

# 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 제어시스템

정영수 · 현용근  
호남대학교 전자공학과

## A Virtual Instrument Control System With Reconstruction Mechanism Of Faulty Signal

Young-Su Jung · Woong-Keun Hyun  
Department of Electronic Engineering, Honam University, KOREA  
E-mail : 55volt@naver.com

### 요 약

본 논문은 PC를 기반으로 한 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 제어시스템을 기술한다. 제안된 시스템은 주요소 측 분석법에 의한 오차신호 보정 알고리즘과 16bit RISC 머신을 사용한 센서제어보드, 부착된 센서에 따라 자동 조정되는 PC측의 GUI 인터페이스로 구성되어 있다. PC와 센서제어보드 사이에는 빠른 통신을 보장하기 위하여 USB 통신 시스템 모듈이 설계 제작되어 사용되었다. 제안된 시스템의 효용성을 입증하기 위하여 제작된 8개의 CD's 센서가 부착된 태양추적장치에 적용되어 시험되었다.

### ABSTRACT

This paper describes a virtual instrument system with faulty sensor reconstruction mechanism based on personal computer. This system consists of sensor control board using 16bit RISC machine, error signal reconstruction algorithm based on principal component analysis and auto turned GUI interface according to the attached sensors. USB module is used for fast communication between PC and sensor controller. To show the veridity of the proposed system, the proposed system was applied to the developed sun tracker with 8 solar sensors.

### 키워드

virtual instrument, reconstruction mechanism of faulty

### 1. 서 론

최근 정보화의 진행속도가 빨라지면서 PC의 활용 인구가 증가하고 있으며 1가구 1 PC라고 해도 과언이 아닐 만큼 현대 사회와 밀접하게 연관되어 있다. 최근에는 이 PC를 이용하여 제어나 계측의 활용이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 종래의 가상계측기기들이 담당하던 기능들을 PC로 옮겨 놓음으로써 데이터의 저장, 분석, 제어등을 효율적으로 관리할 수 있는 가상계측 제어시스템을 구성할 수 있게 되었다[1][2]. 이 PC를 기반으로 하여 가상계측의 VIS(Virtual Instrument System)를 적용함으로써 장치에 대한 교육비용 절감 및 유지 보수가

쉬워졌다. VIS는 PC의 유연성 및 기술성면에서도 S/W 개발이 쉬워 진단 및 제어 simulator등의 활용으로 S/W 시스템 환경 구축이 용이하여 많이 활용하고 있으며, VIS활용은 온도변화나 위치에너지, 운동에너지 등 물리적인 데이터 변화를 컴퓨터로 확인할 수 있어 측정도구를 사용해 눈으로 관찰하는 것보다 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 또한 데이터의 저장, 분석, 제어가 용이한 National Instrument사의 C언어 기반인 Labwindows를 사용하여 분석한 데이터의 제어 및 모니터링을 함으로써 개발비용의 절감 및 가상계측 시스템의 구현이 쉬워졌다.

본 연구는 주요소 측 분석법에 의한 오차신호보

정 알고리즘과 16bit RISC 머신을 사용한 센서제어 보드를 제작하고, 센서제어보드에 부착 되어있는 센서에 따라 자동 조절되는 PC측의 GUI인터페이스로 구성되어 있다. PC와 센서제어보드 사이에는 통신은 USB 통신시스템 모듈을 사용하여 빠른 통신을 얻는다. 제안된 가상계측 제어시스템의 효율성을 확인하기 위하여 8개의 CDs 센서가 부착되어 있는 태양추적장치를 제작하여 이를 적용하여 시험하였다.

### II. 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 시스템 구성

본 연구에서 가상계측 제어시스템은 가상계측 제어시스템 인터페이스를 위한 센서제어보드, PC와 센서제어보드간 통신을 하기 위한 Protocol, 그리고 센서데이터를 얻기 위한 아날로그, 디지털 I/O부 및 센서데이터의 오류신호를 보정해 주는 알고리즘, 마지막으로 가상계측 제어 Display를 위한 Auto ID를 인식해서 센서에 따라 자동으로 파라미터를 변동시키는 지능형 GUI 인터페이스 등 5개 부분으로 이루어져 있다. 그림1은 가상계측 제어를 하기 위한 전체 시스템 블록도이다.

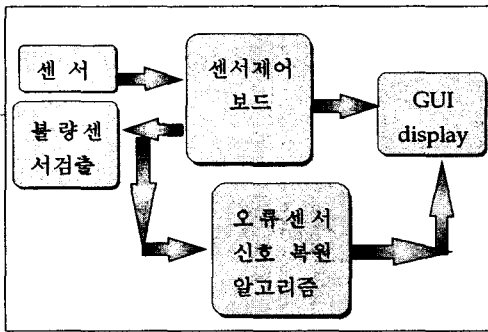


그림1. 오류신호 보정을 위한 가상계측 제어시스템의 전체 블록도  
Fig 1. Block diagram of the proposed system

### III. 하드웨어의 구조

가상계측 제어시스템 인터페이스 센서제어보드는 독립된 전원을 사용하여 data를 수집할 수 있어야 하므로 초 저전력형으로 설계해야 한다. 따라서 MPU 자체가 초 저전력형으로 동작해야하며 내부 RAM이 충분한 시스템이어야 한다. 이에 본 연구에서는 TI사의 MSP430을 주MPU로 사용했다. 그림2는 MSP430을 이용한 가상계측 모듈인 센서제어보드의 블록도를 나타내며, 설계의 개념은 다음과 같다.

우선 센서의 계측을 위하여 MSP430내부의 12bit 8CH ADC를 이용하여 CDs 센서의 값을 입력받고

Dual UART중 하나는 USB와 연결하여 1.2Mbps까지의 USB통신을 하여 PC와의 통신 효율을 높인다. 또한 여타 장비들과의 통신을 위하여 나머지 UART는 RS232기능을 사용한다.

MSP430을 이용한 가상계측 센서제어보드에 CDs센서를 부착하게 되면 Analog IN을 통해 센서가 가상계측 센서제어보드에 자동 검출되고 가상계측 센서제어보드에서 센서에 대한 고유 id를 자동적으로 부여하게 된다. 이 센서데이터는 부여된 id와 센서 값을 입력받아 정해진 Protocol을 통해 센서 id와 센서데이터를 PC로 전송하고 PC에서는 GUI 인터페이스를 통해 불량센서를 검출하고 그 불량센서의 오류신호를 보정하여 최대 효율을 얻는 태양의 위치를 찾는다. GUI 환경은 C언어 기반인 Labwindows에서 이루어지며, 보정된 값을 가지고 스텝모터를 이용하여 태양의 위치를 추적한다. 그림2는 MSP430을 이용한 가상계측 센서제어보드의 블록도이다.

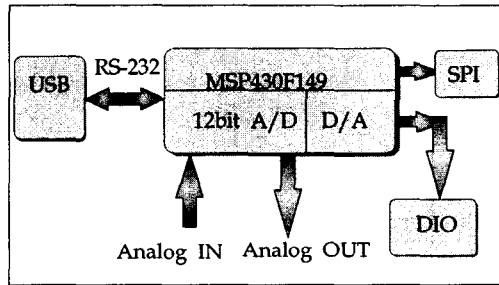


그림2. MSP430을 이용한 가상계측 센서제어보드의 블록도  
Fig 2. Block diagram of the sensor control board using MSP430

### IV. 소프트웨어 구조

전체 S/W 구조는 그림3과 같이 6개의 Module로 이루어져 있다. 우선 GUI Module은 Labwindow를 사용하여 사용자 친화 그래픽 유저 인터페이스를 만들며, Menu Driven 방식으로 센서제어보드의 Sensor Scan 시간, 센서선택, I/O control등을 하게 된다. 센서제어보드와 PC측의 통신은 USB로 하며, USB통신 Control Communication Module에서 하게 되고 이를 DLL화 하였다. 센서제어보드와의 통신 Data는 메모리 버퍼 모듈에 하게되며 내부적으로 Ring Buffer 구조를 갖고 있다. GUI Module에서 선택한 Sensor의 Scanning Time은 통신 간격에도 영향을 주며 이를 Time Control Module에서 USB통신 DLL을 제어하여 시행한다. 또한 센서제어보드에서 입력받은 Data 중 오차를 갖은 신호는 Error 보정 Module에서 GUI Module에서 재 저장하여 Display되며, 센서제어보드와 PC측 전체시스템이 연결되는 초기에는 센서의 ID를 감지하여 센서별 Display의 Parameter, 데이터 가공을 하고 GUI Module에서 저장하여 Display하게

된다. 또한 오차보정 모듈에서는 다음과 같은 방법으로 오차를 수정하게 된다.

PC(Principle Component)가 갖는 통계학적 의미는 확률적으로 데이터들이 주로 발생하는 부분포 성분을 의미하며, 로딩벡터(Loading Vector)라 한다.  $X$ 는  $m$ 개의 샘플수와  $n$ 개의 변수로 이루어진 Sample Data이며,  $V$ 와  $R$ 을 각각  $X$ 의 Covariance 행렬, Correlation 행렬이라 하고, 로딩벡터  $P$ 는  $V$  또는  $R$ 의 고유벡터들이다. 데이터 행렬  $X$ 가 있을 때  $n$ 개의 PC를 얻을 수 있으며, 그 중 변수들 간의 관계를 설명하기 위해 주성분을 사용한다. 즉  $P$ 행렬이 주어졌을때 센서의 입력벡터  $x$ 는 PCS(Principal Component Subspace) 성분과 RS(Residual Subspace)성분으로 나누어진다[3].

PCA를 통해 오류센서를 검출하는 방법은 각 신호  $x$ 에 대하여 신호의 주성분 축에 수직인 성분을  $\tilde{x}$ 이라 했을때  $\tilde{x}$ 이 일정한 신뢰한계를 벗어날 경우 Q-statistics와 유사한 방법으로 보정해 줌으로써 정상적인 신호로 복원하게 되는 것이다[3][4].

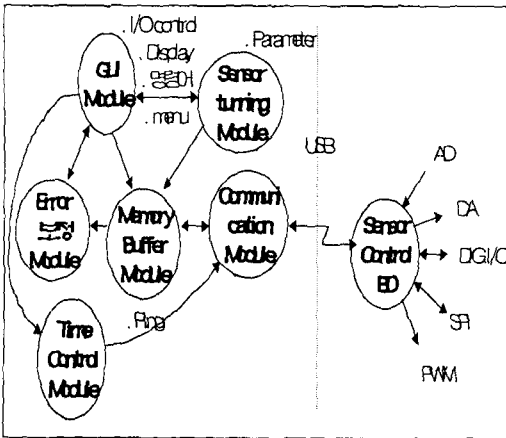


그림3. 가상계측 제어를 위한 소프트웨어 전체구성도  
Fig 3. Software structure of the proposed algorithm

### V. 실험 및 결과

본 연구에서 제안한 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 제어시스템을 실험하기 위해 CD센서 8개가 부착된 태양추적장치를 적용하여 사용하였으며, 이 태양추적장치는 대범위 센서 4개와 소범위 센서 4개로 구성하여 태양을 추적하도록 하였다. 태양을 추적하기 위한 모터는 step motor 2개를 사용하여 수평과 수직으로 태양을 추적하도록 하였으며 이를 제작된 가상계측 제어시스템으로 제어하였다. 그림4는 구현된 가상계측 제어시스템으로 중앙에 위치한 BD가 MSP430 MPU를 이용한 센서 제어 보드이고, 오른쪽 기구부위 직사각형의 기다란 판은 CD센서 8개가 부착되어 센서부로 태양광

이 판을 통해 유입되어 센서제어보드로 입력된다. 기구부 가운데 부분에 Step motor가 부착되어 있다. 왼쪽에 위치한 PC에서는 센서제어보드에서 부착된 센서에 대한 id와 센서데이터를 받아 센서에 대한 오류센서를 검출 및 보정하여 Display 해주는 Labwindow로 구현된 GUI이다.

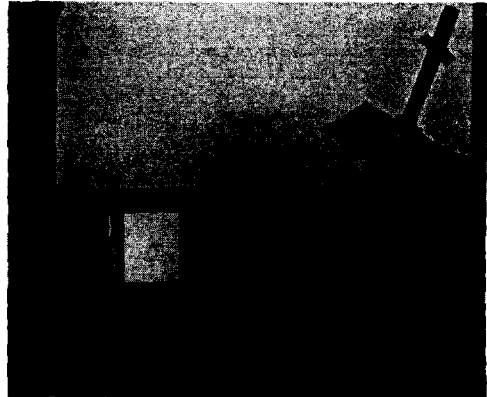


그림4. 구현된 가상계측 제어시스템  
Fig 4 Developed virtual instrument system applied to sun tracker

구현된 가상계측 제어시스템을 가지고 센서 진단 및 복원하는 가상계측 실험을 하기 위하여 임의의 한 센서에 정상적인 센서데이터를 얻기 위해 6 샘플링시간동안 빛을 투입하고, 잠시 후 11샘플링 시간동안 동일한 빛을 비추었고 이후 9샘플링 시간동안 센서를 가리고 실험하였다. 그림5는 임의의 한 센서 오류가 발생 했을 때 나타나는 오류신호와 SPE를 0인 지점으로 이동시켜 오류센서를 복원하는 그래프이다. 센서데이터의 진단과 복원에 대한 과정은 다음과 같다. 샘플링된 355개의 데이터 중 일부 값을 가지고 Correlation matrix  $R$ 을 구하고 SVD(Single Value Decomposition) 알고리즘을 이용하여  $R$ 의 Eigenvector을 구한다. 이 값들 중 2개의 로딩벡터를 취하여 SPE값이 신뢰한계 보다 크므로 에러로 판별하여 실험하였다. 첫 번째 그래프는 noise에 의해 임의의 한 센서에 오류가 생긴 그래프이며 두 번째 그래프는 SPE를 적용한 그래프이다. 세 번째 그래프는 SPE가 감소하도록 SPE=0인 지점으로 이동시켜 오류센서신호를 복구하는 그래프이다.

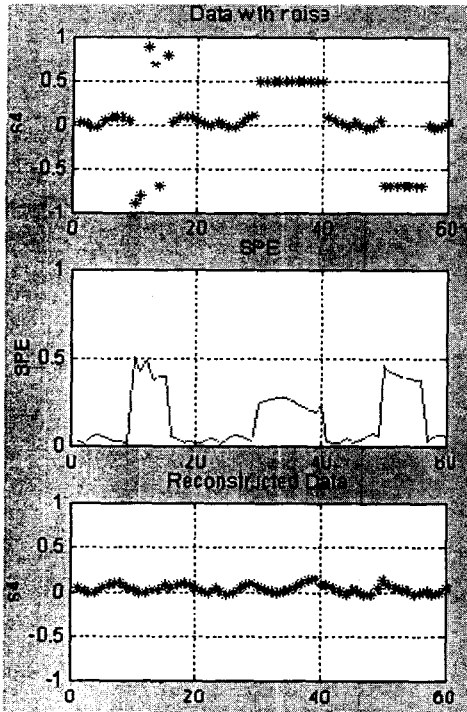


그림5. 오류센서신호 검출 및 보정신호  
Fig 5 Error sensor signal and the reconstructed signal

그림6은 센서제어보드에 부착된 센서의 id와 센서데이터에 따라 자동으로 조절되는 PC측의 GUI 인터페이스를 나타낸다. 센서제어보드에 어떤 센서가 부착되었는가에 따라 그 센서에 맞는 GUI 환경이 자동으로 조절되어 모니터링 된다.

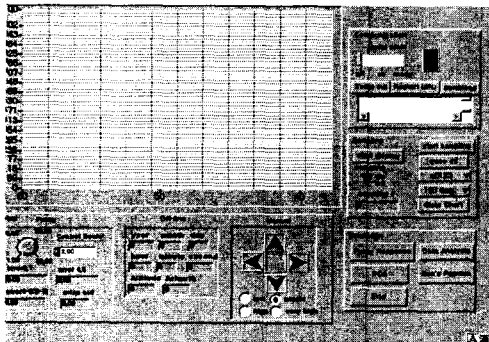


그림6. PC의 Windows환경에서 구현된 GUI  
Fig 6. GUI in window O.S

## VI. 결론

본 논문에서는 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 제어시스템을 개발을 제시 하였으며, 가상계

측 제어시스템 인터페이스를 위한 센서제어보드를 개발하고, PC와 센서제어보드간 데이터를 전송하기 위한 통신 Protocol을 정의하고 실험하였다, 그리고 오류신호를 보정해주는 알고리즘을 통해 오류 센서 샘플데이터를 검출하여 복원 하였다. 가상계측 제어를 하기위한 센서제어보드는 MSP430 MPU의 12bit 8ch을 통해 센서 값을 입력받고, 부착된 센서에 대한 오류센서 검출 및 오류신호 복원 모터링은 PC에서 Labwindow를 사용하여 구현한 GUI를 통해 확인 하였다. PC와 센서제어보드간 통신은 USB를 사용하여 통신속도를 높였다. 이 오류신호 보정기능을 가진 가상계측 제어시스템은 기존에 가상계측기기들이 담당하던 기능들을 PC로 옮겨 놓음으로써 데이터의 저장, 분석, 제어 등을 효율적으로 관리할 수 있는 가상계측 시스템을 구성할 수 있게 되었으며, 유지 보수가 쉽고 장치에 대한 교육비용을 낮추어 저가격의 시스템을 구축할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] A.Kandaswamy, C.Sathish Kumar and T.Vamsee Kiran, "A Virtual Instrument for Measurement of Exporatory Parameters", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, p1255-1258, 2002
- [2] 윤봉준, 박홍복, "LabVIEW를 이용한 자동 부하시스템의 설계 및 구현", 해양정보통신학회 02추계종합학술대회, pp762-763, 2002
- [3] Ricardo Dunia and S. J Qin, "Joint diagnosis of process and sensor faults using principal components analysis", Control Engineering Practice 6, pp. 457-469, (1998)
- [4] Qin, S. J., Yue, H., & Dunia, R. "Self-validating inferential sensors with application to air emission monitoring.", Industrial Engineering and Chemical Research, Vol. 36, No. 5, pp. 1675-1685, (1997)
- [5] 김성수, 이승준, 문철홍, " USB와 임베디드 시스템의 다중 통신 프로토콜 구현", 대한전공학회논문집, 제25권 제1호, pp215-216, 2002
- [6] User's Guide, "MSP430x1xx Family", TEXAS INSTRUMENTS, 2000

본 과제(결과물)는 산업지원부의 출연금 등으로 수행한 지역전략산업 석박사 연구인력 양성사업의 연구결과입니다.