

지상연소시험설비의 제어시스템 구축 방안

이광진*† · 김지훈* · 김승한* · 한영민*

A Construction Scheme of Control System in a Ground Hot-firing Test Facility

Kwang-Jin Lee*† · Ji-Hoon Kim* · Seung-Han Kim* · Young-Min Han*

ABSTRACT

This paper describes a construction scheme of hot backup or triple modular redundancy control system in a ground hot-firing test facility to carry out performance assessment of propulsion system used in a space launch vehicle. It was possible for a hot backup redundancy control system with manual operated console to simulate TMR control system. A console layout of control system in control center to restrict imprudent works of operators was proposed.

초 록

본 논문은 우주발사체에 사용되는 추진기관의 성능평가를 수행하기 위한 지상연소시험설비의 이중화 또는 삼중화 제어시스템의 구축 방안을 다루고 있다. 이중화된 제어시스템의 경우 수동제어 콘솔을 설치하여 삼중화 제어시스템을 모사할 수 있었고, 운용자들의 무분별한 조작을 통제하기 위한 제어실 내 제어 콘솔의 배치 안을 제시하였다.

Key Words: Hot Backup Redundancy Control System(이중화 제어시스템), Triple Modular Redundancy Control System(삼중화 제어시스템), Ground Hot-firing Test Facility(지상연소시험설비), Propulsion System(추진기관)

1. 서 론

우주발사체 선진국의 추진기관 개발과정을 살펴보면 모든 나라들이 국가주도의 전략적 목표하에 그에 적합한 지상시험설비를 구축하면서 우주를 향한 끝없는 도전을 시작하였다[1]. 우주

발사체용 추진기관은 추진제의 종류 및 조합에 따라 다양한 설계 및 제작방식이 사용되고 있다. 특히 액체추진제를 사용하는 추진기관의 경우 재점화 및 재사용이 가능하여 지상연소시험을 통한 개발과정에서 한 호기당 수차례의 연소시험을 수행할 수 있다. 물론 이를 위해서는 높은 안정성과 신뢰도를 바탕으로 시제품이 설계, 제작되어야 하겠지만 개발초기에는 누구도 이에 대한 확신을 가질 수가 없는 것이 현실이다. 이

* 한국항공우주연구원 추진시험팀

† 교신저자, E-mail: lkj@kari.re.kr

경우 개발과정의 시제품을 안전하고 효과적으로 시험하기 위해서는 무엇보다 시험설비를 통제하는 제어시스템 하드웨어의 신뢰도가 높아야 하고 구축 방안이 합리적인 계획 하에 이루어져야 한다.

본 논문에서는 우주발사체용 추진기관을 개발하는 과정에서 사용되는 지상연소시험설비들에 대한 제어시스템의 공통 요소들을 살펴보고, 제어시스템을 구축 및 운용 방안을 제시하고자 한다.

2. 제어시스템의 구성 및 구축 방안

우주발사체용 추진기관의 지상연소시험을 안정적으로 수행하기 위해서는 무엇보다 시험장을 통제하는 제어기의 선택이 중요하다고 할 수 있다. 국내 한국항공우주연구원에 위치한 지상연소시험설비 및 소형연소시험설비와 발사대의 구축

및 운용경험 그리고 외국 적용 사례를 통해[2,3], 추진기관용 지상연소시험설비에 적합한 제어기로는 PLC(Programmable Logic Controller) 또는 TMR(Triple modular redundancy)을 제안할 수가 있다. 이들 제어기는 이중화 또는 삼중화가 가능한 구조로 정보통신산업의 발달과 더불어 비약적인 발전을 해 왔다. 현재 Process safety의 시장을 분할하고 있는 대표적인 프로세스 업체로는 하니웰, 에머슨, 요꼬가와 등이 있으며, 그 뒤를 Siemens사의 Worm Standby 및 Hot Standby 그리고 Rockwell Automation사의 AB PLC-5와 ControlLogix가 시장 영역을 넓혀가고 있다. 그리고 GE사의 Fanuc-Rx7i를 비롯하여 미쯔비시 및 LS 산전에서 생산되는 PLC들도 산업 현장에서 사용되고 있다.

Figure 1은 나로우주센터에 구축하고자 하는 75톤급 연소기 연소시험설비의 제어시스템 계통도로 Rockwell automation사의 AB PLC인 ControlLogix로 이중화한 제어시스템 구축 방안

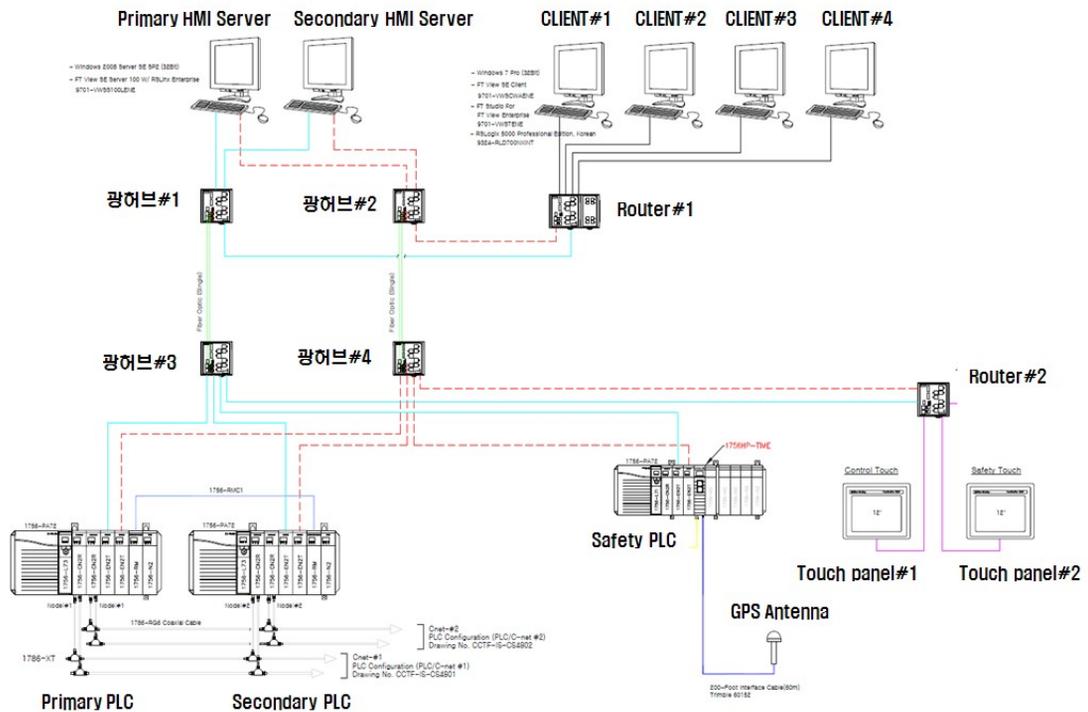


Fig. 1 Schematic of Control system for ground hot-firing test

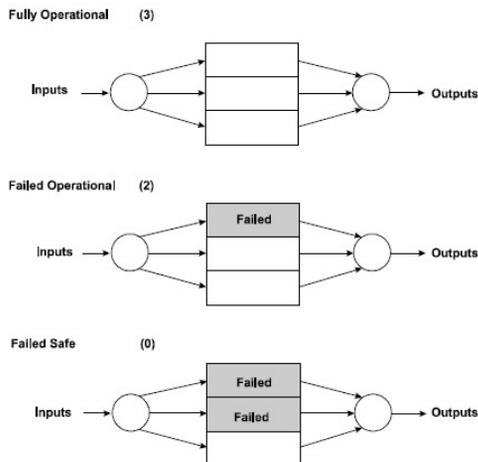


Fig. 2 The Trusted system predictable Fail-Operational/Fail-Safe Strategy[4]

을 보여준다. 이 이중화 방안에는 I/O 모듈과 Power supply의 이중화 부분은 제외되어 있으며, CPU와 HMI Server 그리고 통신 부분이 이중화 되었을 때의 계통도이다. ControlLogix의 경우 최대 128,000 digital 접점과 최대 4,000 analog 접점을 처리 할 수 있으며, Continuous, periodic, event task 등으로 task type을 구분하여 수십 ms 내외에서 멀티태스킹을 가능하게 구현할 수 있는 장점을 지니고 있다. Fig. 1에 나타난 CLIENT는 최대 50개까지 확장할 수 있으며, 시험설비 내 유공압 설비의 특성에 따라 제어할 수 있는 권한을 구분하여 부여할 수 있다. Fig. 1과 달리 CLIENT에 따라 PLC를 추가하여 설치할 수도 있으나 비용이 많이 증가하는 단점이 있다. 만일 비용이 증가하여도 공정별 구분이 명확하고 설비를 운용 유지하는 과정에서 독립적인 기능유지가 필요하다면 분산제어시스템의 개념이 도입된 DCS(Distributed control system) 구성안을 고려해 볼 수도 있을 것이다.

Figure 2는 TMR의 기본적인 운영 로직을 나타낸 것으로 3개의 CPU를 가지고 신호를 처리하는 방안을 보여준다. PLC 이중화의 경우 Primary PLC가 작동 불능일 경우 Secondary PLC로 제어 권한이 넘어가고 이 Secondary PLC는 Primary PLC로서의 역할을 수행하게 된다.

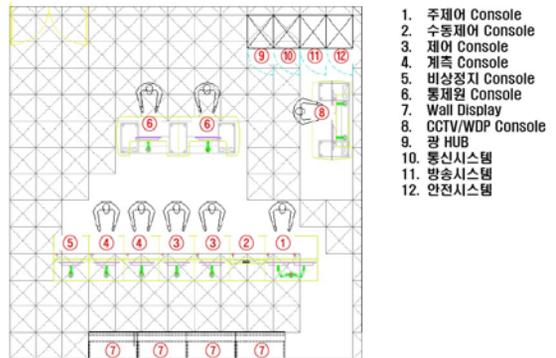


Fig. 3 Layout of control system in control center

다. 그러나 이 Secondary PLC 마저도 작동 불능 상태가 되는 경우 제어 대상체는 통제 범위를 벗어나게 된다. 이 부분을 보완한 것이 TMR이다. TMR은 1개의 CPU가 손상될 경우 두 번째 CPU가 그 기능을 이어 받으며 두 번째 CPU 마저 손상되어 그 기능을 못할 경우 마지막 남은 CPU가 미리 정해 놓은 절차에 따라 안정적으로 제어 대상체가 shut down한다. 이러한 TMR의 기능은 PLC보다 높은 안전등급을 유지하게 해준다. Fig. 3은 Fig. 1의 제어시스템 계통도에서 CLIENT가 위치하는 제어실 내 지상연소시험설비 운용자들의 배치안을 보여준다. 이들 운용 콘솔에는 수동제어 콘솔부가 있는데, 이것은 앞서 제시한 PLC 이중화에서 Primary 및 Secondary PLC가 모두 작동 불능 시 수동으로 제어 대상체를 초기화 할 수 있도록 주요 밸브들의 개폐용 직결선을 모아 놓은 것이다. 제어실 내 운용자들의 콘솔 외에 시험설비를 통제하는 통제원의 콘솔을 배치하여 시험설비를 운용하는 운용자들의 무분별한 조작을 통제하고, 주어진 절차에 따라 역할을 충실히 수행하는지 감독한다.

3. 맺음말

우주발사체용 추진기관 구성요소의 성능평가를 수행하기 위한 지상연소시험설비의 이중화 또는 삼중화 제어시스템의 구성 방안을 제시하였다. 또한 이중화된 제어시스템의 경우 수동제

어 콘솔을 설치하여 삼중화 제어시스템의 기능을 가질 수 있음을 보여주었다. 이중화의 영역은 CPU를 비롯한 Server, 통신, 파워, I/O모듈까지 필요에 따라 확대할 수 있으나 비용의 증대를 수반하게 된다. 또한 시험설비의 부분별 권한 부여 방안을 이중화된 한 대의 PLC로부터 CLIENT 접속 방법으로 제한할 수 있으며, 필요에 따라 시험설비를 분산제어방식으로도 운용할 수 있음을 제안하였다. 그러나 이 또한 비용의 증대를 수반하므로 시험설비의 기능과 안전 그리고 비용을 고려한 제어시스템의 구축 방안을 세우게 된다.

참 고 문 헌

1. Sutton, G. P., History of Liquid Propellant Rocket Engines, 2005
2. 한영민, 조남경, 박성진, 이수용, 이대성, "KSR-III 주엔진 연소시험 Cyclogram에 대한 고찰," 한국추진공학회지, 제6권, 제3호, 2002, pp.19-27
3. "Test Facilities Capability Hand Book," Stennis Space Center & Marshall Space Flight Center, January, 2007
4. "Trusted Fault Tolerant Technology," ICS Triplex, Product reference guide T8091, April, 2002