

Implementation of PXIe platform based portable Automatic Test Equipment to improve reliability

Hyeok-Jin Gwon*

Abstract

In this paper, we propose a development method of portable Automatic Test Equipment based on PXIe platform. Legacy VME form factor structured test equipment has limited reuse and expansion of modules due to unapplied bus specification. In particular, these limitations can cause development periods and costs to increase, and the reliability of environmental conditions is lacking due to non-standard modules. The test equipment of the proposed PXIe platform can use diverse COTS modules to shorten the development period and minimize the instability between developments. The PXIe development module works with standard Xilinx FPGAs, PXIe Windows device drivers, and applications on standard PXIe buses. The use of standard bus and COTS modules increases scalability and reusability, enabling rapid development and excellent maintenance. Through the test, we show the proposed test equipments can be implemented efficiently between the development processes and proved their reliability through function tests and environmental tests.

▶ Keyword: Automatic Test Equipment(ATE), VME, PXIe, Reliability Test

I. Introduction

정비벤에 적재 및 이동 후 정비를 실시하는 휴대용 자동시험 장비의 경우, 소형화, 경량화 및 운용환경성을 고려하여 개발되어야 한다. 그리고 군에서 사용하는 장비들의 Life Cycle은 20년 이상이므로 시험장비는 장기적인 유지보수를 고려하여 개발되어야 한다.[1]

또한 시험장비는 시험대상품(Unit Under Test, UUT)을 진단하여 불량여부를 판단하므로 시험대상품의 다양한 기능을 테스트 할 수 있도록 개발되어야 한다.[2] 기술의 발전에 따라 시험대상품은 다양한 인터페이스를 활용하며, 시험장비의 개발도 이에 상응하는 다양한 인터페이스가 요구된다.

이러한 요구도의 상승에도 불구하고 시험장비의 연동시험기간은 오히려 단축되고 있다.[3] 문제를 해결하기 위해서는 시험장비의 설계기간을 줄이면서 요구사항을 만족하는 개발방법이 필요하다. 그 방법으로 표준화된 개방형 구조의 PXIe(PCI eXtension for Instrumentation Express) 플랫폼 시험장비의

개발을 제안한다. PXIe는 측정 및 자동화 시스템을 위한 PC기반의 플랫폼이며 제조 테스트, 국방, 머신 모니터링, 자동차, 산업용 테스트 등의 어플리케이션에 적합한 저가의 고성능 배포용 플랫폼이다.[4] PXIe 플랫폼은 휴대용 자동시험장비 적용시, 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

첫째, 신속한 개발이 가능하다. COTS(Commercial Off The Shelf) 모듈의 사용은 설계, 제작, 검토 간 시간소요를 줄일 수 있다. 둘째, 운용환경성을 고려한 개발이 가능하다. PXIe 모듈의 온도, 진동 및 충격과 같은 환경조건을 사전에 확인 후 시스템을 구성할 수 있다. 셋째, 확장성 및 재사용성이 뛰어나다. PCIe 버스 규격을 기반으로 하는 PXIe의 사용은 다양한 모듈의 사용을 가능하게 하며 확장성을 높여준다. 넷째, 시스템 구성의 비용절감이 가능하며 유지보수가 우수하다. COTS 모듈의 사용은 기존대비 설계비용을 절감하며, 오동작 시 신속한 교체가 가능하다.

*First Author: Hyeok-Jin Gwon, Corresponding Author: Hyeok-Jin Gwon
*Hyeok-Jin Gwon (hyeokjin.gwon@hanwha.com), Test Solution Team, Hanwha Systems Company
• Received: 2017. 06. 08, Revised: 2017. 06. 21, Accepted: 2017. 07. 11.

이러한 장점을 고려했을 PXIe 플랫폼은 휴대용 자동시험장비에 적합하다고 볼 수 있다. 본 연구는 이러한 PXIe 플랫폼의 장점을 바탕으로 한화시스템 차륜형대공포(Anti Aircraft Gun Wheeled vehicle, AAGW) 시험장비의 개발과 시험을 수행하였다.

본 연구의 2장에서는 VME(Versa Module Eurocard) form factor를 활용한 기존장비와 PXIe를 활용한 휴대용 자동시험장비의 구조를 기술한다. 그리고 각각의 구조 간 개발기간, 환경조건, 확장성 및 재사용성을 비교한다. 또한 TCO, ROI 비용 산정모델을 통해 개발비용의 절감에 대해 검토한다. 3장에서는 PXIe 플랫폼을 적용한 차륜형대공포 시험장비의 설계에 대해 기술한다. 4장에서는 차륜형대공포 시험장비를 구현하며, 성능시험과 환경시험을 실시하여 성능과 운용환경성을 검증한다.

II. Preliminaries

1. Types of portable ATE

대부분의 휴대용 시험장비는 Fig. 1과 같이 분석장비(PC)와 점검장비(Test Bench)로 구성된다.[5] 분석장비는 시험을 진행하고 결과를 전시하며 GUI를 통해 운용프로그램을 전시한다. 점검장비는 계측장비와 시험자원으로 이루어진다. 그리고 분석장비의 명령으로 시험대상품과 연동하여 시험을 진행하며 결과값을 분석장비로 전달한다. 휴대용 자동시험장비 중, 기존 K9 PIP 시험장비의 VME 구조와 차륜형대공포 시험장비의 PXIe 구조를 검토하여 개발기간, 환경조건, 확장성 및 재사용성, 비용측면에서의 효율성을 비교하고자한다.

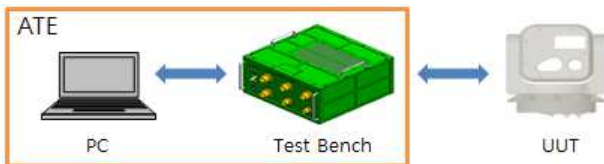


Fig. 1. Configuration of portable ATE

1.1 VME structure based ATE

지상무기체계에서는 VME 버스구조의 형태가 주로 사용되며 개발된 K9 PIP 시험장비 또한 동일한 구조로 설계되었다. K9 PIP 시험장비는 VME form factor를 적용하여 개발하였다. K9 PIP 시험장비의 모듈은 Fig. 2와 같이 총 4개로 제어어부, 유무선통신부, 부하부, 전원공급부로 나누어진다.

제어어부의 임베디드 컨트롤러는 Systembase社의 EDDY CPU를 사용하였으며 분석장비의 RS232 통신명령을 통해 EDDY CPU를 동작시킨다. 유무선통신부는 VME 버스를 통해 EDDY CPU의 명령을 수신한다. 수신된 명령은 FPGA로 디코딩되어 모듈 내 계측자원들을 구동한다. 전원공급부는 시험대상품과 점검장비에 3.3V, 5V, ±12V 전원을 안정적으로 공급한다. 부하부는 부하저항을 통해 시험대상품의 출력값을 점검

한다.

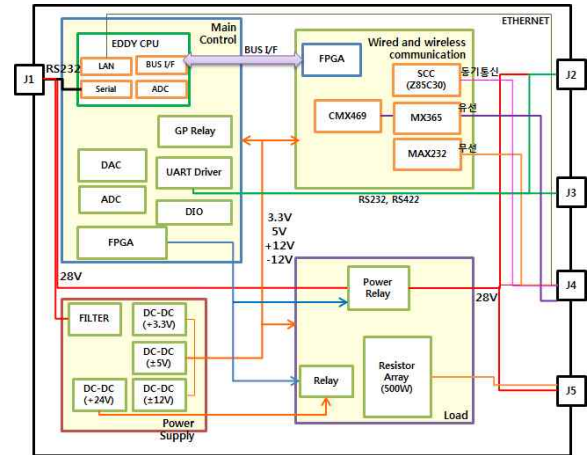


Fig. 2. Block diagram of K9PIP ATE

K9 PIP 시험장비는 VME의 기구적 표준을 적용하였으나, 전기적 특성은 VME 규격을 따르지 않았다. 단지 모듈과 컨트롤러 간의 Address라인, Data라인이 Back plane을 통해 공유된다.

1.2 PXIe platform based ATE

차륜형대공포 시험장비는 사격통제장치 및 육안조준기의 기능검사 및 고장배제를 수행하며 하부 모듈(SRU)에 대한 고장 유무를 판단한다. 장비의 내부는 Fig. 3과 같이 PXIe 구조로 구성되었다.

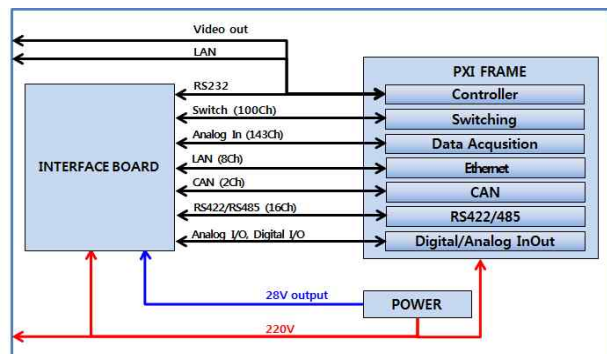


Fig. 3. Block diagram of AAGW ATE

National Instrument社의 PXIe 프레임과 컨트롤러를 사용하여 PXIe 플랫폼을 구성하였다. 점검장비의 내부에는 안정적인 28V 전원공급을 위한 전원모듈을 설치하였으며 시험대상품과의 연결을 위해 전면판 조립체를 제작하였다. PXIe 컨트롤러는 TCP/IP 통신을 통해 분석장비와 송수신하며 시험대상품을 위한 시험을 진행한다.

2. Comparison and consideration factors between VME and PXIe structures

기존 K9 PIP 시험장비와 차륜형대공포 시험장비의 시험대

상품시험을 위한 자원은 유사점이 많다. 두 장비는 공통으로 RS-422통신, Discrete 신호접점, CAN, LAN 등이 시험을 위해 사용된다. 차이점으로 K9 PIP 시험장비는 VME 버스를 사용하며, EDDY CPU, EUROCARD 규격의 개발보드 4매를 사용한다. 하지만 차륜형대공포 시험장비는 PXIe 플랫폼을 활용하며 PXIe 표준규격 프레임과 컨트롤러, COTS PXIe 모듈, 1매의 개발보드를 사용한다.

2.1 Development period

최근의 개발추세는 Fig. 4와 같이 주장비와 시험장비의 병렬적인 설계 및 개발진행이다. 이러한 일정구조는 주장비의 완성시점이 늦을 경우, 시험장비와 주장비 간 연동시험 기간이 줄어든다. 또한 주장비 설계변경이 계속될 경우 시험장비의 변동성도 커지게 된다. 이러한 이유로 빠른 구현과 신속한 대응이 가능한 설계가 필요하다.

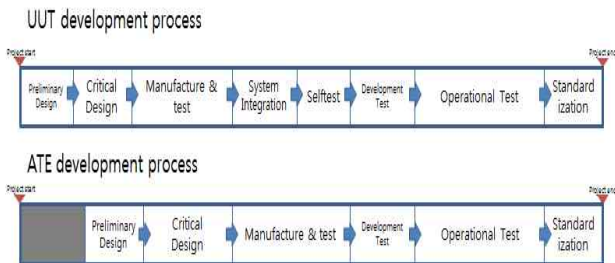


Fig. 4. Comparison of development period

VME 기반에서 PXIe 기반으로의 플랫폼변경은 PCB의 설계, 제작, 검토시간의 시간소요를 줄일 수 있다. VME 기반에서는 모든 모듈보드를 각각 개발하여 적용해야한다. 이 과정에서 모듈 보드는 설계, PCB제조, PCB조립 등 많은 단계를 거치며, 각 단계마다 다양한 Human Error요인이 발생할 수 있다. 결과적으로, PCB 모듈보드의 종류가 많을수록 신뢰도가 하락되며 손실시간과 비용이 기하급수적으로 증가한다.[6]

PXIe 플랫폼은 COTS 모듈과 특수인터페이스를 위한 제작 모듈의 혼합으로 VME 모듈제작과 비교하여 짧은 시간에 시스템구현이 가능하다. 복잡한 인터페이스가 요구 될 때, 이러한 장점은 개발자에게 일정관리의 유연성을 주며, 변동사항에 대해 신속한 대응을 가능하게 한다.

2.2 Environmental conditions

야전에서 운용되는 휴대용 자동시험장비는 가혹한 조건에서도 동작해야 한다. 차륜형대공포 시험장비는 미국방성 규격 'MIL-PRF-28800F' Class3을 기준으로 체계별 테일러링을 거친 뒤 환경조건을 확정하였다.

기존의 장비는 온도조건을 만족하는 IC 선정 후 제작을 진행한다. 그리고 추후 하드웨어가 완성되면 환경조건을 위한 시험을 진행한다. 이러한 프로세스진행은 공정간의 내·외부 요인에 의한 다양한 불안요소가 잠재되어있다. 비정상적 납땜, 부품의

불량과 같은 요인은 또다른 개발손실을 야기한다. 제작완료 시점에서의 최초 환경시험은 문제발생 시 추후의 일정을 담보로 할 수 밖에 없다. 이러한 점에서 PXIe 표준모듈의 사용은 기존 대비 위험요소를 줄일 수 있다. 개발자는 모듈별 환경조건을 미리 확인 후 시스템을 구성할 수 있다.

2.3 Scalability and reusability

VME 버스 구조에서는 플랫폼 사용 규격의 엄격함으로 인해 COTS 모듈 활용이 제한적이며, 이에 따른 수요부족으로 VME 모듈이 고가로 책정되어 있다. 또한 기존 시험장비의 경우 VME 버스의 신호규약을 따르는 것이 아닌 Data, Address 라인을 활용하여 Write, Read 기능만으로 모든 IO를 컨트롤하는데, 이러한 비표준성으로 COTS 모듈의 사용이 거의 불가능하였다. 하지만 차륜형대공포 시험장비의 플랫폼인 PXIe 규격은 PCIe 버스 규격을 기반으로 하며 측정, 제어 및 자동화가 요구되는 모든 시장에서 폭넓게 채택, 사용되고 있다. 현재 테스트 업계에는 1,500개 이상의 PXIe 제품이 출시되어 있다. 이러한 조건의 차이는 확장성과 재사용성을 고려한 PXIe 플랫폼 장비 개발에 용이하다.

2.4 Cost savings with TCO and ROI cost models

플랫폼 변경에 대한 가치는 총소유비용(Total Cost of Ownership, TCO)과 사용자금의 회수율(Return On Investment, ROI)의 비용모델로 측정할 수 있다. TCO는 솔루션을 실제로 구매하고 적용하는데 필요한 비용과 생애주기 동안 솔루션을 관리하고 유지하는데 필요한 총 비용을 포함한다. 그리고 ROI는 자금의 사용에 대한 회수율을 나타내며, 계산되기 어려운 가동 중단, 감소, 품질 개선, 변동성 감소 등 자동화 시스템에서 얻는 개선사항을 나타낸다. PXIe COTS 모듈의 사용은 설계, 제작 간 비용을 절감할 수 있으며 이는 TCO의 총 설치비용(Total Installed Cost, TIC)을 감소시킨다.

Table 1. Comparison of development cost

Board	List of Cost	VME (K9 PIP ATE)	PXIe (COTS)
Communication	Material Cost	1,500,000	1,900,000
	Artwork	3,000,000	
	PBA Assembly-Inspection	2,000,000	

통신보드를 개발할 경우 VME 모듈로 제작하는 경우와 PXIe COTS 모듈을 사용하는 경우에 대한 비교에서 4,600,000원에 대한 차액이 발생하며, VME 모듈의 제작이 증가할수록 총소유비용 차이는 더욱 증가한다.

ROI측면에서 PXIe 모듈의 사용은 가동중단율을 감소시킨다. PXIe 모듈의 고장발생 시 동일한 제품으로 신속한 대체가 가능하며 인력투입을 최소화할 수 있다. 또한 타 체계연동은 모듈의 추가 및 변경으로 쉽게 가능하다. 이로 인한 혜택은 장기적 측면에서 확장성 및 공용화가 가능한 시험장비를 더욱 짧은 개발

기간과 비용으로 구현하는 것이다.[7]

III. Design of AAGW ATE

1. PXIe frame configuration

차륜형대공포 시험장비의 내부는 PXIe 새시와 컨트롤러, 모듈들로 구성되어 있다. PXIe 새시는 최대 8개의 모듈을 적용할 수 있는 National Instrument社의 PXIe-1078이며 PXI, PXIe, cPCI, cPCIe와 규격이 호환된다. 컨트롤러는 PXIe-8820이 사용되었으며 운영체제는 Windows7이 적용되었다. PXIe COTS 모듈의 품명과 특성은 Table 2와 같다.

Table 2. Types of PXIe modules used

PXIe Module	Model	Function
Switching Module	M9133a	100ch
Data Acquisition Module	PXIe-6365	144ch(A),24ch(B)
Ethernet Module	F211	4ch
Can Module	PCAN-CPCI	2ch
Rs-422/485 Module	PXIe-8431	16ch
Development Module	-	Coax Image Generator

2. PXIe board design

COTS 모듈에서 지원하지 않는 인터페이스를 사용하거나 모듈의 제한이 발생하는 경우에는 PXIe보드의 개발이 필요하다. 차륜형대공포 시험장비는 Coaxpress frame grabber를 테스트하기 위한 Coaxpress 영상생성 PXIe 보드의 개발이 필요하며 구성은 Fig. 5과 같다.

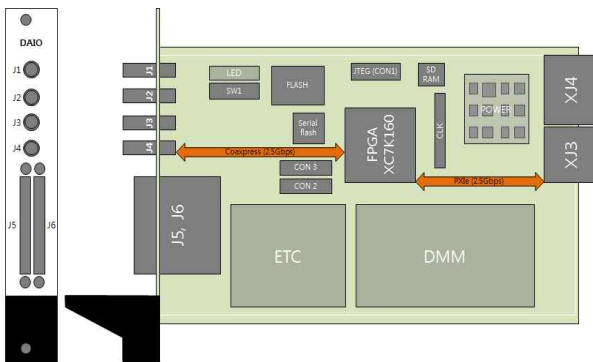


Fig. 5. Configuration of PXIe coaxpress board

Coaxpress 영상생성기 보드를 구현하기 위해 Xilinx社의 Kintex7시리즈 FPGA와 Sensor to image社의 Coaxpress FPGA IP Core, Coaxpress 드라이버(EQCO62X20)가 사용되었다. FPGA는 raw data의 카메라 영상을 생성하며 IP Core를 통해 신호를 coaxpress 인터페이스로 출력한다. Driver Chip은 Coax Equalizer의 역할을 수행하며 영상을 출력한다. 출력

된 신호는 전면판 조립체를 통해 외부로 연결된다. 최종적으로 분석장비의 Frame Grabber로 입력되며 분석장비의 SW로 영상을 확인 할 수 있다.

3. PXIe driver design

개발보드를 제어하기 위해서는 PXIe 전용드라이버가 필요하다. 드라이버 제작 전 PXIe 버스와 컨트롤러의 연결을 위해서는 FPGA 내부 7 Series Intergrated Block for PCI Express IP Core를 사용한다. 드라이버의 경우 PXIe는 PCIe와 호환된다. PCIe 드라이버는 PCI 버스를 사용하는 응용프로그램 계층과 호환성을 유지하고 있다. 그러므로 물리적인 핀에 대해서만 적절한 변경이 필요하다. Fig. 6은 PCIe 디바이스 드라이버와 Application 프로그램의 역할 및 호출과정을 보여준다.

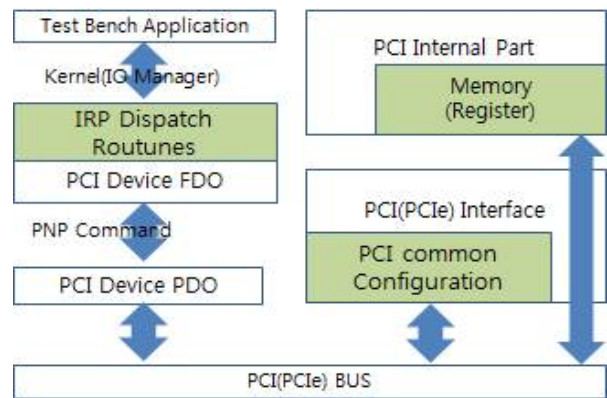


Fig. 6. Block diagram of PCIe device driver

차륜형대공포 시험장비는 BAR(Base Address register) 공간을 설정 후 각 주소값에 대해 Read, Write를 수행하는 기능을 생성하였다. 분석장비의 Application 프로그램이 점검장비로 Write 시 BAR 주소와 데이터값을 전달하고 Read 시 BAR 주소만 전달한다. 명령은 Kernel을 통해 드라이버에 전달되며 IRP Dispatch Routines을 거쳐 PNP명령을 수행한다. 명령은 Bus 통과 후 PXIe 모듈보드의 메모리영역을 제어, 동작시킨다.

4. Software design

분석장비와 점검장비에 탑재되는 소프트웨어는 Windows 7 기반이며 Fig. 7과 같이 운용 CSC, 시험 CSC, 제어 CSC로 나누어진다.

운용 CSC는 GUI 관련 Item이며 분석장비에 탑재된다. 시험 CSC는 각 시험대상품별 시험을 진행하기 위한 Item이며 분석장비에 탑재된다. 제어 CSC의 제어장치 CSU와 본체제어 CSU는 분석장비와 점검장비 간 시험을 수행하기 위한 Item이다. 제어장치 제어 CSU는 분석장비와 점검장비간의 TCP/IP통신에서 분석장비의 송수신 부분을 수행한다. 본체제어 CSU는 동일한 TCP/IP통신에서 점검장비의 송수신 부분을 수행하며 PXIe 및 점검장비의 리소스를 컨트롤러하는 역할을 수행한다.

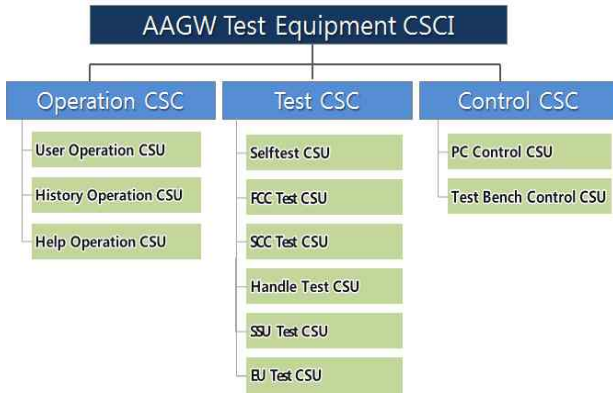


Fig. 7. Software CSCI of test equipment

기능은 제작된 PCIe 디바이스 드라이버의 명령으로 컨트롤하도록 설계되었다. 디바이스 드라이버는 BAR를 Read, Write 가능하도록 구현되었다.

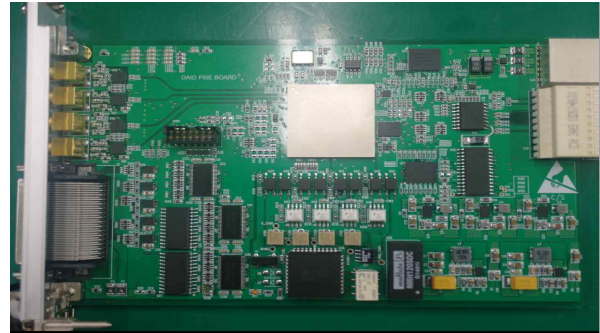


Fig. 9. Shape of development board

IV. Implementation and Experiment

1. Implementation of AAGW ATE

차륜형대공포 시험장비는 초기단계에서부터 타 체계와의 공용화를 목표로 제작하였다. 이를 위해 차륜형대공포 시험장비는 사격통제장치체계, EOTS체계, 육안조준기체계를 시험할 수 있는 통합형 시험장비로 제작되었다.

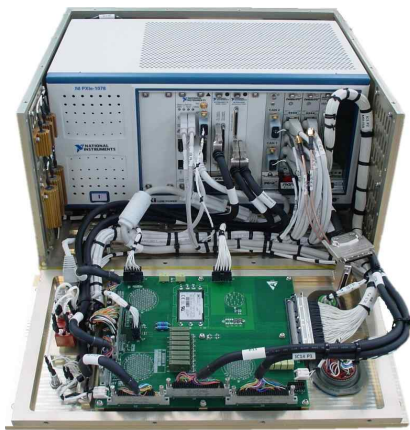


Fig. 8. Shape of test bench

각 시험대상품은 사격통제장치의 사격통제컴퓨터, 체계제어 콘솔, 조종간, EOTS의 영상센서장치, 영상센서제어장치, 육안조준기의 안경화센서유닛, 전자유닛으로 구분된다. 케이블 교체로 각각의 LRU에 대한 시험이 가능하게 제작되었다.

PXIe 개발보드는 x1 lane으로 개발되었으며 형상은 Fig. 9와 같다. 개발보드는 Coaxpress 영상을 출력하여 머신비전 카메라의 역할을 대체할 수 있도록 제작되었다. 이를 위해 보드에 전원이 인가되면 Coaxpress 샘플영상이 지속적으로 출력되도록 설정하였다. 추가로 또한 저항 및 전압 측정을 위해 MAX133 IC를 이용한 DMM기능도 추가하였다. DMM의 계측

시험장비의 GUI 메인화면은 Fig. 10과 같다. GUI는 시험대상체계가 변경되더라도 동일하게 사용할 수 있도록 구현하였다. 또한 설계 및 코딩단계에서 SW의 소스코드에 대한 Testing Tool[8]을 이용한 시험을 통해 신뢰성을 확보하였다.

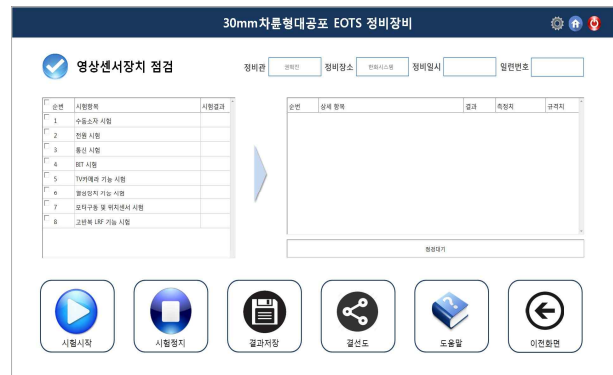


Fig. 10. Main GUI of test equipment

2. Function test

구현이 완료된 차륜형대공포 시험장비의 성능확인을 위해 기능시험을 수행한다. 기능시험은 시험장비의 각종 점검기능을 순차적으로 점검하여 장비의 무결성을 보장하는 시험이다. 차륜형대공포 시험장비의 정상여부 확인을 위해 기능시험을 Fig. 11과 같이 수행한다.



Fig. 11. Function test

시험결과는 Fig. 12과 같으며 규격치 내의 측정결과를 확인함으로써 기능시험을 완료한다.

차륜형대공포 시험장비 시험성적서

종 명	자체점검	일 연 번 호	
검 검 일 시	2017.03.30 09:43	검 검 장 소	용인사업장
총 합 판 정			

순번	상세 항목	결과	측정치	규격치
1. 1	정원 램프(LED) 상태 시험	양호	-	-
1. 2	준비 램프(LED) 상태 시험	양호	-	-
1. 3	계측장치의 상태 시험	양호	-	-
1. 4	점검장비 내부온도 시험	양호	36.65℃	-10~70℃
2. 1	RS232 통신 채널1 시험	양호	-	-
2. 2	RS232 통신 채널2 시험	양호	-	-
2. 3	RS232 통신 채널3 시험	양호	-	-
3. 1	이더넷 통신 채널1 시험	양호	-	-
3. 2	이더넷 통신 채널2 시험	양호	-	-
3. 3	이더넷 통신 채널3 시험	양호	-	-
3. 4	이더넷 통신 채널4 시험	양호	-	-
3. 5	이더넷 통신 채널5 시험	양호	-	-
3. 6	이더넷 통신 채널6 시험	양호	-	-
3. 7	이더넷 통신 채널7 시험	양호	-	-
3. 8	이더넷 통신 채널8 시험	양호	-	-
4. 1	CAN 통신 채널1~채널2 시험	양호	-	-
5. 1	RS422 통신 채널1 시험	양호	-	-
5. 2	RS422 통신 채널2 시험	양호	-	-
5. 3	RS422 통신 채널3 시험	양호	-	-
5. 4	RS422 통신 채널4 시험	양호	-	-
5. 5	RS422 통신 채널5 시험	양호	-	-
6. 1	아날로그 입력 시험	양호	-	-
7. 1	아날로그 출력 시험	양호	-	-
7. 2	디스크리트 입출력 시험	양호	-	-
8. 1	스위치 온-오프 시험	양호	-	-
9. 1	직렬타입릴레이 입출력 시험	양호	-	-
10. 1	24V OFF - DC OK 신호 시험	양호	5.28V	4~6V
10. 2	24V ON - DC OK 신호 시험	양호	-0.00V	-1~1V
10. 3	24V 출력 부하ON 시험	양호	23.86V	18~32V
10. 4	24V 출력 부하OFF 시험	양호	0.01V	-5~5V
10. 5	5V 보조전원 출력 시험	양호	5.28V	4~6V
11. 1	15V 출력 부하OFF 시험	양호	-0.00V	-5~5V
11. 2	15V 출력 부하ON 시험	양호	14.79V	12~18V
11. 3	방위각 모터구동 출력 시험	양호	15.05V	12~18V
11. 4	고각 모터구동 출력 시험	양호	24.67V	20~28V

Fig. 12. Test result of test equipment

3. Environment test

차륜형대공포 시험장비의 환경시험 항목은 온도, 진동, 낙하 시험이며 각 세부시험 조건은 Table 3과 같다. 저장온도는 야전환경을 고려하여 일부 테일러링 되었다. 환경시험의 전, 후 및 단계에서 자체점검기능을 이용하여 장비성능을 검증하였다.

Table 3. Environmental requirements

Test Type	Test Condition	Related Standards
Operation Temperature	0℃ ~ 50℃	MIL-28800F Class3 Method 4.5.5.1.1.1
Storage Temperature	-32℃ ~ 63℃	
Vibration	Random 5~500Hz	MIL-28800F Class3 Method 4.5.5.3.1.1
Drop	46cm, 10 times	MIL-28800F Class3 Method 4.5.5.4.2

진동시험은 MIL-28800F의 Class3에 따라 5~500Hz의

Random 진동을 축 당 10분동안 장비에 적용한다. 진동시험 간 장비의 전원은 끄고 보관상자에 넣은 후 시험을 진행한다.



Fig. 13. Vibration Test

진동시험을 위한 치구는 실제 팬 내부의 장착상태를 모의하여 Fig. 13과 같이 등가의 형태로 제작하였다. 시험장비의 x축, y축, z축 진동프로파일은 Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16과 같다.

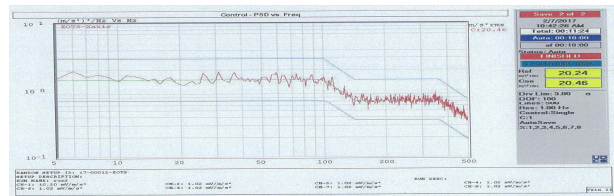


Fig. 14. Random vibration profile for X axis

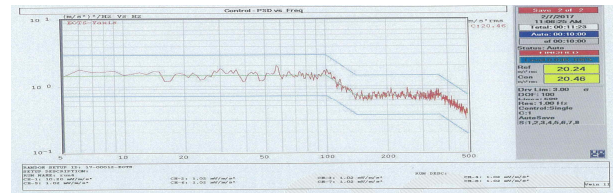


Fig. 15. Random vibration profile for Y axis

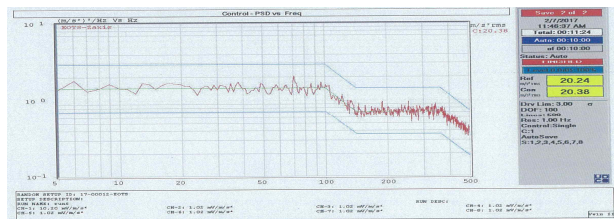


Fig. 16. Random vibration profile for Z axis

진동프로파일을 적용하여 시험장비를 진동시험기에 장착 후 x축, y축, z축에 대해 각각 10분간 진동시험을 실시하였다. 외관 및 체결상태를 육안점검 결과 이상이 없으며 시험장비의 자체점검을 수행하여 정상결과를 확인하였다.

온도시험은 시험장비를 챔버 내부 설치 후 Fig. 17과 같은 온도프로파일에 따라 시험을 진행한다. 시험은 저온운용, 저온저장, 고온운용, 고온저장 순으로 진행되며 각 단계에서 자체점검을 통해 성능을 검증한다. 총 5회 실시한 시험장비의 자체점검에서 정상결과를 확인하였다.

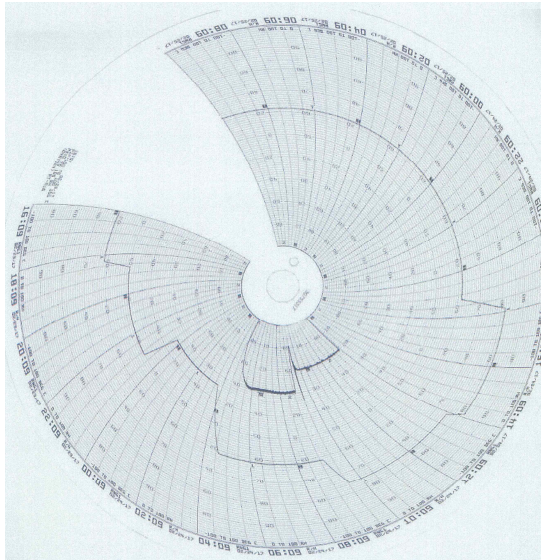


Fig. 17. Temperature testing profile

충격시험(낙하시험)은 MIL-28800F의 Class3에 따라 46cm 높이에서 10회(6면 방향과 바닥면 4모서리) 낙하시험을 실시한다.



Fig. 18. Drop test

이때 시험규격에 따라 장비의 무게가 454kg이하이므로 충격을 받는 콘크리트 바닥 위에 5.08cm의 합판을 깔고 시험을 진행한다. 10회 낙하 후 외관 및 체결상태를 확인하며, 시험장비의 자체점검을 수행하여 결과를 확인한다. 육안점검 결과 이상이 없으며 시험장비의 자체점검을 수행하여 정상결과를 확인하였다.

V. Conclusions

본 논문에서는 PXIe 플랫폼을 적용한 차륜형대공포 시험장비의 개발과정과 시험결과를 기술하였다. 그 과정에서 VME form factor를 활용한 휴대용 자동시험장비와 PXIe 플랫폼을 적용한 휴대용 자동시험장비 간의 구조와 효율성을 비교 및 검토하였고, PXIe 플랫폼의 차륜형대공포 시험장비를 구현 후, 기능시험과 신뢰성시험을 실시하였다. 그리고 시험결과를 통해,

시험장비의 신뢰성과 환경조건을 입증하였다.

차륜형대공포 시험장비는 PXIe 플랫폼과 다양한 COTS 모듈의 사용으로 개발기간을 단축할 수 있었으며, 제작불량에 대한 불안요소를 최소화하여 개발할 수 있었다. 표준 PXIe 플랫폼의 사용으로 다양한 COTS 모듈의 선택이 가능해지고, 기존 시험장비에 비해 재사용성을 높일 수 있었다. 또한 회로카드의 개발, 조립, 검사를 최소화하여 비용절감이 가능하였으며, 고장 발생 시의 신속한 교체는 가동중단률을 낮추어 운용유지비의 절감이 가능하였다. 또한 시험장비는 사격통제장치와 육안조준기, EOTS 체계의 통합형으로 설계, 제작되어 비용을 절감하고 확장성을 넓혔다. 시험장비는 제작 후 기능시험을 통해 요구사항의 만족을 확인하였다. 또한 온도, 진동, 충격의 환경시험을 수행하여 신뢰성을 재확인하였다.

이렇게 차륜형대공포 시험장비는 기존대비 개발기간 단축, 높은 재사용성, 비용절감과 환경조건 요소 검토하여 개발 및 시험을 수행하였으며 신뢰성을 입증하였다. 본 연구는 PXIe 플랫폼을 활용한 차륜형대공포 시험장비의 개발방안과 시험결과를 제시함으로써 휴대용 자동시험장비의 신뢰성을 높이고 개발 및 운용을 용이하게 하여 국방력 강화에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Kim, Moo-young, "A Study on Determining Method of Integrated Logistics Support Elements in Defense system TestDevelopment Phase," KIII 2nd Annual Technology Conference, pp. 996~1001, 2011.
- [2] Choi, Kyung-jin, "The Study on The Production Testing Equipment for the Improvement of System Test Reliability in FCS," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 53, No. 11, pp. 139~147, Nov. 2016.
- [3] Park, Jong-wan, "The Action of the Reliability Enhancement in Test and Evaluation of the Weapon Systems," Journal of Applied Reliability, Vol. 15, No. 2, pp. 108~123, Jun. 2015.
- [4] Cheon, Yeong-ho, "Development of Testset for Mission Computer Hardware of KUH," KSAS 2nd Annual Technology Conference, 1604-1607, 2010.
- [5] Kim, Dong-Jun, "Real-Time System Parallel Testing Techniques for Weapon System Error Verification," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 53, No. 11, pp. 130~138, Nov. 2016.
- [6] Lee, Seung-Hyuk; Han, Jung-Soo; Kim, Gui-Jung, "Data Transformation System Implementation for the Automation of PCB Product," Journal of the Korea Contents Association, Vol. 5, No. 5, pp. 17~25, Nov. 2005.

- [7] Jeong, Hai-Sung; Kwon, Young-Il, "A Study on the Supply Support in the Integrated Logistics Support," Journal of Applied Reliability, Vol. 6, No. 4, pp. 285~296, Dec. 2006.
- [8] Yoon, Young-Ho; Ku, Ki-Young; Keum, Jong-Joo; Hwang, Un-Hee; Woo, Soon, "The Study on Improvement of ATE Reliability in Production Phase," The Institute of Electronics Engineers of Korea - System and Control, Vol. 47, No. 6, pp. 19~26, Nov. 2010.

Authors



Hyeok Jin Gwon received the B.S. degrees in Electronics Engineering from Yeungnam University, Korea, in 2010. Mr. Gwon joined the Test SolutionTeam of Hanwha Systems, Korea, in 2010. He is currently a Engineer in the ILS Research Center, Hanwha systems.

He is interested in embedded test system for national defense.