

비행시퀀스제어기법을 적용한 점화통제시스템 구현

이승재*

The implementation of the firing control system considering a flight sequence control technique

Seungjae Lee*

ABSTRACT

One of main functions of the firing control system applied to a rocket propulsion test has been to provide electric current for ignition of a solid rocket motor. This paper describes the design and implementation of an enhanced firing control system for ground propulsion test that can also control and verify various types of squib events and flight sequences.

초 록

고체추진기관의 지상연소시험시 점화통제시스템은 추진기관의 점화를 위해 착화기에 점화전류를 공급하여 추진기관을 연소시키는 것이 기존의 주요기능이었다. 본 논문에서는 다양한 방식의 점화 이벤트와 비행 시퀀스를 제어하고 검증할 수 있는 지상연소시험용 점화통제시스템에 대한 설계 및 구현에 대해 기술하였다.

Key Words: Firing Control System(점화통제시스템), Rocket Propulsion Test(로켓추진시험), Flight Sequence Control(비행시퀀스제어), PLC(프로그램논리제어기)

1. 서 론

유도무기 고체추진기관의 궁극적인 목적은 비행체가 주어진 목표 지점까지 도달할 수 있는 추진 에너지 즉, 추력을 발생시키는 것이다. 이러한 추진기관의 근본적인 성능요구조건을 만족시키기 위해서는 개발 가능하거나 개발된 추진제

를 근간으로 하여 내탄도 설계, 해석 및 예측, 추진제의 구조안정성 해석 및 수명 평가 등이 먼저 검토되어야 한다. 또한 이러한 특성에 부합되는 추진제 라이너에 대한 연구도 뒷받침되어야 한다. 이밖에도 추진기관이 완성되기까지 연소관/노즐 구조체, 내열제, 점화/착화 장치 등이 개발되어야 하고 X-Ray 등의 비파괴 검사 등을 거쳐, 최종적으로는 각종 설계조건을 고려한 모든 평가가 수행될 수 있도록 지상연소시험 및 환경시험을 수행하게 된다.

특히, 신규 설계·제작된 추진기관은 지상에서

† 2007년 7월 16일 접수 ~ 2008년 4월 24일 심사완료
* 정회원, 국방과학연구소 종합시험단 1부 1그룹
연락처, E-mail: banana1976@naver.com

충분한 성능시험을 하게 된다. 지상연소시험은 지상에 설치된 치구에 추진기관이 연소 중 이탈되지 않도록 고정하고 연소시켜서, 시험 전에 부착한 센서로부터 각종 자료를 획득하고 시험 후에는 이를 분석하는 정적인 시험이다. 또한 고체추진기관의 지상연소시험은 한 번 연소된 후에는 반복하여 재현할 수 없는 고비용의 일회성 시험으로 계획 신뢰도 및 정확도가 높아야 한다 [1].

한편, 고체추진기관 지상연소시험에서 현재의 기술발전추세는 추진기관의 내탄도 성능 검증뿐만 아니라 다양한 성능 검증이 가능한 시험기법을 요구하고 있다. 일례로 지상연소시험에 적용되는 점화통제시스템이 기본적인 고유임무인 추진기관을 안전하게 점화시키고, 실제비행시험시의 각종 시퀀스를 지상에서 모사하고 확인하기 위해 연소 전/후의 다수의 점화 이벤트 및 비행시퀀스를 출력하고 제어할 수 있는 기법이 필요하다.

본 논문에서는 이러한 필요성을 고려하여 비행시퀀스제어기법을 적용한 지상연소시험용 점화통제시스템의 설계 및 구현에 대해 기술하였다.

2. 개발배경 및 성능요구조건

2.1 개발배경

국방과학연구소 종합시험단에서는 고체추진기관의 지상연소시험을 위해 기존의 발사통제시스템을 개조하여 만든 점화통제시스템을 사용하고 있었다. 당시 시스템의 원리는 원하는 시점에 기계식 계전기(Relay)를 통해 점화 이벤트를 발생시켜서 점화전류를 공급해주는 간단한 방식이었다.

그러나 서론에서도 언급한 바와 같이 지상연소시험이 단순히 추진기관의 성능을 확인하는 단계에서 발전하여 실제 비행시험시의 비행시퀀스를 지상에서 모사하고 검증하는 추세로 나아가고 있다.

이러한 추세에 대응하기 위해서는 지상연소시험을 위한 점화통제시스템의 지능화가 요구되고, 연소 이벤트의 복잡화에 따라 점화안전장치 역시 다양해져 자동화가 절실하며, 시험대상 추진기관별 목적과 용도에 따라 시스템 구성의 변경을 최소화하면서 최단 시간에 유연하게 해당 시험구성을 설정하여 시험을 수행할 수 있는 프로그램 중심의 시스템이 요구되어지고 있다.

즉 지능화, 자동화되고 고도의 유연성을 보유한 새로운 개념의 지상연소시험용 점화통제시스템에 대한 개발 필요성이 대두되었다.

2.2 성능요구조건

시스템 개발 필요성에 의해 시험의뢰자의 시스템 요구조건을 기존에 운용하였던 시스템과 비교 검토하여 도출한 시스템 성능요구조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Requirement conditions of system capacity

	기존 시스템	개발 시스템
주요임무	추진기관의 단순 점화	추진기관의 안정적인 점화 + 비행시험 발사시퀀스 모사
제어기능	점화전류인가 판단 및 초읽기 수행	점화장치의 제반 기능 수행 + 시험상의 순차, 진행 조건, 각종 입/출력 신호 제어
추진기관별 점화통제 구성	획일화된 구성	자동화, 지능화, 유연화된 구성
시스템 통제방식	타 연소시험장비에 대한 통제 권한 미보유	각종 연소시험장비에 대한 통제 권한 보유
작동원리	기계식 계전기를 통한 H/W적인 이벤트 발생	반도체 계전기와 PLC를 적용한 H/W + S/W적인 이벤트 발생
점화방식	기계식	기계식 + 전기식
점화인가 채널수	단채널	다채널
초읽기 시각표시	-99.9 sec ~ +99.9 sec	-999.9 sec ~ +999.9 sec (발사 시퀀스 모사를 위해 시험진행시각 증가 필요)
시험중지 결정	초읽기시작 후 중지 불가	각종 시험조건을 운용자 및 시스템이 판단하여 중지가능
이벤트 발생 정확도	수백 msec 이내	10msec 이내
시스템 운용 방식	운용자 중심의 H/W적인 운용	운용자 중심의 H/W적인 운용 + 시스템 중심의 S/W적인 운용

3. 시스템 설계

전기 회로의 전류변동을 이용하여 다른 전기 회로(계전기)의 전류를 원격조정하고 제어하는 기계식 점화통제방식에서 벗어나 안정적인 점화기능과 더불어 시퀀스제어가 가능한 점화통제시스템을 설계하기 위해 다음과 같은 설계방향을 설정하였다.

- ① 순차제어 및 논리제어가 가능한 시퀀스 제어
- ② 수치연산, 데이터 전송 및 피드백 제어
- ③ 아날로그/디지털 입,출력 신호 제어
- ④ 시스템 입/출력단 인터페이스를 운용프로그램상에서 변경가능한 Soft-wired Logic 방식
- ⑤ 이벤트시각 발생지연시간 최소화
- ⑥ 안정적인 점화전류 공급

3.1 PLC 개념 적용

앞서 열거한 설계방향에서와 같이 개발하고자 하는 점화통제시스템은 기본임무인 추진기관의 안정적인 점화기능과 함께 비행시험의 발사시퀀스를 제어하기 위한 하드웨어 선정이 필요하였다.

PLC(Programmable Logic Controller)는 1978년 미국 전기 공업회 규격(NEMA ; National Electric Manufacturing Association)에서 “디지털 또는 아날로그 입출력 모듈을 통하여 Logic, Sequencing, Timing, Counting, Calculating과 같은 특수한 기능을 수행하기 위하여 프로그램 가능한 메모리를 사용하고 여러 종류의 기계나 프로세서를 제어하는 디지털 동작의 전자 장치”로 정의하고 있다.

이 PLC는 시퀀스 제어를 소프트웨어로 처리하기 위한 장치를 컴퓨터와 비슷한 구조로 만들고, Ladder Program에 의한 시퀀스 제어를 할 수 있도록 설계되어 있다. 또한 다양한 입출력 모듈로 시스템 구성이 가능하여 각종 연소시험시스템과 인터페이스가 용이하고, 서로 다른 기능의 입출력 모듈을 PLC Software에 의해 연결

할 수 있다. 한편 출력부에 사용되는 반도체 Relay는 수 msec 이내의 동작성능을 가지고 있어 정확한 점화, 비행 이벤트를 발생해야 하는 조건을 충분히 만족하고 있다.

3.2 PLC 적용안

본 시스템을 설계할 때 PLC 개념을 적용한 분야는 SCU(주제어장치)로서, SCU는 점화통제시스템에 있어서 주제어장치의 역할을 하며 점화통제에 관련된 모든 명령을 관리하고 통제한다. SCU는 크게 CPU, Analog Input Module, Ethernet Interface Module, Input/Output Module로 구성되어 있다.

각 부분별 기능은 첫째, CPU는 미쯔비시사의 모델 Q02H-CPU를 사용하였으며, CDU(제어표시컴퓨터)에 저장되어 있는 프로그램의 시험설정 정보에 따라 처리 내용을 실행한다.

둘째, Analog Input Module은 미쯔비시사의 모델 Q68ADV를 사용하였으며, 신호의 입력범위는 ± 10 Volt이다. 이 모듈의 역할은 제어콘솔과 IRIG Time 분배기에서 발생하는 아날로그 신호를 입력받아 제어한다.

셋째, Ethernet Interface Module은 미쯔비시사의 모델 QJ71E71을 사용하였고, SCU와 CDU 간의 네트워크 통신, SCU와 시각표시장치와의 통신을 위한 모듈로서 100BASE-T의 LAN 환경을 구성하기 위해 사용된다.

넷째, Input/Output Module은 미쯔비시사의 모델 QX43을 사용하였다. 여기서 외부계측장비로부터 신호 잡음이 CPU에 전달되지 않도록 하기 위해 입력모듈의 소자는 포토커플러를 사용하고 출력모듈의 소자는 무접점 개폐소자를 사용하고, 직류는 Transistor, 교류는 SSR(Solid-State Relay)을 사용하였다. 이 모듈의 역할은 SIU(신호입출력장치)에 디지털 신호를 출력하고 아날로그 신호를 입력받으며, 시험대나 통제실 그리고 각종 계측시스템에 아날로그 입/출력 신호, 디지털 입/출력 신호 및 Relay 출력 신호를 제어한다.

3.3 시스템 상세설계

3.3.1 시스템 설계개념 및 고려사항

추진기관은 지상연소시험시 비행시험과 동일한 발사시퀀스 모사를 통해 비행성능 만족도를 평가하고 비행시험에 적용된다. 따라서 기존의 단순한 추진기관 점화를 위한 점화통제의 개념은 이제 시나리오나 시퀀스 이벤트 중심의 시스템으로의 전환이 요구되고 있다. 이러한 요구조건에 부응하기 위해 PLC를 기반으로 한 지상연소시험용 점화통제시스템을 설계하게 되었는데, 본 시스템의 설계시 고려사항은 다음과 같다[4].

- ① 지상에서 실제 비행시험 발사절차 시나리오 모사
- ② 자동순차 및 조건제어에 따른 점화통제시스템 구현
- ③ 안정적인 점화전류 공급
- ④ 시나리오 기반 추진기관 연소시험 수행
- ⑤ 정확한 이벤트 발생시각 생성
- ⑥ 점화방식의 변화에 따른 다채널의 이벤트, 점화채널 수행
- ⑦ 시퀀스 제어(시간에 따른 조건적 이벤트 발생 수용) 및 아날로그/디지털 신호 제어 가능
- ⑧ 기존의 하드웨어적인 제어방식에서 벗어난 하드웨어와 결합된 프로그램 운용을 통한 시스템 제어
- ⑨ 초입기시각 발생표시
- ⑩ 시험통제실, 시험대, 계측장비실 간의 신호 및 이벤트 인터페이스 체계 개선
- ⑪ 노이즈에 의한 시스템 오작동 방지
- ⑫ 기준시각 수용(상황 통제를 위한 영상 자료와의 비교 기준)
- ⑬ 점화라인저항에 따른 전원공급기 용량 초과 최소화

3.3.2 시스템 구성

위와 같은 설계 개념을 바탕으로 시스템을 구성하게 되었는데 시스템 구성은 다음과 같다.

현재 국방과학연구소 종합시험단에 운용중인 지상연소시험장은 추진기관이 장착되어 있는 연

소시험대, 각종 계측시스템 및 지원시스템들이 배치되어 있는 계측장비실, 그리고 시험을 통제하기 위해 인원 및 통제시스템들이 배치되어 있는 시험통제실로 구성되어 있다.

설계하여 구성된 점화통제시스템은 TCP/IP Ethernet 기반의 LAN 환경에서 데이터 통신이 운용되도록 설계하였다. 먼저 시험통제실에 배치한 제어표시컴퓨터(CDU ; Control Display Unit)에는 운용프로그램이 설치되어 있어 시험설정정보를 입력한다. 계측장비실에 설치되어 있는 주 제어장치(SCU ; Sequence Control Unit)는 본 시스템의 설계개념인 PLC로서, CDU로부터 시험설정정보를 입력받아 시험통제실에 배치한 제어콘솔에 점화 명령 및 이벤트 명령을 주고받는다. 또한 계측장비실에 위치한 점화장치(SIU ; Signal Interface Unit)는 시험조건에 따른 점화저항을 설정하기 위한 장치로서 SCU로부터 점화 명령을 부여받고, 전원공급장치로부터 점화전류를 공급받아 피시험체 즉, 추진기관에 장착된 점화기에 점화전류를 인가하여 추진기관을 연소할 수 있게 한다[5].

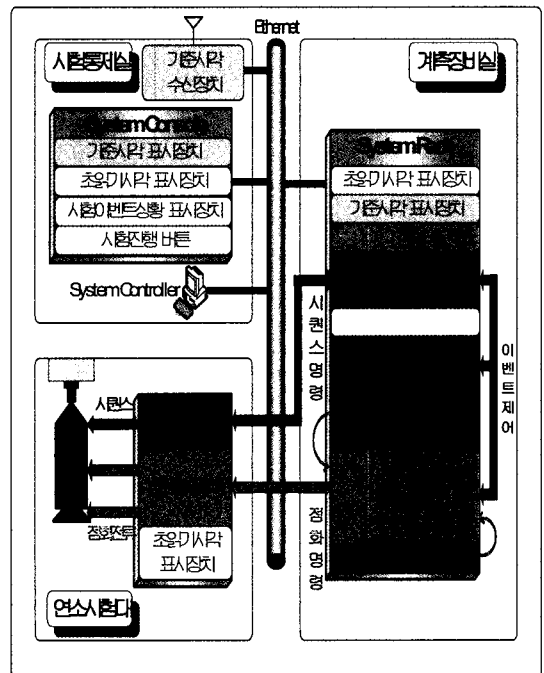


Fig. 1 System Configuration

한편 시험통제실에는 GPS Time을 수신할 수 있는 GPS 시각수신장치가 설치되어 있는데, 각 시험통제실, 계측장비실 및 시험대에 기준시각을 전시할 수 있도록 구성되어 있고 초읽기시각도 전시할 수 있도록 구성되어 있다.

Figure 1은 본 시스템의 전체 구성도이다.

3.3.3 시스템 운용절차

본 시스템을 운용하기 위한 개략적인 절차는 다음과 같다[4].

- ① 시험시나리오를 시험 전에 설정한다.
- ② 설정된 시험 시나리오를 SCU에 입력한다.
- ③ 예비시험이나 실제시험 모드를 선택한다.
- ④ 시험가능 버튼을 누른다.
- ⑤ 초읽기시작 버튼을 눌러 시험을 시작한다.
- ⑥ 비상상황이 발생할 시에는 비상중지버튼을 작동하여 시험을 중지시킨다.
- ⑦ 미리 설정된 SIU를 통해 점화전류를 인가하여 추진기관을 점화시킨다.
- ⑧ 시험시나리오를 종료한다.

4. 시스템 구현

본 시스템 개발에 착수하였을 때 중점목표는 크게 두 가지를 설정하였다.

첫째, 점화통제시스템의 고유임무이자 가장 중요한 기본임무인 점화기에 안정적인 점화전류를 인가하여 추진기관을 안전하게 연소시키는 것에 목적을 두어 안정적인 점화전류를 공급하는 것이다.

둘째, 안정적인 점화전류 인가기능에서 더 발전하여 점화전이나 연소 중에 실시간으로 발생하는 각종 발사시퀀스를 통제하기 위해 순차적이고 논리적인 제어가 가능한 시스템을 구현하는 것이다.

4.1 점화전류의 안정적 인가

점화기에 안정적인 점화전류를 인가하여 추진기관을 연소시키고자 설계한 사항들은 다음과

같다.

① 기존의 단채널 점화전류 인가방식에서 벗어나 최대 8채널까지 점화전류를 인가할 수 있게 구성하여 전기기계식 점화기뿐만 아니라 향후 추가적으로 요구되는 다양한 점화방식을 수용할 수 있도록 구성하였다[6].

② 추진기관별로 서로 다른 점화조건에 대한 요구에 따라 점화전류를 하드웨어적으로 선택가능하도록 설계하였다.(SIU에서 운용자가 5/10/15/20Amphere 등의 유연한 전류값 설정이 가능)

③ 점화전류 인가에 대한 유지시간을 소프트웨어적으로 운용프로그램에서 설정가능하도록 하여 과도하거나 과소한 인가시간으로 인해 불안정한 추진기관 점화가 발생하지 않도록 고려하였다.

④ 점화전류 인가에 대한 전류량도 10%이상의 여유를 확보하여 충분한 전류공급을 통해 안정적인 점화가 이루어지도록 하였다.

⑤ Squib Line의 연결단자는 상시 단락되도록 설계하여 외부에서 유기되는 점화전원공급으로 인한 추진기관 점화를 방지하였다.

⑥ 점화전류를 인가하기 위한 명령이 Arm, Fire1(점화전원의 '1'단자), Fire2(점화전원의 '4'단자)의 세 단계로 동작하여 Squib Circuit을 보호하도록 설계하였다.

한편 Fig. 2는 점화통제시스템이 점화기에 점화전류를 인가하는 방식을 나타낸 회로도이다.

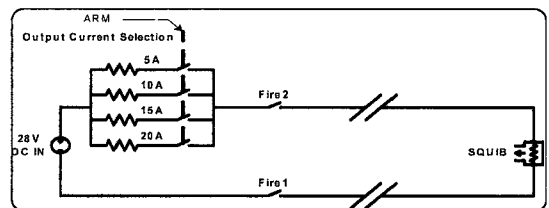


Fig. 2 Mode of flexible squib current ability

4.2 PLC 기반의 실시간 발사시퀀스 통제계통 구현

기존의 점화통제시스템은 초읽기가 시작되어 시스템이 동작되기 시작하면 이상장후가 발생하더라도 제어가 불가능하였다. 그러나 개발된 본 시스템은 주변계측시스템이나 시험지원시스템은

로부터 각종 이벤트신호를 입/출력받아 실시간으로 제어가 가능하다.

그 기능으로서 SCU에서 설정할 수 있는 "Time Event" Function Block은 Fig. 3과 같이 설정된 일정시간 이후에 아날로그/디지털 이벤트가 발생하여 동작하도록 구현되어 있다.

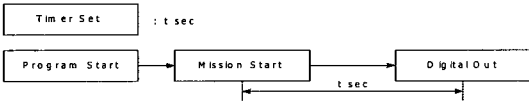


Fig. 3 "Time Event" Function Block

"Level Check" Function Block은 Fig. 4, 5와 같이 설정된 일정시간에 아날로그나 디지털 입력신호를 점검하여 시험중지나 진행을 결정할 수 있다.

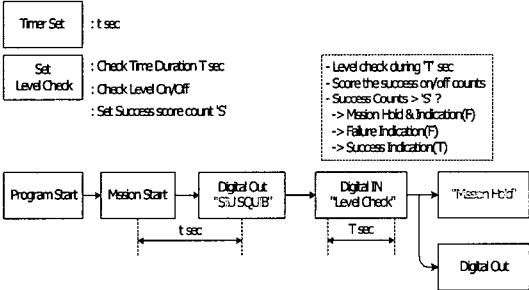


Fig. 4 Squib & Digital Level Check

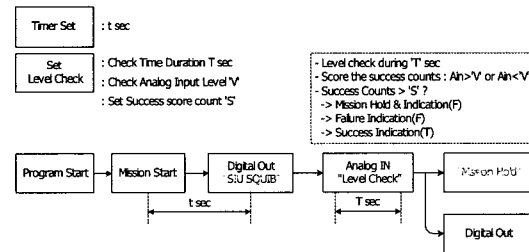


Fig. 5 Squib & Analog Level Check

Figure 5는 소프트웨어적인 실시간 제어에 대한 예로서, 점화전류가 인가되는 이벤트를 "Level Check"를 통해 "Time Event"를 제어하여 시퀀스에 대한 "GO"나 "HOLD"를 판단하는 절

차를 보여주고 있다.

한편 "External Event Handler" Function Block은 Fig. 6과 같이 임의시점에 외부에서 입력되는 신호에 대한 제어가 가능하다.

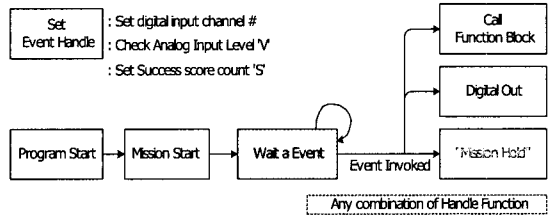


Fig. 6 "External Event Handler" Function Block

이러한 소프트웨어적인 실시간 제어와 더불어 하드웨어적인 시스템의 실시간 제어를 가능하게 하는 기능은 다음과 같다.

시험수행 중 점화전에 비상상황이 발생할 경우 각 시험요원들이 비상정지버튼을 작동하여 초읽기기능을 중지할 수 있고, 안전플러그 장착을 통해 물리적으로 시스템 동작에 대한 권한을 가지고 있다. 또한 시험중지 상태에서도 시나리오 재시작이 가능하다.

실례로써 SIU의 입출력단에 대한 하드웨어적인 Interlock이 가능한데, Fig. 7과 같이 각 시험요원들이 비상정지를 선택하게 되면 SIU의 입력전원을 Magnetic Contact Switch와 Circuit Braker가 차단함과 동시에 SIU의 Relay 구동전원을 차단하게 된다. 즉, SIU Arm 및 점화 Relay 구동전원을 차단하여 점화안전기능을 구현하였다.

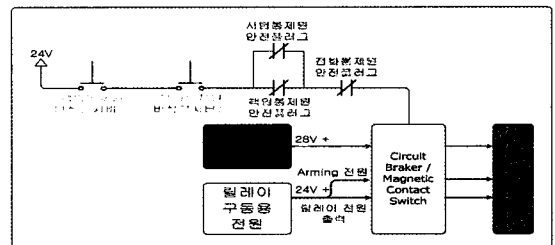


Fig. 7 Interlock Function of SIU

따라서 본 시스템은 PLC를 중심으로 한 SCU에서 모든 입/출력 명령을 주관하고, 점화통제에 관련된 각종 시퀀스 및 이벤트를 주변장치를 구성하여 순차적이고 조건적으로 제어하는 시스템이라고 말할 수 있다.

5. 시스템 검증

본 시스템의 성능검증을 위해 모의시험을 실시한 후, 2004년 5월의 지상연소시험에 개발된 점화통제시스템을 첫 적용하여 맡은 임무를 성공적으로 수행하였다. 또한 현재까지 총 30회의 지상연소시험을 통해 그 성능을 충분히 입증하였다.

5.1 점화전류 인가조건 및 결과

2004년 5월에 실시했던 지상연소시험에서의 시험요구조건과 결과는 다음과 같다.

Table 2. Requirement and Result of Squib Current

	인가시점 요구조건	인가시점 결과
Squib CH1	요구전류량 $\pm 10\%$	3[A]/-30[초] 2.95[A]/-29.998[초]
Squib CH2	인가시점 오차 : $\pm 10\text{msec}$ 이내	11[A]/-10[초] 11.225[A]/-9.999[초]
Squib CH3		11[A]/ 0[초] 11.708[A]/ 0[초]

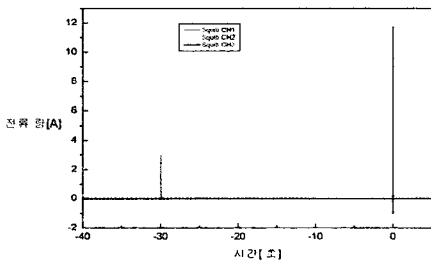


Fig. 8 Result of Squib Current

Table 2와 Fig. 8에서 보는 바와 같이 세 채널 모두 요구한 점화전류량을 안정하게 인가하였고, 지연시간 없이 정확한 시각에 점화전류를 인가

했음을 알 수 있다.

5.2 발사시퀀스의 실시간 제어 알고리즘

본 개발시스템은 점화통제의 지능화가 구현되었고, 실제 이벤트의 다양화에 따라 안전문제 역시 복잡해져서 자동화가 구현되었다. 또한 시험대상 추진기관별 목적과 용도에 따라 시스템 변경을 최소화하면서 최단 시간에 유연하게 해당 시험구성을 설정하여 시험을 수행할 수 있는 프로그램 중심의 시스템이라고 말할 수 있다. 한편 다양한 추진기관의 점화통제조건에 따라 시스템의 추가 없이 시험구성에 대한 유연성도 갖게 되었다.

한편 실시간 제어가 가능한 본 시스템은 Ethernet 기반의 LAN 환경에서 운용되고 운용 프로그램의 운영체제가 Windows XP™ 기반으로서, 실시간 제어의 종속적인 응답성을 확인하기 위해 제어루프를 구현함으로써 원하는 시간 내에 그 응답성이 보장되는지를 확인하는 과정이 필요하다.

그 과정을 확인하기 위해 본 시스템은 GPS 시각에 대한 수신, 전시 및 저장이 가능한데, 시퀀스상에서의 Event Command를 아날로그 신호 형태로 출력하고 그에 대한 응답을 다시 아날로그 신호 형태로 입력받아 GPS 시각을 기준으로 분석하였다.

초당 1000개의 데이터를 추출하여 메모리에 저장하면서 모의시험을 수행하였는데, Fig. 9와 같이 총 400회의 응답경과시간으로 평균 9.8msec의 응답성을 확인할 수 있었다. 이러한 결과로부터 본 시스템이 10msec 이내의 제어연

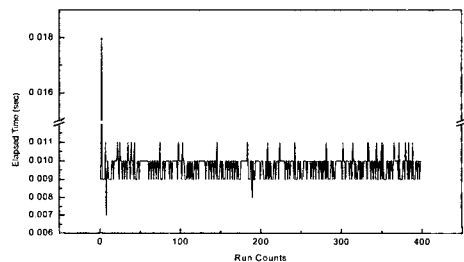


Fig. 9 Run counts vs Elapsed time

산시간을 보장하고 있음을 알 수 있다.

한편 Fig. 10과 Fig. 11은 지상연소시험시 대표적인 발사시퀀스를 보여주고 있는데, 시험상황에 따라 다양한 이벤트 조건을 수용할 수 있도록 구현되어 있다.



Fig. 10 General Firing Sequence

6. 결 론

본 논문에서는 비행시퀀스제어기법을 적용한 지상연소시험용 점화통제시스템의 구현에 대해 기술하였다. 지상연소시험시 점화통제시스템의 고유임무인 추진기관의 안정적인 점화기능을 수행하고, 더욱더 발전된 기능으로서 연소 전/후의 각종 이벤트 및 시퀀스를 순차적이고 조건적인 제어가 가능하도록 설계하여 지상연소시험에서도 충분히 실제 비행시험시의 발사시퀀스를 검증할 수 있도록 구현하였다.

참 고 문 헌

1. 이태호, "추진기관 개론", 국방과학연구소, 1995, pp.7-13
2. George P. Sutton, Rocket Propulsion Elements, 7th ed., John Wiley & Sons Inc.,

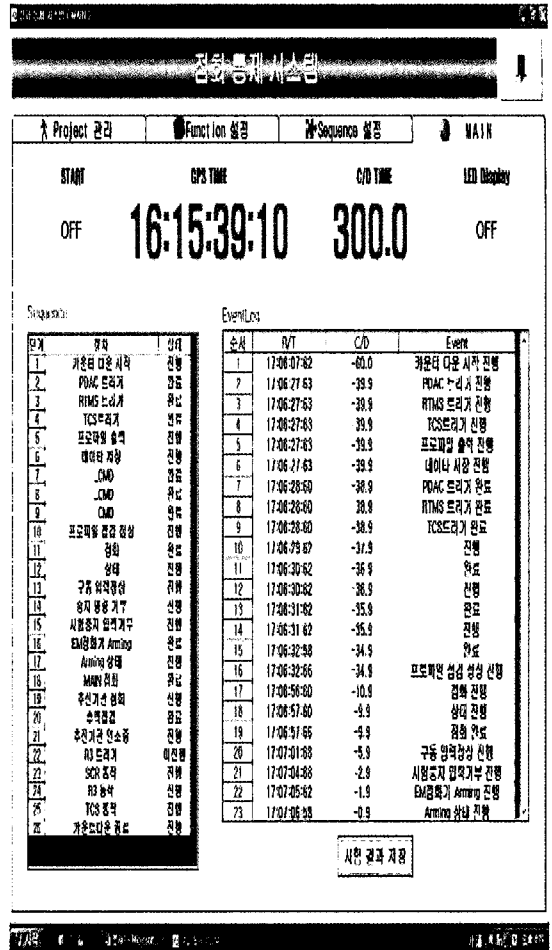


Fig. 11 Main Operation Picture

- 2001, pp.563-575
3. 홍용식, "우주추진공학", 청문각, 1990, pp.246-249
4. 이승재, 이재엽, 김홍범, "PLC 기반의 지상연소시험용 점화통제시스템 구현", 제13회 지상무기체계 발전 세미나, 2005
5. 김준엽, 한태균, 김인식, "휴대용 대공 유도 무기 추진시스템의 동적연소시험 기법 연구", 한국추진공학회지 제4권 제3호, 2000, pp.26
6. 장승교, 정진석, 김인식, "고체 추진기관 점화안전장치 개발", 한국추진공학회 2005년도 추계학술대회", 2005, pp.169-172