

## 퍼스널컴퓨터 하드웨어 소개 및 활용

李 永 熙\*

1981년 여름 대형컴퓨터의 대부분으로서 군림해온 IBM이 PC를 발표함과 더불어 그들의 기술을 공개함으로써 많은 회사들이 IBM PC 호환기종을 개발, 생산할 수 있었고 특히 표준 OS인 MS-DOS와 더불어 PC의 표준화를 유도함으로써 많은 주변기기 및 소프트웨어 등장이 가능했고 최근에는 반도체의 급속한 기술발달로 고집적 메모리의 값싼 공급과 16비트 및 32비트 마이크로 프로세서의 등장으로 PC도 그 기능이 점차 확대되어 개인 오락기나 간단한 OA차원을 벗어나 이제는 엔지니어링 분야에 까지 그 영역을 넓혀가고 있다. 그러나 아직 국내에 보급된 PC로는 3차원 구조계산과 같은 복잡한 엔지니어링 업무를 수행하기에는 많은 제약조건이 있으나 80386의 보급이 확대되고 80486의 발표가 눈앞에 와

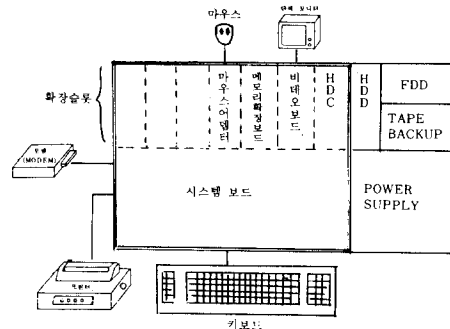
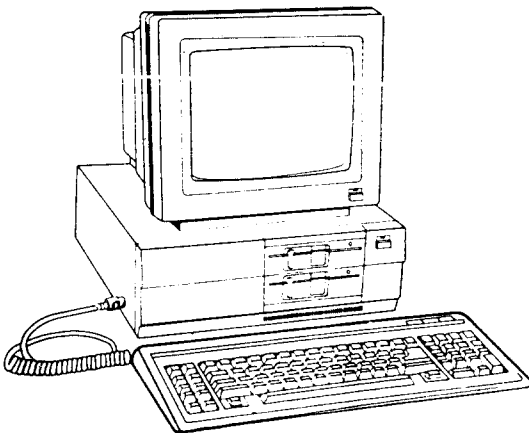
있는 시점에 PC의 성능은 놀라울 정도로 향상될 것이고 엔지니어링 분야에도 크게 기여할 것으로 믿는다.

PC를 이루는 많은 하드웨어 중에서 엔지니어링 분야 이용자에게 특히 필요한 부분을 먼저 간단히 소개하고 다음에 이의 활용을 소개함으로써 엔지니어링 분야의 프로그램 개발자나 이용자가 보다 능동적으로 PC를 선정하고 나아가 기능확대, 성능향상을 꾀하는데 도움을 주고자 한다.

### 1. 퍼스널컴퓨터 하드웨어 소개

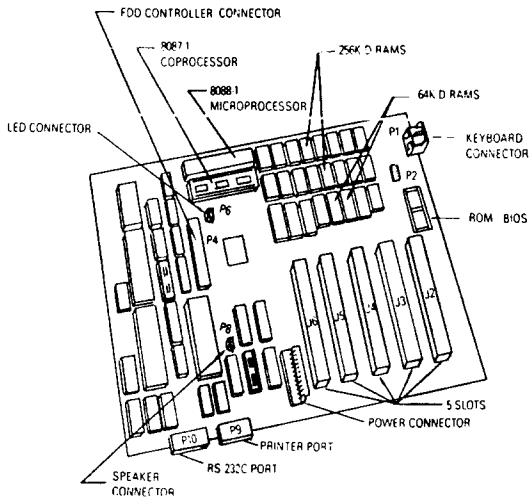
#### 가. PC의 구성

PC의 하드웨어는 <그림-1>과 같이 가장 중요한 역할을 담당하는 시스템보드(혹은 Mother Board), 전원을 공급하는 파워서플라이, 보조기억장치인 플라피디스크(FDD), 하드디스크(HDD), 테이프 백업(Tape Backup), 주변장치로 프린터, 모니터,



<그림 1> PC구성도

\*現代電子 情報機器事業部 室長



〈그림 2〉 시스템보드

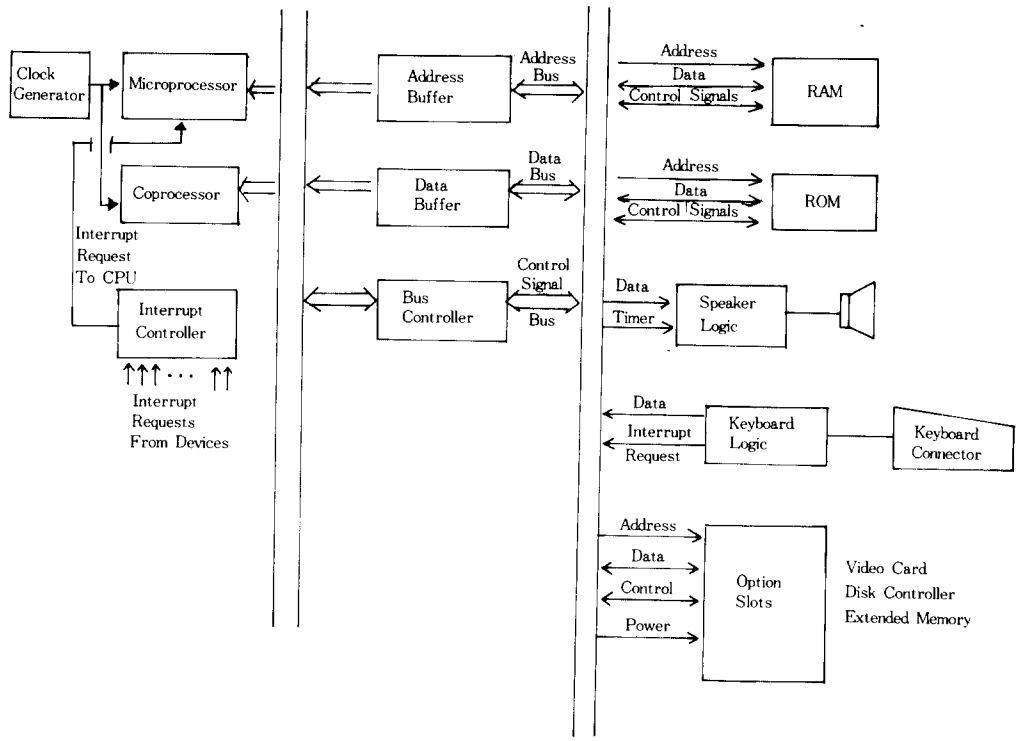
모뎀, 마우스 등으로 구성되어 있다.  
 시스템보드는 〈그림2〉에서 보는 바와 같이 마

이크로프로세서(8088-1), Coprocessor(8087-1), 메모리(256K DRAM, 64K DRAM), ROM BIOS, 키보드를 연결하는 키보드코넥터, 스피커를 연결하는 스피커코넥트, 프린터를 연결하는 프린터포트, 모뎀 등을 연결하는 RS-232C(시리얼)포트, 5개의 확장 슬롯 등으로 구성되어 있으며 이 확장슬롯에는 모니터를 연결하기 위한 비데오보드(Diskplay Card), 마우스를 연결하기 위한 마우스어댑터(Mouse Adapter), 하드디스크를 연결하기 위한 하드디스크 콘트롤카드(HDC), 그리고 메모리 확장보드 등을 끼울 수 있다.

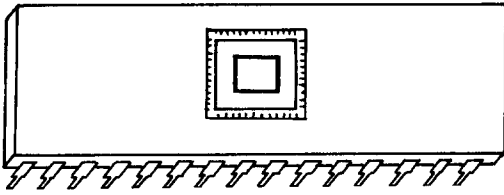
시스템보드 중에서 앞으로 언급할 가장 중요한 부분의 연관관계를 표시한 것이 〈그림3〉이다.

가. 마이크로 프로세서(Microprocessor)

마이크로프로세서는 논리장치(Logic Device)로서 한개의 집적회로(IC)가 매우 복잡하고 다양한 논리회로의 기능을 갖고 있어서 컴퓨터 설



〈그림 3〉 Block Diagram of PC



〈그림 4〉 마이크로프로세서

계의 새로운 방향을 제시하고 있다. 마이크로프로세서의 논리기능에 주변의 다양한 전자회로를 부착시켜 그 처리능력을 증대시킨 시스템이 퍼스널컴퓨터이다.

기능상 가장 중요한 논리회로를 갖고 있는 마이크로프로세서는 다음과 같은 기능을 수행한다.

(1)저장-논리연산이나 데이터 전송을 용이하게 하기 위해 일시기억용의 회로(Register)를 갖고 있다.

(2)연산-데이터의 논리및 수치연산을 수행하는 논리회로(ALU)를 갖고 있다.

(3)제어(통제)-지시에 따라 제어신호를 발생시켜 마이크로프로세서 안에서의 정보의 흐름, 정보의 선택등을 제어하는 CU(Control Unit)를 갖고 있다.

결국 마이크로프로세서는 레지스터, ALU, CU 그리고 외부회로와 연결되는 입출력 버퍼(Buffer)들로 구성되며 Zilog사의 Z80, 인텔사의 8088, 80286, 80386, 모토롤라사의 68000, 68020등이 대표적인 마이크로프로세서이다.

#### 나. Coprocessor

이것은 마이크로프로세서로 부터 수치연산을 인계받아 보다 정확하고 빨리 수행하는 수치연산 전문 논리장치로서 이것을 이용하면

-정수, 실수 등 다양한 형태의 수치연산이 가능

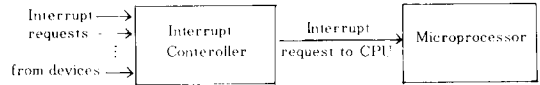
-보다 정확한 계산이 가능

-계산속도가 훨씬 빠르다.

인텔사의 8087, 80287, 80387등이 PC에 이용가능하고 이것은 옵션으로서 시스템보드에 소켓이

있어 사용자가 사서 끼울수 있도록 되어있다.

#### 다. 인터럽트 컨트롤러(Interrupt Controller)



외부장치가 각 유니트와 데이터 전송을 시작하기 위해 인터럽트컨트롤러(Interrupt Controller)에 인터럽트를 요구하면 인터럽트컨트롤러는 마이크로프로세서에 정식으로 인터럽트를 요구한다. 마이크로프로세서는 인터럽트를 받아들일 수도 있고 무시할 수도 있다. 받아들이면 LACK(Interrupt Acknowledge Signal)를 버스제어신호(Bus Control Signals)에 보내고 외부장치의 요구를 처리해 주는 프로그램을 수행시킨다.

#### 라. 버스(Bus)

버스는 장치(Device)나 Component간에 신호(혹은 Data)를 전송하기 위한 공용통로로서 Trunk 혹은 Highway라고도 한다.

주소(Address)를 전하는 Address Bus, 데이터를 전송하는 Data Bus, 버스 제어신호를 전송하는 Control Signal Bus가 있고, 8차선에 해당하는 8비트 버스, 16차선에 해당하는 16비트 버스, 32차선에 해당하는 32비트 버스가 있다. 이러한 버스에 명령(Command)을 보내 신호(혹은 Data)의 흐름을 제어하는 버스컨트롤러(Bus Controller)가 있다.

#### 마. 메모리

PC가 사용하는 메모리에는 전원공급이 끊어져도 기억된 내용을 갖고 있는 비소멸성(non-volatile) 메모리인 ROM(Read Only Memory)과 전원 공급의 중지와 함께 그 내용을 잊어버리는 소멸성(Volatile) 메모리인 RAM(Random Access Memory)이 있다.

#### (1)RAM

정보를 자유자재로 쓰고 읽을 수 있는 메모리로서 PC가 일을 수행하기 위해 프로그램이나 데이터를 갖다 놓는 주 메모리수로서 한국에서 생산하는 비교적 값이 싼 DRAM(Dynamic RAM)을 사용하여 256K Byte의 메모리를 위해서는 256K Bit의 DRAM 8개가 필요하다.

DRAM은 소멸성 메모리이기 때문에 전원공급이 중지되면 내용을 모두 잊어버린다.

(2)ROM

ROM Writer와 같은 특수한 장비를 사용하지 않고서는 정보를 쓸 수 없는(특히 프로그램 실행중에는) 읽기 전용 메모리로서 PC에서는 BIOS(Basic Input / Output System)라는 특수한 프로그램을 여기에 저장해서 사용한다. BIOS가 저장된 ROM을 ROM BIOS라 한다.

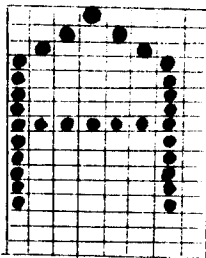
BIOS란 PC에 있는 주요한 입출력 장치(키보드, 비디오, 플라피디스크, 시리얼 통신 등)를 직접 구동하는 기본 프로그램으로서 PC에 전원을 넣었을 때 각종 하드웨어 테스트, 초기화작업, MS-DOS의 Boot Sector를 메모리에 갖다 놓는 중요한 임무를 수행한다.

그리고 PC 이용자는 어셈블리(Assembly)를 사용하여 이 프로그램을 직접 이용함으로써 프로그램의 처리속도를 향상시킬 수 있다.

바. 비디오보드(Video Board)

정보를 모니터에 디스플레이하여 인간이 볼 수 있게 하기위해 메모리나 보조기억장치에 있는 ASCII정보('A'는 Hexa Code로 '41', '1'은 '31')를 비트이미지(Bit Image)로 변화시켜 모니터에 보낸다.

여기는 이러한 비트이미지 정보를 저장하는



(그림 5) 모니터에 표시되는 비트이미지

Video RAM, 모니터 CRT를 구동시키는 CRTC, 글자의 비트이미지 정보를 저장하고 있는 Font ROM 등이 있고, 모니터의 시그널 케이블이 여기에 연결된다.

이 비디오보드는 최근 PC관련 기술중에서 마이크로프로세서와 더불어 급변하는 분야이다.

어떤 점에서의 장력의 크기를 숫자로 나타내는 것 보다 그래프로 나타내는 것이 필요한 경우가 많다. 따라서 숫자, 글자, 그래프를 모니터에 효과적으로 나타내기 위해서는 디스플레이의 해상도(Resolution), 문자 / 그래프의 표시, 칼라의 종류 등이 중요하고 최근에는 고해상도의 정보를 보다 빨리 모니터에 표시하기 위해 그래픽 Coprocessor를 사용하기도 한다.

사. 메모리 확장보드

점차 프로그램의 사이즈가 커지고 데이터의 양이 많아지고 복잡한 계산을 위해 보다 큰 메인 메모리가 필요하나 시스템보드에서 확장할 수 있는 메모리의 크기는 제한되어 있기 때문에 메모리 확장보드를 확장슬롯에 끼워 메모리 확장이 가능하다.

CPU 어드레스(Address)의 Q-640K Byte 사이의 메모리로서 MS-DOS가 사용할 수 있는 영역을 기본 메모리(Conventional Memory)라 하고 CPU 어드레스 IM Byte 이후의 영역을 확장메모리(Extended Memory, Expanded Memory)라 한다.

2. 퍼스널 컴퓨터 하드웨어의 활용

그동안 PC가 여러 분야에서 많이 활용되고 있는 것은 사실이나 아직까지 엔지니어링 분야에 사용되기에는 하드웨어적으로 많은 제약조건이 있는 것 또한 사실이다.

그래서 보다 많은 데이터를 보다 정확하고 빠른 계산과 고해상도의 그래픽을 다양한 칼라로 표시 가능해야 비로소 PC가 구조계산과 같은 엔지니어링 분야에 좋은 도구가 될 것이다.

여기서는 이를 위한 접근 방법과 앞으로의 가능성을 제시함으로써 엔지니어링 분야에 PC가

보다 효율적으로 활용되기를 바란다.

많은 양의 데이터와 관련이 있는 메모리, 보다 정확하게와 관련이 있는 마이크로프로세서 및 Coprocessor, 보다 빠리와 관련이 있는 마이크로 프로세서, Coprocessor, 메모리, 데이터 버스, 디스플레이와 관련이 있는 비디오보드와 모니터, 끝으로 이를 활용하는 소프트웨어 순으로 설명하고자 한다.

가. 마이크로 프로세서

마이크로프로세서의 성능을 판단하기 위해서는

- 몇 비트 프로세서인가
- 데이터 버스가 몇 비트인가
- CPU의 클럭사이클이 얼마인가
- 메모리 어드레싱 영역이 얼마인가
- 어떤 모드를 갖고 있는가

를 알아야 한다. 현재 PC에서 가장 많이 사용되고 있는 인텔사의 마이크로 프로세서 3개를 비교해 보면 다음과 같다.

	8088	80286	80386
Architecture	16Bit	16Bit	32Bit
Data Bus	8 Bit	16Bit	32Bit
Clock Cycle	4.77MHz/8MHz/ 10MHz	6MHz/8MHz/10 MHz/12MHz/ 16MHz	16MHz/20MHz/ 25MHz/33MHz
Memory Addressing Space	1M Byte	16M Byte	64T Byte
Mode	Real Mode	Real Mode(8088 호환) Protected Mode	Real Mode(8088 호환) Protected Mode (80286호환) Virtual Mode
성능비교	1(4.77MHz)	11.5(12MHz)	24(20MHz)
가 격	\$4(10MHz)	\$50(12MHz)	\$350(20MHz)

위 표에서 보는바와 같이 80286은 성능면에서 8088의 약11배, 80386은 8088의 24배나 우수하다. 80386 25MHz나 33MHz가 많이 보급되는 시점에는 엔지니어링 분야에 PC의 이용도가 훨씬 높아질 것이다.

나. 코프로세서(Coprocessor)

코프로세서 중에서 인텔사의 80287은 8개의 80 Bit Numeric Register를 갖고 있어 80 Bit짜리 정수는 단번에 연산이 가능하다. 그러면 80287 코프로세서의 성능, Numeric Data Type, 80287 Coprocessor Instruction, 코프로세서의 이용에 대해 설명하겠다.

(1) 성능

floating-point instruction	approximate performance ratio: 8MHz 286 to 8MHz 287
addition	1 : 42 : 102
division	1 : 266 : 358
examine	1 : 139 : 454
logarithm	1 : 99 : 155
arctangent	1 : 153 : 176
exponentiation	1 : 41 : 56

Addition의 경우 8MHz 80287 Coprocessor를 사용할 경우를 1로 할 때 Coprocessor없이 80286으로 32Bit Real Number를 계산할 때 42배, 64 Bit Real Number를 계산할 때 102배의 시간이 소요됨.

(2) Numeric Data Type.

data type	bits	significant digits(decimal)	approximate range(decimal)
word integer	16	4	$-32.768 \leq x \leq +32.767$
short integer	32	9	$-2 \times 10^9 \leq x \leq +2 \times 10^9$
long integer	64	18	$-9 \times 10^{18} \leq x \leq +9 \times 10^{18}$
packed decimal	80	18	$-99...99 \leq x \leq +99...99$ (18digits)
short real	32	6 - 7	$8.43 \times 10^{-37} \leq 1 \times 1 \leq 3.37 \times 10^{36}$
long real	64	15 - 16	$4.19 \times 10^{-397} \leq 1 \times 1 \leq 1.67 \times 10^{398}$
temporary real	80	19	$3.4 \times 10^{-432} \leq 1 \times 1 \leq 1.2 \times 10^{432}$

(주) IBM 370의 Real Number Precision은  $\pm 0.54 \times 10^{-78} \sim \pm 0.72 \times 10^{78}$ 이다.

(3) 주요한 80287 Instructions

종 류	Instruction Types
data transfer	load(all data types), store(all data types), exchange
arithmetic	add, subtract, multiply, divide, square root, scale, remainder, integer part, change sign, absolute value, extract
comparision	compare, examine, test
transcendental	tangent, arctangent, $2^x - 1$ , $Y \cdot \log_2(X+1)$ , $Y \cdot \log_2(X)$
cconstants	$\phi$ , 1, $\pi$ , $\log_2 2^x$ , $\log_2^2$ , $\log_2^3$ , $\log_2^4$

(4) 코프로세서의 이용

이러한 코프로세서를 이용코자 할 경우는 별도 코프로세서를 구입하여 PC의 시스템보드에 있는 코프로세서 소켓에 끼우고 전원을 켜면 보통 초기화면에 "Coprocessor installed"라는 메시지가 나오면 된다.

이미 개발된 소프트웨어를 사용할 경우는 그 소프트웨어가 원하는 코프로세서를 지원하는지 반드시 확인해야 한다. 아무리 코프로세서를 설치해 두었다라도 사용하고자 하는 소프트웨어가 코프로세서를 이용하지 못하면 전혀 도움이 되지 않는다.

프로그램을 하고자 할 경우는 사용하고자 하는 컴파일러가 코프로세서를 지원하는 라이브러리(Library)가 있는지 확인하고 그 라이브러리를 이용하여 프로그램하면 용이하다. (나중에 설명하는 컴파일러 참조)

다. 데이터 버스(Data Bus)

주소나 데이터의 통로인 버스의 구조와 클럭 레이트(Clock Rate)는 PC의 성능을 크게 좌우한다.

8088, 80286, 80386에서 사용하는 데이터버스를 비교해 보면 다음과 같다.

	8088	80286	80386
Architecture	8 Bit	16Bit 8 Bit (8088호환)	32Bit 16Bit (80286호환) 8 Bit (8088호환)
Clock Rate	4.77MHz/8MHz/ 10MHz	6MHz/8MHz/10MHz /12MHz	16MHz/20MHz
비 고	RAM, ROM, 주변 기기에 이용	16Bit : RAM, ROM, DMA, HDC 에 이용 8 Bit : 주변기기에 이용	32Bit : RAM Access에 이용 16Bit : ROM, HDC, DMA, Video Board에 이용 8 Bit : 주변기기에 이용

위에서 보는 바와 같이 80386 PC에서 사용하는 데이터버스는 8088PC나 80286PC에서 사용하

는 데이터버스를 갖고 있으므로 호환성이 있어 8088PC, 80286 PC에서 사용하던 옵션 보드(Video Board, HDC, LAN Adapter 등)를 사용 가능하고 32Bit의 넓은 통로와 빠른 클럭으로 데이터를 고속으로 전송할 수 있다. 메모리 확장보드를 구입할 때 80386PC용 32 Bit 버스를 사용하는 것을 선택하면 성능을 높일 수 있으나 32Bit 버스는 IBM의 MCA(Micro Channel Architecture)를 제외하고는 단순화 되어 있지 않기 때문에 PC에 맞는 메모리 확장보드를 구입해야 한다.

최근에는 미국의 콤팩사가 주축이 되어 32Bit 용 버스 표준인 EISA(Extended Industrial Architecture)를 발표했고 많은 회사가 여기에 가담하고 있기 때문에 내년말에는 32Bit를 지원하는 소프트웨어와 하드웨어가 많이 나올 것으로 기대된다.

라. 메인 메모리(Main Memory)

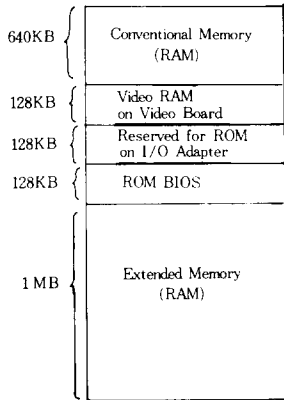
최근에는 보다 큰 메인 메모리를 필요로 하는 소프트웨어와 OS의 등장으로 전에는 시스템보드에 기본 메모리(Conventional Memory) 640K Byte를 주로 장착했으나 최근에는 시스템보드에 640K Byte를 기본으로 하되 사용자가 필요할 경우 메모리칩이나 메모리모듈을 끼워 4M Byte 혹은 그 이상까지도 값싸게 확장할 수 있고 이것이 부족할 경우 메모리 확장보드를 끼워 사용 가능하다.

여하튼 기본 메모리 이후의 확장 메모리(Extended Memory, Expanded Memory)에 대해서는 여러 가지 제약조건과 더불어 사용이 용이하지 않다.

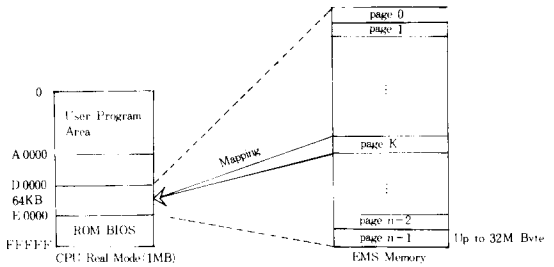
(1) Extended Memory

MS-DOS 환경에서는 기본 메모리 640K Byte 범위내에서 OS를 상주시키고 프로그램 및 데이터 영역으로 사용이 가능하며 Extended Memory는 RAM Drive(RAM을 보조기억 장치로 사용하면 FDD, HDD 및 Tape Backup 보다 훨씬 처리속도가 빠르다. 다만 전원을 끄기 전에 반드시 보조기억 장치에 Copy해야 한다)나 이것을 지원하는 특정 소프트웨어만 사용 가능하다.

그러나 OS / 2나 UNIX에서는 80286이나 80386의 Protected Mode에서 이 메모리를 사용하기



〈그림 6〉 Memory Map



〈그림 7〉 EMS Memory Mapping

때문에 OS/2 멀티타스킹(Multi-tasking)이나 UNIX 멀티유저(Multi-User) 환경을 위해서는 이 메모리가 꼭 필요하다.

(2) Expanded Memory(EMS)

MS-DOS에서 많은 데이터를 사용하는 큰 프로그램을 사용하고자 할 경우 LIM(Lotus / Intel / Microsoft)이 설계한 스펙을 이용하면 가능하다.

이것은 아래 〈그림7〉에서 보는 바와 같이 CPU의 Real Mode(1M Byte)내의 쓰지 않는 영역을 이용 EMS 메모리를 페이지 단위로 쪼개어 Mapping / Unmapping 시키기 때문에 EMS 메모리를 CPU의 Real Mode(MS-DOS 환경)에서 사용가능하다.

LIM Spec.은 사실상 업계 표준으로써 많은 응용 소프트웨어가 이를 지원하고 또 프로그램 개발자는 이 LIM Spec.에 맞추어 프로그램하면 32M Byte까지 확장 메모리를 사용할 수 있다.

사용자가 프로그램을 수행시키고자 할 경우는 EMS Board를 설치하고(혹은 시스템보드상에 메모리틀을 끼우고) 같이 제공되는 EMS Driver를 수행한 다음 응용 프로그램을 수행시키면 된다.

많은 메모리확장보드는 Extended Memory와 Expanded Memory 공히 지원하므로 사용자가 선택해서 사용가능하다.

마. 비디오 보드(Video Board 혹은 Display Adapter)

PC에서 주로 많이 사용하는 비디오 보드를 나열하면 다음과 같다.

(1) Monochrome Display Adapter(MDA)

- 단색(Monochrome, Black and White)
- 텍스트 모드(Text Mode):80자×25줄(영문)
- 단색 모니터 부착가능
- (2) Monochrome Graphics Adapter(MGA)
  - 단색으로 문자 및 그래픽 디스플레이
  - 텍스트 모드:80자×25줄
  - 그래픽 모드:720dots×348dots, 640dots×400dots
  - 단색 모니터 부착 가능
- (3) Color Graphics Adapter(CGA)
  - 칼라(최대 16칼라 표시)
  - 텍스트 모드:80×25, 40×25
  - 그래픽 모드:640×200, 320×200
  - 칼라 모니터(CGA) 부착
- (4) Multi-Video Adapter(MVA)
  - MDA, MGA, CGA 모두 지원
  - 칼라 소프트웨어를 단색 모니터에 디스플레이 하는 Emulation 기능
  - 단색 및 칼라 모니터 부착 가능
- (5) Enhanced Graphics Adapter(EGA)
  - MDA, MGA, CGA 지원
  - EGA 그래픽 모드:640×350
  - 256 칼라 중에서 16칼라를 선택하여 디스플레이
  - 단색, CGA 및 EGA 모니터 부착 가능.
- (6) Video Graphics Array(VGA)
  - MDA, CGA, EGA 지원
  - VGA 그래픽 모드:640×480(256,000 칼라 중에서 16칼라 선택) :320×200(256,000 칼라

중에서 256칼라 선택)

-VGA(Analog) 모니터 부착

최근에는 VGA 보다 훨씬 고해상도(800×600, 1024×768, 1024×1024)에 많은 칼라를 빨리 디스플레이 하는 비데오 보드와 모니터가 개발되고 있어 엔지니어링 분야에 이러한 제품의 활용이 많아질 것으로 기대된다.

바. 컴파일러(Compilers)

PC에서는 엔지니어링 분야에서 많이 사용되어 오던 FORTRAN보다 다음에 언급한 컴파일러를 이용하면 코프로세서, 그래픽, 확장 메모리를 쉽게 사용할 수 있어 보다 훌륭한 프로그램을 개발할 수 있다.

(1) Turbo C V 1.5

• 풍부한 라이브러리를 제공(math / graphics libraries)

• library의 Source Code 라이선스가 가능하므로 수정이 가능하다.

• 코프로세서를 이용하는 프로그램과 Floating-Point를 Emulation하는 프로그램을 모두 만들어 코프로세서의 유무에 따라 사용가능하다.

(2) Turbo Pascal V 4.0

• 풍부한 라이브러리 제공

• 다양한 Toolbox 제공(Scientific toolbox, graphics toolbox, database toolbox, editor 등)

• 코프로세서를 이용하는 프로그램과 Floating-Point를 Emulation 하는 프로그램 개발 가능

(3) Microsoft C V 5.0

• 표준 라이브러리만 제공(Source Code 액세스 가능)

• ISV(Independent Software Vendor)에서 여러가지 라이브러리 제공

• 코프로세서 지원

• Code View라는 강력한 디버깅 툴을 제공

끝으로 너무 광범위한 부분을 한정된 지면에 서술하다 보니 내용의 일관성이 부족하고 부분적으로 설명이 불충분한 곳이 많을 것으로 생각됩니다. 널리 양해하시고 PC 활용에 조금이나마 도움이 되었으면 합니다.

### 참 고 문 헌

1. SUPER-16 PERSONAL COMPUTER USER USER'S GUIDE 현대전자
2. 마이크로컴퓨터 홍릉과학출판사
3. Introduction to the 80386, Intel
4. 80386 Hardware Reference Manual Intel
5. Overview of Numeric Processing Intel
6. IBM Personal Computer AT Hardware Reference Manual IBM
7. Turbo C Version 1.5 User's Guide Borland International
8. Turbo Pascal 4.0 Manual Borland International International
9. Microsoft C 5.0 Programmer's Guide Microsoft.