

## Register Based VXIbus 시스템의 구현에 관한 연구

正會員 盧 承 煥\* 正會員 田 東 根\* 正會員 金 成 旭\*  
正會員 姜 敏 鎬\* 正會員 金 惠 鎮\*

### A Study on the Implementation of Register Based VXIbus System

Soong Hwan Ro\*, Dong Keun Jeon\*, Sung Wook Kim\*, Min Ho Kang\*,  
Duck Jin Kim\* *Regular Members*

#### 要 約

VXIbus란 모듈화 기기들의 상호 호환성을 위하여 VMEbus를 기본으로 구성된 업계 표준이다.

VXIbus 시스템을 구현하기 위한 디바이스는 크게 register based 디바이스와 message based 디바이스로 나눌 수 있으며, 본 논문에서는 slot0 모듈과 A/D 변환 모듈로 이루어진 register based VXIbus 서브 시스템을 구성하였다. A/D 변환모듈은 디지털 전압계로 사용되었으며, 외부 제어컴퓨터와 slot0 모듈간의 통신은 LAN을 이용하였다.

한편 SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments)는 계측기 언어의 표준화로서 외부 제어 컴퓨터에서 ASCII 형태로 slot0 모듈로 전송되어지며, 다시 2 진 형태의 명령어로 변환되어 A/D 변환모듈로 전송되어진다.

실험결과 측정된 전압값이 외부 제어 컴퓨터상에서 그래픽 사용자 인터페이스를 통해 관찰할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

#### ABSTRACT

VXIbus is a standard for compatibility of instruments of multi-vendors and originated from the VMEbus.

The devices for implementing VXIbus system can be categorized into the register based device and the message based device. In this paper we organized the A/D conversion module and the slot0 module, which form the register based VXIbus subsystem. The A/D conversion module is used as a digital voltmeter and LAN is used for communication between an external control computer and the slot0 module.

The SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments), which is a standard language for instruments, is transmitted from the external control computer to the slot0 module as the ASCII form, and then to the A/D conversion module after changing to the binary digit command.

From the experiment, we verified that the measured voltage can be observed on external control computer and user interface can be improved by the modified graphic processing.

\*高麗大學校 電子工學科  
Dept. of Electronic Eng., Korea University  
論文番號 : 92-121 (接受1992. 4. 30)

## I. 서 론

90년대 세계 계측산업은 오실로스코프, 스펙트럼 분석기 등과 같이 단일 계측 장비의 성능 향상에 집중하기보다는, 컴퓨터를 기본으로 한 시스템화, 통합화, 표준화로 급진전하고 있는 추세에 있다. 즉 컴퓨터가 모든 계측장비를 제어할 수 있도록 시스템화 되면서 공통된 규격을 갖는 표준화 계측장비가 미래 계측산업의 핵심분야로 떠오르고 있다. 이러한 개념을 바탕으로 최근 등장하고 있는 계측시스템들이 CAT (Computer Aided Test), VXIbus (VMEbus Extensions for Instrumentation), MMS (Modular Measurement System) 등이다.<sup>[1][2]</sup>

IEEE 488 (GPIB: General Purpose Interface Bus)는 1975년 기기간의 호환성을 위하여 표준으로 채택되었으며, 1987년에는 코드, 데이터 구성, 메세지 프로토콜 및 명령어등을 규정한 IEEE 488.2가 표준으로 채택되고, IEEE 488은 IEEE 488.1로 바뀌었다.<sup>[3]</sup>

그후 미 공군의 Instrument-On-A-Card (IAC) 표준화 노력에 의하여 5개 계측회사가 VXIbus 연합회 (consortium)을 결성, 1987년 최초의 VXIbus 사양 (specification)을 발표하였다. VXIbus는 GPIB에 비하여 매우 빠른 전송속도를 가질 뿐만 아니라, GPIB가 최대 기기증설이 15대인데 반해 VXIbus는 최대 256대의 기기증설이 가능하다는 등의 많은 장점을 지니고 있다.<sup>[5]</sup>

VXIbus는 VMEbus에서 제공하는 P1 커넥터 (connector)의 모든 단자와 P2 커넥터의 중간단자를 모두 포함하며, 메인 프레임, 백 플레인 (back plane), 전원공급과 모듈크기등의 전기, 기계적 사항을 규정하였다.

본 논문에서는 모듈간의 통신수단으로 통신계층의 최하위 계층구조를 이루는 configuration register만을 이용하는 register based VXIbus 서브시스템을 구현하였다. 서브시스템을 이루는 모듈로는 slot1에서 slot12의 공유자원을 공급하는 slot0 모듈과, 계측 모듈의 하나로서 A/D 변환모듈을 구현하였다.

먼저 II장에서는 본 논문에서 구현한 register based 서브시스템에 관하여 설명하였으며, III 장에서는 register based 시스템과 message based 시스템을 비교 설명한 후, slot0 모듈 A/D 변환모듈의 구현에 관하여 설명하였으며, IV 장에서는 각 모듈의 통

합 시험과, A/D 변환모듈에서 측정된 전압값을 읽어 들이기 위한 명령어 및 통신절차에 관하여 설명하고, 끝으로 V 장에서는 구현된 시스템의 연구결과에 관하여 논하고 추후 계속 수행되어야 할 연구에 관하여 논하고 결론을 맺는다.

## II. VXIbus 시스템

### 1. VXIbus 모듈

VXIbus에서는 VMEbus의 A,B 모듈크기 (module size)에 더하여<sup>[7]</sup> C,D 모듈크기를 추가적으로 정의하였으며, D 모듈크기에서는 P3 커넥터를 포함한다.

### 2. VXI 서브시스템 (subsystem)

VXIbus 시스템은 한개 또는 그 이상의 VXIbus 서브시스템을 포함하며 256개의 디바이스 (device)를 포함할 수 있다. VXIbus 서브시스템은 Slot0 라고 하는 중앙제어모듈과 최대 12개의 모듈을 포함할 수 있다. P2와 P3 커넥터는 VXIbus 서브시스템내에서 정의되며, P1을 포함하여 다음과 같은 신호군으로 분류된다.

- VMEbus
- 클럭버스 (clock bus)
- 스타버스 (star bus)
- 트리거버스 (trigger bus)
- ECL 트리거버스
- 로컬버스 (local bus)
- Analog SUMBUS
- Module Identification Bus
- 전원분배버스
- 예비단자 (Reserved Pins)

### 3. VXIbus 시스템 아키텍처 (Architecture)

일반적으로 VXIbus 시스템에서 한개의 디바이스는 한개의 모듈을 형성하나, 한개의 디바이스가 큰 경우 2개이상의 모듈로도 구성가능하며, 한개의 모듈내에 2개이상의 디바이스가 존재할 수도 있다. 한 시스템내에는 최대 256개의 디바이스가 포함될 수 있으며, 0에서 255까지의 논리적 디바이스 번지 (logical device address)로 할당된다. VXIbus 시스템에서 configuration 영역은 64K 바이트의 A16 번지내의 상위 16K 바이트에 위치하며, 각 디바이스는 총 64바이트의 영역을 할당받는다.

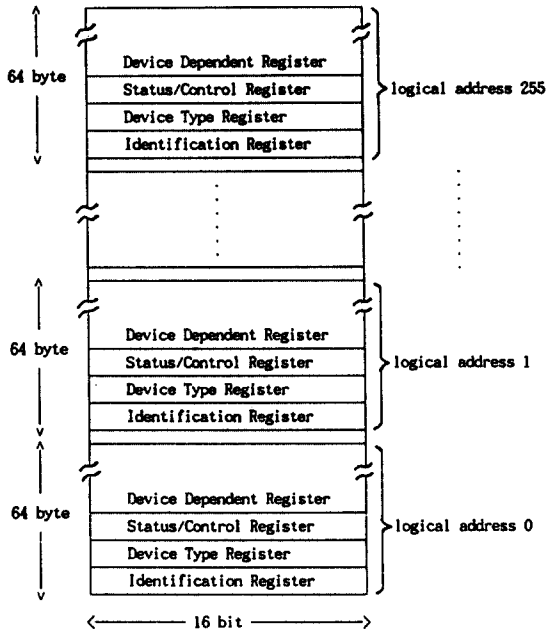


그림 1. VXIbus 디바이스 레지스터의 구성  
Fig. 1. VXIbus Device Registers

#### 4. VXIbus 시스템의 제어

일반적으로 계측기기들의 제어를 위한 통신 프로토콜로서 GPIB가 잘 알려져 있다. 이러한 GPIB의 장점은 VXIbus 시스템을 구성하는데 있어서도 외부 제어 컴퓨터와 VXIbus 시스템간의 통신을 담당하는데 자주 이용된다.

그러나 이와같은 용도의 GPIB는 그 통신거리의 제한으로 외부적으로 VXIbus 시스템을 제어하는데 제한요소가 될 수 있으며, 본 논문에서는 GPIB 대신에 LAN 프로토콜을 이용 그 성능을 크게 향상시켰다.

### III. Register Based VXIbus 모듈의 구성

Register based 디바이스란 VXIbus의 통신계층의 최하위 계층 구조를 이루는 configuration register만으로 구성이 가능한 디바이스를 말한다. 그러므로 register based 디바이스는 특정 디바이스에 맞는 프로토콜을 사용하여 명령어 및 데이터의 전송이 이루어진다. 이 외에도 모듈간에 높은 수준의 통신을 하기 위하여 message based 디바이스 및 메모리 디

바이스등이 있다.

Register based 디바이스가 message based 디바이스에 비하여 갖는 장점은 속도가 매우 빠르고 구조가 간단하다는 것이며, 스위치, 멀티플렉서나 DAC등의 간단한 카드에 이상적이다.

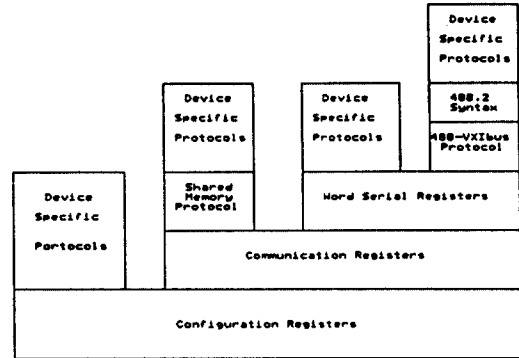


그림 2. VXIbus 통신계층  
Fig. 2. VXIbus Communication Layers

#### 1. Slot0 모듈의 설계

본 논문에서는 register based slot0 모듈을 설계함에 있어서 VMEbus와의 인터페이스가 용이한 MC 68000 MPU를 사용하였으며 전체적 블록도를 그림 3에 나타내었다.

블럭도에 나타난 slot0 모듈은 버스 아비터(arbiter) 및 인터럽트 핸들러(handler)를 포함하고, 버스 제어 역할을 담당하며 VMEbus와 호환을 이룬다.

#### 1) 버스 리퀘스터(Bus Requestor)<sup>17)</sup>

slot0 모듈이 서브시스템내의 계측모듈에 명령어를 전송하기 위한 버스 리퀘스터의 블록도를 그림 4에 나타내었다.

Register based 모듈에서의 명령어 전송은 ASCII 형태의 분자열이 아닌 2진 형태의 정보로 구성되므로 message based 모듈에 비하여 상대적으로 매우 짧은 길이의 명령어 전송을 이루게 된다. 그러므로 명령어를 전송하는 버스 마스터는 오래동안 버스 제어권을 획득할 필요가 없으므로 본 연구에서 사용된 리퀘스터는 RWD(Release When Done) option을 사용하였다.

#### 2) 버스 아비터(Bus Arbitor)<sup>17)</sup>

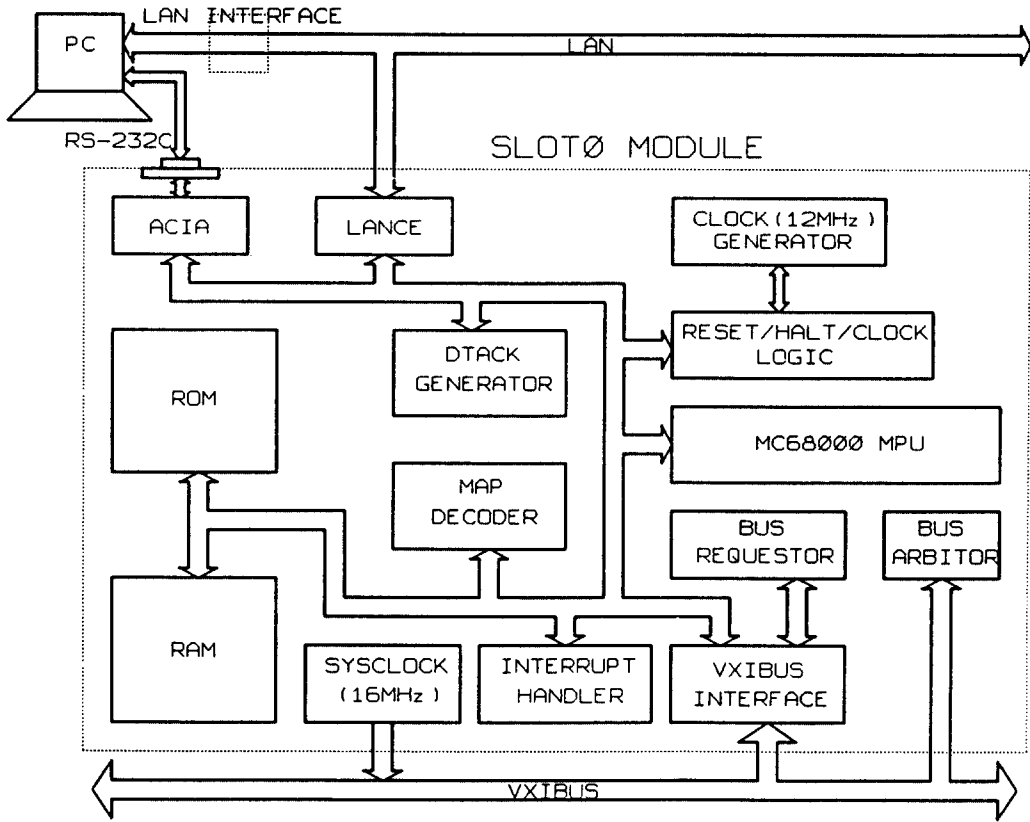


그림 3. slot0 모듈의 블록도  
Fig. 3. Block Diagram of Slot0 Module

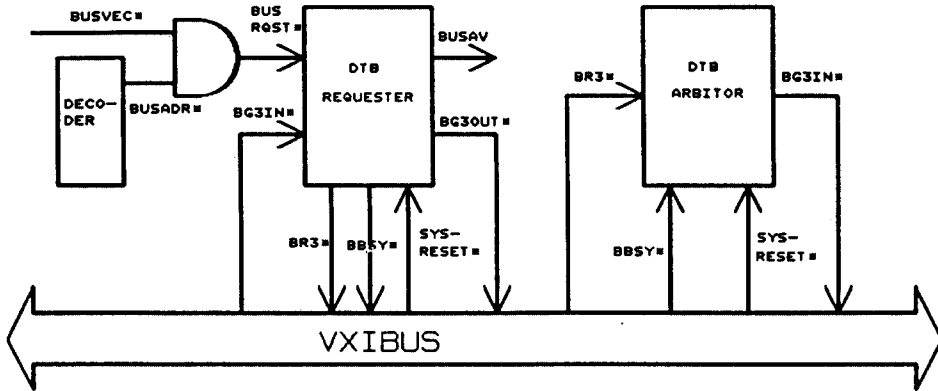


그림 4. 버스리퀘스터(Requestor)와 아비터(Arbitor)의 블록도  
Fig. 4. Block Diagram of Bus Requestor & Arbitor

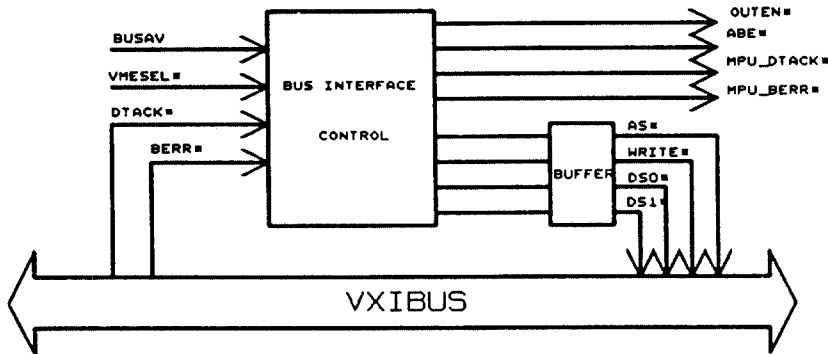


그림 5. 인터럽트 핸들러의 블록도  
Fig. 5. Block Diagram of Interrupt Handler

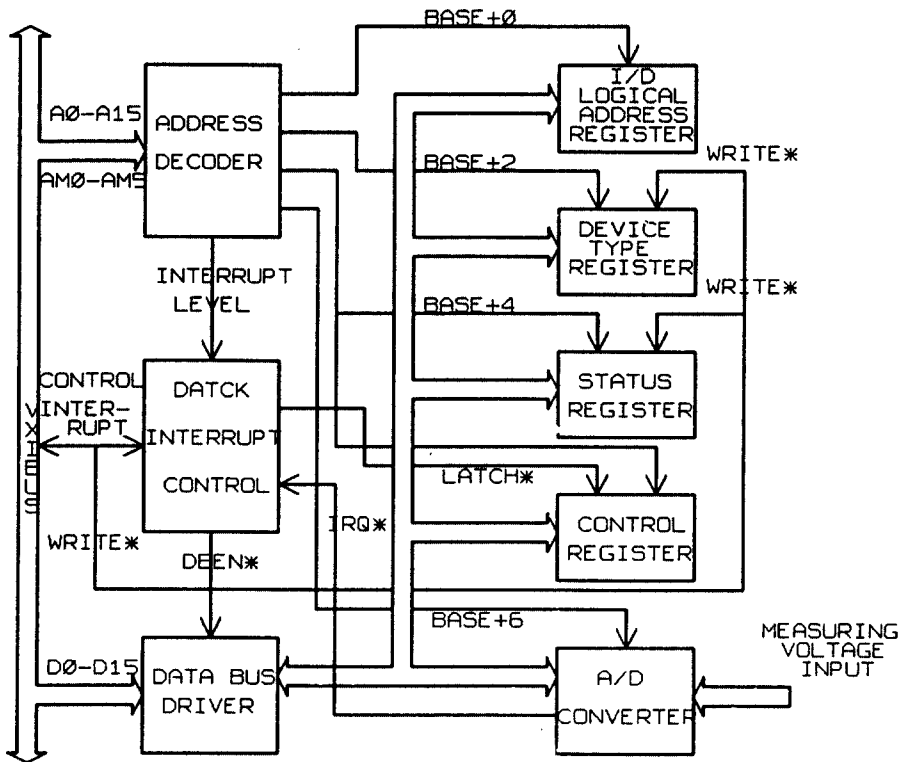


그림 6. A/D 변환모듈의 블록도  
Fig. 6. Block Diagram of A/D Converter Module

Slot0 모듈에서는 서브시스템내에 존재할 수 있는 또 다른 커맨더(commander) 모듈을 위하여 버스 아비터 역할을 제공하여야 한다. 그러나 한개의 서브시스템 내에서는 slot0 모듈을 제외하면 최대 12개 이상의 디바이스가 존재할 수 없으며 특히 register based 디바이스의 경우 버스 사용자로 시스템이 구성되기 보다는 스위치, 멀티플렉서 또는 DAC 등의 단순한 시스템 구성에 적합하므로 VMEbus에서 제공하는 4개의 버스 리퀘스트를 모두 사용할 필요가 없다. 그러므로 본 연구에서는 한개의 버스 리퀘스트(BR3)만을 사용하는 option ONE을 채택하였으며, 버스마스터의 우선순위는 데이지 체인(daisy chain) 구조에 의하여 결정된다.

### 3) 인터럽트 핸들러(Interrupt Handler)<sup>1)</sup>

인터럽트 핸들러는 slot0 모듈내의 인터럽트와 VXIbus에서 요청되는 인터럽트를 다룰 수 있으며 모듈내의 인터럽트에 대하여는 모두 autovector 처리를 한다.

VXIbus에서 요청하는 인터럽트는 모두 7 레벨의 우선순위가 주어지며 register based 시스템에서는 커맨더와 servant 사이의 통신수단으로 제공된다.

### 2. A/D 변환모듈의 구성

본 논문에서는 시스템을 구성하기 위해 A/D 변환 모듈을 구현하였으며, 이 모듈은 DC 전압을 읽어 디지털로 변환한 후 변환된 데이터를 VXIbus 상에 전

송하는 역할을 한다.

위의 블럭도에 나타난 A/D 변환모듈은 A16/D16 디바이스가 되며 I/D LOGICAL ADDRESS는 시스템 전체 A16 영역내에 BASE 어드레스에 할당된다. BASE+2, BASE+4는 각각 디바이스 타입 레지스터 및 스테이터스/컨트롤 레지스터에 할당되며 스테이터스/컨트롤의 선택은 R/W 신호에 의하여 결정된다. A16 디바이스에서 configuration 레지스터의 offset 레지스터는 디바이스에 의존하는 동작 레지스터(operational register)에 속하며 A/D 변환모듈에서는 A/D 변환부에 할당하였다.

또한 A/D 변환모듈은 버스 슬레이브로서 동작하며 버스 마스터로의 데이터 전송은 인터럽트를 사용할 수 있게 하였다.

## IV. 실험 및 고찰

본 논문에서는 3장에서 구현된 slot0 모듈 및 A/D 변환 모듈을 이용하여 register based 시스템을 구성하고, A/D 변환모듈을 디지털 전압계로 사용함으로써 실험을 수행하였다. 또한 명령어는 계측기 언어의 표준화인 SCPI(Standard Commands for Programmable Instruments)를 사용하였다.

### 1. 시스템 구성

위의 시스템 구성도에서 VXIbus 시스템을 제어하기 위한 외부 컴퓨터와의 통신을 위하여는 RS232-C

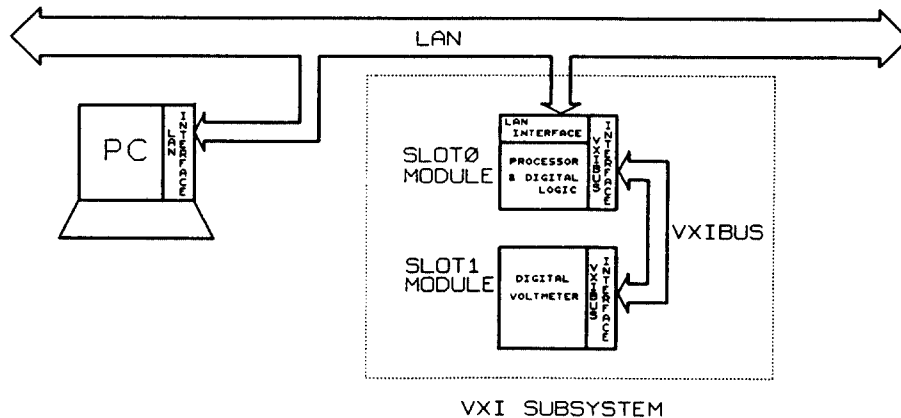


그림 7. 시스템 구성도  
Fig. 7. System Configuration

및 LAN을 사용하였다. 이때 LAN을 사용함으로써 VXIbus 시스템이 네트워크상에서 운영 되어질 수 있으며 본 연구에서는 MAC(Media Access Control)로써 IEEE 802.3, CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) 방식을 채택하였다. 또한 LLC(Logical Link Control)로써 IEEE 802.2 방식을 채택하였으며 상위 계층에 관한 연구는 그 적용분야에 맞춰 계속 진행되어야 할 사항이다.

2. A/ D 변환모듈의 액세스(Access)

A/D 변환모듈에 할당된 번지는 그림 8와 같다.

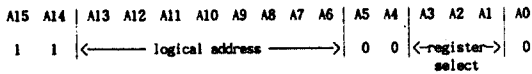


그림 8. A/D 변환 모듈의 어드레스 할당  
Fig. 8. Address Allocation of A/D Converter Module

그림 8에서 configuration 레지스터는 A16 번지 영역내 64K 바이트의 상위 16K 바이트에 위치하므로 A15, A14는 항상 1의 값을 각각 갖는다.

또한 모듈에 할당된 논리번지(logical address)는 E8<sub>16</sub>이며 어드레스 선 A13에서 A6에 위치한다. A5에서 A0는 모듈내에 존재하는 64 바이트에 해당하는 configuration 레지스터를 선택하는데 사용되어지나 본 연구에서는 모듈내의 레지스터에 최대 16 바이트의 번지를 할당하였으며 표 1과 같다.

그러므로 모듈의 시작 번지는 FA00<sub>16</sub>가 되며 BASE+6 번지에 A/D 변환부를 할당하였다.

표 1. 모듈의 레지스터 선택  
Table 1. Register Selection of Module

| A3 | A2 | A1 | Enable Line | 선택레지스터               |
|----|----|----|-------------|----------------------|
| 0  | 0  | 0  | BASE + 0    | ID / Logical Address |
| 0  | 0  | 1  | BASE + 2    | Device Type          |
| 0  | 1  | 0  | BASE + 4    | Status / Control     |
| 0  | 1  | 1  | BASE + 6    | A/D 변환부              |
| 1  | 0  | 0  | BASE + 8    |                      |
| 1  | 0  | 1  | BASE + A    | 사용자 정의               |
| 1  | 1  | 0  | BASE + C    |                      |
| 1  | 1  | 1  | BASE + E    |                      |

또한 모듈이 액세스 되는 AM(Address Modifier) 코드의 값은 29<sub>16</sub>와 2D<sub>16</sub>이며 이는 각각 short non-privileged I/O access와 short supervisory I/O access를 나타낸다.

3. 통신절차

register based 디바이스에서는 버스 마스터와 슬레이브 사이의 통신절차에 대하여 정하여진 표준이 없다. 그러나 인터럽트(interrupt)를 이용하여 자신의 STATUS / ID 정보를 알림으로써 status 레지스터를 polling 하는데 사용되는 과도한 백 플레인(back plane)의 데이터 전송량을 감소시킬 수 있다.<sup>[6]</sup>

본 논문에서는 A/D 변환 모듈에서 slot0 모듈에 인터럽트를 발생시키고, 인터럽트 응답 사이클(interrupt acknowledge cycle)에서 자신의 ID 즉, 논리번지(logical address)를 전송함으로써 준비 상태를 알린다. 이와 같은 절차는 외부 제어 컴퓨터에서 SCPI에 의하여 프로그래밍 되어지며 그 예는 그림 9와 같다.

```
DIAG: INT:PRI1 1
DIAG: INT:SETUP1 ON
VXI: WRIT 232, 6, #H0101
DIAG: INT:WAIT?
VXI: READ? logaddr, 6
```

그림 9. A/D 변환 모듈을 위한 SCPI 커맨드  
Fig. 9. SCPI Commands for A/D Converter Module

그림 9에서 인터럽트를 이용하여 A/D 변환모듈에서 디지털 전압값을 읽어 들이기 위한 SCPI 커맨드를 나타내며, 외부 제어 컴퓨터에서 slot0 모듈 즉, 커맨더 모듈로 ASCII 형태로 전송되어지면 slot0 모듈에서 register based 디바이스에 맞는 2 진 형태의 커맨드로 변환되어 A/D 변환모듈에 전송되어진다.

그림에서 인터럽트 선 1번(IRQ 1\*)에 제일 우선순위를 할당하며, 베이스 어드레스+6에 WRITE를 한 후 A/D 변환부에서 인터럽트가 올 때까지 기다린다. A/D 변환모듈에서 인터럽트를 요구하면 인터럽트 응답사이클에서 백터값으로 논리번지 232를 읽

어내고, 인터럽트 처리부에서 어드레스+6으로 부터 변환된 디지털 전압값을 읽어들인다.

실험결과 읽어낸 전압측정값은 그래픽 처리를 하여 외부 제어컴퓨터상에서 관찰할 수 있었으며, 그래픽 처리를 통하여 더욱 향상된 GUI(Graphic User Interface)를 구현하였다.

### V. 결 론

VXIbus란 모듈화된 기기들의 상호 호환성을 위하여 VMEbus를 기본으로하여 구성된 업계 표준이다.

본 논문에서는 VXIbus의 register based 시스템을 구성하기 위하여 slot0 모듈과 A/D 변환모듈을 구현하고, A/D 변환모듈을 디지털 전압계로 적용하여 테스트를 수행하였다. 언어는 계측업계 표준으로 채택된 SCPI를 사용하였으며, 외부제어 컴퓨터로 사용된 PC와 VXIbus 시스템간의 통신은 RS-232C 및 LAN을 이용하였고, LAN을 이용함으로써 VXIbus 시스템이 network 상에서의 한 공유자원으로 활용될 수 있음을 보여 주었다. 그러나 본 연구에서 구현한 시스템은 계측 모듈로 부터 수집된 데이터를 시간적 지연없이 읽어들이 수 있다는 장점이 있으나 FFT 분석기등과 같이 많은 양의 데이터를 동시에 처리해야 하는 계측모듈에는 할당되는 번지의 제한으로 적용하기 어려움을 알 수 있었다. 또한 다양한 명령어를 필요로 하는 계측기를 제어하는 데는 configuration register에 2진 코드 형태의 명령어로 제어하는 데는 많은 제약이 따르며, 이러한 경우 명령어를 ASCII 형태로 전송함으로써 이러한 제한을 해결할 수 있게 된다. 그러므로 추후 좀 더 고급화된 계측기의 모듈화를 위하여 message-based 시스템에 관한 연구가 이루어져야 할 것이며, VXIbus 서브시스템 내부에서의 통신방법으로써 message-based 시스템을 위하여 word-serial 프로토콜에 대하여 연구가 수행되어야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

1. 김종식, "CAT 시스템 개념과 도입," The Electronic Science, '90, 5
2. John Purvis III, "The Personal Computer as Instrument Controller," Test & Measurement World, pp.42-51, Feb. 1986.

3. Steven H Leibson, "IEEE-488.2 products are just now appearing," EDN, pp.91-99, April 25, 1991.
4. John Novellino, "The VXIbus comes of age with specs and products," Electronic Design, pp.27-34, Jan. 1989.
5. Larry Des Jardin, "VXI versus GPIB: is VXI actually faster?," VXI JOURNAL, pp.11-14, VOL.1, NO.2, NOV. 1990.
6. VXIbus System Specification, Revision 1.3, VXI Consortium, July 14, 1989.
7. VMEbus Specification Manual, Rev.B, VMEbus Manufacturers Group, Aug. 1982.

〈본 논문은 한국과학재단 연구과제임 90-01-00-14〉

盧承煥(Soong Hwan Ro)

정회원

1962년 8월 19일생

1987년 8월 : 고려대학교 전자공학과 졸업(공학사)

1989년 8월 : 고려대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)

1989년 9월~현재 : 동대학원 박사과정 재학중

※주관심분야 : 정보통신, CAT(Computer Aided Test) 등임

田東根(Dong Keun Jeon)

정회원

※제 17 권 제 1 호 참조



金成旭(Sung Wook Kim) 준회원

1969년 6월 30일생

1991년 2월 : 고려대학교 전자전산공학과 졸업(공학사)

1991년 3월~현재 : 고려대학교 전자공학과 대학원 석사과정

※주관심분야 : 컴퓨터 네트워크, CAT 등임





姜敏鎭(Min Ho Kang) 준회원  
1968년 7월 10일생  
1991년 2월 : 고려대학교 전자전산  
공학과 졸업(공학사)  
1991년 8월 ~ 현재 : 고려대학교 전  
자공학과 대학원 석사  
과정  
※주관심분야 : 컴퓨터 구조, 정보  
통신 등임

金惠鎭(Duck Jin Kim)  
※제 16 권 제 8 호 참조  
현재 : 고려대학교 전자공학과 교수

정회원