

<論 文>

마이크로컴퓨터를 이용한 온-라인 측정 시스템의 개발

정명균* · 이정운** · 이동인***

(1981년 3월 27일 접수)

Development of Microcomputer-based On-line Measurement System.

Myung Kyoon Chung, Jeong Woon Lee and Dong In Lee

Abstract

An inexpensive and very simple microcomputer-aided measurement system has been designed for on-line experiments, which perform simultaneously data acquisition, data recording, calculations with the data, and positioning of necessary sensors. Interfacing between the microcomputer and the data acquisition board which consists of A/D converter, analog multiplexer, and sample-and-holder, etc., has been done through IEEE-488 interface port and parallel user port both provided by the PET computer's main logic board.

Data and control signals are transferred between devices without handshaking.

By utilizing BASIC commands PEEK, POKE, SYS,USR which are offered by PET microcomputer, it is possible to link machine code subroutines into the main BASIC program. This facilitates ease of data transfer, programming, and speedy execution of the program. In addition, an X-Y scanning table has been connected to the system in order to automatically position measuring sensors along a pre-determined path of interest.

1. 서 론

측정은 과학 기술 활동에서 대단히 중요한 의미를 지니고 있다. 이러한 측정에 있어서 측정 그 자체는 물론 실시간 상태로 측정한 값들을 계산 처리할 때 컴퓨터가 가진 능력을 이용함으로써 큰 도움을 얻을 수 있다.

공간적으로 또는 시간적으로 여러 지점에 대한 실험 데이터를 받아 기록하거나 저장시키는 data logging 작업, 그리고 측정된 신호의 값들로부터 관심의 대상이 되는 다른 신호나 숫자로 변환시키는 신호 처리 작업과 측정에 필요한 부수적인 장치들에 시간적인 간격을

두고 단순한 제어 신호를 보내거나 측정된 데이터로 계산된 결과에 따른 제어 신호를 만들어 보내는 일, 또 어떤 실험 대상을 해석하는데 특히 그 실험 대상이 비선형적 또는 시간에 따른 변화가 있거나 stochastic 요소를 포함하고 있을 경우의 해석 등에는 온-라인 컴퓨터의 사용으로 문제의 해결이 상당히 간편해진다. 이와 같은 컴퓨터에 의하여 제어되는 실험(computer-controlled experimentation)은 지난 수년전까지는 실험 비용이 많이 드는 관계로 주로 대형 연구 과제의 수행에 사용되어 왔다.

그러나 Intel사에서 1969년에 처음으로 개발한 microprocessor⁽¹⁾에 대한 연구와 제작 기술이 과거 10여년간 획기적인 발전을 거듭하여 가격이 대단히 저렴하여졌기 때문에 최근에 온-라인 컴퓨터에 의한 측정 및 신호 처리 시스템에 microprocessor나 또는 이것을 중앙 처리 장치(CPU)로 사용한 microcomputer를 이용

* 정회원, 한국과학기술원 기계공학과

** 정회원, 새한자동차주식회사

***정회원, 대우중공업주식회사

하는 경우가 많아졌다.⁽²⁻⁴⁾

예를 들면 Fornili⁽²⁾는 F8 microprocessor에 적절한 interface 장치를 설계하여 spectro-photometer와 digital panel meter 그리고 paper-tape punch deck를 조정하고 측정 데이터를 정확히 받아 기록 저장하는 시스템을 개발하였다. 특히 stochastic data를 해석하는 일은 진동 실험이나 난류 유동에 대한 실험에서 가장 중요한 분야로서 지금까지는 신호들을 마그네틱 테이프에 저장시키고 scanner, voltmeter, data logger, spectrum analyser, correlator, probability density analyser 등의 고가 장비들을 연결해서 신호 처리를 하여왔다. 이러한 시스템을 구성하려면 적어도 \$60,000 이상의 장비 투자가 있어야 하는 단점이 있어서 소규모 실험실에서는 stochastic data 처리는 1차적인 통계를 얻는데 그치는 수가 많았다. 이 논문은 다른 microcomputer에 비하여 가격이 대단히 저렴한 Commodore PET microcomputer(32 K byte, \$1,300)를 이용하여 stochastic data를 on-line으로 처리할 수 있도록 필요한 부수적인 interface와 data acquisition board 그리고 아울러 측정 sensor를 미리 계획된 path에 따라 자동 이송시킬 수 있는 x-y 테이블 구동 시스템을 설계 제작하는 것을 목적으로 한다. PET microcomputer를 사용하여, Jedju⁽³⁾는 data acquisition system을 Rodrigues와 Siddons⁽⁴⁾는 data acquisition 및 stepping motor 구동 시스템을, Shaw, Hardcastle, Jusoh, Bougicik⁽⁵⁾ 등은 피토판을 움직이게 하여 공기 제트류의 속도 분포를 측정하는 장치를 제작하였다. 이들 연구에서는 두 가지 이상의 측정 신호를 시간적인 간격을 두고 연속적으로 수치 변환시켜서 신호 처리를 하기 때문에 난류 실험에서 연고자 하는 cross-correlation과 cross-spectrum 등을 구하는 데는 적합치 않다.

이 논문에 사용된 microcomputer는 Commodore PET series 중의 하나로 key board, main logic board, display screen 등으로 이루어져 있으며 그 주변 장치로 dual floppy disk driver, printer와 cassette를 사용하였다. Main microcomputer는 memory, screen, 입력과 출력등의 제어용으로 microprocessor MCS 6502를 쓰고 있고 계산 속도와 밀접한 관계가 있는 system internal clock은 1 MHz의 것을 사용하고 있으며 32 k bytes의 RAM(Random Access Memory)을 지니고 있다.⁽⁶⁾ Dual floppy disk driver와 cassette는 보조 기억장치로 사용된다. Cassette를 이용할 경우 데이터나 프로그램의 전달이 순서적으로 이루어지게 되어 있

어 이들을 저장하거나 찾아 쓸 때 많은 시간이 걸리는 단점이 있으므로 이와 동일한 목적에는 disk driver를 사용하는 것이 바람직하다.

이 disk driver는 최대용량 176640 bytes의 floppy disk 2장을 장착하고 있다.⁽⁷⁾ Data acquisition에 필요한 IC module은 multiplexer, sample-and holder와 A/D converter 들이며 이 세 module들과 microcomputer의 배열 관계는 측정하려는 대상이나 경제성에 따라 여러가지가 있겠으나⁽⁸⁾ 가장 적당하다고 여겨지는 것으로는 측정하려는 신호가 통과하는 순서에 따라 analog multiplexer, sample-and holder, ADC, microcomputer의 차례로 배열하는 방법이다. 단일 측정 신호의 세기가 ADC의 입력 범위에 맞지 않을 때는 analog multiplexer의 앞에 증폭기를 사용하여 각각의 신호에 적당한 gain을 정해주는 것이 필요하며 측정 신호들의 level이 비슷한 경우에는 analog multiplexer와 sample-and holder 사이에 위치하는 것이 경제적이다. 이런 배열을 채택하여 사용할 경우에는 한 데이터를 선택한 후 이것을 microcomputer에 저장하거나 계산 처리하는데 일정한 시간이 걸리므로 다음으로 선택될 데이터는 지연된 상태의 값을 갖게 된다.

실제로 여러 데이터들을 microcomputer가 동시에 받을 수는 없겠으나, 측정하려는 신호의 종류와 같은 수의 sample-and-holder를 쓰고 각각의 sample-and-holder의 제어 신호를 하나로 연결하여 sample-and-holder, analog multiplexer, ADC, microcomputer의 배열을 택하여 사용하면 동시성을 지닌 데이터를 차례로 얻을 수 있으므로 위에서 언급한 두 신호간의 cross-correlation을 구할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 이 배열을 택하였으며 증폭기는 각 sample-and-holder의 앞에 따로 존재하여 ADC의 입력 범위에 맞게 해주어야 한다. 다음으로 측정 probe를 미리 계획된 path를 따라 자동 이송시키기 위하여 x-y table 구동 시스템을 고안하였다. 이 구동 시스템은 직교하는 두 개의 스크류 축의 회전에 의하여 평면상을 움직이는 x-y table과 binary coded voltage level command를 받아 회전축이 일정 각도씩 회전하는 stepping motor, 그리고 모오타를 구동시키는 stepping motor driver로 구성한다. Stepping motor를 구동하는 데에는 3~30 V DC, 0.1~10 A의 비교적 높은 동력의 논리 신호를 필요로 하나 보통 stepping motor를 구동하려는 신호는 낮은 동력을 갖고 있으며 pulse 형태이기 때문에 stepping motor에 적용될 수 있도록 이 신호들을 변화시키기 위해 stepping motor driver가 필요하게 된다.⁽⁹⁾

이 논문에 사용된 stepping motor driver 는 stepping motor 를 구동시킬 때 회전 방향을 지시해 주는 0V 또는 5V 의 신호와 0~5V 로 변화하는 step plus 의 두 신호를 요구하며 microcomputer 로 이러한 신호들을 쉽게 발생시킬 수 있어서 연결하여 사용하는 것이 간편하다.

2. Microcomputer 와의 연결

위에서 언급한 data acquisition system 과 x-y table 구동 시스템을 PET microcomputer 와 연결시키는 interfacing 은 PET microcomputer 에 hardware 로서 장착되어져 있는 port 들을 이용함으로써 가능해진다. 여기서 port 라 함은 microcomputer 가 외부의 어떤 장치들과 연결할 수 있도록 연결점을 설치해 놓은 것을 말한다.

PET microcomputer 에는 세 가지의 port 즉, IEEE-488 interface port 와 parallel user port, 그리고 memory expansion port 가 있으며 1장에서 PET 를 data acquisition 목적으로 사용한 것을 보면 Jedju⁽³⁾와 Shaw⁽⁵⁾는 memory expansion port 에 interface 작업을 하는 chip 을 연결하여 시스템을 완성하였는데 그 이유로는 8K RAM 의 PET series 를 사용하여 입수되는 데이터의 번지 지정에 있어서 memory expansion 의 필요성이 있기 때문이었고 Rodrigues⁽⁴⁾의 경우에는 많은 hardware 를 사용하여 handshake 작업을

하도록 고안되었으나 본 연구에서는 데이터의 전달에 있어서 많은 hardware 를 필요로 하지 않고도 data acquisition 작업을 수행할 수 있는 방법을 모색하여 IEEE-488 interface port 와 parallel user port 를 사용한다.

2.1. Port 의 이용방식

먼저 IEEE-488 interface port 에 대해 설명하면 이 port 를 통하여 IEEE-488 device(main microcomputer 와 외부와의 데이터 전달을 할 때 IEEE-488 표준 handshaking 작업을 수행할 수 있도록 IEEE-488 interface 가 장착된 장치로 예를 들면 PET microcomputer 시스템의 주변 장치로 쓰이는 disk driver 와 printer 가 이에 속한다.)를 연결하여 사용할 수가 있으며 이 port 의 connector 에는 위 아래 12 pin 씩 24 pin 이 있는데 이 pin 들의 기능들을 요약하면 8개의 bidirectional data lines, grounds, IEEE-488 device 사이에 데이터의 전달을 관장하는 handshaking management group 등이다. 이 line 들을 제어하는 register 들은 PET microcomputer 에서 address 를 가진 memory 로 취급되고 있다.

이 논문에 사용된 line 들과 이에 관계된 register 의 address 는 Tables 1, 2 와 같이 할당되어져 있다. Table 1 의 data line 들을 출력 상태로 지정하여 출력 register 에 어떤 수를 배경하고 이 line 들에 해당하는 connector 의 pin 들을 voltmeter 로 조사해 보면 그 배경

Table 1 Data lines in IEEE-488 interface port.

Connector pin number	IEEE Signal Mnemonic	Signal Definition/Label
Upper pins		
1	DIO1	Data input/output line #1
2	DIO2	Data input/output line #2
3	DIO3	Data input/output line #3
4	DIO4	Data input/output line #4
12	GND	Chassis ground and IEEE cable shield drain wire
Lower pins		
A	DIO5	Data input/output line #5
B	DIO6	Data input/output line #6
C	DIO7	Data input/output line #7
D	DIO8	Data input/output line #8
N	GND	Data ground(DIO 1-8)

Table 2 IEEE-488 hardware addresses.

Hex Address	Decimal Address	Bits	IEEE	Mode
E820	59424	0-7	DIO1-8	Input
E822	59426	0-7	DIO1-8	Output

된 수가 2진법으로 표현되고 있음을 알 수 있다. 반대로 data line 들을 입력 상태로 지정하여 각 data line 에 해당되는 pin 에 어떤 2진법 숫자를 나타내는 digital 신호를 보내면 입력 register 에 그 숫자가 10진법의 수로 저장되어 있음을 알 수 있다.

둘째로 parallel user port 는 connector 의 모양과 크기에 있어서 IEEE-488 interface port 의 것과 일치하지만 pin 들의 기능이 차이를 두고 있다. Connector 의 뒷면에 있는 12 pin 은 사용할 때 computer 에 손상을 입힐 우려가 있어 이용하지 않고 아랫면의 12 pin 은 microcomputer 의 main logic board 의 Versatile Interface Adaptor(VIA, MOS Technology part # 6522)로부터 기인하는 것으로 Commodore manual⁽⁶⁾의 page 78, 79 에 명시되어 있으며 이에 관계된 regis-

Table 3 Parallel user port information.

Pin number	Signal label	Signal description
A	GND	Digital ground
C	PA 0	Input/Output lines to peripherals, and can be programmed independently of each other for input or output
D	PA 1	
E	PA 2	
F	PA 3	
H	PA 4	
J	PA 5	
K	PA 6	
L	PA 7	

Table 4 VIA 6522 addresses.

Decimal	Hexa decimal	Contents
59459	E843	I/O port A data direction register
59471	E84F	Output register for I/O port A without handshaking

Table 5 Parallel userport example.

Command statement	Binary representation	Lines mode
POKE 59459, 255	1 1 1 1 1 1 1 1	PA0-7 Output
POKE 59459, 0	0 0 0 0 0 0 0 0	PA0-7 Input
POKE 59459, 240	1 1 1 1 0 0 0 0	PA0-3 Input PA4-7 Output

ter 들의 address 와 기능은 page 80 에 실려 있다.

이 가운데 59459 번지의 register 와 59471 번지의 register(Table 4)의 사용으로 parallel user port 의 data line 들을 (Table 3, 5) 입력 또는 출력으로 사용할 수 있다.

결론적으로 IEEE-488 interface port 와 parallel user port 의 data line 들은 이에 해당된 memory(register 를 말함)의 내용만을 조작함으로써 외부로부터의 digital data 를 입수하도록 사용될 수 있으며 외부에 대한 digital 제어 신호도 발생할 수 있다.

2.2. 입력과 출력의 구분 사용

한 port 를 입력과 출력으로 함께 사용하는 것은 회로 연결상 문제가 있으므로 각각의 port 에 대하여 입력 또는 출력 한 가지의 의무만을 부여하기로 한다. 현재 사용하고 있지 않는 parallel user port 의 data line 들은 입력과 출력 중 어느 것으로 이용하여도 문제가 발생하지 않으나 connector 로 disk driver 나 printer 가 연결되어 있는 IEEE-488 interface port 를 출력으로 사용할 경우에는 이 port 로부터 출력된 신호에 의해 조작될 data acquisition system 이나 x-y table 구동 시스템이 PET microcomputer 가 disk driver 나 printer 의 message 를 주고 받을 때 원하지 않는 제어 신호를 받게 되어 곤란하다.

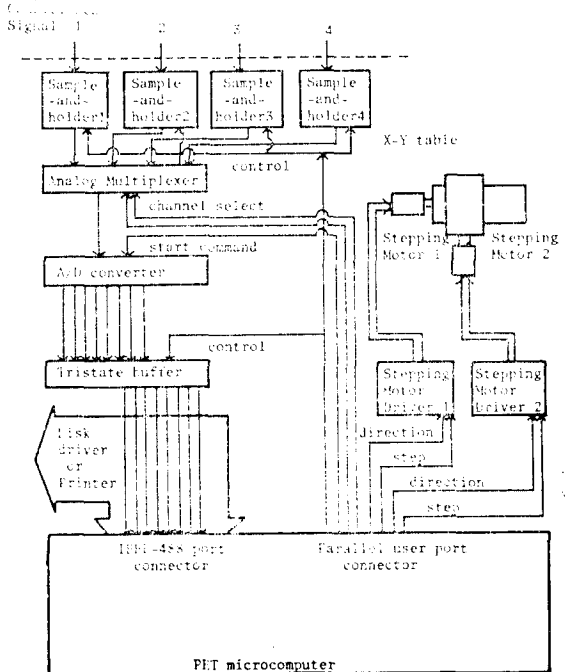


Fig. 1 Block diagram of on-line measurement system.

반대로 IEEE-488 interface port를 입력으로 사용할 경우에는 위와 같은 문제는 없으나 PET microcomputer가 disk driver나 printer로 message를 전달할 때 IEEE-488 interface port의 data line들을 공유하게 될 ADC에도 어떤 신호의 유입이 예상된다. 그러나 이 문제는 어떤 제어 신호에 의해 data의 흐름을 한 방향으로만 이루어지게 하는 tristate buffer의 사용으로 해결된다. 즉, tristate 제어 신호에 따라 ADC에서 PET microcomputer로 데이터를 전달하게 하거나 ADC와 PET microcomputer 사이에 high impedance 상태를 만들어 --"open"이라고 말한다.--PET microcomputer로부터 ADC에 신호가 전달되는 것을 막아 준다.

이 논문에서는 tristate buffer로 74367 IC chip을 사용하였다. 이로서 대략적인 전체시스템의 연결 방식이 Fig. 1과 같이 결정되었다. 그리고 이 시스템을 구성하는데 사용된 장치들은 Table 6에 열거하였다.

Table 6 Components of the system.

Device	Model	Manufacturer, manual reference
Sample-and-holder	SHA-5	Analog devices(10)
Analog multiplexer	4051*	(11)
ADC	ADC-8QM	Analog devices(10)
Tristate buffer	74367*	(12)
Stepping motor driver	29B 16067	Sigma instruments inc.
	20-4266 TD	
Stepping motor	200-F06	(13)

2.3. 출력 Port의 구체적 사용

Fig. 1에서 microcomputer의 입력으로는 tristate buffer를 경유하는 ADC의 conversion data(8-bit)가 있고 microcomputer로부터의 출력으로는 sample-and-holder의 제어 신호, analog multiplexer의 channel 선택 신호, ADC의 conversion start command, tristate 제어 신호, 각 stepping motor driver에 대하여 회전 방향 지시 신호와 step pulse의 두 신호 등이 필요하다. 출력으로 사용될 parallel user port의 data line이 8 bit이므로 출력 신호의 갯수는 제한이 있다.

그런데 ADC는 sample-and-holder로부터 "hold"된 신호를 받아 수치화하여 microcomputer로 전달하게 되므로 sample-and-holder의 제어 신호는 "low"를 유

지하여야 하고 tristate buffer(74367)의 제어신호는 그 입력을 출력시키는 "slow" 상태이어야 한다. 또 sample-and-holder의 제어 신호가 "sample"을 의미할 때 즉, "high"일 때 ADC는 conversion을 하지 않고 있고 따라서 tristate buffer의 제어 신호도 그 입력과 출력을 단절시키는 "high"상태로 유지시킬 필요가 있으므로 결국 sample-and-holder의 제어 신호와 tristate buffer의 제어신호는 parallel user port의 data line 중 1 bit를 공유할 수 있다. 그리고 ADC의 conversion start command는 하나의 pulse 형태의 신호이므로 1 bit를 필요로 하고 각 stepping motor driver에 두개씩 네개의 신호가 필요하므로 나머지 유보된 bit의 수는 둘이다.

이 두개의 bit를 analog multiplexer의 channel 선택신호로 사용하였다. 따라서 analog multiplexer의 특성에 따라 선택되어질 수 있는 신호의 수는 넷이 된다.

각 장치의 제어 신호가 가지는 의미의 중요한 정도가 자주 사용된다고 예상되는 점을 감안하여 parallel user port의 data line들의 최저 bit(Least significant bit)에서부터 순서를 정하여 각 bit를 제어신호로 배당하였으며 Table 7과 같이 표시하였다. 그리고 Table 8에는 각 bit의 상태에 따른 의미를 나타냈다. 따라서 최종적인 시스템의 연결 방식이 결정되었다. 그리고 이 시스템을 제작할 때 ADC의 입력신호 범위를 0~10 V로 정하였는데 이 경우 analog multiplexer는 0~10 V의 신호를 통과시켜야 하지만 이 시스템의 전용 power supply로 ± 15 V, ± 5 V의 직류를 발생시키는 것을 사용하게 되어 analog multiplexer(chip No. 4051)의 최대 사용신호 범위를 15 V로 정하게 되었다. 따라서 analog multiplexer의 channel 선택신호도 직류 15 V까지를 필요로 하게 되었으므로 Lancaster⁽¹⁴⁾를 참고하여 출력을 15 V와 연결한 hex noninverting driver(chip No. 7407)를 사용해서 PET microcomputer로부터 나오는 0~5 V의 신호를 analog multiplexer의 channel 선택 신호범위에 맞게 0~15 V 범위로 만들었다. 이에 대한 회로도에는 Fig. 2에 실었다. photo 1은 PET microcomputer와 disk driver 그리고 cassette를 보이고 있는 photo 2 완성된 Interface circuit과 data acquisition board를 보여주고 있다.

3. 사용방법

앞에서와 같이 제작된 시스템은 PET microcomputer

Table 7 Use of output port.

Parallel user port data line number	Decimal value	Use
Bit 0	1	Sample-and-holder, tristate control
1	2	A/D converter start
2	4	Analog multiplexer
3	8	Channel select
4	16	Stepping motor driver 1 direction
5	32	Stepping motor driver 1 step pulse
6	64	Stepping motor driver 2 direction
7	128	Stepping motor driver 2 step pulse

Table 8 Meaning of the control signals.

Bit 0	0	Sample-and-holder "hold" Tristate buffer input→output
	1	Sample-and-holder "sample" Tristate buffer "open"
Bit 1, 5, 7		Having a meaning when it changes 0→1→0
Bit4, 6	0	Counter clockwise revolution (stepping motor)
	1	Clockwise revolution (stepping motor)
Bit2	Bit3	Selecting channel name
0	0	Signal 0
1	0	Signal 1
0	1	Signal 2
1	1	Signal 3

의 프로그램에 의하여 동작시킬 수 있다. 여기서 그 프로그램의 작성에 대해 설명하기로 한다.

3.1. PET Microcomputer의 사용 언어

PET Microcomputer는 BASIC interpreter를 ROM (Read Only Memory)에 저장하고 있어 전원과 통하는 순간부터 BASIC language를 사용하게 되어 있고 machine language monitor도 저장하고 있어 machine code program의 사용 또한 특수한 BASIC command를 통하여 가능하다. Machine code program을 사용하는 이유는 data acquisition과 같은 프로그램의 수행에 있어 BASIC interpreter를 거쳐 수행이 이루어지는 BASIC language program보다 시간이 짧게 걸리고 또 register들의 제어가 비교적 수월한 장점이 있기

때문이다. 그리고 SYS(X)와 USR(X)라는 특유한 BASIC command가 있어 machine code program을 BASIC language program의 subroutine으로 사용할 수 있으며 또 다른 특유한 BASIC command들로 POKE X,Y와 PEEK(X)가 있는데 POKE X,Y는 X번지의 memory에 Y라는 0과 255사이의 숫자를 저장시킬 때 사용되며 PEEK(X)는 X번지의 memory의 내용을 알아볼 수 있게 한다.⁽⁶⁾ 여기서 X와 Y는 argument들이다. 따라서 machine code program을 POKE command를 사용하여 computer memory의 일부에 저장시키고 나서 memory의 가장 첫번째 주소(memory address)를 SYS command의 argument로 하면 machine code program의 수행이 BASIC language program의 수행 도중에 이루어진다.

작성해야 한다. 이를테면 sample-and-holder의 "sample" command에 따르는 settling time, analog multiplexer propagation delay time(보통 수백 Nano-second이므로 프로그램에서는 무시된다.) ADC의 conversion start command에 따른 conversion time 등이

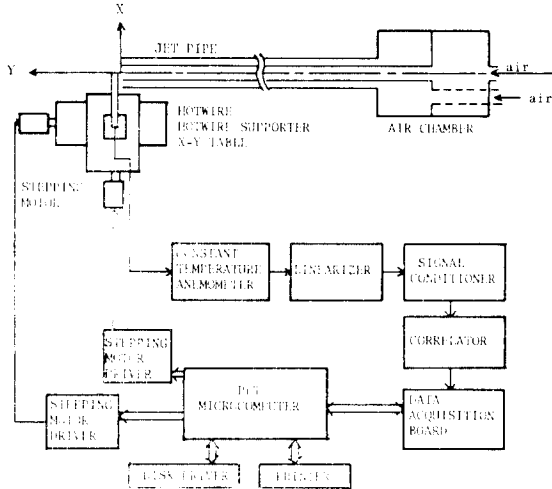


Fig. 4 Co-axial jet experiment apparatus.

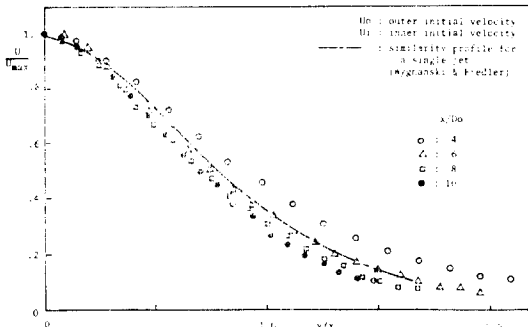


Fig. 5 Radial mean velocity variation.

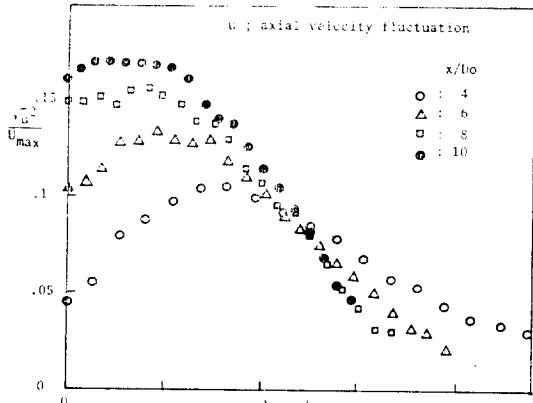


Fig. 6 Radial variation of axial turbulent intensity.

그것이다. 이 때 PET microcomputer와 BASIC command의 일종인 time과 time\$를 사용하면 프로그램의 수행시간을 알아볼 수 있다.

3.3. 입력된 데이터의 사용방법

PET microcomputer의 IEEE-488 Interface port의 data line들이 analog to digital conversion된 데이터들을 받게 되어 있으므로 이 데이터들은 IEEE-488 interface port의 line들을 간주하는 59424번지의 register에 저장되어진다. 따라서 여러 데이터를 필요로 할 경우에는 그 저장된 값을 프로그램수행중에 내용의 변동이 없는 다른 memory로 옮겨 놓아야 한다. 이 작업은 Basic command들을 사용하여 측정된 값들을 어떤 array로 지정하여 보존하거나, machine code program에 의하여 59424번지의 내용을 직접 다른 memory로 옮기는 방법을 사용함으로써 수행되어 질 수 있다. 이 점에 관하여는 4절에서 예를 들었다.

Fig. 3에서는 본 논문의 시스템을 사용할 때 필요한 프로그램의 작성에 근본이 된 flow chart를 보였다.

4. 응용

본 연구의 장치를 동축 공기 제트류의 실험에 사용

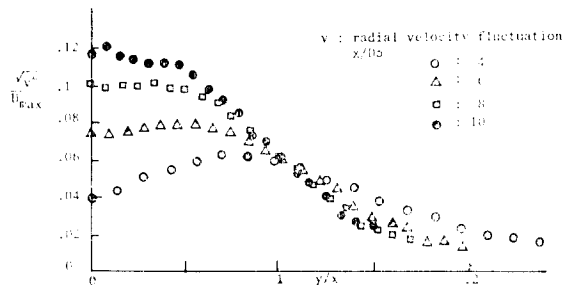


Fig. 7 Radial variation of radial turbulent intensity.

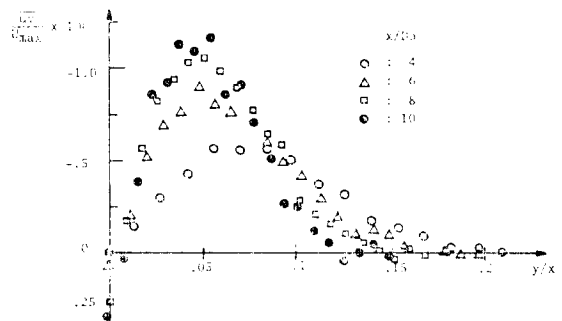


Fig. 8 Radial variation of reynolds stress.

하였다. Hot wire 에 의한 측정 신호가 hot wire anemometer 등의 장치들을 거친 후 본 연구에서 제작된 data acquisition board 를 통하여 PET 에 저장되고 이 값들로 제트류의 평균 속도, root mean square 값에 의한 turbulence intensity 및 Reynold's stress 를 구하였다. 이 때의 장치들의 배열은 Fig. 4 에 있으며 Fig. 5, 6, 7, 8 에 실험 데이터의 일부를 보였으며 Program 1 에는 측정 데이터를 microcomputer 로 입수시킬 때 사용한 assembler language program 과 이에 해당하는 machine code program 을 보였다. 이 program 에서 계산해 낼 수 있는 cycle time 으로부터⁽¹⁵⁻¹⁶⁾ 알 수 있듯이 데이터 하나를 입수하는 때에는 sample and holder 를 쓰지 않았을 때 41 μ sec 정도 걸리므로 데이터 전달율은 24 k/sec 이었다.

Program 1		Jet data acquisition.	
	LDX #2	6000-A2	02
	LDY #255	6002-A0	FF
	LDA #32	6004-A9	20
	STA *\$03	6006-85	03
	LDA # \$60	6008-A9	60
	STA *\$02	600A-85	02
	LDA #0	600C-A9	00
	STA *\$01	600E-85	01
	LDA #0	6010-A9	00
Start	STA \$E84F	6012-8D	4F E8
	STX \$E84F	6015-8E	4F E8
	STA \$E84F	6018-8D	4F E8
	CPY #255	601B-CO	FF
	BEQ LOOP2	601D-FO	13
	LDA *\$03	601F-A5	03
	STA *\$03	6021-85	03
	LDA *\$03	6023-A5	03
	STA *\$03	6025-85	03
	INY	6027-C8	
	LDA \$E820	6028-AD	20 E8
	STA (01), Y	602B-91	01
	LDA #0	602D-A9	00
	JMP START	602F-4C	15 60
Loop 2	INC *\$02	6032-E6	02
	LDY #0	6034-A0	00
	DEC *\$03	6036-C6	03
	BEQ OUT	6038-FO	0A
	LDA \$E820	603A-AD	20 E8
	STA (01), Y	603D-91	01
	LDA #0	603F-A9	00
	JMP START	6041-4C	15 60
Out	RTS	6044-60	

5. 결 론

Commodore PET microcomputer system 자체가 다른 microcomputer system 보다 비교적 염가이므로 data acquisition, data recording, x-y table 의 구동, 그리고 얻은 데이터로 computer 용량의 한도내에서 가능한 계산등의 작업을 할 수 있는 시스템을 구성하는데 드는 비용이 적다는 장점이 있다.

그리고 이 시스템의 구조상으로 ADC의 입력 범위가 0V~10V로 고정되어 있고 이 값은 ADC의 종류나 회로 연결에 따로 바꿀수도 있다. 선택 가능한 channel 수가 넷으로 국한되어 있어 이에 따른 신호 측정 상 제약이 있으나 data acquisition에 필요한 장치들의 배열에 있어서 sample-and-holder의 위치를 analog multiplexer의 앞에 놓음으로서 동시성을 지닌 여러 가지의 데이터를 추출할 수 있다는 장점이 있다. 또 microcomputer system 이외의 모든 부가된 장치들을 프로그램에 의하여 제어하도록 되어 있으며 따라서 이 장치들에 고장이 있을 경우 프로그램을 사용하여 쉽게 식별해 낼 수가 있다. 반면 data acquisition에 있어서는 프로그램에 의해 그 작업이 수행되므로 data acquisition board에 있는 장치들의 제어 신호에 따른 반응 속도와는 관계없이 프로그램 자체의 수행시간이 소비되어 이 논문에서 제작된 시스템으로는 data acquisition board에 최대 24 k/sec의 한계점이 있다. 이러한 제약은 data acquisition board를 PET microcomputer에 연결시킬 때 IEEE-488 interfacing 방법이나 DMA (Direct memory access) 방법을 쓴다면 어느 정도 해소된다고 본다. 그리고 근본적인 문제로 현재의 PET microcomputer로는 spectrum analysis 등의 작업에는 긴 수행시간을 필요로 한다는 점이 있으며 또 현재 본 연구에서 사용한 ADC는 8 bit converter이기 때문에 아날로그 신호를 디지털 신호로 바꾸는 데 전체 스케일의 0.4%로 정확도가 제한되는 단점이 있으며 보다 더 정밀한 데이터 처리에는 10 bit 이상의 ADC를 써야 한다.

References

1. P.M. Morse, B.W. Ravenel, S. Mazor and W.B. Pohlman, Intel Microprocessors-8008, Computer, Vol.10, p.42, 1980.
2. S.L. Fornili, Simple Microcomputer-based Sy-

- stem for Data Acquisition and Control, J. Phys. E: Sci. Instrum, Vol. 13, pp.34, 1980.
3. T.M. Jedju, A Data Acquisition and Control System based on the New Commodore PET Microcomputer, Rev. Sci. Instrum, Vol. 50, pp.1077, 1979.
 4. A.R.D. Rodrigues and D.P. Siddons, Inexpensive Computer-controlled experimentation, J. Phys. E: Sci. Instrum., Vol. 12, pp.403, 1979.
 5. R. Shaw, J.A. Hardcastle, A.R.B. Jusoh and M.J. Bongkik, Experimental Data Recording and Analysis Using a PET Minicomputer, J. Phys. E: Sci. Instrum, Vol. 14, pp.301, 1981.
 6. CBM User Manual, Commodore Business Machines Inc., 1979.
 7. CBM Floppy Disk User Manual, Commodore Business Machine Inc., 1979.
 8. H.V. Mamstadt, C.G. Ende and S-R. Crough, Electronic Measurements for Scientists, Chap. 3, pp.673, Benjamin, Menlo Park, Calif., 2974.
 9. J.A. Cadzow and H.R. Martens, Discrete-time and Computer Control Systems, Prentice-Hall, 1970.
 10. Data Acquisition products Catalog, Analog Devices, 1978.
 11. Semiconductor Data Library, Vol. 5, Series 13, Motorola Semiconductor products Inc., 1979.
 12. Semiconductor Data Library, Vol. 9, Series A, Motorola Semiconductor Products Inc.
 13. Sigma Engineering Specification, Sigma Instruments Inc.
 14. Don Lancaster 原著, TTL 應用과 實務, 韓國科學院 디지털室譯, 電子技術社, 1979.
 15. Carl Moser, 6502 Macro Assembler and Text Editor for PET, APPLE and Others, 1979.
 16. MOS 6500 Microcomputer Family Programming Manual, 2nd ed., MCS Technology Inc., 1976.