구성은 그림 1과 같다. 센서신호처리를 위한 다중채널 데이터획득/로깅 시스템은 크게 하드웨어부와 소프트웨어부로 구성되며, 두 시스템은 RS-232C통신을 이용하여 서로 통신을 통해 제어 및 데이터 수집 과정을 수행하게 된다.

2.1. 하드웨어의 구성

본 시스템의 하드웨어는 모든 장치를 제어하는 마이크로 컨트롤러부와 각 종류의 A/D 컨버터모듈을 연결하는 확장 인터페이스부분과 센서를 연결하는 입력부로 구성되어 있다. 본 연구에서 실험에 사용한 A/D 컨버터로는 일반 시중에서 최근 정밀급의 센서신호처리로 많이 쓰이는 ADS1210, ADS1240, ADS1255, CS5532, AD7710을 사용하였으며 이

강원대학교 전기전자공학부 (Department of Electrical and Electronics Engineering, Kangwon National University)

[†]Corresponding author: cwpark@kangwon.ac.kr

(Received : December 30, 2006, Accepted : February 27, 2007)

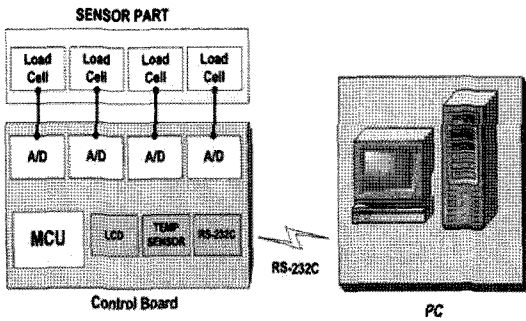


그림 1. 전체시스템의 구성도
Fig. 1. Schematics of the system.

들 모듈기관의 장치가 가능하도록 설계하였다^[6-8].

마이크로컨트롤러부는 LCD 디스플레이를 장착함으로써 display, RS-232C통신, 온도센싱, 각 채널 동작 등을 control board 자체적으로 테스트할 수 있게 하였다. 연구에서 사용된 센서는 여러종류의 센서중 직선성과 정밀도, 분해능면에서 가장 우수한 중량센서인 로드셀(load cell)을 사용 하였다. 센서 부는 A/D 컨버터 개수만큼의 로드셀로 구성되어 있다. 그림 2는 제작된 전체시스템의 사진이고, 그림 3은 항온조에서 로드셀 센서와 구성하여 시험 중인 사진이다.

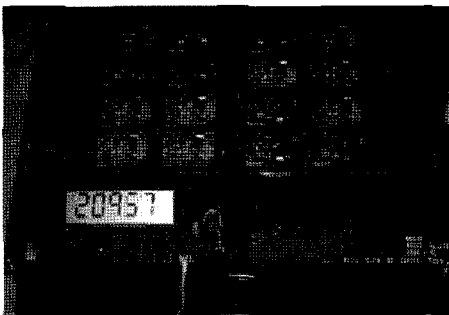


그림 2. 제작된 전체시스템의 사진
Fig. 2. Photo of the system.



그림 3. 항온조에서 로드셀센서와 구성하여 시험중인 사진
Fig. 3. Experimental system testing with load cell sensors in the constant temperature room.

2.2. 소프트웨어의 구성

소프트웨어는 A/D 컨버터의 연결과 종류를 판별하고 PC와의 정해진 프로토콜에 따라 통신을 하는 기능과 제어 기관의 자체 진단 테스트 기능, 그리고 각 종류의 A/D 컨버터를 제어하고 A/D 데이터를 획득하는 기능들로 구성되어 있다. 동작과정은 처음 PC와의 통신연결이 되면 장착된 A/D의 종류와 채널 번호를 PC측에 전송을 하고 각 A/D

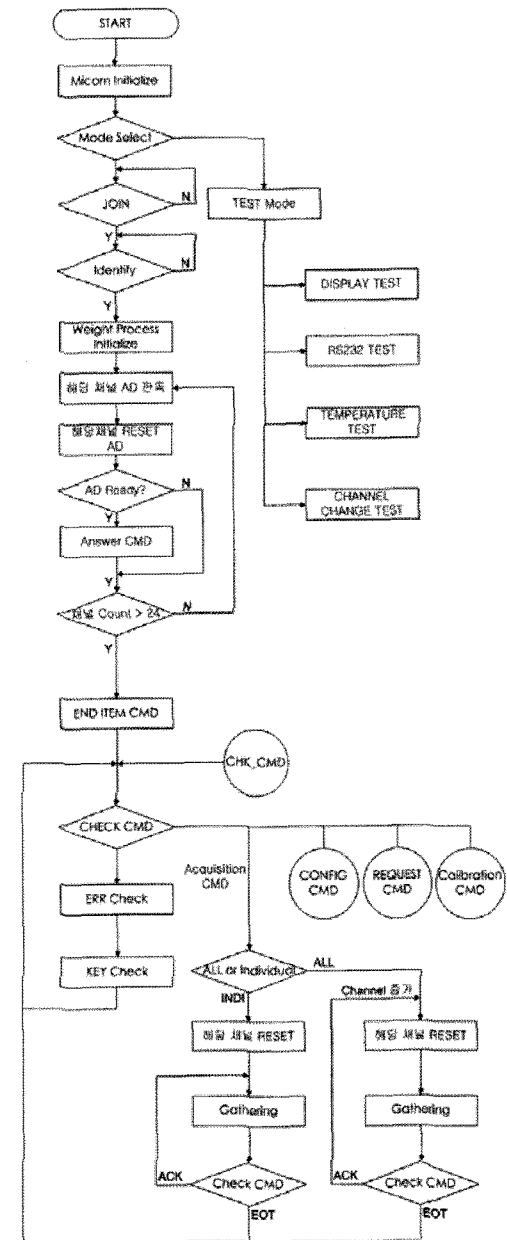
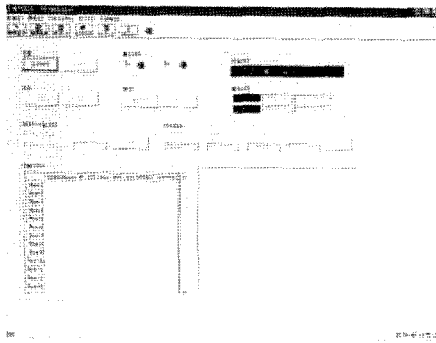
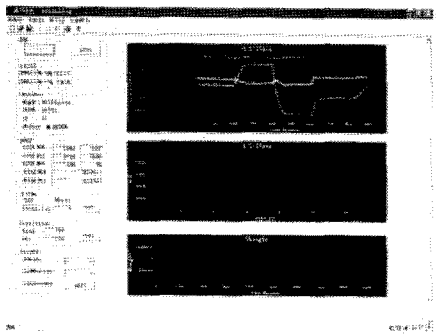


그림 4. 주프로그램의 전체 흐름도
Fig. 4. Flowchart of the main program.



(a) A/D manager



(b) A/D viewer

그림 5. PC 프로그램 layout
Fig. 5. Layout of the PC programs.

컨버터를 reset을 시킨 후 PC측의 제어명령을 기다리며 PC측에서 제어명령을 보내면 해당 명령에 대한 작업을 수행한다. 상세한 수행흐름은 그림 4에 나타내었다.

소프트웨어부는 데이터를 수집하는 A/D manager와 수집된 데이터를 도시화하고 분석하는 A/D data view로 구성되어 있다. 각 프로그램의 화면 구성은 그림 5와 같다.

센서신호처리를 위한 다중채널 데이터획득/로깅 시스템의 소프트웨어는 사용자에게 입력에 따른 통신 및 제어상태를 보여주는 사용자 인터페이스와 입력된 제어메시지를 해당 프로토콜에 맞게 패킷을 생성하는 packet generator, 메시지를 기다리고 인터럽트를 처리하는 event loop, 그리고 직렬통신으로 들어온 패킷을 각 용도로 분류하는 interpreter 등으로 구성되어 있으며 직렬통신으로 원하는 파라미터를 적용하고 A/D 데이터 및 온도 데이터를 수집하는 기능으로 구성되어 있다. 그림 6은 전체 모듈의 구성과 상호관계를 보여주고 있다.

그림 7은 A/D viewer프로그램의 구성도이다. A/D manager에 의해 얻어진 데이터를 그래프로 표시하여 시각적으로 온도에 대한 데이터의 경향을 파악하며, 필터 등을 적용하여 온도 보상에 필요한 파라미터를 찾고, 온도 보상 알고리즘을 적용하여 나온 결과에 실제측값 표시 알고리즘을 적용하여 결과를 확인한다.^[9-10]

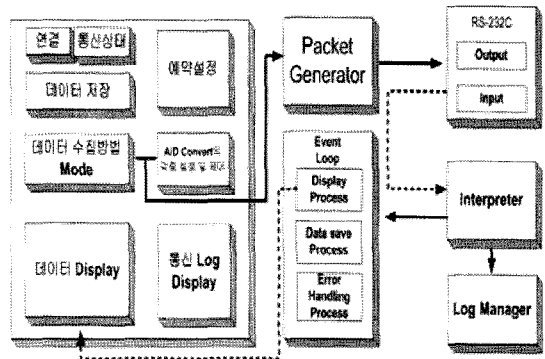


그림 6. A/D manager 모듈의 구성도
Fig. 6. The A/D manager module.

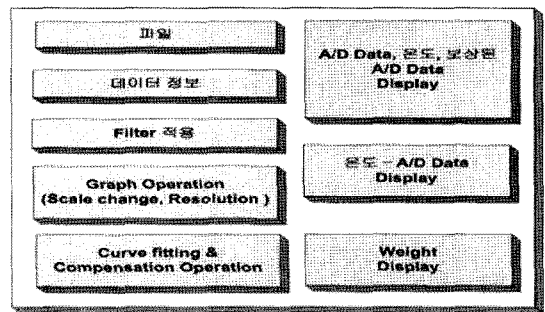


그림 7. A/D viewer 모듈의 구성도
Fig. 7. The A/D viewer module.

3. 실험결과 및 고찰

3.1. 온도 보상 방법과 캘리브레이션

센서와 A/D 컨버터의 온도변화에 따른 캘리브레이션에 대한 기본 적용개념은 다음과 같이 설명된다. 그림 8은 본 연구에서 적용하고자 하는 온도보상방법의 원리를 설명하기 위해 본 시스템으로 구성된 장치를 이용하여 온도변화에 따른 A/D 출력 값을 그래프로 대략적으로 나타낸 것으로서 곡선 (a)는 raw A/D 출력 값이고 (b)는 (a)를 1차 curve fitting한 결과이고 (c)는 곡선(a)와 (b)의 차에서 온도 값 $t=20$ 에서 발생한 오프셋값을 더한 값으로 (a)-(b)+ $Offset_{t=20}$ 로 표시한 결과이다.

대부분의 센서들은 실제로 정상동작을 위해서는 상온에서의 A/D 출력 값이 온도변화와 상관없이 모든 온도범위에서 일정하게 유지 되어야 하지만 실제로는 온도에 따라 값이 변한다^[11]. 따라서 온도변화의 경향에 가장 근접한 함수를 찾아내고 실제 A/D 출력 값(a)에서 해당 온도 시에 온도에 따른 A/D 값(b)을 뺀 다음 때의 A/D 출력 값을 더하면 보상된 A/D 출력 값(c)은 근처의 값을 가지게 된다.

온도에 따른 드리프트값은 해당 온도에서의 오프셋으로 간주할 수 있으므로 온도에 의한 영향과 오프셋값과의 관

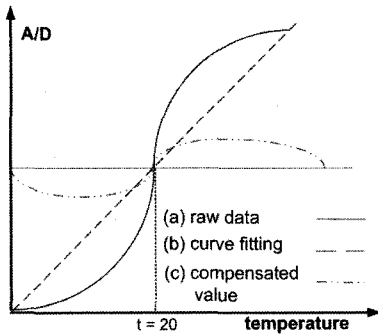


그림 8. 온도보상 방법의 원리
Fig. 8. Method of the temperature compensation.

계에 대한 알고리즘을 간단하게 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$AD = AD_c - (aT + b) \quad (1)$$

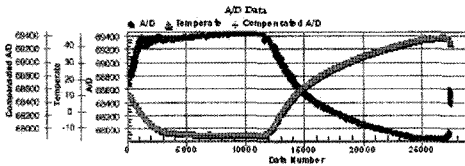
여기서 AD 는 보상된 AD 출력 카운트 값이고 AD_c 는 현재 AD값이며, a 는 온도에 대한 AD 변화량의 기울

기이며, b 는 zero 오프셋이다.

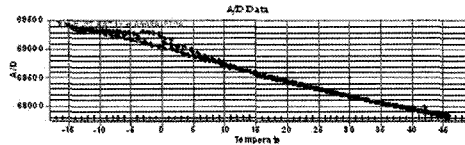
3.2. 실험 및 결과의 예

본 연구에서는 온도에 따른 드리프트 효과를 감쇠시키기 위해 여러 A/D 컨버터중 상온에서 유효 bit수가 좋고 온도에 대한 선형성이 좋은 AD7710과 ADS1255로 테스트하였다.

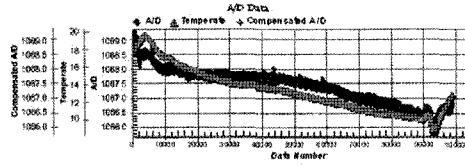
그림 9의 (a)는 $-15^{\circ}\text{C} \sim 45^{\circ}\text{C}$ 구간에서의 A/D값을 측정 한 결과이고, (b)는 (a)의 결과를 온도- A/D 출력값으로 다시 표시한 결과이다 이를 curve fitting한 결과 해당온도(x)에서의 오프셋값(y)은 $y = -27.8x + 69038$ 의 값을 얻었다. 실제 적용 온도 범위는 항온조의 가동시 진동 및 스위칭 조작시 잡음의 영향을 배제하기 위해 일반 환경에서 온도범위 $10^{\circ}\text{C} \sim 20^{\circ}\text{C}$ 에서 테스트 하였다. 그림의 (c)는 온도보상을 적용하지 않은 것으로 A/D 출력 값이 온도의 방향에 따라 같이 이동하는 것으로 보인다. (d)는 온도보상을 적용한 것으로 온도가 하강해도 A/D 출력 값은 일정한 수준을 유지하는 것을 확인할 수 있었다. 그림 9의 경우 A/D 출력 값에서 온도에 해당되는 오프셋값을 제거하는 방법을 이용한데 비해 ADS1255의 온도보상과정에서는 오프셋 레지스터의 값을 해당 온도에 맞게 변화 시켜 출력을 일정하게



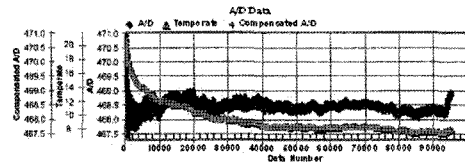
(a) 시간에 대한 온도 및 A/D값



(b) 온도 - A/D값

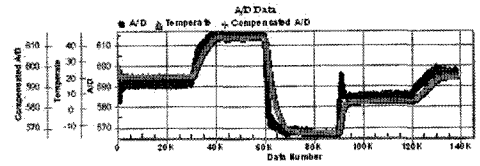


(c) 보상을 적용하지 않은 경우

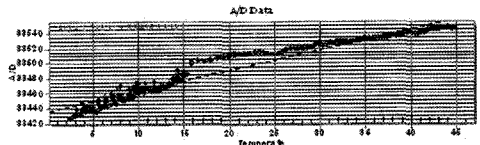


(d) 보상을 적용한 경우

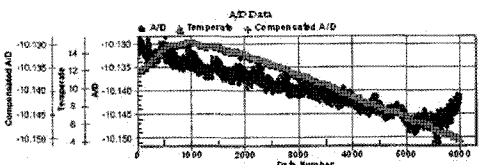
그림 9. 온도 보상 과정(AD7710)
Fig. 9. Temperature compensation process.



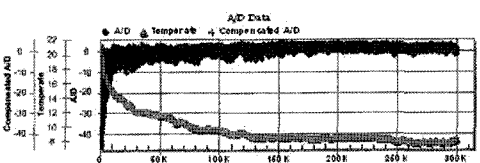
(a) 시간에 대한 온도 및 A/D값



(b) 온도 - Offset Register값



(c) 보상을 적용하지 않은 경우



(d) 보상을 적용한 경우

그림 10. 온도 보상 과정(ADS1255)
Fig. 10. Temperature compensation process.

하는 방법을 사용하였으며 그림 10은 그에 대한 같은 실험 결과이다.

4. 결 론

본 연구에서는 센서신호처리를 위한 다중채널 데이터획득/로깅 시스템을 제작하고 온도보상을 위한 파라미터를 구해 적용할 수 있는 프로그램을 개발하였다. 이로 인해 동일 시간 내 여러 종류의 A/D 데이터를 동시에 취득이 가능하여 테스트 시간의 단축을 이룰 수 있고, 각 A/D 컨버터의 성능 비교, 온도에 대한 특성 및 온도 보상을 위한 파라미터를 구해 적용함으로써 최적의 A/D 컨버터를 선별할 수 있다. 또한 이 결과를 이용하여 사전에 불량 혹은 자격미달의 A/D 컨버터 및 센서들을 제거함으로써 불량상태를 초기에 진단해 생산성을 향상시킬 수 있게 하였다.

본 시스템은 향후 이더넷 통신을 이용하여 중앙에서 모든 데이터를 모니터링하며, 불량 및 성능 미달 센서 또는 A/D 컨버터를 판별해내는 시스템을 지향함으로써 자동 검사 과정으로 효율을 극대화 할 수 있는 시스템으로의 적용이 가능하여 실제 생산 자동화 라인에서 활용이 기대된다.

참고 문헌

[1] 박찬원, 민남기, “능동 회로에 의해 온도 보상된 이중 빔 로드 셀의 개발,” 대한전기학회 논문지, 제44권, 제8호, pp. 1057-1062, 1995.
 [2] 도용태, “다중센서의 사용에 의한 계측의 불확실성 감소기법,” 센서학회지, 제4권, 제4호, pp. 47-54, 1995.
 [3] Y. Yamada, H. Kozai, N. Tsuchida, and K. Imai, “A

multi-sensor system for controlling grasping force,” *IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robots and Systems IROS '91*. Nov. pp. 3-5, Osaka, Japan, IEEE Cat, no. 91TH0375, 1991.

[4] C. Couto and J. Higinio, “Intelligent signal processing for ratiometric data acquisition: A low cost solution for load cells,” *Proceedings of IMEKO TC-4*, pp. 100, Brussels, Belgium, 1994.
 [5] M. Ehsanian, N. B. Hamida, and B. Kaminska, “A novel A/D converter for high-resolution and high-speed applications,” *1997 IEEE International Symposium on Circuits and Systems*, pp. 9-12, Hong Kong, 1997.
 [6] National Semiconductor Corporation, *Linear Data Book 2, Rev. 1*, 2002.
 [7] R. E. Thomas and A. J. Rosa, *The Analysis and Design of Linear Circuits*, Prentice Hall, 1997.
 [8] R. F. Coughlin and R. S. Villanucci, *Introductory Operational Amplifiers and Linear ICs*, Prentice Hall, 2000.
 [9] 김보환, 이진하, 김태진, “실내공기의 다성분 측정시스템 개발에 관한 연구,” 센서학회지, 제14권, 제2호, pp. 125-130, 2005.
 [10] 권성원, 정재갑, 김문석, 김규태, 류제천, “열전형 전류 변환기의 교류-직류 전류 변환차이 자동측정시스템 개발,” 센서학회지, 제14권, 제5호, pp. 350-356, 2005.
 [11] A. Tavares, J. higinio, and C. Couto, “Calibration of a multi-load cells weighing system based on neural networks,” *ICSPA'95*, Boston, USA., 1995.



박 찬 원

- 1978년 2월 고려대학교 전기공학과 졸업(공학사)
- 1982년 9월 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)
- 1987년 2월 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)
- 1991년~1992년 일본 ISHIDA Scales Co. MFG 초빙연구원
- 2000년~2002년 미국 ASML (Silicon Valley Group), Visiting Scientist
- 현 강원대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 센서계측신호처리, A/D변환 및 RFID/USN



김 일 환

- 1982년 2월 서울대학교 제어계측공학과 졸업(공학사)
- 1988년 2월 서울대학교 대학원 제어계측공학과 졸업(공학석사)
- 1993년 3월 일본 도호쿠대학 대학원 기계공학과 졸업(공학박사)
- 1982년~1995년 한국기계연구원 선임연구원
- 2002년~2003년 University of Waterloo 연구교수
- 현 강원대학교 전기전자공학부 교수
- 주관심분야 : 제어,메카트로닉스 및 휴먼 인터페이스