Chapter 01

컴퓨터 구조

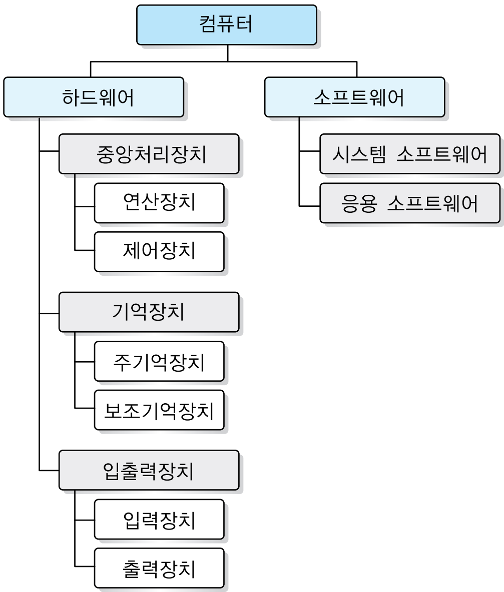
* 학습목표

- 컴퓨터의 하드웨어 구성 장치와 소프트웨어의 개념을 이해한다.
- 컴퓨터의 세대별 발전을 알아본다.
- 컴퓨터의 처리 성능과 규모에 따른 분류를 공부한다.
- 정보를 표현하는 진법을 공부한다.

Section

1 컴퓨터 시스템의 구성 요소

컴퓨터 시스템은 크게 하드웨어와 소프트웨어로 구분된다. 하드웨어는 컴퓨터의 기계적인 장치를 의미하며, 소프트웨어는 하드웨어의 동작을 제어하고 지시하는 모든 종류의 프로그램을 의미한다.



[그림 1-1] **컴퓨터의 구성**

1 하드웨어

컴퓨터의 물리적인 장치인 하드웨어(hardware)는 기능에 따라 중앙처리장치, 기억장치, 입력장치, 출력장치로 분류된다.

중앙처리장치

중앙처리장치(CPU: Central Processing Unit)는 컴퓨터 시스템 전체를 제어하는 장치로써 입력장치에서 입력받은 데이터를 처리한 후 출력장치와 기억장치로 보내는 일련의 과정을 수행한다. 즉, 컴퓨터의 두뇌라고 할 수 있다. 중앙처리장치는 크게 시스템을 제어하는 제어장치와 계산의 과정을 담당하는 산술논리연산장치로 구성되며, 저장 장소의 역할을 하는 레지스터도 포함된다.

[그림 1-2] 중앙처리장치

■ 산술논리연산장치

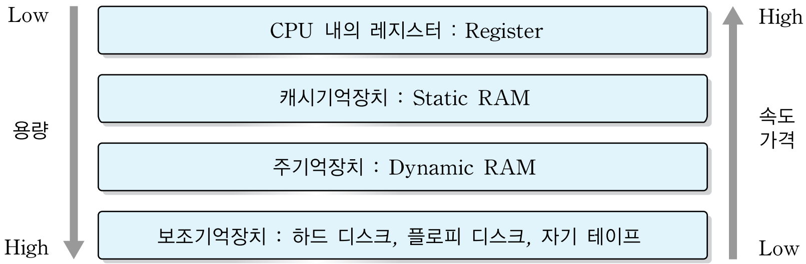
산술논리연산장치(ALU: Arithmetic Logic Unit)는 CPU의 핵심 요소로써 산술연산(arithmetic operation)과 논리연산(logic operation)을 수행한다. 산술연산은 주로 덧셈, 뺄셈, 곱셈, 나눗셈 등의 사칙연산을 수행하며, 논리연산은 참과 거짓을 판결하는 연산으로 대표적으로 AND, OR, NOT, XOR 등을 포함한다.

■ 제어장치

제어장치(control device)는 CPU 내부에서 일어나는 모든 작업을 통제하고 관리한다. 제어장치는 적절한 순서로 명령어를 인출하고 그 명령어를 해석한 결과에 따라 컴퓨터 시스템의 필요한 부분으로 제어신호를 전달한다.

기억장치

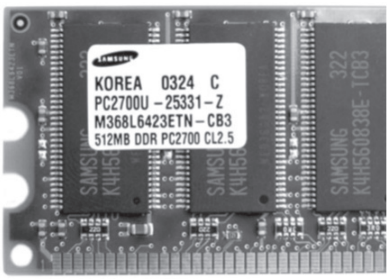
컴퓨터 시스템은, 프로그램과 이러한 프로그램을 수행하는 데 필요한 데이터를 저장하기 위해 다양한 기억장치를 사용한다. 기억장치(memory device)는 내부 기억장치와 외부 기억장치로 나눌 수 있다. CPU 내의 레지스터와 캐시기억장치(cache memory), 주기억장치는 내부 기억장치에 속하고, 보조기억장치는 외부 기억장치에 해당한다.



[그림 1-3] 기억장치의 계층 구조

■ 주기억장치

주기억장치(main memory)는 컴퓨터 시스템에서 수행되는 프로그램과 수행에 필요한 데이터를 기억한다. CPU에 접근(access)하는 속도가 비교적 빠르며 많은 양의 데이터를 기억할 수 있다. 현재 주기억장치로는 RAM(Random Access Memory)을 사용한다.



[그림 1-4] 주기억장치(RAM)

■ 보조기억장치

보조기억장치(secondary memory)는 외부 기억장치라고도 하며 반영구적으로 데이터를 저장하고 보존할 수 있다. 그러나 보조기억장치에 저장된 데이터는 중앙처리장치와 직접 정보를 교환할 수 없기 때문에 주기억장치로 옮겨진 후 처리된다. 주기억장치에 비해 가격이 저렴하고 저장 용량 또한 크지만 속도가 느려 처리 속도가 빠른 중앙처리장치와 직접적인 데이터 교환이 불가능하다. 보조기억장치로는 자기 테이프, 자기 디스크, 자기 드럼, 하드 디스크, 플로피 디스크, CD-ROM, DVD, 플래시 메모리, 광 디스크 등이 있다.

[그림 1-5] 보조기억장치(하드 디스크, DVD, USB 플래시 메모리)

입력장치

입력장치(input device)는 컴퓨터에서 처리할 데이터와 정보를 외부에서 입력할 수 있게 해 준다. 즉, 처리하고자 하는 데이터를 제어장치의 명령에 따라 입력매체에서 읽어서 기억장치로 보낸다. 입력장치에는 마우스, 키보드, 스캐너, 조이스틱, 터치 스크린 등이 있다.

[그림 1-6] 입력장치(마우스, 키보드, 스캐너, 조이스틱)

출력장치

출력장치(output device)는 컴퓨터 내부에서 처리된 결과를 사용자가 보거나 들을 수 있도록 출력매체를 이용해서 내보낸다. 출력장치에는 모니터, 프린터, 스피커 등이 있다.

[그림 1-7] 출력장치(모니터, 프린터, 스피커)

2. 소프트웨어

소프트웨어(software)는 컴퓨터 프로그램과 그와 관련된 문서들을 총칭하는 용어로, 정보가 이동하는 방향과 정보처리의 종류를 지정하고, 이러한 동작이 일어나는 시간을 지정하는 명령의 집합이다. 운영체제와 같은 시스템 소프트웨어와 응용 소프트웨어로 나뉘며 하드웨어가 발달하여 가격이 저렴해지고 교체 주기가 짧아짐에 따라 소프트웨어의 중요성은 더욱 커지고 있다. 소프트웨어로 향상되는 생산성, 바뀐 하드웨어에 적용할 수 있는 소프트웨어의 호환성, 유지보수를 하는 것이 효율적인지 등의 요구 조건이 중요시되고, 또한 중요한 연구개발 대상이 되고 있다.

시스템 소프트웨어

시스템 소프트웨어(system software)는 여러 컴퓨터 시스템에서 공통적으로 필요한 프로그램으로, 사용자가 컴퓨터를 좀 더 효율적으로 사용하기 위해 만들었다. 즉 컴퓨터 시스템을 제어하고 운영하는 프로그램이다. 대표적으로 운영체제(DOS, UNIX, Windows 9x, Windows 2000, Windows XP, Windows 7), 컴파일러(C · FORTRAN 컴파일러 등), 입출력 제어 프로그램 등이 있다.

응용 소프트웨어

응용 소프트웨어(application software)는 시스템 소프트웨어를 기반으로 하며 특정한 응용 분야에서 특수 목적을 위해 사용할 수 있는 프로그램이다. 사무 자동화 프로그램, 공학용 계산 프로그램, 인터넷 웹 브라우저, 그래픽 프로그램 등이 이에 속한다.

Section

02 컴퓨터 구조의 발전 과정

컴퓨터의 최초 역할은 수동식 계산기였다. 그 후 좀 더 조직화된 장치인 기계식 전자계산기로 발전했고 최종적으로 전자식 계산기인 컴퓨터로 발전하였다.

1. 컴퓨터의 발전 과정

인류 최초의 컴퓨터는 동력을 이용하지 않고 손으로 조작하여 계산하는 수동식 계산기였다. 전기나 전자식과 대칭되는 의미로 기계식 계산기라고도 한다. 최초의 수동 계산기는 수판으로 기원전 3000~2500년경 중국에서 개발되어 컴퓨터가 일반화되기 직전인 1980년대까지 사용되었다. 현재는 두뇌 개발 교육용으로 이용하고 있다. 1606년에는 갈릴레오를 비롯한 몇몇 발명가가 총의 탄도를 개량하는 섹터 도구를 고안하였고, 17세기에 접어들어 네피어(J. Napier)가 네피어 봉이라는 곱셈용 계산기를 만들었다.

파스칼라인

최초의 기계식 계산기인 파스칼라인(pascaline)은 톱니바퀴를 이용하였다. 주유소에서 흔히 볼 수 있는 주유량이나 주유비용을 표시하는 계기판의 작동 원리와 같다고 보면 된다. 1645년에 프랑스의 과학자인 파스칼(Blaise Pascal)이 개발하였으며 덧셈과 뺄셈이 가능하다. 물론, 곱셈과 나눗셈도 곱하거나 나누는 횟수만큼 더하거나 빼는 연산을 통해 구할 수 있다. 이 기계의 기본적인 기능은 올림수의 자동처리, 덧셈의 연속처리를 통한 곱셈 연산, 음수의 보수화 표현 등이며, 현대 컴퓨터 연산에서도 사용된다.

가감승제 계산기

덧셈과 뺄셈뿐만 아니라 곱셈과 나눗셈도 가능한 가감승제 계산기(calculating machine)는 1671년 독일의 수학자인 라이프니쯔(Gottfried Von Leibniz)가 개발하였다. 이 계산기의 한 부분은 파스칼의 계산기와 완전히 같았으나 다른 한 부분에는 승수와 피승수를 표현하고

자 2개의 톱니가 추가되었다. 이 방법은 오늘날까지 통용되고 있으며 탁상용 계산기의 초기 모델이다. 오랜 시간이 지난 후, 19세기에 상품화되었다.

차분기관과 분석기관

캠브리지 대학교의 바베지(Charles Babbage) 교수는 1823년에 증기로 동작하는 차등기(difference engine)를 개발하였다. 이 기계는 사람이 관여하지 않아도 계산 및 결과를 출력한다. 또한 소수점 이하 유효숫자 5자리까지 정확한 수치표를 자동으로 계산하여 출력할 수 있어 차분기관으로 삼각함수를 계산할 수 있었다. 또한 바베지는 1834년에 차등기를 더욱 개선시켜 분석기(analytical engine)를 설계하였다. 이 분석기는 천공카드 입력 시스템을 갖추도록 고안되었으며, 밀(Mill)이라는 기억장치와 연산장치로 어떠한 산술연산도 자동으로 처리할 수 있도록 설계되었다. 즉, 데이터 입력장치, 산술장치, 기억장치, 출력장치 등 오늘날 컴퓨터가 지니는 기능별 장치들을 모두 갖추고 있었다. 분석기는 아주 획기적인 방법이었지만 계산기 장치로 개발되지는 못했다. 그러나 프로그램 저장 방식을 도입한 기계의 원리는 오늘날의 컴퓨터 구조를 만드는 데 주요한 공헌을 했다.

천공카드 도표작성기

1890년 통계학자 홀러리스(Herman Hollerith)는 미국의 인구조사 자료를 처리하기 위해 전기기계식 천공카드 기계를 개발하였다. 이 장치는 천공카드를 사용한 데이터 입력 기술이 응용된 전산 기계로, 필요한 내용을 코드화한 후 카드에 구멍을 뚫어 표시하고 이 코드화된 자료를 전기적으로 처리하였다. 이 기계 장치는 수동식 카드천공기, 전자식 카드해독기, 전기기계식 카드분류기로 구성되어 있다. 입력매체인 천공카드는 45개의 열로 구성되어 있고, 각 열은 하나의 문자나 숫자를 나타낸다.

MARK I

1944년 에이컨(Howard Aiken) 교수는 기존의 천공카드장치를 대체하고자, 최초의 전기기계식 계산기인 MARK I을 개발하였다. 바베지의 해석기가 설계된 후 100년 뒤 완성된 MARK I은 디지털 컴퓨터의 구현이라고 볼 수 있다. MARK I은 종이 테이프에 천공된 프로그램 명령어로 작동하고 제어되도록 설계되었다. 그러나 이 기계는 하버드 대학교에 기증되어 상업화되지는 못했다.

아타나소프-베리 컴퓨터

아타나소프-베리 컴퓨터(ABC computer)는 1942년에 아타나소프(Atanasoff) 교수와 그의 제자인 클리포드 베리(Clifford Berry)가 순차적 방식과 2진법 체계를 사용하는 진공관 방식으로 개발하였다. 이 계산기는 전자공학에 기초한 전자식 계산 원리에 따라 만들었으며, 선형 방정식을 해결하기 위한 특수 목적용 컴퓨터로 일반 사람이 사용하지는 않았다. 그러나 ABC의 전자식 계산 원리는 전자식 디지털 컴퓨터의 발달에 크게 공헌하였다.

ENIAC

ENIAC(Electronic Numerical Integrator And Calculator)은 1946년에 포탄의 궤도를 추정하기 위한 탄도표를 만들 목적으로 만들었다. ENIAC은 18,000여 개의 진공관을 사용했기 때문에 무게가 30톤의 집채만큼 거대했다. 또한 전자적인 가산기를 연산용 기억장치로 사용하였으며, 컴퓨터 내부의 회로 소자로 진공관을 사용하였다. 그리고 프로그램을 작성하려면 컴퓨터의 각 부분을 전선으로 연결해야 하고, 프로그램을 수행하려면 6,000여 개의 스위치를 조절해야 했기 때문에 매우 불편하였다. 하지만, 이러한 단점에도 최초의 전자식 디지털 컴퓨터로서 탁월한 능력을 인정받았다. 계산 속도도 비교적 빨라 MARK I이 10자리수 곱셈에 3초가 걸린 데 비해, ENIAC은 3밀리 초만 걸렸다.

내장 프로그램 방식 컴퓨터

내장 프로그램(stored program) 개념은 1945년 폰 노이만(Von Neumann)이 제안하였으며, 동일 기억장치에 프로그램과 데이터를 저장한다. 이전의 MARK I이나 ENIAC에서는 프로그램과 데이터를 별도의 기억장치에 각각 저장하여 내장 프로그램 방식보다 수행해야 할 작업이 복잡하고 많았다. 그러나 내장 프로그램은 컴퓨터에 기억장치를 설치하고, 프로그램과 함께 데이터를 기억장치에 저장했다가, 컴퓨터가 프로그램에 포함된 명령에 따라 자동으로 작업을 처리하는 방식으로 오늘날 컴퓨터의 기본 사상이 되었다.

1949년 영국 캠브리지 대학 출신인 윌크스(Wilkes)는 동료들과 함께 캠브리지 대학에서 최초의 프로그램 내장 방식인 EDSAC(Electronic Delayed Storage Automatic Computer) 전자컴퓨터를 개발하였다.

한편 미국에서는 1952년 미국에서 최초로 프로그램 내장 방식을 도입한 컴퓨터인 EDVAC (Electronic Discrete Variables Automatic Computer)를 완성하였다. 이 컴퓨터는

1024Kbyte로 대용량 저장이 가능했고, 2만여 개의 글자를 저장할 수 있는 보조기억장치가 있었으며, 자료나 프로그램 명령어를 10진법이 아닌 2진법으로 표현하였다.

UNIVAC I

기존의 컴퓨터가 대부분 과학, 공학, 군사용으로 사용된 것에 반해, 1951년에 최초 순수 데이터 처리용으로 만들어진 UNIVAC I(UNIVersal Automatic Computer)은 상업용 컴퓨터로 개발되어 미국의 인구조사통계국에 설치해 인구조사에 이용되었다. UNIVAC은 기업체에서 사용된 최초의 컴퓨터로 1954년에 미국 GE(General Electric) 제조 공장에 설치되어 사용되었다. 이 컴퓨터는 자기 테이프를 보조기억장치로 두고 이를 입출력 매체로 사용했다는 점에서 컴퓨터 발전에 크게 기여하였다.

IBM 701

하버드 대학교와 공동으로 MARK I을 개발했던 IBM사는 1952년에 IBM 701을 개발하였다. 이 컴퓨터는 CRT(Cathode-Ray-Tube)를 주기억장치로 하고, 자기 드럼과 자기 테이프를 보조기억장치로 채택한 것으로 이때부터 본격적인 상업용 컴퓨터 시대가 열렸다.

2. 컴퓨터 산업의 발전 단계

전자식 컴퓨터가 실용화되기 시작한 1950년대부터 컴퓨터를 세대별로 분류할 수 있다. [표 1-1]은 논리회로의 구성 소자를 기준으로 분류한 컴퓨터의 세대별 특징이다.

1세대 컴퓨터: 진공관 세대

기본 회로 소자로 진공관을 이용하여 제작된 컴퓨터로서 1950년대 초반부터 1950년대 말까지 해당한다. 연산 속도는 1,000의 1초이며, 과학 기술의 제한적인 용도로만 사용되었다. 기계어, 어셈블리어를 사용했으며, 대표적인 컴퓨터로는 ENIAC과 UNIAC을 들 수 있다. 진공관을 사용해 크기가 매우 커서 넓은 공간이 필요하며, 열 발생량이 많고 전력소모가 크다. 또한 신뢰도가 떨어지고 처리 속도가 늦은 것이 단점이다.

[표 1-1] 컴퓨터의 세대별 발전

세대별	사용 전자 소자	사용 언어	특징 및 응용 분야	대표 기종
1세대 (1946–1956)	회로 : 진공관 기억 : 자기 코어 자기 드럼 수은 지연회로	기계어 어셈블리어	– 수명이 짧음 – 부피가 크고 전력 소모 많음 – 냉각장치 필요 – 하드웨어에 중점 – 과학 계산, 통계, 집계	ENIAC EDVAC UNIVAC
2세대 (1957–1964)	회로 : 트랜지스터 기억 : 자기 코어 자기 드럼 자기 테이프	FORTRAN COBOL ALGOL	– 일괄 처리 – 컴파일러 사용 – 입출력 채널 대두 – 생산 관리, 원가 관리	IBM 1101 NCR 304 Honeywell 800
3세대 (1965–1979)	회로 : 집적회로 기억 : IC 기억장치 자성망막 자기 디스크 자기 테이프	PASCAL LISP 구조화된 언어	– 다중 처리 – 예측, 의사결정 – 운영체제 개발	UNIVAC 9000 PDP–11 CRAY–1 CYBER–205
4세대 (1980–현재)	회로 : 고밀도 집적회로 초고밀도 집적회로 기억 : LSI VLSI 자기 디스크 자기 테이프	ADA 문제중심 언어	– 네트워크 관리 – 데이터베이스 관리 – 지식정보 처리 – 인공지능 – 로봇	CRAY XMP IBM 308
5세대 (미래)	사용 소자 중심으로 분류하는 세대가 아니라 얼마나 인간다운 컴퓨터가 될 것인가로 세대를 구별		– 인간 지능화 시대 – 사고하는 감각을 지닌 컴퓨터 – 처리 속도의 초고속화 (4세대의 약 10–100배 속도) – 바이오칩이나 광소자를 이용한 칩의 실현	

2세대 컴퓨터: 트랜지스터 세대

전자식 컴퓨터에서 가장 중요한 기본 회로 소자 진공관을 트랜지스터로 대체한 컴퓨터가 등장한 세대로 1950년대 후반부터 1960년대 중반에 해당된다. 트랜지스터를 사용함으로써 연산 속도의 증가, 경량화, 신뢰도 향상, 열 발산과 전력 소모를 구현한 컴퓨터다. 연산 속도는 백만분의 1초로 주기억장치는 자기 코어를 사용하고 보조기억장치로는 자기 테이프를 사용하였다. 2세대 컴퓨터부터는 과학 기술뿐만 아니라 일반 사무용으로도 사용되었는데 FORTRAN, COBOL, ALGOL 등의 컴퓨터 언어가 사용되었으며, 운영체제가 개발되면서 다중 프로그래밍이 가능해졌다. IBM 7090, 7070, IBM 1401, Tradic, Unicac-2 등이 대표적인 컴퓨터다.

3세대 컴퓨터: 집적회로 세대

집적회로(IC: Integrated Circuit)를 기본 회로 소자로 사용한 컴퓨터가 등장한 시기로, 1960년대 중반부터 1970년대 후반에 해당된다. 집적회로 칩 하나에 많은 트랜지스터를 집적화하였기 때문에 2세대 컴퓨터에 비해 가격이 저렴하고, 컴퓨터가 소형화되었다. 연산 속도는 10억분의 1초이고 과학 기술뿐만 아니라 일반 사무용의 범용 컴퓨터로 사용되었다. 3세대 컴퓨터의 등장으로 소프트웨어 산업의 비중이 증가하였으며, 운영체제와 각종 유틸리티 등이 개발되었다. 또한 시분할 처리를 통해 멀티 프로그래밍을 지원하고, 캐시기억장치가 등장하였다. 대표적인 모델로 IBM 360 시리즈, UNIVAC 9000 시리즈, PDP-11 등이 있다.

4세대 컴퓨터: 고밀도 및 초고밀도 집적회로 세대

고밀도 집적회로(LSI: Large Scale Integrated circuit)와 초고밀도 집적회로(VLSI: Very Large Scale Integrated circuit)를 기본 회로 소자로 하여 개발된 컴퓨터 세대로 1980년대 이후에 해당된다. 3세대 컴퓨터보다 소형화되고 가격이 저렴해져 1980년대에는 개인 컴퓨터가 대중화되었다. 1990년대에는 마이크로프로세서와 네트워크 기술이 더욱 발전하여 분산 계산과 병렬 계산이 보편화되었다. 또한 클라이언트/서버 시스템이 보편화되기 시작하였으며 분산 시스템의 구축이 활성화되었다.

5세대 컴퓨터: 미래의 컴퓨터

미래의 컴퓨터는 사용되는 기본 소자에 따라 분류되지 않고 얼마나 인간다운 컴퓨터인가에 따라 분류될 것으로 예상된다. 초미니, 초고속을 추구하며 기존의 시스템 수준을 벗어나 경영정보, 지식정보 시스템, 인공지능 신경망, 퍼지, 멀티미디어 가상현실을 목표로 한다. 또한, 컴퓨터와 인간의 인터페이스를 향상하여 사용자가 컴퓨터를 조금 더 편리하게 사용할 수 있도록 해주는데, GUI 환경, 자동 번역시스템, 음성인식 응용시스템 등이 그 예다. 성능 향상의 일환으로 다중 프로세서를 사용한 병렬 처리 컴퓨터 시스템 외에 새로운 소자의 개발과 인공지능이 활발히 연구되고 있다. 특히, 소자 부분에서는 바이오 칩이나 광소자를 이용한 칩의 실현이 가능해지고 있다. 앞으로는 유비쿼터스 시대를 위한 모바일 컴퓨터가 일반화될 것이다.

Section

03 컴퓨터의 분류

컴퓨터는 분류하는 방법이 다양하다. 대표적인 분류 방법에는 사용 목적에 따른 분류, 사용 데이터에 따른 분류, 처리 능력에 따른 분류, 구조에 따른 분류 등이 있다.

1. 사용 목적에 따른 분류

컴퓨터가 처음 만들어졌을 때는 특정 분야에서 특정 목적으로 사용했다. 그러나 컴퓨터 관련 기술이 발달하고 가격이 저렴해지면서 개인 컴퓨터가 대중화되었다. 먼저 사용 목적에 따라 전용 컴퓨터와 범용 컴퓨터로 분류해보자.

전용 컴퓨터

전용 컴퓨터(special purpose computer)는 특정 목적을 위해 설계된 컴퓨터로, 군사용이나 공장의 공정 제어용 등 한정된 목적에 사용되며, 주로 일체형으로 제작된다. 전용 컴퓨터의 예로 로봇과 컴퓨터를 이용한 무인 공장을 들 수 있다. 많은 기업에서는 생산성과 상품의 질을 높이기 위해 전용 컴퓨터를 활용하고 있다.

범용 컴퓨터

범용 컴퓨터(general purpose computer)는 여러 분야의 다양한 일을 처리할 수 있도록 설계 제작된 컴퓨터로 과학 계산, 사무 처리 분야에 주로 사용된다. 다양한 응용 소프트웨어를 통해 여러 분야에서 다양한 일 처리를 할 수 있다.

2_ 사용 데이터에 따른 분류

현재 사용하는 컴퓨터는 대부분 디지털 컴퓨터로, 입력받은 디지털 데이터를 처리해 디지털로 출력한다. 이외에 아날로그 신호 데이터를 이용하는 컴퓨터와 이 두 가지를 혼합해 사용하는 컴퓨터도 있다.

디지털 컴퓨터

모든 정보를 2진수의 데이터로 부호화하여 나타내므로 디지털이라 한다. 대부분의 컴퓨터가 디지털 컴퓨터이고 아날로그 컴퓨터보다 정밀도가 높다. 정보처리 결과를 부호, 문자, 숫자, 그림 등으로 정확히 구분할 수 있다.

아날로그 컴퓨터

연속적인 물리량으로 표시되는 아날로그 신호를 데이터로 이용하는 컴퓨터로, 입력이 신속하고 즉각적인 반응을 얻을 수 있으므로 제어용으로 사용하기에 적합하다.

하이브리드 컴퓨터

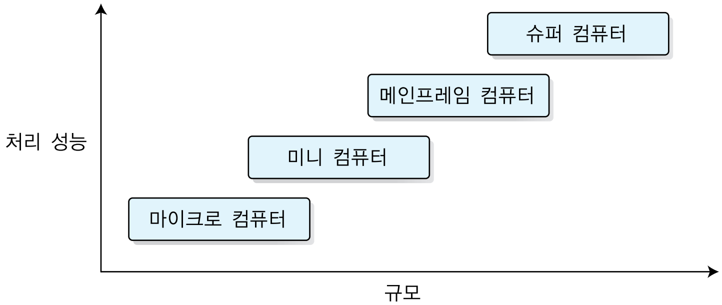
아날로그와 디지털의 장점을 취한 것으로 어떤 종류의 데이터도 처리할 수 있다. 대표적인 장치인 모뎀(MODEM : MOdulator & DEModulator)은 디지털 데이터를 아날로그 신호로 또는 아날로그 신호를 디지털 데이터로 변환하여 두 종류의 데이터를 모두 처리할 수 있다.

3_ 처리 능력에 따른 분류

구성 장치 중에서도 기억장치의 크기, 중앙처리장치의 연산 속도는 컴퓨터의 데이터 처리 능력을 좌우한다. 따라서 처리 능력에 따른 분류는 중앙처리장치와 기억장치의 규모에 따라 분류라고 할 수 있다. [그림 1-8]은 처리 성능과 규모에 따른 컴퓨터를 분류한 모습이다.

마이크로 컴퓨터

마이크로 컴퓨터(micro computer)는 일반적인 PC를 의미한다. 가정용이나 작은 사업의 용도로 사용하는 소형 컴퓨터로, 가격이 저렴하고 크기가 작다. 8비트, 16비트, 64비트와 같이 워드 길이에 따라 구분하며, 숫자가 클수록 처리 속도가 빠르다.



[그림 1-8] 처리 성능과 규모에 따른 컴퓨터 분류

미니 컴퓨터

미니 컴퓨터(mini computer)는 마이크로 컴퓨터보다 조금 크며, 대용량의 주기억장치와 보조기억장치가 있고, 다수의 사용자가 한 컴퓨터를 사용할 수 있다. 속도가 빠른 주변장치가 있어 수십 명 또는 수백 명이 쓰기에 적합하며, 중소기업, 학교, 연구소에서 주로 사용한다. 워크스테이션(workstation)은 미니 컴퓨터 정도의 기능을 가지는 컴퓨터로, 개인용 컴퓨터와 같이 사용자 중심의 고성능 데스크탑 컴퓨터다. 주로 32비트 혹은 64비트의 CPU를 사용하며, 고속의 그래픽 처리 하드웨어를 포함하고, 컴퓨터를 이용한 설계 분야, 시뮬레이션 분야에 주로 사용한다.

메인프레임 컴퓨터

메인프레임 컴퓨터(mainframe computer)는 대용량의 저장장치를 보유하여 다중 입출력 채널을 이용한 고속의 입출력 처리가 가능한 컴퓨터다. 따라서 많은 업무를 신속하게 처리할 수 있다. 수백 대의 단말기가 연결되며, 주로 공공단체, 대기업, 은행, 병원, 대학 등으로 단말기를 연결시켜 온라인 업무나 분산처리 업무에 이용한다. 또한 대규모 데이터베이스를 저장하거나 관리하는 데 사용된다.

슈퍼 컴퓨터

슈퍼 컴퓨터(super computer)는 복잡한 계산을 초고속으로 처리하는 초대형 컴퓨터로, 가장 빠르고 비싸다. 강력한 병렬 처리를 지원하는 소프트웨어로 이루어져 있으며 복잡한 연산을 매우 빠른 속도로 계산한다. 주로 원자력 개발, 항공우주, 기상 예측 등의 분야에서 사용된다.

4. 구조에 따른 분류

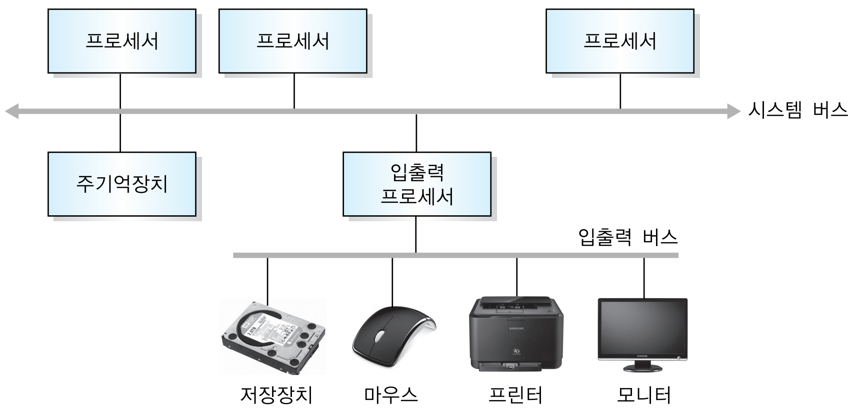
컴퓨터 구조는 컴퓨터 내의 프로세서 또는 CPU의 운영 형태나 병렬 여부에 따라 다른 형태를 띤다. 이에 따른 대표적 분류를 살펴보자.

파이프라인 슈퍼 컴퓨터

파이프라인 슈퍼 컴퓨터(pipeline super computer)는 CPU 하나에 다수의 연산장치를 포함하는 컴퓨터로, 각 연산장치는 고도의 파이프라이닝 구조를 이용하여 고속 벡터 계산이 가능하다.

대규모 병렬 컴퓨터

대규모 병렬 컴퓨터(massively parallel computer)는 시스템 하나에 상호 연결된 수백 혹은 수천 개 이상의 프로세스들을 포함한다. 프로세서들이 하나의 큰 작업을 나누어서 병렬로 처리한다. 현재 물리적으로 계산 속도의 한계에 다다른 CPU의 속도를 뛰어넘을 수 있는 대안으로 주목받고 있다.



[그림 1-9] 다중 프로세서 시스템의 구조

Section

04 컴퓨터 정보의 표현과 저장

10진법은 일상생활에서 사용하는 친숙한 수 체계다. 이와 달리, 컴퓨터는 0과 1의 조합으로 계산하도록 설계되었기 때문에 컴퓨터의 수 체계는 2진법에 기초한다. 현재까지 개발된 전자 기술은 2진수(binary number)를 기반으로 하는 기법이 가장 효율적이다. 컴퓨터에서 정보를 표현하는 방법을 이해하기 위해, 데이터 표현 방법과 2진수 표기법을 알아보자.

1. 컴퓨터에서 정보의 표현

컴퓨터 내부에서는 데이터를 주로 2진수로 표현한다. 10진수와 8진수 혹은 16진수를 사용하기도 하지만, 일반적으로 데이터 1비트를 0, 1 두 개의 숫자로 표시하는 2진법을 사용하는 것이 기본이다.

비트, 바이트, 워드

2진수에서 데이터를 표현하는 단위는 비트(bit)다. 비트는 'binary digit'에서 bit로 축약하여 부르는 용어로 2진법을 지원한다. 비트당 사용 가능한 2진수의 조합은 2^n이고 n은 비트의 수다. [표 1-2]는 비트 수에 따라 표현할 수 있는 2진수의 갯수다. 1비트는 2진수 2개, 2비트는 2진수 4개를 표현한다. 7비트의 경우는 128개, 8비트는 256개를 표현할 수 있다.

[표 1-2] 비트당 사용 가능한 2진수의 조합

비트 수	사용 가능한 2진수 조합	비트 수	사용 가능한 2진수 조합
1	2	5	32
2	4	6	64
3	8	7	128
4	16	8	256

비트 수가 늘어나면 처리할 수 있는 정보의 양이 많아지지만 그만큼 저장해야 할 데이터의 양도 증가한다. 비트 수는 데이터 압축으로 줄일 수 있다.

바이트(byte)는 정보처리를 위해 사용되는 비트의 집합이다. 8비트를 1바이트로 규정한다. 문자를 2진수로 표현하는 대표적인 표준 코드인 ASCII(American Standard Code for Information Interchange) 코드는 한 문자가 8비트로 구성되어 있다. 그래서 1바이트가 1문자가 되는 개념으로 정보가 처리된다.

워드는 컴퓨터 종류에 따라 2바이트, 4바이트, n바이트 등으로 구성되며, 일반적으로 32비트(4바이트)가 가장 많이 쓰인다. [표 1-3]은 2진수의 비트를 표현하는 단위다. 2^{10}은 Kbit, 2^{20}은 Mbit, 2^{30}은 Gbit, 2^{40}은 Tbit다.

[표 1-3] **디지털 정보의 표현 단위**

이름	약어	크기	이름	약어	크기
Kilo	K	2^{10} = 1,024	Giga	G	2^{30} = 1,073,741,824
Mega	M	2^{20} = 1,048,576	Tera	T	2^{40} = 1,099,511,627,776

2 수의 진법

컴퓨터 분야에서 수 체계는 수를 표시하기 위하여 약속한 기호와 규칙을 통틀어 이르는 말이다. 수 체계는 자릿수 체계와 비자릿수 체계로 분류된다. 자릿수 체계에는 2진법, 8진법, 10진법, 16진법이 있다. 인간은 열 개의 기호로 수를 표현하는 10진법을 사용한다. 그렇지만 컴퓨터와 같은 디지털 장치는 두 개의 기호로 수를 표현한다. 경우에 따라 여덟 개의 기호 또는 열 여섯 개의 기호를 사용하는 장치도 있다. 여기서는 수를 표시하는 진법을 알아보자.

10진법

10진법(decimal notation)은 우리가 사용하는 수의 체계로 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 열 가지 기호를 이용하여 수를 표현한다. 각 자리에서 9 다음에 자리 올림이 발생하며, 이때 자리 올림으로 생성되는 각 자리의 단위는 10의 지수 승(10^N)이 된다. 따라서 9 다음의 수는 자리 올림을 통해서 10이 되고, 99 다음의 수는 100이 된다.

10진법으로 표현한 수를 10진수라고 하며 다른 진법으로 표현한 진수와 구별하기 위해서 첨자로 10을 표시한다. 따라서 10진수 724는 $(724)_{10}$로 표현한다. 10진법을 좀 더 이해하기 위해서 10진수의 표현을 분석해보자. 예를 들어 10진수 528은 500+20+8로 풀이할 수 있다. 이것을 10의 지수 승(10^N)으로 표현하면 다음과 같다.

$$10\text{진수의 표시} : (528)_{10} = 5\times10^2 + 2\times10^1 + 8\times10^0$$

1의 자리(10^0)는 0~9까지 범위에서 8로 표현하고 10의 자리(10^1)는 다시 0~9까지 범위에서 2로 표현하였다. 그리고 100의 자리(10^2)는 0~9까지 범위에서 5로 표현한 것이다. [그림 1-10]은 자릿수에 해당하는 수를 표현한 것이다.

10^5	10^4	10^3	10^2	10^1	10^0
0	0	0	5	2	8

[그림 1-10] 10진수 $(528)_{10}$의 표현

2진법

컴퓨터에서 사용하는 수 체계 2진법(binary notation)은 0과 1만으로 수를 표현한다. 그리고 각 자리에서 1 다음에 자리 올림이 발생한다. 이때 자리 올림으로 생성되는 각 자리의 단위는 2의 지수 승(2^N)이 된다. 2진법으로 표현한 수를 2진수라고 하며 다른 진법으로 표현한 진수와 구별하기 위해서 첨자로 2를 표시한다. 따라서 2진수 101은 $(101)_2$로 표현한다. 2진수의 표현을 좀 더 분석해보자. 예를 들어 2진수 $(1101)_2$은 다음과 같이 2의 지수 승으로 분해된다.

$$(1101)_2 = 1\times2^3 + 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$$

[그림 1-11]은 자릿수에 해당하는 2진수를 표현한 것이다.

2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
0	0	1	1	0	1

[그림 1-11] 2진수 $(1101)_2$의 표현

[그림 1-11]에서 2^3에 있는 값을 최상위 비트(MSB: Most Significant Bit) 값이라 하고 2^0 위치에 있는 값을 최하위 비트(LSB: Least Significant Bit) 값이라고 한다.

2진법에서의 자리 올림 개념을 10진법과 비교해보자. 10진법의 경우 $(9)_{10}$ 다음의 숫자는 하나의 자리 올림이 생겨서 $(10)_{10}$이 되는 것처럼, 2진법에서는 $(1)_2$ 다음 숫자는 자리 올림이 생겨 $(10)_2$이 된다. 또한 10진법에서 $(99)_{10}$ 다음에 $(100)_{10}$이 되는 것처럼, 2진법에서는 $(11)_2$ 다음에 $(100)_2$이 된다. [표 1-4]는 10진수와 2진수를 비교한 것으로 자리 올림의 개념을 확인할 수 있다.

[표 1-4] **10진수와 2진수의 비교**

10진수	2진수	10진수	2진수
0	0000	5	0101
1	0001	6	0110
2	0010	7	0111
3	0011	8	1000
4	0100	9	1001

2진법과 10진법과의 관계는 2진수를 2의 승수(2^N)로 표현하면 쉽게 이해할 수 있다. 예로 $(101101)_2$은 다음과 같은 의미다.

2진수의 표현: $(101101)_2 = 1\times2^5 + 0\times2^4 + 1\times2^3 + 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$

그리고 2의 승수를 계산하면 다음처럼 10진수로 표현이 가능하다.

10진수의 표현: $1\times32 + 0\times16 + 1\times8 + 1\times4 + 0\times2 + 1\times1 = (45)_{10}$

결과적으로 제시된 2진수와 10진수의 값과 동일하다.

$$(101101)_2 = (45)_{10}$$

8진법

2진법을 사용하는 컴퓨터는 일반적으로 8비트, 16비트, 32비트, 64비트 단위로 데이터를 처리하기 때문에 2진수의 데이터 길이는 매우 길게 연속되는 비트열이 된다. 다음은 16비트, 32비트, 64비트의 2진수를 나타낸 것이다.

16비트 : $(1011011011011100)_2$
32비트 : $(10110110110111001011011011011100)_2$
64비트 : $(1011011011011100111010110000110000111010111010001011011011011100)_2$

이처럼 2진수는 표현하고 확인하는 것이 굉장히 복잡하다. 그래서 2진수의 표현을 조금 편하게 활용하고자 등장한 것이 8진법(octal notation)이다. 8진법에서는 숫자들이 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 등 8가지의 문자를 이용하여 구성된다. 그리고 각 자리에서 7 다음에 자리 올림이 발생한다. 이때 자리 올림으로 생성되는 각 자리의 단위는 8의 지수 승(8^N)이 된다.

8진법으로 표현된 수를 8진수라고 하며 다른 진법으로 표현한 진수와 구별하기 위해서 첨자로 8을 표시한다. 8진수 $(27)_8$은 다음과 같이 8의 지수 승으로 분해된다.

$$(27)_8 = 2\times8^1 + 7\times8^0$$

[그림 1-12]는 자릿수에 해당하는 8진수를 표현한 것이다.

8^5	8^4	8^3	8^2	8^1	8^0
0	0	0	0	2	7

[그림 1-12] **8진수 $(27)_8$의 표현**

8진법에서 자리 올림의 개념을 10진법과 비교해보자. 10진법의 경우 $(9)_{10}$ 다음의 숫자는 하나의 자리 올림이 생겨서 $(10)_{10}$이 되는 것처럼, 8진법에서는 $(7)_8$ 다음에 자리 올림이 생겨 $(10)_8$이 된다. 또한 10진법에서 $(99)_{10}$ 다음에 $(100)_{10}$이 되는 것처럼, 8진법에서는 $(77)_8$ 다음에 $(100)_8$이 된다.

컴퓨터 프로그래밍에서 8진수가 2진수에 비해 짧게 표기할 수 있기 때문에 2진수 대신 사용하기도 한다. 3자리의 2진수는 1자리의 8진수로 짧게 표시할 수 있다. [표 1-5]는 10진수, 2진수, 8진수를 비교한 것이다. 2진화 8진수는 2진수를 3자리씩 구분하여 표시한 것으로 8진수의 1자리씩 대응한다. [표 1-4]에서 2진수 $(001\ 110)_2$은 6비트로 구성되고, 자릿수가 많아 사람이 표시하고 확인하기 복잡하다. 그런데 8진수로 표현하면 $(16)_8$으로 간단하게 표현되며 2진수의 하위 비트 110은 8진수 하위 자릿수의 값 6에 대응되고, 2진수의 상위 비트 001은 8진수 상위 자릿수의 값 1에 대응된다.

[표 1-5] 10진수, 2진수, 8진수와의 관계

10진수	2진수(2진화 8진수)	8진수	10진수	2진수(2진화 8진수)	8진수
0	000	0	8	001 000	10
1	001	1	9	001 001	11
2	010	2	10	001 010	12
3	011	3	11	001 011	13
4	100	4	12	001 100	14
5	101	5	13	001 101	15
6	110	6	14	001 110	16
7	111	7	15	001 111	17

8진법과 10진법과의 관계는 8진수를 8의 지수 승(8^N)으로 표현하면 쉽게 이해할 수 있다. 예로 $(2571)_8$은 다음과 같은 의미다.

$$8\text{진수의 표현: } (2571)_8 = 2\times8^3 + 5\times8^2 + 7\times8^1 + 1\times8^0$$

그리고 8의 지수 승을 계산하면 다음처럼 10진수로 표현할 수 있다.

$$10\text{진수의 표현: } 2\times512 + 5\times64 + 7\times8 + 1\times1 = (1401)_{10}$$

결과적으로 제시된 8진수와 10진수 값은 서로 동일하다.

$$(2571)_8 = (1401)_{10}$$

16진법

16진법도 8진법과 마찬가지로 2진법의 표현을 좀 더 단순하게 하고 편하게 인식하도록 사용한다. 16진법(hexadecimal notation)은 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9와 A, B, C, D, E, F의 기호를 사용한다. 즉 10진법의 10~15까지의 수가 16진법에서는 A, B, C, D, E, F로 표현되는 것이다. 그리고 각 자리에서 15 다음에 자리 올림이 발생한다. 이때 자리 올림으로 생성되는 각 자리의 단위는 16의 지수 승(16^N)이 된다.

16진법으로 표현한 수를 16진수라고 하며 다른 진법으로 표현된 진수와 구별하기 위해서 첨자로 16을 표시한다. 16진수 $(12FF)_{16}$는 다음과 같이 16의 지수 승으로 분해된다.

$$(12FF)_{16} = 1 \times 16^3 + 2 \times 16^2 + F \times 16^1 + F \times 16^0$$

[그림 1−13]은 자릿수에 해당하는 16진수를 표현한 것이다.

16^5	16^4	16^3	16^2	16^1	16^0
0	0	1	2	F	F

[그림 1−13] 16진수 $(12FF)_{16}$의 표현

16진법에서 자리 올림의 개념을 10진법과 비교해보자. 10진법에서의 경우 $(9)_{10}$ 다음의 숫자는 하나의 자리 올림이 생겨서 $(10)_{10}$이 되는 것처럼, 16진법에서는 $(F)_{16}$ 다음에 자리 올림이 생겨 $(10)_{16}$이 된다. 또한 10진법에서 $(99)_{10}$ 다음에 $(100)_{10}$이 되는 것처럼, 16진법에서는 $(FF)_{16}$ 다음에 $(100)_{16}$이 된다.

16진법은 4자리의 2진수를 1자리의 16진수로 짧게 표시할 수 있다. [표 1−6]은 10진수, 2진수, 16진수를 비교한 것이다. 2진화 16진수는 2진수를 4자리씩 구분하여 표시한 것으로 16진수의 1자리씩 대응한다. [표 1−6]에서 2진수 $(0001\ 0100)_2$은 8비트로 구성되고, 자릿수가 많아 사람이 표시하고 확인하기 복잡하다. 16진수로 표현하면 $(14)_{16}$로 간단하게 표현되며 2진수의 하위 비트 0100은 16진수 하위 자리수의 값 4에 대응되고, 2진수의 상위 비트 0001은 16진수 상위 자릿수의 값 1에 대응된다.

[표 1−6] 2진수, 10진수, 16진수와의 관계

10진수	2진수(2진화 16진수)	16진수	10진수	2진수(2진화 16진수)	16진수
0	0000	0	10	1010	A
1	0001	1	11	1011	B
2	0010	2	12	1100	C
3	0011	3	13	1101	D
4	0100	4	14	1110	E
5	0101	5	15	1111	F
6	0110	6	20	0001 0100	14
7	0111	7	50	0011 0010	32
8	1000	8	248	1111 1000	F8
9	1001	9			

16진수와 10진수의 관계는 16진수를 16의 지수 승(16^N)으로 표시하면 쉽게 얻을 수 있다. 다음의 16진수를 분해해보자.

$$16\text{진수의 표현: } (F3)_{16} = 15 \times 16^1 + 3 \times 16^0$$

그리고 16의 지수 승을 계산하면 다음처럼 10진수로 표현할 수 있다.

$$10\text{진수의 표현: } 15 \times 16 + 3 \times 1 = (243)_{10}$$

결과적으로 제시된 16진수는 다음의 10진수 값과 동일하다.

$$(F3)_{16} = (243)_{10}$$

3. 진법 변환

수 체계에서 공부한 10진법, 2진법, 8진법, 16진법 간의 변환을 생각해보자. 다른 진법에서 10진법으로의 변환은, 각 진수를 진법의 지수 승으로 표현하고 그 합을 구하면 쉽게 구할 수 있다. 반대로 10진법에서 각 진법으로의 변환은 10진수를 각 진수의 지수 승으로 분해하고 나머지를 구해야 얻어진다. 각각의 변환 관계를 살펴보자.

10진법과 2진법 간의 변환

각 진법에서 진수를 진법의 지수 승으로 표현하면 다음과 같다.

$$M \times B^E$$

여기서, M을 가수(significand)라고 하며, 10진법에서는 0~9의 값을 갖고, 2진법에서는 0과 1의 값을 갖는다. 또한 8진법에서는 0~7의 값을 갖고 16진법에서는 0~F의 값을 갖는다. 그리고 B는 기수(base)라고 하며, 10진법에서는 10이 되고 2진법에서는 2가 된다. 또한 8진법에서는 8이고 16진법에서는 16이 된다. 그리고 E는 지수(exponent)라고 하며 정수의 값을 갖는다.

■ 2진법에서 10진법으로 변환

2진법에서 10진법으로 변환하는 방법을 알아보기 위해 2진수 $(11001011001)_2$를 2의 지수 승으로 분해해보자. 각 값을 더하면 10진수를 구할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
(11001011001)_2 &= 1\times2^{10} + 1\times2^{9} + 0\times2^{8} + 0\times2^{7} + 1\times2^{6} \\
&\quad + 0\times2^{5} + 1\times2^{4} + 1\times2^{3} + 0\times2^{2} + 0\times2^{1} + 1\times2^{0} \\
&= 1024 + 512 + 64 + 16 + 8 + 1 \\
&= (1625)_{10}
\end{aligned}
$$

■ 10진법에서 2진법으로 변환

10진법의 구성을 살펴보고자 10진수 $(1625)_{10}$를 10의 지수 승으로 분해하면 다음과 같다.

$$(1625)_{10} = 1\times10^{3} + 6\times10^{2} + 2\times10^{1} + 5\times10^{0}$$

따라서 앞에서 구한 2진수 $(11001011001)_2$의 결과와 함께 쓰면 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
(1625)_{10} &= 1\times10^{3} + 6\times10^{2} + 2\times10^{1} + 5\times10^{0} \\
&= 1\times2^{10} + 1\times2^{9} + 0\times2^{8} + 0\times2^{7} + 1\times2^{6} \\
&\quad + 0\times2^{5} + 1\times2^{4} + 1\times2^{3} + 0\times2^{2} + 0\times2^{1} + 1\times2^{0}
\end{aligned}
$$

이것은 $10^n + 10^{n-1} + \cdots + 10^0$으로 표현되는 수 체계가 $2^m + 2^{m-1} + \cdots + 2^1 + 2^0$으로 표현되는 수 체계로 변환이 가능하다는 것이다. 따라서 10진수에서 2진수로의 변환 방법을 알 수 있다.

10진수 $(1463)_{10}$을 2진수로 변환해보자. 우선, $(1463)_{10}$을 지수 승으로 표현한다.

$$
\begin{aligned}
(1463)_{10} &= 1\times10^{3} + 4\times10^{2} + 6\times10^{1} + 3\times10^{0} \\
&= A_m\times2^{m} + A_{m-1}\times2^{m-1} + \cdots + A_1\times2^{1} + A_0\times2^{0}
\end{aligned}
$$

2진수를 구하려면 각 지수에서의 가수 A_m을 구해야 한다. 먼저, 10진수에서 가수를 찾으려면 10진수 $(1463)_{10}$을 기수 10으로 나눈다.

$$
\begin{array}{r|l}
10 & 1463 \\ \hline
10 & 146 \cdots\cdots 3 \\ \hline
10 & 14 \cdots\cdots 6 \\ \hline
 & 1 \cdots\cdots 4
\end{array}
$$

나눗셈 과정에서 발생하는 나머지 값들이 10진수의 가수가 되는 것을 확인할 수 있다. 첫 번째 나눗셈에서 발생하는 나머지 3은 10^0의 가수가 된다. 두 번째 나눗셈에서 발생하는 나머지 6은 10^1의 가수가 된다. 세 번째 나눗셈에서 발생하는 나머지 4는 10^2의 가수가 된다. 마지막으로 남은 나머지 1은 10^3의 가수가 된다. 그리고 표시된 화살표 방향으로 나머지 값을 읽으면 10진수 $(1463)_{10}$이 된다.

이러한 과정을 통해서 10진법을 2진법으로 변경할 수 있다. 즉, 주어진 10진수를 2진수의 기수 2로 연속해서 나누고 이때 발생하는 나머지가 2진수의 가수들이 된다. 10진수 $(1463)_{10}$의 2진수 가수들을 구해보자.

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 1463 & \\ \hline
2 & 731 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 365 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 182 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 91 & \cdots\cdots 0 \\ \hline
2 & 45 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 22 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 11 & \cdots\cdots 0 \\ \hline
2 & 5 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
2 & 2 & \cdots\cdots 1 \\ \hline
 & 1 & \cdots\cdots 0
\end{array}
$$

첫 번째 나눗셈에서 나머지 1은 2^0의 가수가 되고 두 번째 나눗셈에서 나머지 1은 2^1의 가수가 된다. 열 번의 나눗셈을 수행하여 열 한 개의 나머지를 얻을 수 있다. 따라서 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$
\begin{aligned}
(1463)_{10} &= 1\times2^{10} + 0\times2^9 + 1\times2^8 + 1\times2^7 + 0\times2^6 \\
&\quad + 1\times2^5 + 1\times2^4 + 0\times2^3 + 1\times2^2 + 1\times2^1 + 1\times2^0
\end{aligned}
$$

결과적으로 화살표 방향으로 읽으면 2진수 $(10110110111)_2$을 구할 수 있다.

$$(1463)_{10} = (10110110111)_2$$

10진수 $(41)_{10}$을 2진수로 변환해보자. 10진수 $(41)_{10}$을 2진수의 기수 2로 연속해서 나누면 다음과 같다.

$$
\begin{array}{r|l l}
2 & 41 & \\
2 & 20 & \cdots\cdots 1 \\
2 & 10 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 5 & \cdots\cdots 0 \\
2 & 2 & \cdots\cdots 1 \\
 & 1 & \cdots\cdots 0
\end{array}
$$

나눗셈 과정에서 생성된 나머지들이 각 자리에서 가수이므로 제시된 화살표 방향으로 정렬하면 다음과 같은 결과를 얻는다.

$$(41)_{10} = (101001)_2$$

10진법과 8진법 간의 변환

■ 8진법에서 10진법으로 변환

8진수에서 10진수로의 변환은 2진수와 마찬가지로 8진수를 8의 지수 승으로 분해하고 모두 더하면 쉽게 구할 수 있다. 8진수 $(2613)_8$을 10진수로 변환해보자.

$$
\begin{aligned}
(2613)_8 &= 2\times8^3 + 6\times8^2 + 1\times8^1 + 3\times8^0 \\
&= 1024 + 384 + 8 + 3 \\
&= (1419)_{10}
\end{aligned}
$$

■ 10진법에서 8진법으로 변환

10진수를 8진수로 변환하는 것은 $10^n + 10^{n-1} + \cdots + 10^0$으로 표현되는 수 체계를 $8^m + 8^{m-1} + \cdots + 8^1 + 8^0$으로 표현되는 수 체계로 변환하는 것이다. 10진수 $(1419)_{10}$는 다음과 같이 10의 지수 승과 8의 지수 승으로 표현되어 8진수로 변환한 값을 얻을 수 있다.

$$
\begin{aligned}
(1419)_{10} &= 1\times10^3 + 4\times10^2 + 1\times10^1 + 9\times10^0 \\
&= 2\times8^3 + 6\times8^2 + 1\times8^1 + 3\times8^0 = (2613)_8
\end{aligned}
$$

10진수 $(314)_{10}$를 8진수로 변환해보자. 우선 10과 8의 지수 승으로 표현하면 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
(314)_{10} &= 3\times10^2 + 1\times10^1 + 4\times10^0 \\
&= A_m\times8^m + A_{m-1}\times8^{m-1} + \cdots + A_1\times8^1 + A_0\times8^0
\end{aligned}
$$

8의 지수 승에서 가수 A_m은 주어진 10진수를 연속해서 8로 나눠서 얻어지는 나머지가 된다.

$$\begin{array}{r|l}
8 & \underline{\;314\;} \\
8 & \underline{\;\;39\;} \cdots\cdots 2 \\
 & \;\;\;4 \;\;\cdots\cdots 7
\end{array}$$

첫 번째 나눗셈으로 얻어지는 나머지 2는 8^0의 가수이고 두 번째 나눗셈으로 얻어지는 나머지 7은 8^1의 가수가 된다. 그리고 마지막 나머지 4는 8^2의 가수가 된다.

$$(314)_{10} = 4\times8^2 + 7\times8^1 + 2\times8^0$$

따라서 8진수로 변환한 결과는 다음과 같다.

$$(314)_{10} = (472)_8$$

10진법과 16진법 간의 변환

■ 16진법에서 10진법으로 변환

16진수를 10진수로 변환하려면 16진수를 16의 지수 승으로 분해하고 각 값을 더하면 구할 수 있다. 16진수 $(12E0)_{16}$을 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$(12E0)_{16} = 1\times16^3 + 2\times16^2 + 14\times16^1 + 0\times16^0 = (4832)_{10}$$

■ 10진법에서 16진법으로 변환

10진수를 16진수로 변환하는 것은 $10^n + 10^{n-1} + \cdots + 10^0$으로 표현되는 수 체계를 $16^m + 16^{m-1} + \cdots + 16^1 + 16^0$으로 표현되는 수 체계로 변환하는 것이다. 10진수 $(4832)_{10}$는 다음과 같이 10의 지수 승과 16의 지수 승으로 표현되어 16진수로 변환할 수 있다.

$$\begin{aligned}(4832)_{10} &= 4\times10^3 + 8\times10^2 + 3\times10^1 + 2\times10^0 \\ &= 1\times16^3 + 2\times16^2 + 14\times16^1 + 0\times16^0 = (12E0)_{16}\end{aligned}$$

10진수 $(958)_{10}$을 16진수로 변환해보자. 우선 10과 16의 지수 승으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(958)_{10} &= 9\times10^2 + 5\times10^1 + 8\times10^0 \\ &= \mathrm{A_m}\times16^{\mathrm{m}}+\mathrm{A_{m-1}}\times16^{\mathrm{m}-1} + \cdots + \mathrm{A_1}\times16^1 + \mathrm{A_0}\times16^0\end{aligned}$$

16의 지수 승에서 가수 A_m은 주어진 10진수를 연속해서 16으로 나눠서 얻어지는 나머지가 된다.

$$\begin{array}{r|l} 16 & 958 \\ \hline 16 & 59 \cdots\cdots \mathrm{E} \\ \hline & \;3 \cdots\cdots \mathrm{B} \end{array}$$

첫 번째 나눗셈으로 얻어지는 나머지 E는 16^0의 가수이고 두 번째 나눗셈으로 얻어지는 나머지 B는 16^1의 가수가 된다. 그리고 마지막 나머지 3은 16^2의 가수가 된다.

$$(958)_{10} = 3 \times 16^2 + \mathrm{B} \times 16^1 + \mathrm{E} \times 16^0$$

따라서 16진수로 변환된 결과는 다음과 같다.

$$(958)_{10} = (3\mathrm{BE})_{16}$$

2진법과 8진법 간의 변환

8진수는 2진수를 좀 더 편하게 표현하기 위해 만들어졌다. 3비트씩 구분된 2진수는 8진수의 각 자리와 대응되며, 두 진법 간의 변환은 대응되는 3비트 2진수와 8진수 각 자리 간에 독립적으로 변환된다.

■ 2진법에서 8진법으로 변환

8진법과 대응되도록 2진수를 3비트 단위로 분할하고, 각 3비트를 10진수로 변환한다. 3비트의 2진수는 최대 크기가 7을 넘지 않으므로 10진수로 변환된 결과는 8진법의 수 체계를 만족한다. 12비트 길이를 갖는 2진수 $(110010111110)_2$를 8진수로 변환해보자.

1단계: 3비트씩 그룹화한다.

$$(110\ \ 010\ \ 111\ \ 110)_2$$

2단계: 각 3비트씩 10진수로 변환한다. 변환된 10진수의 범위는 0~7이므로 8진법의 수 체계를 만족한다.

$$(110\ \ 010\ \ 111\ \ 110)_2 = (6\ 2\ 7\ 6)_8$$

검토를 위하여 2진수를 분할하지 않고 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$
\begin{aligned}
(110010111110)_2 &= 1\times2^{11} + 1\times2^{10} + 1\times2^{7} + 1\times2^{5} + 1\times2^{4} + 1\times2^{3} + 1\times2^{2} + 1\times2^{1} \\
&= 2048 + 1024 + 128 + 32 + 16 + 8 + 4 + 2 \\
&= (3262)_{10}
\end{aligned}
$$

그리고 8진수를 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$(6276)_8 = 6\times8^3 + 2\times8^2 + 7\times8^1 + 6\times8^0 = (3262)_{10}$$

결과적으로 동일한 결과를 얻었으므로 다음을 만족한다.

$$(1100101111100)_2 = (6276)_8$$

■ 8진법에서 2진법으로 변환

8진수에서 2진수로의 변환은 2진수에서 8진수로 변환의 반대 과정이다. 즉, 각 자리 8진수를 3비트의 2진수로 변환하여, 하나의 2진 비트열을 완성한다. $(1374)_8$를 2진수로 변환하는 과정을 살펴보자.

1단계: 각 자리별로 2진수로 변환한다.

$$(1374)_8 = (001\ 011\ 111\ 100)_2$$

2단계: 3비트씩 구분된 2진수를 하나의 비트열로 만든다.

2진법과 16진법 간의 변환

16진수도 8진수와 마찬가지로 2진수를 좀 더 편하게 표현하기 위해 만들어졌다. 4비트씩 구분된 2진수는 16진수의 각 자리와 대응되며, 두 진법 간의 변환은 대응되는 4비트 2진수와 16진수 각 자리 간에 독립적으로 변환된다. 이 변환 과정에서 대응되는 진수들은 10진수로 변환하는 중간 단계를 경유한다.

■ 2진법에서 16진법으로 변환

2진수를 4비트 단위로 분할하고, 각각의 4비트들을 10진수로 변환한다. 이것을 다시 16진수로 변환한다. 16비트인 2진수 $(0011001011111000)_2$을 16진수로 변환해보자.

1단계: 4비트씩 분할한다.

$$(0011\ \ 0010\ \ 1111\ \ 1000)_2$$

2단계: 4비트 단위로 10진수로 변환한다. 이때 변환된 10진수는 중간 단계의 값으로 2진수를 4비트로 분할하지 않고 한 번에 모든 비트를 10진수로 변환한 값과는 다르다. 그리고 4비트의 2진수를 10진수로 변환한 것이므로 최대 크기의 값은 15가 된다. 따라서 16진수에서 사용하는 수의 범위와 동일하다.

$$(0011\ \ 0010\ \ 1111\ \ 1000)_2 = (3\ 2\ 15\ 8)_{10}$$

3단계: 중간 단계의 10진수를 각각 16진수로 변경한다.

$$(0011\ \ 0010\ \ 1111\ \ 1000)_2 = (3\ 2\ 15\ 8)_{10} = (3\ 2\ F\ 8)_{16}$$

검토를 위하여 2진수를 분할 없이 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(0011001011111000)_2 &= 1\times2^{13} + 1\times2^{12} + 1\times2^9 + 1\times2^7 + 1\times2^6 + 1\times2^5 \\ &\quad + 1\times2^4 + 1\times2^3 \\ &= 8192 + 4096 + 512 + 128 + 64 + 32 + 16 + 8 \\ &= (13048)_{10}\end{aligned}$$

그리고 구해진 16진수를 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(32F8)_{16} &= 3\times16^3 + 2\times16^2 + 15\times16^1 + 8\times16^0 \\ &= 12288 + 512 + 240 + 8 = (13048)_{10}\end{aligned}$$

결과적으로 얻어진 두 10진수가 동일하므로 다음의 결과를 얻는다.

$$(0011001011111000)_2 = (32F8)_{16}$$

■ 16진법에서 2진법으로 변환

16진수에서 2진수로의 변환은 앞의 2진수에서 16진수로 변환의 반대 과정이다. 즉, 16진수에서 10진수로 변환하고 다시 2진수로 변환한다. 16진수의 각 자리별로 10진수로 변환하고, 10진수는 각각 4비트의 2진수로 변환한다. 16진수 $(C4D2)_{16}$를 2진수로 변환하는 과정을 살펴보자.

1단계: 각 자리별로 10진수로 변환한다.

$$(C\ 4\ D\ 2)_{16} = (12\ 4\ 13\ 2)_{10}$$

2단계: 변환된 10진수를 각 자리별로 2진수로 변환한다.

$$(C\ 4\ D\ 2)_{16} = (12\ 4\ 13\ 2)_{10} = (1100\ \ 0100\ \ 1101\ \ 0010)_2$$

3단계: 변환된 2진수를 16비트의 비트열로 만든다.

$$(C4D2)_{16} = (1100010011010010)_2$$

검토를 위하여 16진수를 분할 없이 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(C4D2)_{16} &= 12\times16^3 + 4\times16^2 + 13\times16^1 + 2\times16^0 \\ &= 49152 + 1024 + 208 + 2 = (50386)_{10}\end{aligned}$$

그리고 구해진 2진수를 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(1100010011010010)_2 &= 1\times2^{15} + 1\times2^{14} + 1\times2^{10} + 1\times2^7 + 1\times2^6 + 1\times2^4 + 1\times2^1 \\ &= 32768 + 16384 + 1024 + 128 + 64 + 16 + 2 \\ &= (50386)_{10}\end{aligned}$$

결과적으로 얻어진 두 10진수가 동일하므로 다음의 결과를 얻는다.

$$(C4D2)_{16} = (1100010011010010)_2$$

8진법과 16진법 간의 변환

8진수와 16진수는 모두 2진수를 좀 더 편하게 표현하기 위해 만들어졌다. 그래서 8진수와 16진수 간의 변환은 중간에 2진수 변환을 경유해서 수행하는 것이 편리하다.

■ **8진법에서 16진법으로 변환**

8진수 각 자리의 값을 각각 3비트 단위의 2진수로 변환하고 다시 4비트씩 분할해 16진수로 변환한다. 8진수 $(5323)_8$을 16진수로 변환해보자.

1단계: 8진수의 각 자리별로 3비트의 2진수로 변환한다.

$$(5323)_8 = (101\ \ 011\ \ 010\ \ 011)_2$$

2단계: 변환된 2진수를 4비트 단위로 재분할하고 10진수로 변환한다. 4비트의 2진수를 10진수로 변환한 것이므로 최대 크기의 값은 15가 된다. 따라서 16진수에서 사용하는 수의 범위와 동일하다.

$$(101\ \ 011\ \ 010\ \ 011)_2 = (1010\ \ 1101\ \ 0011)_2 = (10\ 13\ 3)_{10}$$

3단계: 중간 단계의 10진수를 각각 16진수로 변경한다.

$$(1010\ \ 1101\ \ 0011)_2 = (10\ 13\ 3)_{10} = (A\ D\ 3)_{16}$$

검토를 위하여 8진수를 분할 없이 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(5323)_8 &= 5\times8^3 + 3\times8^2 + 2\times8^1 + 3\times8^0 \\ &= 2560 + 192 + 16 + 3 = (2771)_{10}\end{aligned}$$

그리고 구해진 16진수를 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(AD3)_{16} &= 10\times16^2 + 13\times16^1 + 3\times16^0 \\ &= 2560 + 208 + 3 = (2771)_{10}\end{aligned}$$

결과적으로 얻어진 두 10진수가 동일하므로 다음의 결과를 얻는다.

$$(5323)_8 = (AD3)_{16}$$

■ 16진법에서 8진법으로 변환

16진법에서 8진법으로의 변환은 8진수를 16진법으로 변환하는 과정의 반대 과정이다. 그래서 16진수는 10진수로 변화되고 각 자리의 값은 다시 4비트의 2진수로 변환된다. 그리고 2진수는 다시 3비트로 재분할하고 이것을 8진수로 변환하면 결과를 얻을 수 있다. 16진수 $(4B2)_{16}$를 8진수로 변환하는 과정을 살펴보자.

1단계: 각 자리별로 10진수로 변환한다.

$$(4\ B\ 2)_{16} = (4\ 11\ 2)_{10}$$

2단계: 변환된 10진수를 각 자리별로 4비트의 2진수로 변환한다.

$$(4\ B\ 2)_{16} = (4\ 11\ 2)_{10} = (0100\ \ 1011\ \ 0010)_2$$

3단계: 변환된 2진수를 3비트씩 재분할하고 8진수로 변환한다.

$$(0100\ \ 1011\ \ 0010)_2 = (010\ 010\ 110\ 010)_2 = (2262)_8$$

검토를 위하여 16진수를 분할 없이 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(4B2)_{16} &= 4\times16^2 + 11\times16^1 + 2\times16^0 \\ &= 1024 + 176 + 2 = (1202)_{10}\end{aligned}$$

그리고 구해진 8진수를 10진수로 변환하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}(2262)_8 &= 2\times8^3 + 2\times8^2 + 6\times8^1 + 2\times8^0 \\ &= 1024 + 128 + 48 + 2 = (1202)_{10}\end{aligned}$$

결과적으로 얻어진 두 10진수가 동일하므로 다음의 결과를 얻는다.

$$(4B2)_{16} = (2262)_8$$

요약

1 중앙처리장치

중앙처리장치(CPU: Central Processing Unit)는 컴퓨터 시스템 전체를 제어하는 장치로서 입력장치에서 데이터를 입력받아 처리한 후 출력장치와 기억장치로 보내는 일련의 과정을 수행하는 컴퓨터의 두뇌에 해당한다.

2 기억장치

기억장치(memory device)는 프로그램을 수행하는 데 필요한 데이터가 저장되는 장치로 내부 기억장치와 외부 기억장치로 나눌 수 있다.

3 입력장치와 출력장치

입력장치(input device)는 컴퓨터에서 처리할 데이터와 정보를 외부에서 읽어들인다. 즉, 처리하고자 하는 데이터를 제어장치의 명령에 따라 입력매체에서 읽어서 기억장치로 보낸다. 출력장치(output device)는 컴퓨터 내부에서 처리된 결과를 사용자가 보거나 들을 수 있도록 출력매체를 통해서 출력한다. 모니터, 프린터, 스피커 등이 있다.

4 소프트웨어

소프트웨어(software)는 정보의 이동 방향과 정보처리의 종류를 지정하고 이러한 동작들이 일어나는 시간을 지정하는 명령의 집합으로 시스템 소프트웨어와 응용 소프트웨어로 구분된다.

5 컴퓨터의 세대별 발전 과정(논리회로의 구성 소자 기준)

1세대	2세대	3세대	4세대	5세대
진공관	트랜지스터	집적회로	고밀도 직접회로 초고밀도 직접회로	얼마나 인간다운가

6 컴퓨터 분류

분류 기준	종류
사용 목적	전용 컴퓨터, 범용 컴퓨터
사용 데이터	디지털 컴퓨터, 아날로그 컴퓨터, 하이브리드 컴퓨터
처리 능력	마이크로 컴퓨터, 미니 컴퓨터, 메인프레임 컴퓨터, 슈퍼 컴퓨터
구조	파이프라인 슈퍼 컴퓨터, 대규모 병렬 컴퓨터

요약/연습문제

7 컴퓨터에서의 정보 표현

주로 2진수로 자료를 표현하며, 10진수와 8진수 혹은 16진수를 사용하기도 한다.

- 2진법은 0, 1만 사용하여 정보를 표현한다.

$$(1101)_2 = 1\times2^3 + 1\times2^2 + 0\times2^1 + 1\times2^0$$

- 10진수에서 2진수로의 변환은 10진수를 2진수로 연속으로 나눈 나머지를 이용하는 방법과 $10^{n+2} + 10^{n+1} + 10^n$으로 표현되는 수 체계를 $2^{n+2} + 2^{n+1} + 2^n$로 표현되는 수 체계로 변환하는 방법 등이 있다.
- 2진수에서 10진수로의 변환은 10진수를 2진수로 변환하는 과정의 역 과정이다.

[연습문제]

1 컴퓨터 구성에서 하드웨어 장치를 열거하시오.

2 중앙처리장치를 구성하는 요소가 아닌 것은 무엇인가?

① 제어장치 ② 레지스터
③ 산술논리연산장치 ④ 직접 기억장치 액세스

3 컴퓨터의 CPU에는 임시 저장장치로 (①)가 존재한다. 수행 프로그램과 수행에 필요한 데이터를 기억하고 있는 장치를 (②)라고 한다.

4 다음의 기억장치 중에서 메모리 액세스 속도가 가장 빠른 것은 무엇인가?

① 하드 디스크 ② CD-ROM ③ 플로피 디스크 ④ RAM

5 다음은 기억장치에 관한 설명이다. 틀린 설명은 무엇인가?

① 주기억장치는 수행 프로그램과 수행에 필요한 데이터를 기억하고 있다.
② 주기억장치는 비교적 CPU에 접근 속도가 빠르며 많은 용량을 기억한다.
③ 외부 기억장치는 반영구적으로 데이터를 저장하고 보존한다.
④ 외부 기억장치는 주기억장치에 비해 가격은 고가이지만 속도가 빠르다.

6 컴퓨터 시스템을 제어하고 운영하는 프로그램을 (①) 소프트웨어라고 한다. 그리고 워드프로세서와 스프레드시트와 같이 특정한 작업을 위해서 만들어진 것을 (②) 소프트웨어라고 한다.

7 다음 중에서 시스템 소프트웨어에 해당하는 것은 무엇인가?
① 워드프로세서 ② 윈도우 XP
③ 스프레드시트 ④ 웹 브라우저

8 다음은 컴퓨터에서의 정보 표현을 설명한 것이다. 올바른 설명은 무엇인가?
① 10진수로 자료를 표현한다.
② 데이터 1비트를 기본으로 0, 1 두 개의 숫자를 표시한다.
③ 0~7의 숫자를 이용한다.
④ 비트 수가 늘어나면 컴퓨터의 연산 속도가 증가한다.

9 8비트로 표현할 수 있는 2진수는 몇 개인가?

10 10진수 55를 2진수로 표현하기 위해서는 최소 몇 비트가 필요한가?

11 MSB(Most Significant Bit)와 LSB(Least Significant Bit)를 설명하시오.

12 다음의 수에서 8진수가 아닌 것은 무엇인가?
① 19 ② 451 ③ 670 ④ 77053

13 8진수 10을 10진수로 표현하면 얼마인가?
① 8 ② 9 ③ 01 ④ 10

14 16진수 B는 10진수로 (①)이다. 2진수 1101은 10진수로 (②)이다.

15 컴퓨터에서 정보는 2진수로 표현된다. 4비트로 표현할 수 있는 2진수의 조합은 (①)개다. 16진수 B는 10진수로 (②)이다. 2진수 1101은 10진수로 (③)이다.

연습문제

16 세대별 컴퓨터 발전에서 최초로 캐시기억장치를 사용한 세대는 (①)이다. 처리 성능과 규모에 따른 분류에서 대용량의 저장장치를 보유하여 다중 입출력 채널을 이용한 고속의 입출력 처리 능력을 보유한 컴퓨터는 (②)이다. 구조에 따른 분류에서 하나의 시스템 내에 상호 연결된 수백 혹은 수천 개 이상의 프로세스들을 포함하고 있는 것을 (③)라고 한다.

17 컴퓨터의 구조는 5세대까지 발전하였다. 빈 칸의 하드웨어 특징을 채우시오.

1세대 컴퓨터	2세대 컴퓨터	3세대 컴퓨터	4세대 컴퓨터	5세대 컴퓨터
진공관	①	집적회로	LSI	②