

# 자동화장비의 최적성능을 위한 고장 허용 시스템에 관한 연구

송민우\*, 장경식\*

\*한국기술교육대학교 전기전자공학과

## A Study on the Fault Tolerant System for the Optimum Performance of Automation Equipment

Min-Woo Song\*, Kyung-Sik Jang\*

\*Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Korea University of Technology and Education

e-mail: [zdas5@sfa.co.kr](mailto:zdas5@sfa.co.kr)

### 요 약

본 논문에서는 자동화설비에서 가장 많이 사용되는 부품인 센서와 Cylinder를 기준으로 두 가지 Model을 기준으로 “고장허용 시스템 구축”에 관한 연구를 진행하였다.

Free Flow Conveyor상에서 Sensor의 고장발생 시 Virtual Sensor Mode로 전환되어 정상동작 하는 것을 Simulation을 통해 구현을 하였으며, Cylinder의 내압을 이용하여 Cylinder의 동작 시 부하에 따른 Analog data변화를 확인함으로써 고장허용 시스템을 다양하게 적용할 수 있는 토대를 마련하였다. 이러한 방법은 Cylinder의 수명예상은 물론 Grease 주입예상시기와 Cylinder의 불량유무판단 등 개발자의 능력에 따라 여러 가지 응용이 가능할 것이라 생각된다.

### ABSTRACT

In this paper, I studied the “Establishment of Fault Tolerant System” as well as the sensor and cylinder that are general components being used in automation equipments. I design a system that when the sensor breaks down on free flow conveyor, it will be converted to virtual sensor system mode by simulation, also I design IPC(Internal Pressure Cylinder), a basis of various applicable fault tolerant system by analyzing the changing of analog data according to the load of operation.

With IPC and the increasing ability of developer, the Fault Tolerant System will be widely applied in the increasment of service time of cylinder, grease pouring time expection, fault recognition of cylinder and etc.

## 1. 서 론

현재 전 세계적으로 공장자동화의 신기술을 포함한 생산현장 라인증설이 계속 늘어나는 추세임에도 불구하고, 자동화 설비를 총괄하여 보전하고 관리할 수 있는 전문적 기술과 인력은 턱없이 부족하다.

또한 설비들의 규모가 커짐은 물론 설비구성이 복잡해짐에 따라 생산자 및 보수자가 전체시스템을 운영하기가 어려워지고 있어 HMI(Human Machine Interface) 와 같은 모니터링 시스템 도입이 일반화되고 있다.

그러나 HMI(Human Machine Interface) 이러한

시스템은 문제발생시 결함장소를 정확히 검출한 다거나, 원인파악 등을 진단할 수 있는 기능이 없다. 설비운영의 최적화는 고장이 없는 상태에서만이 가능하며, 설비의 안정성 및 신뢰도를 향상시켜 고장을 미연에 방지하는 데에 목적이 있다고 볼 수 있다.

고장 허용 시스템이란 설비에 이상 발생 시 시스템에서 고장의 여부를 미리 판단하고 분석하여 시스템의 중단을 막고 계속적으로 정상 동작하여 시스템의 신뢰도를 높여 그에 따른 생산 효율을 극대화 시킬 수 있는 기법이다.

산업용 제어, 자동차, 항공기, 등등 이러한 시스템

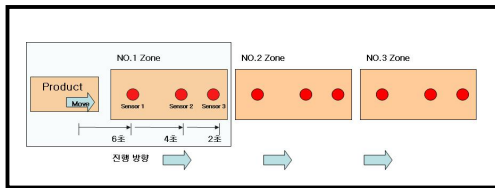
의 신뢰도와 안정성을 확보하기 위하여 많은 분야에서 여러 가지 연구 즉 하드웨어와 관련된 연구와 소프트웨어와 관련된 연구가 진행되고 있다. 예로 PLC와 관련된 부품 즉 PLC, 통신Module과 통신 Line등을 하드웨어적으로 2단 구성하여 문제 발생 시 대기 부품으로 빠르게 전환되어 설비 중단을 막는 방법이 있다.

실제 이러한 방법은 변전소나 원자력발전소등에서 사용하고 있다.

하지만 반도체설비나 그밖에 중소기업 제조설비에는 설비의 원가 상승의 문제 그리고 시스템을 어디까지 2중화를 시켜야하는지에 대한 구분이 명확하지 않기 때문에 이런 제조 기업들은 방법을 알고 있음에도 현실은 이러한 방법을 기피하고 오로지 현장 보수근로자의 능력에만 의존하고 있는 실정이다.

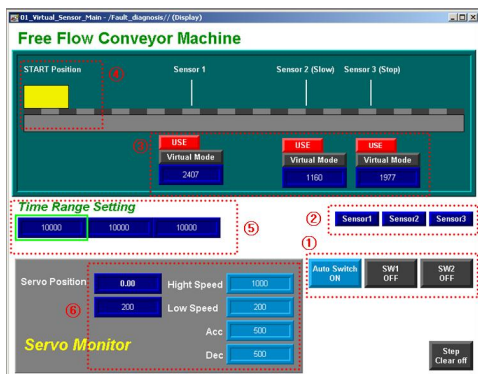
## II. VSS(Virtual Sensor System)

본 시스템은 실무현장에서 빈번히 발생할 수 있는 Sensor의 불량 시 가상의 센서를 동작함으로써 설비 중단을 막고 생산 Loss를 방지하여 생산량을 증대하고자 하였다.



<그림 1> Free Flow Conveyor

<그림 1> 은 생산품은 1번 Zone을 지나 2번 3번순으로 진행하게 되며, Sensor2번 감지 시 감속을 하게 되며, Sensor3 감지 시 정지하게 된다. 이동도중 Sensor1까지 도달시간과 Sensor2까지의 도달시간 그리고 Sensor3까지의 도달 시간을 각각의 Buffer공간에 저장하게 된다.



<그림 2> Free Flow Conveyor Touch Screen

Buffer에 저장된 값은 Sensor문제 발생 시 바로 Virtual Mode로 변환이 되어 감속에서 정지까지의 정상적인 동작을 수행해야한다.

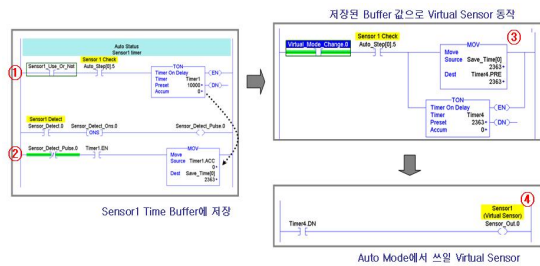
<그림 2> ①번은 Conveyor의 Auto Switch로써 On 동작 시 PLC Program이 수행하게 된다. 이어 SW1 Switch를 On을 시키면 ④번의 노란색의 네모박스가 우측으로 움직이게 되며, Sensor3까지 도착 후 다시 SW2 Switch 를 On을 시키면 Start Position으로 이동하게 된다.

<그림 2> ②번은 Sensor를 대신한 Switch 로써 총 3개의 Sensor로 구성 하였으며, 네모박스가 움직일 때 Sensor1(감지구간)에서 Sensor2(감속구간),Sensor3(정지)번까지 차례로 누르게 된다. 이때 ③번의 창에 각각의 Sensor 동작 시 걸리는 시간은 Buffer에 차례로 저장된다.

<그림 2>의 정상적인 Mode에서는 ③번상단의 Switch는 USE Mode 상태에서 구동하며, Sensor에 이상이 있을 경우에는 Not Use Mode로 변환 후 정상 동작을 하는지 지켜본다. Not Use Mode(Virtual Mode)일 경우에는 중간의 Virtual Mode Lamp가 동작하게 된다.

<그림 2>의 ④번은 정상 동작 시 Yellow Box는 Sensor1번을 지나Sensor3번에서 멈추게 된다.

<그림 2> ⑤번은 Time Range Setting 은 10초라는 범위 내에 Sensor의 입력 시간을 받아 Buffer에 저장할 수 있도록 구성 하였다.



<그림 3> VSS(Virtual Sensor System) Buffer Save Program

<그림 3> ①의 Sensor\_Use\_Or\_Not 접점은 Touch Screen상에서 관할하게 되며, Auto Step[0].5가 동작하고 있을 때 TON(TIMER)가 10초를 기준으로 동작하게 된다. 이 Timer1이 동작되면 ②번Timer1.EN(시간완료)이 On 되어 Acc(Accumulate)값 5.11초가 Save\_Time[0]번 Buffer에 저장된다.

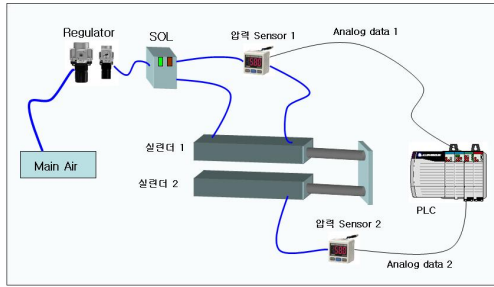
<그림3>③번에서는Sensor 동작 시 Buffer(Save\_Time[0])에 저장 되어있던 값을 기준으로 Virtual Sensor (Timer4)를 동작을 하게 되며, ④번에서는 Virtual Sensor에 동작 완료시 적용되는 Sensor Out.0을 실제 Auto Program의 가상 Sensor로 사용된다.

## III. IPC(Internal Pressure Cylinder)

Servo Motor의 경우에는 서보구동 시 얻을 수 있

는 정보 Position, Torque, 가속, 감속 등 Data들의 정보 취합이 용이하지만 실린더의 경우 근접 센서에 의존하여 실제 실린더가 동작 수행을 완료 했는지 안했는지에 대한 ON OFF 단순입력 정보만 가능하다.

이러한 문제를 해결하고자 실린더에서 유입되는 Air의 압력변화를 Analog 센서를 통해 실시간으로 Monitoring하고 분석하여 실제 실린더의 동작 상태를 Check하여 고장허용 시스템을 설계하고자 한다.



<그림 4> IPC(Internal Pressure Cylinder)

▷ 1단계

<그림 4>는 Main Air에서 Regulator통해 유입된 Air로 Sol을 동작시키고, 실린더2는 실린더1을 기준으로 고정을 하였다.

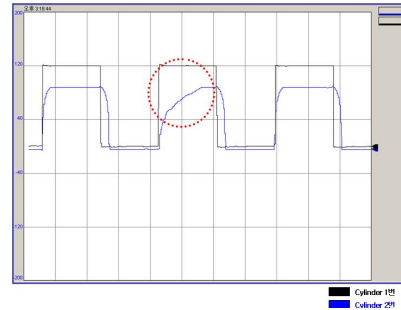
▷ 2단계

실린더1이 Air가 유입되어 전 후진 동작을 수행하며 압력 Sensor1에 전진 동작 시 압력의 변화를 확인한다.

▷ 3단계

실린더2는 자체 내압을 이용해 압력Sensor2의 변화를 Monitoring할 수 있도록 구성하였다. 실린더1이 동작하면서 고정되어있던 실린더2가 전진상태로 되고 압력Sensor2값이 변하게 된다. 압력Sensor2에서 변화하는 값을 PLC로 Monitoring 하였다.

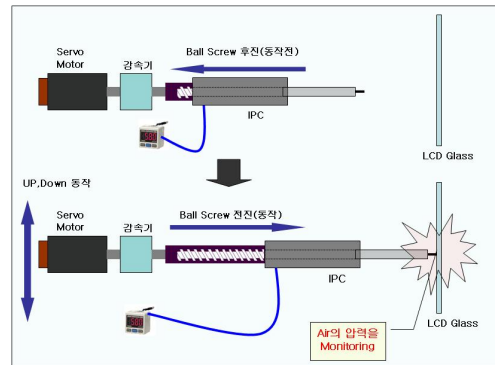
<그림 5>의 VSS의 동작을 Trend분석 결과 Conveyor Position에는 PLC Scan Time에 의한 약간의 변화만 있었을 뿐 Position에는 변화가 없이 동작함을 확인 할 수 있었다.



<그림 6> IPC의 Trend 분석

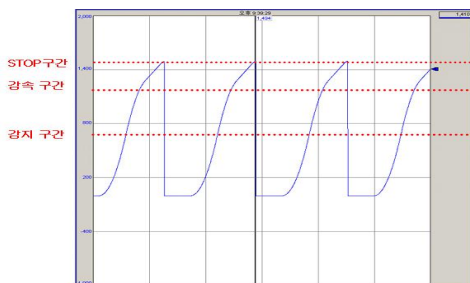
<그림 6>은 Cylinder가 전진 동작 중에 약 4회에 걸쳐 부하를 가해보았다. Cylinder 1에는 압력의 변화가 없었고, Cylinder 2에는 압력이 낮아졌다가 서서히 증가됨을 볼 수 있었다.

1) IPC 적용 1



<그림 7> IPC 적용 1

IV. 실험 및 적용사례

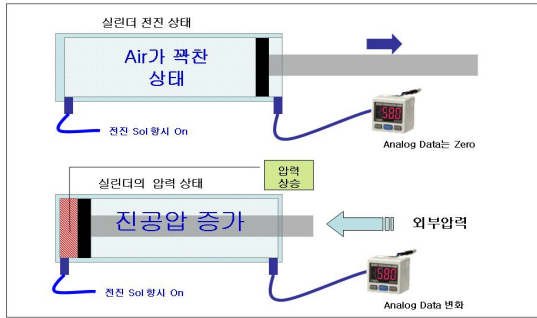


<그림 5> VSS의 Trend 분석

Servo motor와 실린더를 혼용으로 사용한 LCD Glass Cutting System이다. Servo motor의 Hard한 동작 특성으로는 Glass가 깨질 우려가 있기 때문에 Air 특성의 유연함 이용한 실린더로 Glass에 자국을 남겨 Cutting을 하게 된다.

기존의 방법은 실제 Glass에 어느 정도의 압력 (힘)이 가해져 있는지 확인하기가 불가능하기 때문에 Servo position 값을 조금씩 조절해 가면서 Setting을 해야 하는 번거로움이 있었다. 그러나 <그림 7>의 IPC(Internal Pressure Cylinder)의 진공 원리를 적용 시 Glass Cutting되는 Data를 값을 쉽게 찾아 Setting작업에서의 효율성이 증가되며, Glass Cutting시 실린더의 압력상태를 Monitoring할 수 있는 장점까지도 가질 수 있다.

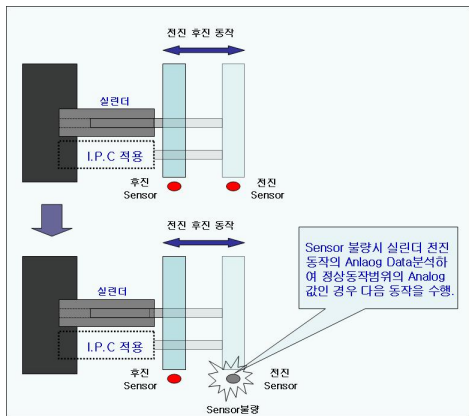
<그림 8> 실린더의 동작을 항상 전진 동작으로 놓아두고, 실린더 후진동작을 시키는 포트에는 압력 Sensor를 부착 하였다. 실린더가 전진동작에서 외부의 압력이 증가하면 실린더내부의 진공량이 증가하여 Sensor의 Analog Data가 변하게 된다. 이러한 방법으로 실린더의 압력변화를 확인할 수 있게 된다.



<그림 8> IPC 적용 1-1

2) VSS & IPC 적용 2

<그림 9>의 시스템은 실린더로 전·후진 동작을 수행하는 Machine이다. Machine은 실린더 전진 동작 수행 후 PLC에서는 전진 감지센서의 입력을 기다리게 된다. 기존의 시스템 방식은 실린더가 전진동작 후 센서의 입력이 들어오지 않을 경우 몇 초 후 Alarm을 발생 시키고 Machine의 다음동작 수행을 시키지 않는다. 그 이유는 PLC는 Machine의 실린더 동작여부를 단지 센서로만 보기 때문이다.



<그림 9> VSS & IPC 적용 2

하지만 IPC(Internal Pressure Cylinder)를 적용 시 Machine의 동작상태의 여부를 Analog data로 받을 수 있기 때문에 실린더의 실제 정상동작을 여부를 알 수 있게 된다. 만약 Sensor가 불량인 경우에도 PLC Buffer에 저장되어 있던 Analog Data의 비교를 통해 정상인 값으로 판단이 되면, Sensor의 입력을 무시하고 PLC는 다음 동작 수행을 하여 Machine을 정상가동 시킨다.

V. 결 론

본 논문에서는 고장허용 시스템을 VSS와 IPC 두 가지 형태로 분류해서 적용해 보았다. 그러나 VSS(Virtual Sensor System)의 Simulation 구현은 실제 Time data를 신뢰하고 설비를 운영하기에는 다소 부족한 점이 있기에 실제 현장 적용 후 충분한 Test가 진행되어야 할 것이다. 또한 설비 Trouble이라는 것이 너무나 많은 변수를 가지고 있기에, PLC에서 동작상의 Sensor Data 정보를 모두 가지고 있을 경우 Program의 복잡함은 물론 PLC Scan Time의 영향을 끼치게 될 것이다. 하지만 설비의 동작정보를 보다 Data Base화된 방법 즉 PC에서 장비의 동작 정보를 모두 저장하고 장비 문제 발생시에만 그 정보를 PLC에서 정보를 Update하는 방법도 있을 것이다.

IPC(Internal Pressure Cylinder)에서는 실제 이러한 방법을 통해 Cylinder의 수명예상과 그리스 주입 예상시기 Cylinder불량유무 판단을 물론 더 나아가 Analog data의 신뢰성확보와 Brake형 실린더만 개발이 된다면, 실린더의 Position제어 까지도 가능할 것으로 생각된다. 또한 단일 구조형태의 실린더로 내압의 변화를 확인할 수 있는 기능을 가진 Model을 개발하는 것도 좋은 방법일 것이다.

참고문헌

[1] 지웅, "산업용 Robot와 PLC 통신상에서의 고장 허용 제어 Logic 구조개발",한양대 대학원, 2009  
 [2] 정영미, "자동화 시스템의 고장 진단 및 고장 허용 제어에 관한 연구", 부경대 대학원, 2003  
 [3]Allen Bradley, "RSLogic5000 User Manual"  
 [4]Allen Bradley, "Panelview Plus User Manual"  
 [5]김찬봉, 터보테크(주) 기술연구소  
 [6]오승모, "PLC의 기술개발 동향과 국내외 시장현황", 모션컨트롤, 2004