

이중 포트 램을 이용한 PC와 마이크로 콘트롤러 사이의 데이터 병렬처리에 관한 연구

양주호* · 김창화* · 정병건** · 김영복***

부산수산대학교*, 한국해양대학교**, 神戸大學***

(1995년 6월 20일 접수)

A Study on the Data Parallel Processing between a PC and a Micro - Controller Using a Dual Port RAM

Joo - Ho Yang*, Chang - Hwa Kim*, Byung - Gun Jung** and Young - Bok Kim

*National Fisheries University of Pusan, **Korea Maritime University, Kobe University

(Received June 20, 1995)

Abstract

This paper presents the data parallel processing method between a PC and a micro - controller. To implement the method a dual port RAM for a real time data processing is used. In general an A/D & D/A card is used to send or receive the data into or from the external plant and the PC does only the computation of the A/D and the D/A data because the A/D & D/A card does not have the ability of computation. In this study, a data parallel processing method in which the the PC and micro - controller own a common dual port RAM, is introduced, so that the PC can compute the A/D and D/A data and control the plant simultaneously. The PC system with a micro - controller and the common dual port RAM is designed and its effectiveness is investigated experimentally considering the performance of both the computation of data and the controlling and monitoring the external plant.

1. 서 론

현대사회의 거의 모든 분야에 있어 개인용 컴퓨터(Personal Computer : PC)는 필수적인 존재로 부각되어 가고 있으며, 특히 공장 자동화, 선박의 무인화에 큰 역할을 담당하고 있다. 그런데, 이러한 분야에 있어 컴퓨터가 외부의 장치를 제어하거나 외부로 데이터를 보낼 때, 주로 범용 A/D & D/A 카드를 이용한다. 이때 사용되는 카드의 대부분은 단순히 데이터를 얻거나 내보내는 기능을

갖고 있을 뿐, 다른 외부장치들을 제어하거나 여러 가지의 정보들을 처리할 수 있는 능력이 없기 때문에 샘플링 주기가 아주 짧은 경우에는 PC는 단지 제어입력의 연산에만 전념할 뿐 다른 일들을 할 수 없다. 이러한 문제점을 극복하는 한가지 방법으로는 A/D 변환기능을 갖고 있는 제어용 마이크로 콘트롤러를 이용하여, 원래 PC가 맡고 있던 외부 기기에 대한 제어를 분담하고, PC는 제어용 마이크로 콘트롤러가 수행하기 힘든 부동 소수점 관련 계산이나 다른 여러 가지 기기들을 모니터링(Moni-

toring)하도록 하는 것이다.

본 연구에서는 범용 A/D & D/A 카드의 단점을 보완하기 위한 방법으로 다양한 기능을 갖고 있는 제어용 마이크로 콘트롤러간의 데이터 처리를 위하여 병렬처리기법의 하나인 이중 포트 램(dual port RAM)을 채택한 제어용 카드를 만든다^{1), 2)}. 이중 포트 램을 이용한 병렬처리기법은 PC와 제어용 마이크로 콘트롤러가 하나의 램에 어드레스 버스(address bus)와 데이터 버스(data bus)를 서로 공유하면서 데이터를 병렬처리하는 기법이다. 이렇게 제작된 제어용 카드를 PC 마더보드(mother board)상에 장착하고 본 연구자들이³⁾ 이미 발표한 자기동조제어에 의한 디젤기관 제어 알고리즘을 인식하여 응답실험을 행한다. 실험을 통하여 이중 포트 램을 이용한 데이터의 병렬처리 가능성을 검토하고, 이를 운용하기 위한 소프트웨어를 개발한다.

2. 하드웨어의 구성

본 연구에서 설계한 하드웨어의 구성도는 Fig. 1과 같다. 먼저 제어용 카드의 A/D 변환을 위하여 i80c196kc 마이크로 콘트롤러의 A/DC를 이용하고, 제어 알고리즘과 데이터의 저장을 위해 64KByte의 이중 포트 램을 준비하였다. 그리고 마이크로 콘트롤러와 램 간에는 16bit 데이터 버스를 갖도록 설계하였다. 또한, 외부로부터의 아날로그

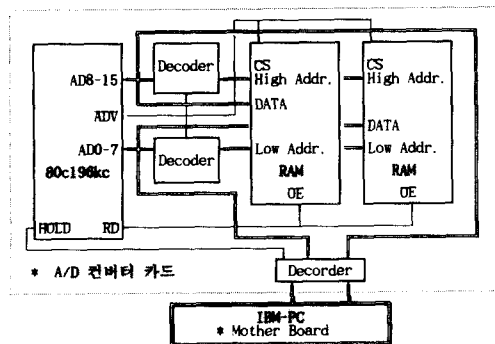


Fig. 1 Controller card with IBM - PC

그 입력은 OP Amp.를 거쳐 들어오도록 하여 전압 신호의 감쇄가 일어나지 않도록 하였다. D/A 변환 기능은 마이크로 콘트롤러의 PWM(Pulse Width Modulation)출력을 이용하고, 출력된 신호는 OP Amp.를 사용한 필터링 회로를 거쳐 외부 기기에 가해지도록 하였다. 그리고 PC와 제어용 카드가 데이터를 병렬처리하도록, PC가 제어용카드로 접근할 경우에는 i80c196kc의 \overline{HOLD} 선을 LOW로 하고, 제어용 카드의 램을 i80c196kc와 분리되도록 PAL(Programmable Array Logic)을 이용하여 어드레스 디코더(decoder)를 구성하였다.

2.1 마이크로 콘트롤러의 개요

현재 제어용으로 이용되고 있는 마이크로 콘트롤러는 여러 회사의 제품이 시판되고 있으나, 본 연구의 제어용 카드에 사용된 마이크로 콘트롤러는 인텔(Intel)사의 i80c196kc이다. 이 프로세서에 대한 블록선도는 Fig. 2이다. 외부의 클럭 주파수는 16MHz로 하였고, 내부에서는 2분주 클럭으로 움직이고 있으므로 상태시간(state time)은 125ns이다. 기타 i80c196kc의 중요한 특징은 다음과 같다.

- ① 외부의 아날로그 데이터를 얻기 위해 샘플 홀더(sample holder)가 부가된 8채널 8/10비트 A/D 변환기.
- ② 아날로그 출력으로 이용할 수 있는 3개의 PWM 출력 채널.
- ③ 고속의 주변장치.

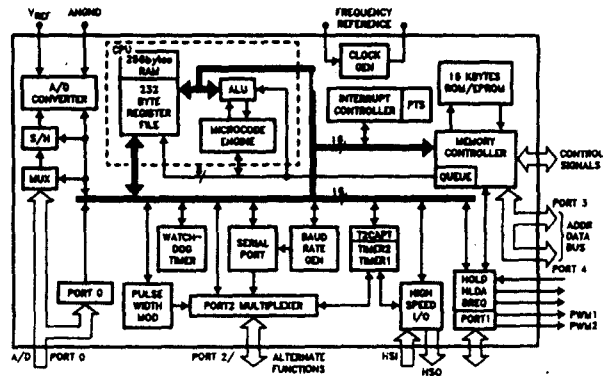


Fig. 2 80c196kc block diagram

- * 4개의 입력장치인 HSI
- * 4개의 출력장치인 HSO
- * 2개의 16비트 카운터
- * 4개의 소프트웨어 타이머
- ④ 232개의 레지스터 파일과 256Bytes의 내부 램.
- ⑤ 28개의 인터럽트소스와 16개의 인터럽트 벡터.

⑥ 외부와 통신을 하기 위한 SIO.

⑦ 5개의 8Bit I/O port와 16비트 감시 타이머 등으로 이루어져 있다.

또한 특별 기능 레지스터(special function register)는 8096계열과 호환성을 유지하면서 공간의 활용도를 증가시키기 위해 3개의 수평창(horizontal windows)을 가지고 있다. 특히 18h~FF번지까지 232바이트의 내부 램 영역을 레지스터 화일이라 하는데, 이 영역은 모두 어큐뮬레이터처럼 레지스터 ALU/RALU (Register/Arithmetic Logic Unit)의 입력으로 사용할 수 있기 때문에 결과적으로 232개의 어큐뮬레이터가 존재하는 것이다. 또한 i80c196계열의 메모리 영역은 총 64K 바이트이며, 대부분을 사용자가 메모리로 사용할 수 있다. 본 연구에서는 데이터의 병렬처리를 위해서 i80c196kc가 지원하는 \overline{HOLD} , \overline{HOLDA} 핀을 활용하였다.

2.2 PC에서의 데이터교환

PC는 주변장치를 제어하기 위해 64K의 I/O 포트(port)를 사용하고 있는데^{4)~6)}, PC내의 CPU가 메모리에 접근할 때와 외부장치에 접근할 때 사용하는 어드레스로서 $AD_0 \sim AD_{16}$ 가 이용되고 있으며, 외부장치와 신호를 주고 받을 때는 메모리 신호와의 충돌을 방지하기 위하여 \overline{IOR} , \overline{IOW} 핀이 사용되고 있다. Fig. 4와 Fig. 5는 I/O 포트와 관련된 핀의 상태를 나타내는 버스 사이클이다. 여기서

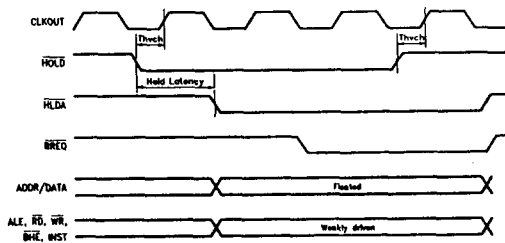


Fig. 3 HOLD/HOLDA timings

Fig. 4의 버스 사이클은 PC가 입력 명령을 수행할 때의 읽기 사이클이다. 즉 PC는 어드레스 버스에 신호를 보내고 \overline{IOR} 핀을 LOW 로하여 제어용 카드 램의 특정번지에 실려있는 데이터 값을 갖고 온다. Fig. 5의 버스 사이클은 PC가 출력 명령을 수행할 때의 쓰기 사이클이다. PC는 어드레스 버스에 신호를 보내고 \overline{IOW} 핀을 LOW 로하여 주변장치에 데이터를 써 넣는데, 이러한 방법을 이용하여 PC는 제어용 카드에 있는 램의 특정번지에 데이터 값을 써 넣게 된다. 여기서는 PC가 사용하고 있지 않는 I/O 포트 0202h~0277h와 0300h~0377h중의 일부를 데이터 병렬처리를 위한 인터페이스용 I/O 포트 이용하였다.

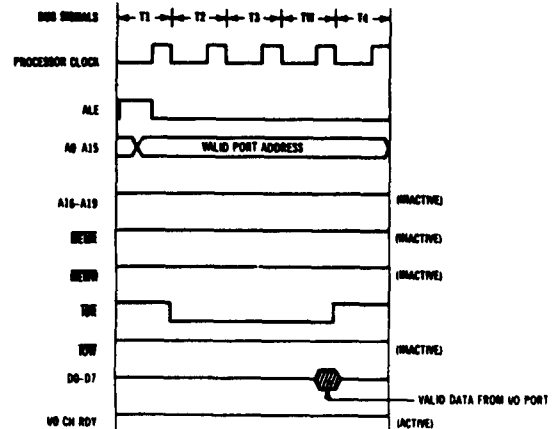


Fig. 4 I/O port read bus cycle

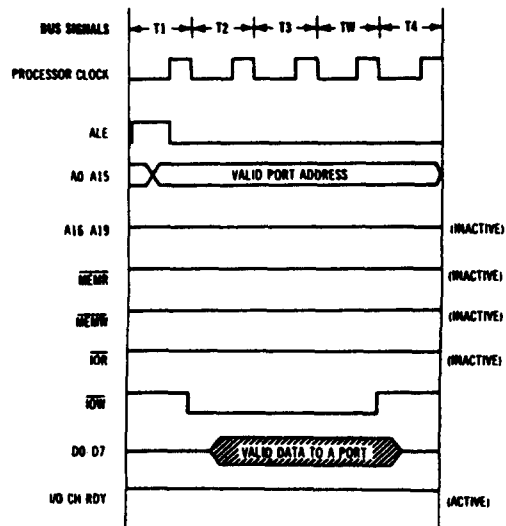


Fig. 5 I/O port write bus cycle

2.3 이중 포트 램 방식의 병렬처리방법

데이터 병렬처리방법에 관한 연구는 여러 문헌에 나와 있지만, 본 연구에서 이용하려는 병렬처리 방법은 이중 포트 램을 이용한 방식이다. 즉 제어용 카드상에 이중 포트 램을 구성하고, 이 램을 PC와 마이크로 콘트롤러가 서로 공유하도록 한다. 제어용 카드의 마이크로 콘트롤러가 제어대상에 대한 데이터 등을 이중 포트 램의 특정한 번지에 저장하여 두면, PC가 제어용 카드의 이중 포트 램으로부터 데이터를 얻기 위해서 제어용 마이크로 콘트롤러를 아주 짧은 시간동안 홀딩하여 두고서 데이터를 주고 받는다. 마이크로 콘트롤러 또한 PC로부터 데이터를 주고 받기 위해 이중 포트 램을 이용하도록 한다.

PC와 제어용 마이크로 콘트롤러 사이에 데이터를 주고 받기 위한 병렬처리 방법은 아래와 같다.

① PC가 마이크로 콘트롤러로부터 데이터를 얻기 위해서 마이크로 콘트롤러의 HOLD 핀에 LOW신호를 보낸다. 그러면 i80c196kc 마이크로 콘트롤러는 수행 중이던 명령이 끝나는 시점에 HOLDA핀을 LOW로 떨어뜨림과 동시에 RD, WD, WRC, INST, BHE, ADV와 ALE 핀을 불활성 상태로 한다. 이때 마이크로 콘트롤러와 이중 포트 램 사이를 연결했던 어드레스/데이터 버스(address/data bus)선이 분리되고, 어드레스/데이터 버스의 출력 버퍼는 불활성 상태로 된다. 그리고 PC는 이중 포트 램에 있는 데이터를 얻기 위해 어드레스/데이터 버스의 출력버퍼에 원하는 번지를 래치시켜 데이터를 얻는다.

② PC가 마이크로 콘트롤러로에 데이터를 보내기 위해서는, 위의 ①의 방법 중에서 i80c196kc가 이중 포트 램으로부터 어드레스/데이터 버스의 출력 버퍼가 불활성 상태로 될 때, PC가 이중 포트 램의 원하는 번지를 래치시켜 데이터를 보낼 수 있다. 이때 주의할 점은 어드레스/데이터 버스를 다른 장치들에게 개방할 수 있기 위해서는 i80c196kc의 특별 기능 레지스터 HLDEN 비트가 셋트되어야 하는 것이다. 이를 나타낸 것이 Fig. 5이다.

3. 소프트웨어의 구성

이중 포트 램을 이용한 제어용 카드와 PC사이의 데이터 병렬처리를 위한 소프트웨어는 3개의 프로그램으로 구성되어 있고, 각 프로그램에 대한 내용은 아래와 같다.

3.1 다운로드 프로그램

다운로딩 프로그램(DL.EXE)은 제어용 카드에 실행 화일을 다운로드(down loading)하기 위한 프로그램으로 C-언어를 이용하여 작성하였다. PC의 도스 프롬프트(DOS prompt)상태 하에서 DL.EXE를 입력하면, 제어용 카드에 다운로드하기 위한 준비가 되고, 이때 인텔 헥사 포맷(intel hex format)으로 만들어진 화일을 입력하면 제어용 카

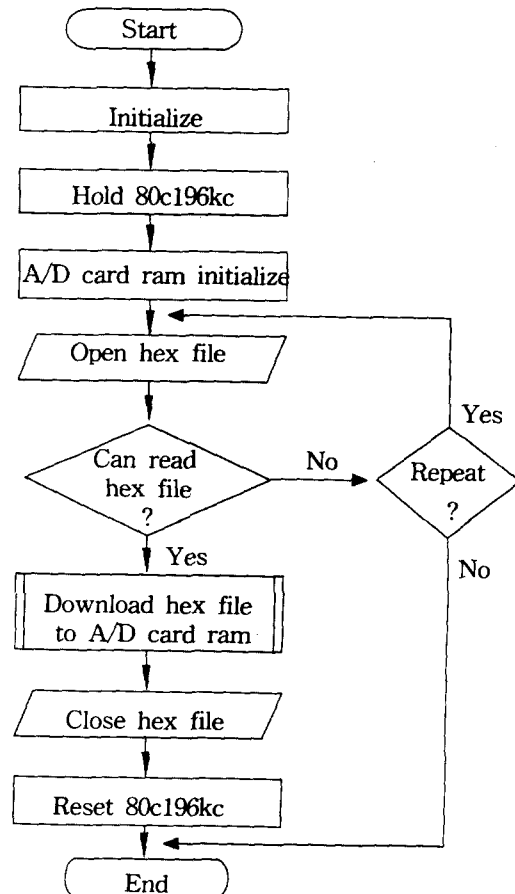


Fig. 6 Flowchart of download program

드의 램에 제어용 프로그램의 헥사 파일(hex file)이 다운로드 된다. 이러한 과정이 끝나면 PC는 i80c196kc를 리셋시켜 다운로드된 제어용 프로그램이 실행되도록 한다. Fig. 6은 다운로드 프로그램에 대한 플로우 차트이다.

3.2 제어용 카드 프로그램

사용자는 제어대상에 대한 제어 프로그램을 i80c196kc용 어셈블리어 또는 C 언어로 프로그램하고, 목적 화일로 만든 다음 이를 인텔 헥사 포맷

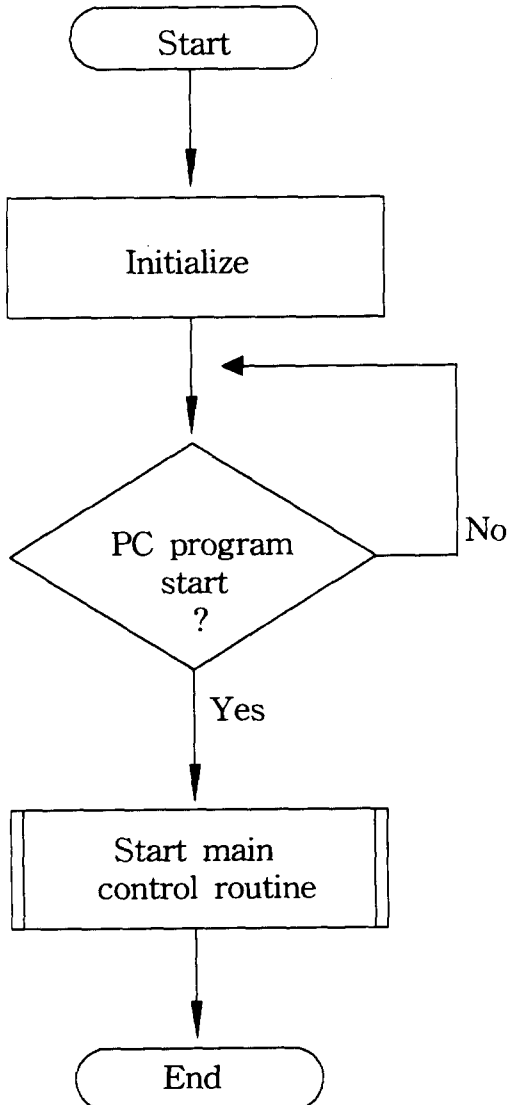


Fig. 7 Flowchart of controller card program

로 만든다. 그런 다음 위 3.1절에서와 같은 다운로드 과정을 거치도록 한다. 이때 제어용 카드의 i80c196kc는 PC와 병렬처리를 위해 제어용 카드 램의 특정 번지 값을 체크하고, PC상의 병렬 프로그램이 실행되었는지 여부를 판단하도록 하였다. Fig. 7은 제어용 카드 프로그램에 대한 플로우 차트이다.

3.3 PC에서의 병렬처리 프로그램

i80c196kc용 헥사 화일을 제어용 카드의 램에 다운로드한 후, 병렬처리를 위한 PC용 프로그램을 실행시킨다. 이때 병렬처리용 프로그램은 제어용 카드 램에 있는 특정번지의 값을 바꾸어 줌으로써 i80c196kc에게 PC 상의 병렬 프로그램이 기동하였음을 알려 준다. 그 뒤 원하는 시간에 PC는 제어용 카드의 \overline{HOLD} 선에 LOW 신호를 보내고 i80c196kc의 어드레스/데이터 버스가 불활성 상태에 있는 동안 필요한 데이터를 주고받는다. 그리고 PC는 이 이외의 시간에 다른 제어대상에 대한 정보를 처리하거나 모니터링을 한다. Fig. 8은 PC에서의 병렬처리 프로그램에 대한 플로우 차트이다.

4. 실험 및 결과고찰

본 연구에서 제안하는 병렬처리기법의 유용성을 확인하기 위해 2개의 제어대상을 선박용 디젤 엔진과 DC 모터로 하고 이를 실시간으로 제어하는 것을 보이기 위해 아날로그 컴퓨터(ANDO L-100)로 모의하였다. 제어용 카드의 마이크로 콘트롤러는 DC 모터의 속도 제어를 담당하고, PC는 제어용 카드내의 A/D 및 D/A 기능을 이용하여 선박용 디젤 엔진의 속도 제어를 수행하도록 하였는데 마이크로 콘트롤러가 수행하는 DC 모터의 속도 제어는 PID 제어를 이용하였고 PC가 수행하는 선박용 디젤 엔진의 속도 제어는 자기동조 제어기법을 이용하였다. 제어용 카드의 마이크로 콘트롤러는 모터의 기준 속도와 현재 속도를 읽어 들여 PID 제어 알고리즘에 따라 제어 입력 값을 계산하고 듀티비(Duty ratio)를 이용한 PWM 방식으로 제어 입력 값을 출력하였다. 또한 제어용 카드는

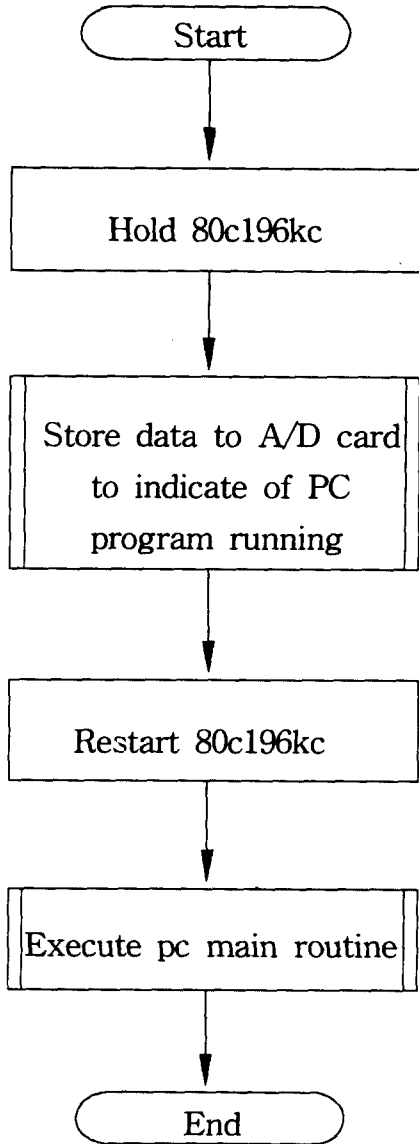


Fig. 8 Flowchart of PC program

모터의 제어 입력, 모터의 기준 속도, 모터의 현재 속도를 특정한 번지에 저장한다. 그리고 제어용 카드의 마이크로 콘트롤러는 선박용 디젤엔진의 입, 출력 값을 읽어들이며 램의 특정한 번지에 저장한다. PID제어의 샘플링 간격은 마이크로 콘트롤러(i80c196kc)의 기능 중에 하나인 HSO에 의한 소프트웨어 타이머1을 이용하여 10ms로 하였다. 다음으로 PC는 제어용 카드 램의 특정번지에 저장되어 있는 선박용 디젤엔진의 입, 출력 값을 읽어오고, 이

값을 이용하여 선박용 디젤엔진의 파라미터를 추정하여 자기 동조법에 의해 제어 입력 값을 계산한다. 그리고 계산된 제어 입력 값은 제어용 카드 램의 특정번지에 저장하면 제어용 카드의 마이크로 콘트롤러가 매 샘플링 주기마다 이 값을 PWM방식으로 출력한다. 실험 결과는 Fig. 9, Fig. 10이다. Fig. 9는 선박용 디젤엔진의 기준 속도값을 점진적으로 변경하였을 때의 속도 응답, 제어입력 및 파라미터 변동을 보인 것이다. Fig. 10은 DC 모터를 제어한 결과로, 기준 속도 값을 바꾸었을 경우 속도 응답 및 제어 입력 값을 나타낸 것이다. 그리고 Fig. 11은 위의 병렬처리기법과 비교를 하기 위해 PC상에 12비트의 분해능을 가진 범용 A/D & D/AC 카드를 장착하여 선박용 디젤엔진의 자기 동조법에 의한 속도 응답, 제어 입력 값 및 파라미터 추정을 나타낸 것이다. 이중 포트 램을 이용한 PC와 마이크로 콘트롤러의 병렬처리기법의 실험 결과(Fig. 9, Fig. 10)와 범용 A/D & D/AC 카드를 PC 마더보드에 장착한 경우의 실험결과(Fig. 11)를 비교하면, 두 실험결과 모두 양호한 속도 제어 및 파라미터 추종을 보이고 있다. 이상의 실험결과로부터 본 논문에서 제안한 병렬처리방식이 가능함을 알 수 있고, 또한 PC는 외부기기를 제어하면서 다른 외부기기들의 데이터 처리가 가능함을 알 수 있어, PC의 능력을 한층 더 증대시킬 수 있다. 여기서 Fig. 9, Fig. 11의 a1, a2, b1, b2는 2차계로 가정한 선박용 디젤엔진을 실시간으로 추정된 파라미터 값들이다.

5. 결 론

제어전용 마이크로 프로세서와 PC간에, 본 연구에서 제안하는 이중 포트 램을 이용한 병렬처리 방식으로 하드웨어를 설계 제작하고, 제어응답실험을 행한 결과 기존의 범용 A/D & D/AC 카드로 수행하기 어려웠던 2개이상의 제어 대상을 제어하고 모니터링 하는 작업을 원활히 수행할 수 있음을 확인하였다.

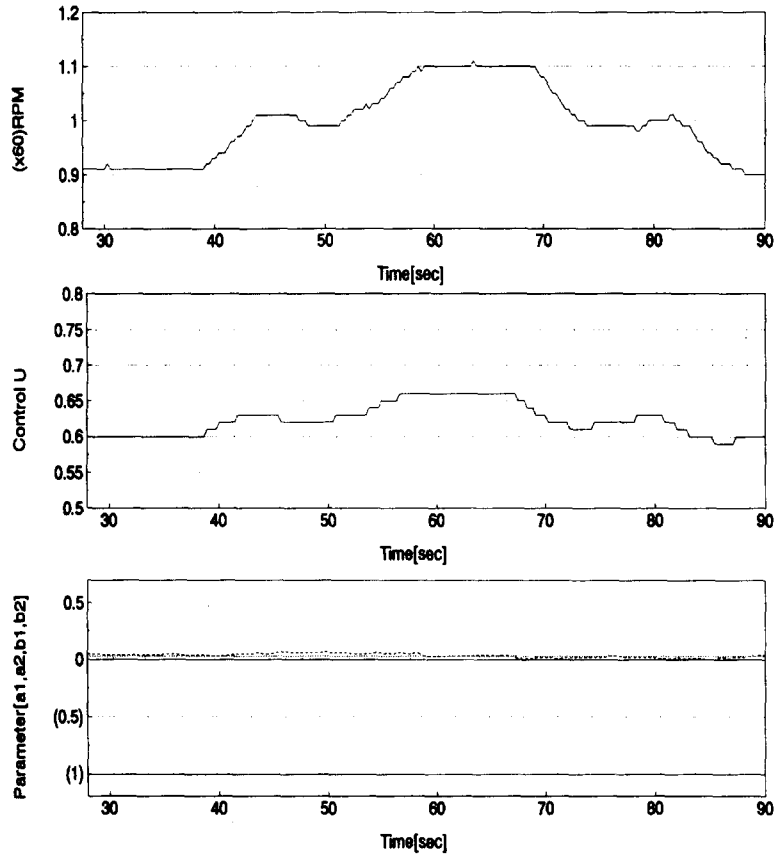


Fig. 9 Step response for diesel engine using a dual port ram

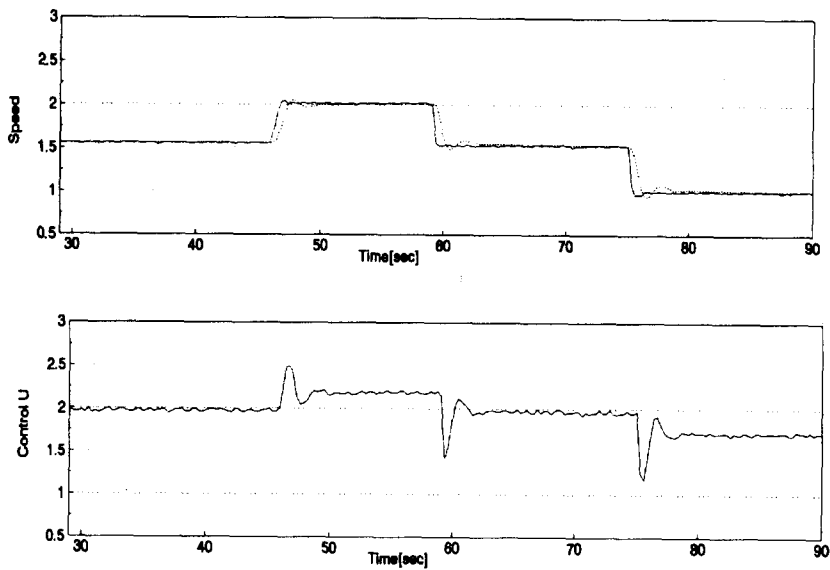


Fig. 10 Step response for DC motor using a dual port ram

이중 포트 램을 이용한 PC와 마이크로 콘트롤러 사이의 데이터 병렬처리에 관한 연구

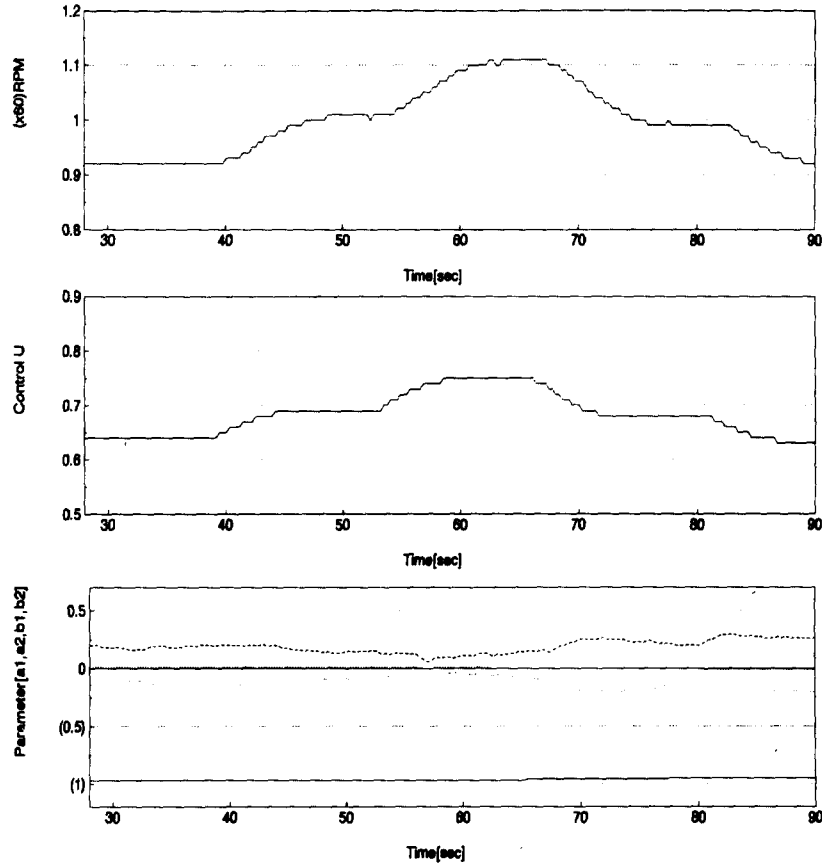


Fig. 11 Step response to diesel engine using a/d converter card

참고문헌

- 1) Intel (1990) : 16 bit Embedded controller handbook.
- 2) Peatman, J. B.(1988) : Design with microcontrollers, McGraw - Hill.
- 3) 양주호, 김창화, 정병진, 정해종(1992) "자기동조제어에 의한 선박용 디젤엔진제어에 관한 연구," 한국어업기술학회 제28권 제3호, pp. 262~273.
- 4) IBM (1986) : Technical Reference Personal Computer AT.
- 5) Eggebrecht, L. C.(1990) : Interfacing to the IBM Personal Computer, SAMS.
- 6) Krutz, R.L.(1988) : Interfacing Techniques, John - Wiley.