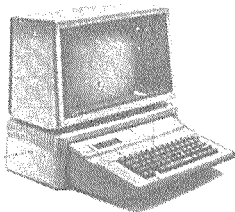


吳 吉 祿
韓國電子通信研究所
컴퓨터연구부장 / 工博

컴퓨터 기술의 발전동향과 미래



I. 머리말

1. 정보사회의 도래

스탠포드 대학의 McCarthy교수는 궁극적으로 전 인류의 60%가 컴퓨터 프로그램 작성에 참여할 것이며^[2], 75% 가량의 직종이 정보처리와 어떤 관계를 가질 것이라고 추정하여 정보사회의 도래를 암시하였으며, 일부 연구에 의하면 미국, 일본 등 선진국은 이미 60~70년대에 걸쳐 정보사회로 진입한 것으로 판단하고 있다.^[3]

정보사회란 정보시스템이 고도화된 사회로서 컴퓨터의 보급이 일반화되고, 사회의 모든 분야를 유기적으로 결합하는 통신망이 구축되어, 사람들이 원하는 정보서비스를 저렴한 가격으로 신속하고 정확하게 제공받을 수 있는 사회를 의미한다.^[4]

이러한 정보사회의 개념은 다니엘 벨이 제정한 탈공업사회(Post Industrial Society), 알빈 토플러의 제3의 물결에 의한 사회, 또는 탈물질사회, 정보기반 사회라는 개념과 기본적인 맥락을 같이 하는 것으로서 그 공통점은 지식 또는 정보의 가치가 사회의 중심 자원이 되는 고도의 지식창조사회를 말한다.^[5, 6, 7, 8]

정보사회의 모습은 현재의 산업사회의 그것과는 매우 다를 것으로 보여지는데, 구체적인 면면을 개관하면 다음과 같이 요약할 수 있다.^[9, 10, 11, 12, 13]

첫째, 개인생활에 있어서는 육체노동의 비율이 감소하고 여가가 풍부해짐에 따라 보다 창조적인 업무에 전념할 수 있게 될 것이다.

둘째, 가정생활에 있어서는 가사업무의 대부분이 자동화되어, 가족간 대화의 기회가 많아지며 핵가족화 추세가 심화될 것이다.

셋째, 기업경제활동은 전자자동화의 진전에 따라 생산성이 더욱 높아질 것이다.

넷째, 사회환경은 복지의료시스템, 재해방지

시스템 등의 구축으로 국민복지수준이 대폭 개선될 것이다.

다섯째, 정치행정업무는 전국적인 정보망의 구축으로 신속 원활화될 것이며, 직접 민주주의의 도입이 가능해질 것이다.

여섯째, 문화예술 측면에서는 자동통역, 인공지능기술의 발전으로 국제화가 가속될 것이다.

2. 정보기술과 컴퓨터

정보사회가 실현되기 위하여서는 이에 대한 필요성의 인식, 관련 산업 및 사업의 발전, 소요 기술 즉 정보기술의 개발이 필요한데,^[14] 이 중에서도 정보기술의 개발은 가장 핵심이 되는 선결조건이라고 판단된다.

정보기술이란 정보의 생성에서 소멸에 이르기까지 일체의 활동과 관련된 기술로서, 인체의 정보조직과 비교하여 다음과 같이 요약할 수 있다.

우선 인체의 정보조직 중 핵심부분인 두뇌에 해당되는 정보기술로서 정보의 처리, 저장, 통제 기능을 담당하는 컴퓨터 시스템이 있으며, 정보를 필요한 곳으로 전달하는 신경조직에 대응되는 것으로서 통신시스템을 손꼽을 수 있고, 눈, 코, 귀, 입, 피부 등 인체의 감각기관과 같이 외부의 정보를 수집하고 필요한 경우 의사표시를 하는 것으로 통칭 단말기로 표현되는 인식시스템을 들 수 있다.^[15]

이러한 기본적인 정보기술 외에도 이들을 구성하는 기본소자 즉 인체의 신경세포에 해당되는 반도체와, 인간의 육체를 조정통제하는 지식체계와 같이 눈에 보이는 하드웨어를 조정통제하는 소프트웨어를 정보기술의 범주에 포함시킬 수 있는 것이다.

이와 같은 정보기술 중에서도 컴퓨터기술은 가장 영향력이 큰 정보기술로서 거의 모든 생활에 응용되고 있으며, 2000년경에는 지금의 전화만큼 널리 보급될 것으로 예측되고 있어 소위 Computopia의 실현의 핵심이 되고 있다.^{[16, 17, 18, 19,}

20]

컴퓨터 기술을 발전단계별로 더욱 세분하여 보면 현재 통상적으로 사용하고 있는 일반컴퓨

터, 고속처리가 가능한 슈퍼컴퓨터, 추론능력을 갖춘 인공지능컴퓨터, 광기술을 응용한 광컴퓨터, 그리고 생물의 기능을 모방 또는 응용하는 생물컴퓨터로 나누어 볼 수 있는데, 이것은 또한 본 연구의 범위이기도 하다.

II. 컴퓨터의 탄생과 발전

1. 컴퓨터의 발전과정

일반적인 의미에서 현재 가장 널리 쓰이고 있는 컴퓨터, 즉 기억, 계산 등 논리전개에 필요한 최소한의 기본적인 기능을 수행할 수 있는 컴퓨터의 효시는 1946년 미국에서 Ekert가 개발한 ENIAC으로서 이것을 제 1세대 기종이라고 한다.

이후 컴퓨터는 아래의 <표 1>에서 보는 바와 같이 제 2세대, 제 3세대 등으로 발전함에 따라 기본구성소자가 진공관에서 트랜지스터를 거쳐 집적회로로 대체되면서, 제 2세대를 기준으로 볼 때 제 5세대가 크기는 30만분의 1로 줄고, 전체적인 처리속도는 약 1만배, 단위 칩당 집적도는 약 100만배, 신뢰도는 약 1천배로 늘어나는 등 성능이 대폭 향상되었다. 특히 가격면에서의 하락은 현저하여 지난 10년간의 가격하락 비율이 자동차에 적용된다면 롤스로이스의 현재 가격은 약 100원 정도가 되리라고 한다.^[23, 24, 25, 26]

현재 일반 컴퓨터는 통상적으로 용량, 처리속도, 가격 등을 기준하여 퍼스널, 미니, 마이크로, 메인 프레임 등으로 구분되고 있는데, 소형기종의 기능이 점차 강화되어 상위 기종의 기능을 겸비함에 따라 이 구분이 모호해지고 있으며, 소

표 1 일반 컴퓨터 기술의 발전 동향

구분	사용연대	기본소자	처리속도 ¹⁾	집적도 ²⁾
제 1세대	1950	진공관	10 ⁻³	-
제 2세대	1960	트랜지스터	10 ⁻⁶	1
제 3세대	1970	IC	10 ⁻⁹	10 ²
제 4세대	1980	VLSI	10 ⁻¹²	10 ⁶

자료: 「컴퓨터 기술개발동향과 우리의 대응책」

한국전자통신연구소 내부자료

주 1) 단위: 초

2) 1 칩당 소자수

형과 대형의 두 종류로 양극화되는 현상을 보이고 있다.^{127, 28)}

2. 컴퓨터의 한계와 극복방향

현재의 컴퓨터는 세상에 탄생되지 불과 40여년 사이에, 지금까지의 어떤 기술부문에서도 유례를 찾아볼 수 없을 만큼, 급격한 성장을 이룩하였다. 그러나 점차 다양해지고 있는 새로운 요구를 충족시킬 기술력은 한계를 보이기 시작하고 있는데, 이를 유형별로 집적도, 처리속도, 추론기능, 신뢰도, 환경적응력으로 나누어 그에 대한 극복방향과 함께 정리하면 다음의 <표 2>와 같이 된다.

첫째, 기존 컴퓨터의 주소재인 실리콘소자의 집적도는 현재의 기술수준으로 볼 때 거의 한계치에 도달하여,¹²⁹⁾ 분자단위 또는 원자단위의 소자를 기초로 하는 분자컴퓨터 또는 원자컴퓨터의 개념이 나타나고 있으며, 특히 분자소자는 생물컴퓨터와 밀접한 관련을 맺고 있다.¹³⁰⁾

둘째, 일반 대형컴퓨터의 처리속도는 사이클 타임을 기준으로 볼 때 50나노초 내외가 되어¹³¹⁾ 수요증가가 예상되는 대규모 과학기술계산에 필요한 1나노초의 요구에 훨씬 못미치고 있다. 이를 해결하기 위하여 개발 보급되고 있는 것이 슈퍼 컴퓨터로서 앞으로 광 컴퓨터의 등장으로 더욱 고속화될 것으로 보여진다.

셋째, 지금까지의 컴퓨터는 미리 정해진 프로그램에 따라 주어진 자료에 의해서만 문제의 분석이 가능하므로, 인간과 같이 능동적으로 문제를 해결할 수 있는 능력이 결여되어 있다. 이를 해결하기 위한 대책으로서 인공지능컴퓨터가 연구되고 있다.

네째, 전자적인 작동을 기본으로 하고 있는 지금의 컴퓨터는 전자기파의 유도장애를 받는 등 환경에 의하여 영향을 받아 시스템이 불안정한데, 이와 같은 불안정요인은 광컴퓨터가 개발되면 해소될 것으로 예측된다.

다섯째, 현재의 컴퓨터는 생물이나 인간과 같이 환경의 변화에 따라 그에 적절한 적응을 하는 환경적응력, 즉 유연성의 여지가 없다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위하여서 생물체의

정교한 적응기능을 모방하기 위한 연구가 진행되고 있으며, 이를 생물컴퓨터라고 지칭하고 있다.

표 2 일반 컴퓨터의 발전 방향

발전 목표	궁극적인 발전방향
대 용 량 화	분자 / 원자 컴퓨터 개발 등장
고 속 화	수퍼 / 광컴퓨터로 진화
지 능 화	인공지능컴퓨터로 발전
안 정 화	광컴퓨터로 대체
환 경 적 응	생물컴퓨터의 대두

3. 컴퓨터와 집적도

현재 컴퓨터기술의 주류는 칩의 집적도 향상에 있는데, 이와 같은 현상은 컴퓨터구조가 아무리 바뀌더라도 계속될 것으로 보여진다. 특히 최근 미국 국방성의 VHSIC (Very High Speed Integrated Circuit) 계획에 참여하고 있는 TWR사의 캘리포니아 연구소에서는 1개의 칩에 3천5백만개의 소자를 집적할 수 있는 수퍼 칩을 개발하여 집적기술의 한계영역을 넓혀준 바 있다.¹³²⁾

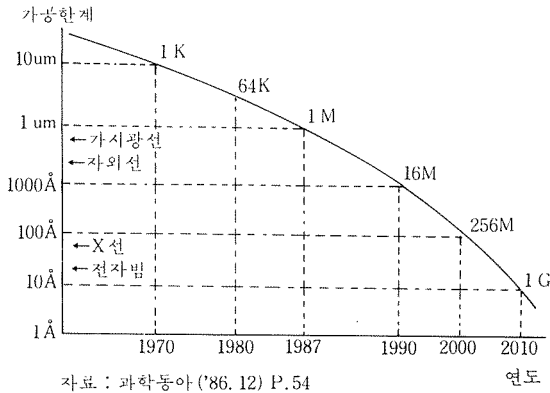
현재 집적기술의 수준은 DRAM (Dynamic Random Access Memory)을 기준으로 할 때 다음의 (그림 1)과 같이 87년 현재 1M (Mega Bit) 수준에 있으며 90년경에는 16M, 2000년경에는 256M, 2010년경에는 1G (Giga Bit) 수준의 기술이 개발될 것으로 예견되고 있다.

아마도 이와 같은 1G 수준의 집적이 현재의 입장에서 볼 때 한계가 될 것으로 보이는데, 이 단계부터는 분자단위의 가공이 필요할 것이며, 좀더 상상을 진전시켜 본다면, 기술적인 실현가능성은 잘 모르겠지만, 원자를 소자단위로 하는 칩의 개념도 상상하여 볼 수 있다. 이렇게 되면 거의 에너지 손실이 없는 “가역적인 머신”으로 될 것이다.¹³³⁾ 이러한 의미에서 “분자컴퓨터”도 개념적으로 가능할 것으로 보인다.

Ⅲ. 수퍼컴퓨터의 등장

1. 수퍼컴퓨터의 개념

수퍼컴퓨터 (Super Computer)란 기존의 일반



자료 : 과학동아 ('86. 12) P. 54
 수 1) 1A = 1/10,000um
 2) K = Kilo bit, M = Mega bit, G = Giga bit

그림 1 집적회로의 소형화와 가공의 한계

컴퓨터보다 여러가지 면에서 성능이 우수한 컴퓨터로서, 특히 처리속도가 50M FLOPS 이상으로 기존 대형 컴퓨터에 비해 월등히 빠른 컴퓨터를 말한다. 슈퍼컴퓨터가 등장하게 된 동기는 기존 컴퓨터로서는 우주개발, 기상예측, 지진 분석, 원자력개발 등 대규모 과학계산에 있어 시간이 너무 오래 걸리고 일부 분야는 계산조차 불가능하기 때문이었다. [34, 35]

이와 같은 사실은 기존의 대형 컴퓨터와 슈퍼 컴퓨터의 성능을 비교한 <표 3>에 여실히 나타나 있다. 표에서 보는 바와 같이 처리속도인 사이클 타임에서 2~10배, 기억 용량에서 4~60 배 정도의 차이가 있으며 최고성능 면에서도 자리수가 다를 정도의 현격한 차이가 있다. [36] 구체적인 예를 들면 초대형 컴퓨터로 50시간 걸리는 계산을 슈퍼컴퓨터는 1시간 정도에 해결할 수 있는 경우도 있다.

표 3 기존 컴퓨터와 슈퍼컴퓨터의 성능 비교

구 분	기존 컴퓨터 ¹⁾	슈퍼컴퓨터 ²⁾
사이클타임 (ns)	50~80	10~20
기억용량 (MB)	1~8	32~64
최고성능	3 MIPS 내외	400~800MFLOPS
유한 요소 분석	주단위	시간단위

자료 : 전자산업발전 민간협의회, 전자산업의 중장기전망, 1986. P. 217

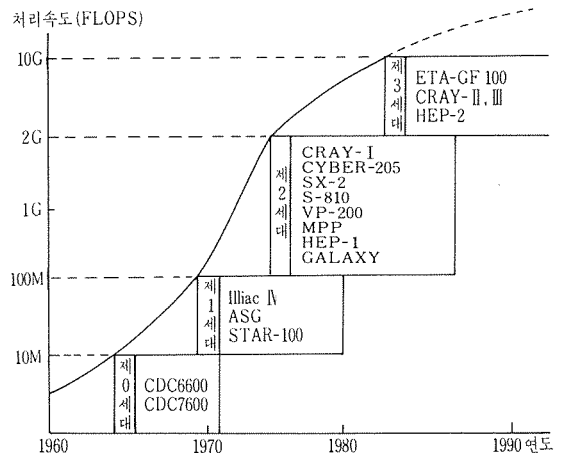
수 1) IBM 3032, CYBER 170~835 등 대형기종 기준
 2) CYBER X-MP/24, CYBER 205 기준

2. 슈퍼컴퓨터의 발전과정

슈퍼컴퓨터는 다음의 (그림 2)에서 보는 바와 같이 1960년대의 태동기로부터 출발하여 제1세대, 제2세대를 거쳐 현재는 제3세대 기종의 실현을 바라보고 있다. [37]

슈퍼컴퓨터는 당시로서는 최고수준이었던 처리 속도 10M FLOPS 정도의 CDC6600 및 CDC 7600을 원형으로 하여 1960년대부터 가능성이 모색되어 왔다. 이러한 기종을 슈퍼컴퓨터의 효시라는 의미에서 0세대 기종이라고 한다.

이를 기반으로 슈퍼컴퓨터가 실제로 탄생된 것은 제1세대 기종인 10~100M FLOPS 사이의 제품이 나타나게 된 1970년대로서, Burroughs사의 Illiac VI, CDC의 STAR-100, TI의 ASG 등이 이에 속한다. 그러나 수요가 적고, 사용자가 원하는 기능을 충분히 만족시킬 수 없어 전체적으로 제1세대 기종의 성과는 실패작으로 평가되었다.



자료 : 조인준, 남상우, '슈퍼컴퓨터 개발동향 및 전망', 한국전자통신연구소, P. 6

그림 2 슈퍼컴퓨터 발전 과정

이러한 실패를 교훈으로 삼아 여러 방면으로 노력을 기울인 결과, 1976년 S. Cray는 제2세대인 CRAY-I 기종을 만들었는데, 이것이 본격적인 슈퍼컴퓨터 시대를 여는 기폭제가 되었다. 제2세대 기종으로서는 100M~2G FLOPS 사이의 성능을 지닌 CYBER-205, SX-2, VP-200 등이 있다.

현재 슈퍼컴퓨터는 2G FLOPS의 벽을 돌파하려는 시점에 있으며, 연구개발이 순조롭게 진행되면 10G FLOPS의 실현도 가능할 것으로 전망되고 있다. 이와 같이 2~10G FLOPS의 기종을 제 3세대 슈퍼컴퓨터라고 할 수 있는데, CRAY-II, CRAY-III, ETA-GF10, HEP-2 등이 이 범주에 속하는 기종들이다. 특히 곧 출하될 것으로 보이는 CRAY-III에서 최초로 GaAs 소자를 응용함으로써 슈퍼컴퓨터의 새로운 장을 열어줄 것으로 기대하고 있다.

3. 슈퍼컴퓨터의 현황

슈퍼컴퓨터 업계는 초창기부터 민간주도형으로 꾸준히 기술개발력을 축적해왔던 미국과, 80년대 들어 국가적인 정책수준에 힘입어 새로이 경쟁대열에 뛰어든 일본의 과점형태로 되어 있다.

70년대말 전세계적으로 불과 20여대에 불과하던 슈퍼컴퓨터는 1984년 80여대, 1985년 121대, 1986년 144대로 연평균 20대 정도의 증가세를 보이고 있는데, 미국의 Cray와 CDC가 생산의 93%를, 미국이 수요의 60% 이상을 차지하는 등 미국세가 절대적인 우위를 차지하고 있는 실정이다. 그러나 일본은 후지쓰, 히다찌 등의 노력으로 '86년도 수주 대수가 64대로 되어 획기적인 발전세를 보이고 있다.^[38, 39]

현재 슈퍼컴퓨터를 생산하고 있는 주요업체와 대표기종을 정리하면 다음의 <표 4>와 같다. 기술면에서 본다면 일본의 NEC가 1.3G FLOPS의 능력을 가진 SX-2기종을 개발하였으며, 뒤

표 4 슈퍼컴퓨터 기종별 현황

제작업체	대표기종	최고성능	기본구조	개발년도
Cray Research inc.	Cray-III	1.1G FLOPS	8 processor	'87
Control Data Co.	Cyber205	1.0G FLOPS	8pipeline	'86
Fujitsu Co.	VP 200	500M FLOPS	6pipeline	'82
Hitachi	S-810/20	630M FLOPS	16pipeline	'82
NEC	SX-2	1.3G FLOPS	16pipeline	'85

자료 : 과학기술처, 세계의 컴퓨터산업, 1984, P. 23을 기초로 보완한 것임.

이어 미국의 Cray도 유사한 성능의 기종을 개발하였다.^[40, 41] 이외에도 포에는 안나타나 있지만 Denelcor, ETA System, NAS, Amdahl, CONVEX 등 신규 참여업체가 속속 늘어나고 있다.^[42, 43]

4. 슈퍼컴퓨터 기술 개발동향

슈퍼컴퓨터의 개발은 제 3세대의 목표치인 10G FLOPS를 달성하기 위하여 미국과 일본이 치열한 경쟁을 벌이고 있는데, 일본의 경우 1982년 1억불의 예산으로 시작하여 1989년에 달성할 계획으로 추진하고 있으며, 미국은 CDC, CRI, Denelcor 등이 추진하고 있어 10G FLOPS의 기능은 1987년 출하될 CDC의 CRAY-III에 의하여 성취될 것으로 거의 확실시되고 있다. 이 밖에 프랑스도 1984년 Isis라는 슈퍼컴퓨터 개발 계획을 수립하여 추진하고 있어 개발양상이 점차 치열해지고 있다.

이러한 10G 슈퍼컴퓨터를 달성하기 위하여서는 아키텍처측에서 병렬구조의 채택, 새로운 고속소자의 응용, Data Flow Machine의 개발 등 혁신적인 기술발전이 불가피한 것으로 인식되고 있다.

우선 아키텍처에 대한 현재의 연구는 병렬분석 및 처리를 위하여 필요한 새로운 하드웨어의 개발에 일차 목표를 두고 있으며 이와 아울러 자주 사용되는 알고리즘의 병렬성을 찾는 방법도 강구되고 있다.^[44, 45]

다음으로 새로운 고속소자를 개발하려는 측면에서는 실리콘 소자의 물성에 따른 한계를 극복하기 위하여 새로운 소자에 대한 연구를 진행하고 있는데, 이에 는 조셉슨소자, 화합물소자, HE-MT, 탄도 트랜지스터, 초격자소자 등이 있다.^[46, 47]

또한 일반적인 프로그램의 근본적인 병렬성을 찾기 위한 Data Flow Machine은 검증, 하드웨어 개발의 단계를 거쳐 현재는 이러한 시스템의 성능을 평가하고 있으나, 아직까지 그 효율성이 인정될 만큼 충분한 근거를 찾지 못하고 있다.

5. 슈퍼컴퓨터의 미래

슈퍼컴퓨터의 고속화는 어디까지 갈 것인가?

이에 대한 해답을 얻고자 하는 것은 지금으로서 다소 시기상조인 점도 있지만 현재 진행되고 있는 개발계획을 기초로 하여 예측하면 다음의 (그림 3)과 같이 요약할 수 있을 것이다.

우선 현재의 슈퍼컴퓨터 중 가장 빠른 것은 1G FLOPS 내외의 SX-2, CRAY-III인데, 미국과 일본이 10G FLOPS의 돌파를 위해 치열한 경쟁을 벌이고 있어, 90년대 초까지는 병렬처리 방식에 의하여 이러한 목표가 달성될 수 있을 것이며, 이때 쯤이면 1chip 슈퍼컴퓨터도 가능해질 것으로 전망된다.^[48, 49]

또한 Data Flow Machine 등이 완성되고 화합물 반도체가 본격적으로 슈퍼컴퓨터에 응용되기 시작하면 90년대 중반쯤에는 20~200G FLOPS의 벽도 돌파할 수 있을 것으로 예측되고 있다.^[50]

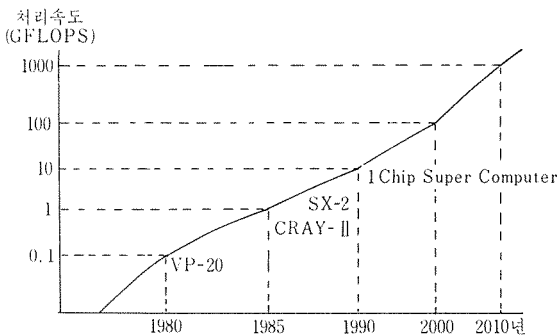


그림 3 슈퍼컴퓨터의 고속화 전망

IV. 인공지능컴퓨터의 연구개발

1. 인공지능컴퓨터의 개요

인공지능컴퓨터 (Artificial Intelligent Computer)란 일반 컴퓨터가 미리 설계된 프로그램에 따라 주어진 자료를 처리하여 한정된 결과를 분석하는데 비하여, 인간의 추론과정을 모방하여 알고리즘화함으로써 구체적인 문제처리 순서를 자동적으로 선택할 수 있도록 설계된 컴퓨터 시스템이다.^[52]

인공지능컴퓨터는 기존 컴퓨터가 채택하고 있는 폰노이만방식과 다른 방식을 택하기 때문에 非폰노이만형 컴퓨터라고도 하며, 추론형컴퓨터 (Inference Machine), 또는 제 5세대 컴퓨터라고

도 하는데 그 주요내용은 다음의 <표 5>와 같이 요약할 수 있다.^[53, 54, 55, 56]

표에서 보는 바와 같이 인공지능컴퓨터의 내용은 사용자와 자연어에 의한 대화 또는 음성 및 영상정보를 직접적으로 이해할 수 있는 지적대화방식 (Intelligent Interface), 이러한 지식들을 저장하고 관리하기 위한 지식정보관리시스템 (Knowledge Base Management System), 수집된 지식들을 이용하여 추론을 수행하는 추론기구 (Logic Engine) 및 주위의 상황을 이해하고 이에 대응할 수 있는 학습기능을 주요내용으로 하고 있다.

표 5 인공지능컴퓨터의 주요 내용

구 분	세 부 내 용
지적대화방식	자연어대화, 음성/영상 정보 입출력
지식정보관리시스템	지식정보의 저장 및 관리 매체
추론기구	축차 추론기계 등 추론과정의 개발
학습기능	주위상황을 이해하고 대응하는 기능

2. 인공지능기술의 역사

인공지능의 개념은 컴퓨터의 탄생 또는 그 이전부터 존재하고 있었다고 볼 수 있으나, 공식적으로는 1959년 미국 다트머스대학의 매카시가 한 회의석상에서 제창한 것이 시발점이 되었다. 이후 여러가지 우여곡절을 겪은 후, 1985년을 분기점으로 하여 최근 몇년 사이에 급격히 관심이 고조되고 있어 이 해를 인공지능기술의 원년이라고 표현하고 있다.^[57]

인공지능기술의 역사는 다음의 <표 6>에서 보는 바와 같이 5단계로 나누어 볼 수 있다.^[58]

초창기인 1950년대 이전에는 인간사고체계의 모방 탐색, 사이버네틱스이론의 등장 등으로 인공지능에 관한 기초개념이 형성되기 시작하여, 1965년까지의 여명기에는 게임, 정리증명, 기계번역, 패턴인식, LISP의 개발 등 인공지능의 가능성을 탐색하는 응용연구가 활발히 전개되었으나 기계번역의 참담한 실패로 1966년 ALPAC 보고서가 발표됨에 따라 인공지능연구는 일대타격을 받고 주춤거리게 되었다.^[59, 60]

그러나 1970년대에 들어서서 위와 같은 시행

착오를 밀거름으로 하여 보다 현실적인 접근이 시도되었는데 전문가시스템, 프레임이론, 지식공학 등이 대표적인 예라고 볼 수 있다. 이후 1980년대에 들어와서는 인공지능이 제5세대 컴퓨터의 핵심기술이라는 인식이 정착, 시스템기술로 전환되어 현재는 일대 전성기를 맞고 있는 실정이다.

표 6 인공지능기술의 역사

구분	연대	주요내용	세부사항
초창기	~1950	기초개념형성	인간사고 체계화, 사이버네틱스
여명기	~1965	가능성 탐색	게임, 정리증명, 기계번역, 패턴인식
동면기	~1970	일시적 담보	기계번역 실패 (ALPAC 보고서)
부흥기	~1980	실용화 연구	전문가시스템, 프레임이론, 지식공학
발전기	1980~	시스템 모색	차세대 컴퓨터 시스템으로 부각

자료 : 한국전자통신연구소, 주간기술동향 (TIS-85-49), P. 3

3. 인공지능기술개발 추진현황

차세대 컴퓨터기술로서 각광을 받고 있는 인공지능기술이 발달하게 된 이면에는 보다 다양한 기능을 갖는 컴퓨터에 대한 수요자의 욕구, 이를 충족시키기 위한 기업의 노력도 있었지만 보다 근본적인 것은 국가차원에서 연구개발 프로젝트를 추진이 원동력이 되었다고 볼 수 있다. 이와 같은 현상은 인공지능기술이 지니고 있는 잠재력이 워낙 큰 것으로 인식되기 때문인데, 국가별로 추진되고 있는 인공지능 관련 프로젝트를 살펴보면 <표 7>과 같다.

우선 선두주자인 미국은 국방성 산하 연구소인 DARPA(Defence Advanced Research Project Agency)에서 SCP(Strategic Computing Program) 계획과 민간기구인 MCC(Microelectronics and Computer Technology Co.)에서 인공지능컴퓨터를 연구하고 있다.^[61]

이를 뒤이어 일본은 1990년까지 정보기술분야에서 미국을 뒤따라 잡는다는 목표하에 연구조합인 ICOT(Institute for New Generation Computer Technology)에서 제5세대 컴퓨터 개발계획(FGP: Fifth Generation Project)을 추진하고 있다.^[62]

한편 제 3의 그룹으로서 유럽에서는 EC가 주관이 되어 ESPRIT(European Strategic Program

표 7 세계의 주요 인공지능 프로젝트

프로젝트	국가	담당기관	착·수 연·도	기간 (년)	예산 (억불)
SCP	미국	DARPA	1983	10	12
MCC	미국	MCC	1983	10	-
FGP	일본	ICOT	1982	10	5
ESPRIT	EC	EC	1983	10	18
PAIT	영국	Alvey위원회	1983	5	7

자료 : 한국전자통신연구소, 주간기술동향 (TIS-86-46), '86. 11. 22, P. 35

for R & D in Information Technology) 계획을 추진하고 있으며, 각 국가별로도 영국에서는 Alvey 위원회가 PAIT(Program for Advanced Information Technologies) 계획을, 프랑스는 CNET, CNRS 및 INRIA 등을 중심으로 이에 대한 연구를 진행시키고 있다.^[63]

4. 인공지능기술의 응용분야

인공지능기술 개발의 가장 큰 매력은 인간과 같이 추론할 수 있는 기능을 컴퓨터에 부여함으로써, 이를 이용하여 인간을 반복적인 정신노동에서 해방시킬 수 있다는 점이다. 따라서 이의 응용분야는 인간의 정신이 미치는 거의 전분야에 걸쳐 있다고 볼 수 있는데, 주요한 내용을 간추려 보면 다음과 같다.

첫째, 전문가시스템 (Expert System)

전문가시스템은 현재 인공지능분야에서 가장 강조되고 있는 분야 중의 하나로서 대부분의 인공지능 응용프로그램은 일종의 전문가시스템이거나, 혹은 지식기반시스템이라고 생각할 수 있다.^[64]

둘째, 자연어처리 및 음성인식

컴퓨터가 인간의 음성을 알아듣고, 일상생활에서 쓰이는 자연어로 컴퓨터와 대화를 하려면 전통적인 컴퓨터기술로는 곤란하며 경험적인 지식을 이용하는 인공지능기술의 도움이 필수적이다. 이러한 시스템으로는 ARTHUR, ROBOT, INTELLECT, HEARSAY- II, SRI 등이 있다.^[65]

셋째, 인공시각 (Artificial Vision)

컴퓨터가 비디오 영상을 식별하는 것은 음성 인식이나 자연언어처리처럼 계산이 굉장히 복잡

하고 많은 시간이 소요되기 때문에 인공지능의 응용이 필요하다. 상용화된 시스템으로는 ORS, SAA 등이 있다.^[66]

네째, 로봇 기술(Robotics)

인공지능기술은 인간처럼 생각하고 주변의 상황에 따라 적응할 수 있는 지능형 로봇의 개발에 응용될 수 있다.

다섯째, 기타 응용분야로서는 반도체 소자설계(VLSI Design), 자동 프로그래밍기술(Automatic Programming), 자동번역, 군사무기에의 응용을 들 수 있다.^[67]

5. 인공지능 컴퓨터의 미래

인공지능컴퓨터는 현재의 연구개발이 꾸준히 추진되면 90년대초에는 성공할 것으로 전망되고 있다.^[68] 일본의 전신전화공사에서는 이미 일부 한정된 기능이기는 하지만 삼단논법을 사용하여 추론할 수 있는 컴퓨터의 시작품을 개발하였으며, 또한 언어이해와 학습기능을 가진 시스템도 개발된 사례가 있다.^[69,70]

그러나 인공지능컴퓨터를 완성하기 위하여서는 넘어야 할 난제들이 많이 있는데 일반적으로 논의되고 있는 문제점으로는 다음과 같은 것을 지적할 수 있다.

첫째, 슈퍼컴퓨터와 마찬가지로 병렬처리기술개발이 선행되어야 할 것이다. 물론 병렬처리 기능이 없어도 가능하겠지만, 역시 병렬처리가 인공지능 실현의 지름길로 인정되고 있다.^[71]

둘째, 기본구성 소자인 반도체의 기능이 대폭 향상되어야 한다. 이와 같은 것을 위하여 소자의 작동전압을 낮추는 문제, 불순물을 제거시키는 문제, 저항가공의 미세화 등이 핵심과제로 연구되고 있으며, 소자단위에서 추론을 가능하게 하는 방법도 연구되고 있는데, 미국의 크롬웰사에서는 인공지능 전용chip을 개발한 바 있다.^[72]

세째, 인공지능컴퓨터에 알맞는 소프트웨어의 개발이 필요하다. 현재 인공지능용 언어로서 LISP, PROLOG, Small Talk 등이 있지만 너무 많은 기억용량이 필요하며 신뢰성이 낮다는 결점을 지니고 있다.^[73]

이밖에 인공지능컴퓨터를 개발할 수 있는 개발환경 및 도구 등이 필요한 것으로 지적되고 있다.

그러나 미국의 로자, 상크 등 일부 연구자는 인공지능의 핵심이 되는 추론구조는 기본적으로 연역적인 방법만 가능하며, 창조성의 전제가 되는 귀납적인 방법은 곤란하다고 보아 진정한 인공지능은 불가능하다고 보는 견해를 조심스럽게 제기하고 있다.^[74]

V. 광컴퓨터의 가능성

1. 왜 광컴퓨터가 필요한가?

전자공학기술에 의하여 주도되고 있는 현재의 기술기반은 2000년대에는 광자공학 즉 광기술에 의한 것으로 대체될 것으로 보여지고 있다. 이러한 광기술에 의한 산업의 연간 약 40%내외의 높은 성장률을 보이고 있어 그 가능성을 충분히 대변하여 주고 있다.^[75]

광컴퓨터(Optical Computer)란 기존의 컴퓨터가 전자적인 처리에 의하여 작동되는데 대하여 빛자체에 의하여 정보의 입출력, 정보처리, 저장 등이 이루어지는 컴퓨터 시스템을 말한다. 그러나 넓은 의미에서 본다면 가장 핵심이 되는 연산처리가 광으로 이루어진다면 광컴퓨터라 불러도 무방할 것이다.^[76]

이러한 광컴퓨터는 기존의 전자컴퓨터에 비하여 다음과 같이 여러가지 면에서 우수한 장점을 지니고 있어 미래의 컴퓨터로서 주목을 받고 있는 실정이다.^[77]

- 처리속도가 현재의 슈퍼컴퓨터보다 최소한 1,000배 이상으로 빨라진다.^[78]
- 단위 칩당 정보집적도가 실리콘 소재보다 10배 까지 높아질 수 있다.^[79]
- 전자기파의 유도장애를 받지 않으므로 시스템이 안정적이다.
- 기본소재가 모래이므로 자원이 풍부하고 값이 싸다.
- 광자체의 속성상 2차원 또는 3차원의 병렬처리가 쉽게 이루어진다.^[80]
- 영상 및 화상 정보의 처리가 용이하다.

2. 광컴퓨터 연구의 역사

J. W. Goodman에 의하면 광컴퓨터의 기초개념인 광연산(Optical Computing)에 대한 연구는 푸리에 변환과 공간 필터링의 이론적 바탕이 마련된 19세기로부터 시작해서 아날로그 광연산에 대한 4개의 분야로 발전되었다고 하는데 현재는 오히려 디지털분야가 주류를 이루고 있는 실정이다.^[81]

광컴퓨터 연구에 있어서 초기에 해당되는 1960년대에는 루비레이저, 가스레이저, 반도체레이저 등 레이저분야의 기술진보와 홀로그래피 기술의 출현으로 광컴퓨터의 가능성이 제시되어 이에 대한 연구가 착수되었다. 그러나 연구를 맡았던 IBM의 연구진은 광컴퓨터 실현의 핵심이 되는 광소자 제조에 있어 높은 전력소모와 광쌍안정성 문제 때문에 그 실현이 어려울 것으로 판단하였다.

그러나 뒤를 이은 1970년대에는 활발한 연구가 이루어져 AT & T의 벨연구소는 실온에서 작동하는 레이저 다이오드를 발명하였고, 1977년 H. Shaefer 등은 광섬유 및 광전자소자를 이용하여 초보적인 광컴퓨터 시스템을 만들었으며, 1979년 S. H. Lee 등은 광전자소자에 의한 광논리게이트를 구성하였다. 이후 1980년대에 들어와서는 S. A. Collines 등이 Hugsds사의 LCLV를 이용한 광논리게이트를 구성하여 4×4 매트릭스 곱셈을 실현하였으며 현재는 32×32 매트릭스의 곱셈을 연구중이다. 특히 광기술 실현의 선도부분인 광통신기술의 발전에 따라 광컴퓨터 실현에 응용할 수 있는 광소자 연구가 활발히 진행되고 있어 많은 도움을 받을 것으로 기대되고 있다.

3. 광컴퓨터의 기술분야별 동향

광컴퓨터가 실질적으로 가능하게 되려면 광연산, 광신호처리, 광기억 등의 광정보처리기술과 광입출력, 광전송, 광소자 등의 기반기술의 개발이 선행되어야 하며 이와 아울러 이들을 종합하여 시스템으로 승화시킬 수 있는 광컴퓨터구조의 해명이 이루어져야 할 것이다.

우선 가장 기본적 분야인 광연산기술은 광학

적 실현이 비교적 쉬운 백터, 행렬계산 등을 중심으로 연구가 진행되고 있는데 현재는 광논리게이트의 연구에 집중되고 있다.^[82] 광신호처리는 논리처리용 광소자의 측면에서 트랜스페이저 및 광쌍안정성 성질을 나타내는 재료의 물성연구에 집중하고 있는 광기억분야에서는 광디스크를 중심으로 연구하고 있다.^[83, 84, 85, 86]

한편 광입출력 부문에서는 영상, 패턴 인식 등에 대한 연구가 진행되고 있으며 주로 홀로그래피에 의한 영상인식기술에 치중하고 있으나 다른 부문에 비하여 뒤지고 있다.^[87] 또한 광전송은 광섬유가 주류를 이루고 있는데 규소계 광섬유는 장파장 단일모드로 발전하고, 비규소계 광섬유는 불화중금속계에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 고분자 플라스틱 광섬유 등이 연구되고 있다.^[88]

특히 광소자는 광컴퓨터 개발의 중요한 관건이 되는 분야로서 발광소자, 수광소자, 광기능소자와 이들의 기능을 종합한 광전 집적회로로 대별된다.^[89]

발광소자는 레이저다이오드(LD) 및 발광 다이오드(LED)를, 수광소자는 PIN Photo Diode와 APD를, 광기능소자는 광학적 비선형성을 이용한 광스위치를 중심으로 연구가 진행되고 있으며 최근에는 양자우물구조(Quantum Well)를 이용하는 방법이 모색되고 있다.^[90, 91, 92] 아울러 광전집적회로는 GaAs, InP 등 III-V족의 화합물소자를 중심으로 연구되고 있는데 히다찌에서 기본모형을 개발한 바 있다.^[93, 94] 그러나 이러한 부분적인 기술들을 종합하여 컴퓨터시스템으로 완성시킬 광컴퓨터 구조의 연구는 초기의 개념 구상단계에 머무르고 있는 실정이다.

4. 광컴퓨터에 대한 연구활동

광컴퓨터를 개발하고자 하는 연구활동은 선두주자인 미국과 일본 및 이를 뒤따라려는 유럽의 활동으로 크게 나누어 볼 수 있다.

미국에서 광컴퓨터가 본격적으로 시작된 것은 1984년 우주항공회사인 맥도널더글라스사가 미해군의 위탁을 받아 착수한 프로젝트이다. 민간 부문에서 광컴퓨터연구의 중심이 되고 있는 AT

& T의 벨연구소에서는 최근 광연산이 가능한 광기능소자와 광신호를 일시적으로 소자내에 봉쇄하는 광공명소자를 개발하여 광컴퓨터 모델의 완성을 가능하게 해주고 있다. 정부차원에서는 전략방위구상(SDI)하에 알라바마대학 등 10여개 대학이 광컴퓨터연구에 관계하고 있다.^[95,96]

일본의 경우 1978년 통산성 산하에 광전자합동 연구소를 설립하였고, 1984년에는 일본 물리학회내에 광컴퓨터 연구단체를 만들어 미국에 못지 않은 기술축적을 해놓고 있다. 또한 광컴퓨터와 밀접한 관련을 갖고 있는 통신분야에서도 광교환기의 개발에 착수하여 NEC에서는 이미 실험실 모델의 실험에 성공하였다.^[97,98]

유럽에서는 영국, 프랑스, 벨기에, 이탈리아, 서독 등의 8개 대학이 주축이 되어 공동연구과제인 European Joint Optical Bistability 계획을 추진하고 있으며 각국의 일부대학에서도 개별적인 연구를 진행하고 있다. 특히 CIA의 보고서에 의하면 소련에서도 이미 오래전부터 광컴퓨터의 연구에 착수하여 A. F. Ioffe Physics 연구소 등에서 연구가 진행되고 있는데 어떤 부문에서는 오히려 미국을 능가하고 있다고 한다.^[99]

5. 광컴퓨터 실현을 위한 발전 단계

일부 전문가들의 의견에 의하면 90년대까지는 광컴퓨터가 개발되리라고 전망하고 있으며 특히 미국의 벨연구소는 광쌍안정성소자, 트랜스레이저 같은 광연산논리소자 개발의 급속한 진전에 자신감을 얻어 향후 5년 이내에 광컴퓨터를 제작할 수 있다고 장담하고 있는 형편이다.^[100,101,102]

그러나 정보의 입출력, 처리, 전송, 저장 등이 모두 광으로 이루어지는 전광컴퓨터는 2000년 이후의 미래에나 이루어질 것이고, 90년에는 광전집적회로(OEIC)의 원리와 같이 빛의 정보전달 기능과 전자의 신호처리 기능의 장점을 융합한 혼합형 광컴퓨터 정도가 개발될 것으로 전망된다.

이와 같이 광컴퓨터가 이루어지기까지는 여러 단계를 거쳐야 하는데 일반적으로 광소자의 개발, 주변기술의 정착, 광연산시스템의 구성, 광

기억장치의 개발 등 여러 단계를 거쳐서 광컴퓨터가 실현될 것으로 전망하고 있다.^[103]

VI. 생물컴퓨터의 전환

1. 생물컴퓨터의 개념

미래의 세계는 현재의 정밀전자공학(Microelectronics)을 대신하여 광자공학(Optoelectronics)이 주도하는 세계가 될 것으로 전망되고 있다. 그러나 광자공학시대는 또한 무엇이 뒤따를 것인가? 대부분의 관련 전문가들은 유전공학에 뿌리를 두고 있는 생물공학(Bioelectronics)이 뒤를 이을 것으로 보고 있다. 생물컴퓨터는 바로 이러한 흐름을 감안할 때 나타날 것으로 보이는 첨단시스템 중의 하나이다.

생물컴퓨터(Bio Computer)란 생물 특히 인간 두뇌의 구조, 기능 등을 모방하거나 직접 이용함으로써 기존의 컴퓨터가 갖지 못한 우수한 기능을 갖도록 하는 컴퓨터인데 시너지컴퓨터(Synergetic Computer)라고도 한다.^[104]

이러한 생물컴퓨터를 추구하게 되는 밑바탕에는, 인간이야말로 신이 창조한 피조물 중에서 가장 완전한 존재이며, 모든 기술은 궁극적으로 이와 같은 인간의 모습 또는 기능을 모방하는 방향으로 갈 것이라는 사고방식이 깔려 있는 것이다.

원래 생물컴퓨터의 개념은 컴퓨터의 탄생에 있어 함께 연구되어 왔으나 너무 급속한 컴퓨터의 발달과 생물학 발전의 부진으로 그 끈이 끊어져 버렸다. 그러나 최근 컴퓨터기술이 한계에 다다르고 있다는 한계의식과 70~80년대의 생물공학의 눈부신 발전은 양자의 접합을 가능하게 하고있는 것이다.

생물컴퓨터의 개념은 아직 명확히 정립된 것은 아니나 이제부터 융합 진행되는 일렉트로닉스와 바이오테크놀로지라는 2대기술의 교차점에 있는 미지의 광대한 기술대륙이라고 볼 수 있다.^[105]

2. 생물컴퓨터, 과연 필요한가?

생물컴퓨터가 궁극적으로 실현하고자 하는 것

은 인간두뇌와 동등하거나, 가능하다면 더 우수한 컴퓨터이다. 따라서 다음과 같은 점에서 인간두뇌가 컴퓨터보다 우수하다는 점을 이해한다면, 생물컴퓨터의 필요성은 자명해질 것이다.

첫째, 뇌세포의 전달속도는 전자회로소자에 비하여 100~1,000배 정도 느리나 음성, 화상, 영상 등의 복잡한 정보를 병렬처리 기능에 의해 즉시 식별하고 판단하는 패턴인식기능이 높아 전체적인 문제해결에 있어 컴퓨터가 도저히 뒤따르지 못한다.^[106]

둘째, 인간의 두뇌는 컴퓨터가 갖지 못하고 있는 경험에 입각하여 새로운 프로그램을 자연스럽게 만들어내는 뛰어난 학습기능을 지니고 있어 무한한 발전의 잠재력을 내포하고 있다.

세째, 인간의 두뇌는 각 두뇌세포 사이에 고도의 정보교환이 이루어지고 있어 일부 세포가 파괴되어도 다른 세포의 도움으로 정보전체를 재생할 수 있는 등 시스템의 안정성이 높다.^[107]

네째, 인간의 두뇌는 스스로 새로운 것을 만들어낼 수 있는 신비스러운 창조력을 지니고 있다.

그러나 불행하게도, 이러한 인간의 두뇌를 기존의 전자공학적인 기술로 모방하기에는 불가능한 상태에 있는 것이다.

이론적으로 보면 인간의 두뇌는 약 100억개의 뇌세포(neuron)와 이의 10배 정도인 glial 세포로 이루어져 있어 100만 단위의 집적도를 가진 VLSI를 11만개 정도 모으면 숫자상으로는 뇌세포에 육박할 것으로 보이지만, 인간의 뇌세포 1개는 트랜지스터 1개보다 훨씬 복잡한 기능을 수행하고 있으며, 뇌세포 사이의 배선을 생각한다면 VLSI로 인간의 두뇌를 모방한다는 것은 도저히 불가능한 것이다.

인간의 두뇌는 고사하고라도 신경세포가 1,000개 미만인 개미의 뇌신경시스템을 설계하는 것도 현재의 기술수준으로는 불가능하다고 한다.^[108]

3. 생물컴퓨터로의 접근방법

생물컴퓨터를 실현시키는 방법으로서는 단계적으로 보아 기존의 무기소재를 이용하여 생물기능만을 모방하는 방법, 유기소재를 이용하는

방법, 생물의 두뇌세포를 직접 이용하는 방법의 3가지로 나누어 볼 수 있다.

첫째, 현재까지 개발된 반도체소자 등을 이용하여 생체정보기능의 알고리즘을 구성 및 설계하고자 하는 방법, 즉 생물의 기관을 직접 이용하지 않고 생체기능의 교묘함과 정교함을 모방하여 생물컴퓨터를 만든다는 개념으로서, 새의 생리적 기능을 알지 못하면서도 그 기능을 모방하여 비행기를 개발한 것과 같은 논리에 의거하고 있다. 그러나 바로 앞의 개미의 예에서 살펴본 바와 같이 현재로서는 거의 실현가능성이 없다.

둘째, 기존의 컴퓨터가 실리콘, 게르마늄, 갈륨 등 무기재료를 기본 소재로 하는데 대하여 탄소를 중심으로 한 유기분자의 소자 즉 생물소자(Bio Chip)를 만들고 생체계의 아키텍처나 알고리즘을 조합하여 컴퓨터시스템을 만드는 방법이다.^[109] 이것이 현재 주류를 이루고 있는 대표적인 방법으로서 생물반도체의 특성적인 등을 거쳐 그 가능성이 충분히 인정되고 있다. 이러한 좁은 의미의 생물컴퓨터는 분자수준에서 기술이 이루어진다고 하여 분자컴퓨터라고도 하는데, 카터는 이에 필요한 소자를 분자일렉트로닉스소자(MED: Molecular Electronic Devices)라고 불렀다.^[110, 111]

세째, 직접 생물의 뇌신경계를 이용하는 방법으로서, 현재는 주로 하등동물의 신경계를 해명하는 데 집중하고 있다. 예를 들면 벨연구소는 달팽이를 연구하고 있으며, 이박서 선충, 아메 후레시, 오징어 등에 대한 연구도 수행하고 있다. 특히 선형은 다세포동물 중 유일하게 전체의 신경계가 파악되어 있다.

4. 생물컴퓨터 연구의 진행상황

생물컴퓨터의 개념은 1983년도에 최초로 제안되었으나 그 실현가능성에 많은 회의가 있었던 것은 사실이다. 그러나 그 이후 꾸준한 연구가 계속되어 1984년도에는 생물컴퓨터의 기초가 되는 기초적인 생물소자에 대한 최초의 특허가 부여되었고, 동물신경세포끼리의 연결부에서 일어나고 있는 현상의 일부를 인공적인 소자로 실현

한 예도 있어 생물컴퓨터를 반드시 황당무계하다고만은 할 수 없게 되었다.^[112]

이러한 생물컴퓨터에 대한 연구는 현재 미국의 과학재단(NSF)과 일본의 통산성에서 이루어지고 있는데, 특히 일본은 이미 '85년에 인간의 뇌를 모방한 생물컴퓨터의 개발을 목표로 하는 10개년 계획에 착수하였다.^[113]

이의 중심과제는 다음과 같다.

- 뇌를 본보기로 한 새로운 컴퓨터 구조의 개발

- 하등동물 정신망의 해명

- 실용적인 바이오칩의 개발

- 인간 뇌활동의 새로운 계측기술 개발

그러나 생물컴퓨터를 실현시키기 위하여서는 전자공학, 생물공학, 소재화학, 분자생물학, 단백질공학 등 관련분야의 발전과 이들을 종합할 수 있는 능력의 배양이 필수적이어서 아직은 기초연구단계에 있다.^[114]

5. 생물컴퓨터의 미래

생물컴퓨터, 생물소자, 분자회로 등은 개별적인 단일의 기술과제가 아니고 상호불가분의 끈으로 연결되어 있는 어떤 기술영역을 형성하고 있는데, 이들에게서 공통적으로 현재 주목되고 있는 분야로서는 유기전도체, 바이오센서, LB(Langumir Blodgett)막, 단백질공학이다.^[115]

생물컴퓨터는 어떠한 과정을 밟아서 어떻게 발전할 것인가? 이와 같은 물음은 생물컴퓨터의 개념이 확연히 정립되어 있지도 않은 지금의 시점에서 대답하기는 곤란할 것이나, 지금까지의 전자공학과 생물공학의 발전과정들을 종합하면 대체로 다음과 같이 예측할 수 있다.^[116]

우선 최초의 제 1세대 생물컴퓨터는 전자공학적인 병렬아키텍처와 생물공학에 의한 바이오센서가 융합됨으로써, 동물의 감각계와 같이 지능처리를 할 수 있는 고차 아날로그소자의 형태를 지닐 것이다.

뒤를 이어 제 2세대의 생물컴퓨터는 분산처리 및 인간의 뇌와 닮은 다중 또는 비동기적인 처리기능을 가진 비폰노이만 형식으로 전환될 것으로 보인다.

다음으로 제 3세대에서는 이와 같은 기능들이 지금의 반도체가 개별소자에서 집적회로로 발전하였듯이, 하나의 칩으로 집적되어 명실상부한 바이오칩으로 발전할 것으로 예견된다.

마지막으로 제 4세대의 생물컴퓨터는 위와 같은 바이오칩을 더욱 발전시키고 생물의 자율성을 부가함으로써, 컴퓨터라는 차원을 넘어 인공생명체의 기관으로 진화될 것으로 상상된다.

Ⅶ. 맺음말

1. 논점의 종합

지금까지 일반컴퓨터의 탄생에서부터 미래의 생물컴퓨터까지 실현가능성이 큰 순서대로 컴퓨터시스템 기술의 종류와 그 내용을 개별적으로 살펴보았다.

이제 본 연구를 매듭지음에 있어 위와 같이 단편적으로 제기되었던 내용들을 모듬하여 컴퓨터 기술의 미래에 대한 종합적인 시나리오를 제기하여 보기로 한다.

시각적인 이해를 돕기 위하여 그림을 작성하면 다음의 (그림 4)와 같이 요약 정리할 수 있다. 다만 참고로 밝혀둘 것은 그림에서 편의상 막대로 그 시기를 표시하였는데 이것은 그 시기에만 그 기술이 존재한다는 뜻은 아니며 단순히 그 기종의 전성기를 나타낸다는 점이다.

우선 컴퓨터의 기술기반을 기준으로 시기를 나누어 보면 80년대까지는 지금과 같은 전자공학의 시대가 계속되었지만, 90년대에 들어서면 광기술을 중심으로 하는 광자공학의 시대로 변모 전환될 것이며, 뒤이어 2000년대에는 생물공학의 시기가 도래할 것으로 예측된다.

현재 절정기에 도달하여 있는 일반컴퓨터는 그 자체의 소형경량화 추세와 80년대 후반기에 대량 보급될 것으로 보이는 슈퍼컴퓨터의 강세에 밀려 대형기종은 사양화될 것이나 소형기종은 값이 싸고 다루기 쉽다는 실용적인 이점으로 계속 보급될 것이다.

또한 슈퍼컴퓨터는 현재의 기종이 더욱 개량 발전되어 80년대 후반기에 기술이 절정에 이를 것이며 90년대 초반에 실용화될 제 5세대 기종

인 인공지능컴퓨터와 함께 광컴퓨터가 개발될 때까지 병존할 것으로 예측된다. 이와 더불어 슈퍼컴퓨터가 그랬던 것처럼 처음에는 대형시스템이 주종을 이룰 것이나 점차 소형경량화될 것이다.

그러나 90년대 중반 제 6세대로서 광컴퓨터가 개발되면, 슈퍼컴퓨터의 고속성은 광컴퓨터에 훨씬 못미칠 것이므로 슈퍼컴퓨터는 점차 사양화될 것이고, 인공지능기능도 광컴퓨터에 부가되어 인공지능형 광컴퓨터가 주종을 이룰 것으로 보여진다.

특히 2000년대 이후 제 7세대 기종인 생물컴퓨터가^[117] 실용화되기 시작하면 대부분의 컴퓨터시스템이 이것으로 통합되는 한편 컴퓨터와 인간의 긴밀도는 더욱 높아져 컴퓨터는 인간의 신체조직과 같은 차원으로 점차 발전해 나갈지도 모를 일이다.

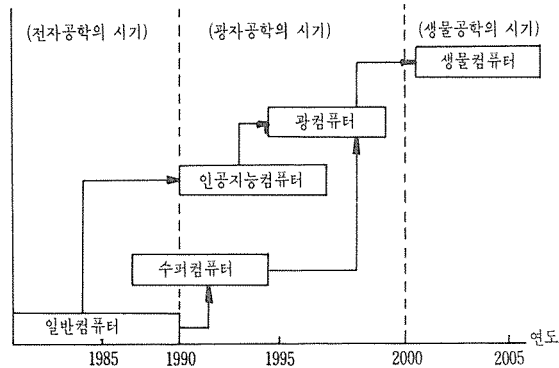


그림 4 컴퓨터 기술발전의 종합적 시나리오

2. 컴퓨터 기술 어디까지 갈 것인가?

우리 인간들은 대부분의 가치판단 기준을, 의식적이든 무의식적이든간에, 인간에게 두고 있다. 어떻게 보면 지극히 당연하다고 할 수 있는 이와 같은 원리는 흔히 어려운 문제에 부딪혔을 때 거의 유일한 해결방법을 제시하는 경우가 많다.

앞에서 컴퓨터 발전의 극한적인 개념으로서 생물컴퓨터를 들어 보았는데, 그러면 생물컴퓨터가 과연 발전에 있어서 최종적인 존재인가?

아니면 더욱 더 이상적인 컴퓨터시스템을 상상할 수 있을 것인가? 이와 같은 문제는 바로 앞에서 이야기한 바와 같이 인간적인 입장에서 다음과 같이 생각하여 실마리를 풀어갈 수 있을 것이다.

컴퓨터란 인간에게 무엇이었는가? 왜 컴퓨터가 필요하게 되었는가? 원점으로 되돌아가서 컴퓨터가 탄생 발전하게 된 동기를 살펴보면 인간의 정신노동을 편하게 하기 위한 것이었다. 그러나 지금과 같은 컴퓨터기술 개발의 이면에는 컴퓨터를 수동적인 시스템으로 생각하는 기본적인 사고방식이 은연중에 깔려 있다. 즉 컴퓨터기술이 아무리 발전되더라도 필요한 정보를 넣어두어야 하고, 고장이 날 경우 고쳐주어야 하는 등 기본적인 문제는 항상 남아 있게 마련인 것이다.

따라서 이와 같은 문제점을 출발점으로 하여 컴퓨터기술이 지향하여야 할 궁극적인 방향을 설정하여 보면 다음과 같이 요약할 수 있다.

우선 컴퓨터와의 대화방식에 있어서는 자연어에 의한 방식에서 진일보하여 언어에 의하지 않는 즉 뇌파 등 정신감응에 의하여 컴퓨터와 대화하는 기술이 개발될 것이다.

다음으로 컴퓨터는 고장이 생길 경우 스스로 그 원인을 발견하고 잘못된 점을 수정하여 원상 복구할 수 있는 자체 치유능력을 구비하게 될 것이다.

또한 컴퓨터는 인공지능컴퓨터와 같이 학습능력을 갖추게 될 것은 물론이고 새로운 환경에 적응하여 진화까지도 할 수 있는 방안이 강구될 것으로 보여진다.

이와 아울러 컴퓨터는 생물공학의 발전에 힘입어 필요한 경우 자기와 똑같은 시스템을 스스로 복제할 수 있는 기능을 갖출 것으로 상상된다.^[118]

마지막으로, 아마도 인류가 추구하는 지식의 총집합체이자 마지막 영역이 될지도 모를, 창조적 기능을 갖춘 컴퓨터의 개발이 인간의 능력을 필요로 하는 최후의 과제가 될 것이다. 왜냐하면 만일 이러한 컴퓨터(?)가 개발된다면 그 이후의 발전은 이러한 컴퓨터가 (지금 우리 인간

이 노력하고 있듯이) 주도할 것이 틀림없기 때문이다.^[119]

그러나 위와 같은 기능을 갖추려면 이미 그 구조는 지금의 컴퓨터와 같은 것만으로는 불가능하며, 생물컴퓨터의 미래에서 지적인 바와 같이 신진대사를 위한 소화기 및 장기, 에너지전달을 위한 순환기관 등 생물의 존재에 필요한 조직을 갖추어야 하므로 인공생명체와 같은 상위 개념으로의 전환이 이루어질 것이다.

참 고 문 헌

[1] 한국전자통신연구소, 전기통신용어사전, 1985, P. 616
일반적으로 쓰이고 있는 "정보화사회"라는 용어보다 "정보사회"라는 용어가 더 타당하다고 본다. 왜냐하면 의미상 "정보화"라는 개념자체가 모호하고, 정보사회에 대응되는 농업사회, 공업사회라는 말에서도 볼 수 있듯이 "화"라는 개념에 빠져 있기 때문이다.

[2] 과학기술처, 정보산업육성 기본계획수립에 관한 연구, 1984, P. 156

[3] 정보산업육성전문위원회, 정보산업 기술발전 장기기본계획(안), 1985, PP. 2~3

[4] 오명, "정보화사회의 정보통신 정책방향", 정보화 사회와 커뮤니케이션, 1985, P. 8
정보화사회란 컴퓨터와 통신기술의 진보에 따라 텔레마틱의 이용이 보편화되고 정보이용의 균점이 이룩되어 동시생활권이 형성되는 사회이다.

[5] 경상현, 정보화사회의 진전과 전기통신의 발전전략, 1985, P. 4

[6] 이영열, "첨단기술의 전개와 한국기업의 자동화 추진전략", 첨단기술과 기업(21세기 중앙논문상 논문집), 중앙일보사, 1986, P. 7

[7] 한국전자통신연구소, 산업사회에서 정보사회로, 1985, P. 1

[8] M. U. Porat, The Information Economy, Stanford University, 1976.
포레트는 공업사회의 뒤를 잇는 사회를 정보 경제론적 입장에서 정보기반사회(Information Based Society)라고 표현하고 있다.

[9] 한국전자통신연구소, 2000년대를 향한 장기발전 기본계획(안), 1985, P. 1

[10] 한국과학재단, 정보화사회의 장기전망에 관한 연구, 1982, PP. 109~122

[11] 노규형, 정보화에 따른 개인생활 양식의 변화에 관한 연구, 통신정책연구소, 1985.

[12] 한국전자통신연구소, 21세기의 정보통신산업, 1985, PP. 37~38

[13] 한국전자통신연구소, 고도정보사회로의 초대, 1985, PP. 35~45

[14] 대한상공회의소, 첨단기술의 개발정책 방향, 1983, P. 13

[15] 백관호, "정보산업기술의 연구개발투자분석", 컴퓨터월드('86. 11), P. 155

[16] 이강수 "정보화사회에 있어서 뉴미디어와 문화적 환경", 정보화사회와 커뮤니케이션, 1985, P. 20

[17] "컴퓨터는 만능인가?", 컴퓨터('86. 12), PP. 70~79

[18] 한국정보산업협회, 한국정보산업 육성전략, 1983, P. 13

[19] 경제평론사, 선진경제를 향한 한국첨단과학 총람 1984, P. 622
이제 컴퓨터는 우리 생활의 구성구석에 응용되고 있어서 컴퓨터가 없는 사회란 상상하기 어려울 정도로, 컴퓨터가 현대사회에 끼친 경제적, 사회적, 문화적 영향은 대단하다고 볼 수 있다. 이러한 영향을 어느 인류학자는 그리스도의 전과 후를 분류할 때 사용하는 AC와 BC의 C를 컴퓨터로 바꾸어 Before Computer와 After Computer로 표현할 정도이다.

[20] "퍼스널 컴퓨터의 이해", 컴퓨터월드('87. 1), P. 232

[21] 한국전자통신연구소, 컴퓨터기술 개발동향과 우리의 대응책, 1986, P. 3

[22] 산업연구원, 우리나라 컴퓨터산업의 성장기 발전전략, 1984, PP. 44~45

[23] 통신정책연구소, 마이크로 전자기술과 사회, 1985, P. 29

[24] 한국산업은행, 첨단산업의 개발전략, 1984, P. 5

[25] 한국전자통신연구소, 전자기술과 사회변화, 1986, P. 5

[26] 통신정책연구소, 사회의 정보화, 1985, P. 32

[27] 한국산업경제기술연구원, 첨단기술, 1983, P. 40

[28] 한국산업은행, "90년대의 성장산업", 산업기술 242호('87. 1.), P. 67

[29] 산업연구원, 반도체산업의 구조와 발전전망, 1984, P. 183

[30] "분자소자", 전자과학('87. 1.), PP. 154~157

[31] 과학기술원, 세계의 컴퓨터산업, 1984, PP. 13~14

[32] "TRW사의 슈퍼칩 개발", 컴퓨터비전('86. 11.), P. 183

[33] "바이오컴퓨터의 연구개발프로그램", 전자과학('86. 12.), 월간 전자과학, P. 178

[34] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-33), '85. 8. 26, P. 28

[35] 박승규, "슈퍼컴퓨터에 대하여" 한국전자통신연구소(TM 800KET10705), '86. 3.

[36] 전자산업발전민간협의회, 전자산업의 중장기전망, 1986, P. 217

[37] 조인준, 남상우, "슈퍼컴퓨터 개발동향 및 전망", 한국전자통신연구소(TM894KET 10995)('86. 11.), PP. 2~6

[38] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-48), '85. 12. 7, P. 32

[39] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-33), '86. 8. 23, P. 43

[40] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-83-14), '83. 5. 9, P. 28

[41] 한국경제신문, 1985. 1. 24. 일차

[42] "슈퍼컴퓨터의 현주소", 컴퓨터월드('85. 12.), P. 153

[43] "슈퍼컴퓨터 CONVEX C-1", 전자과학('86. 8), PP. 154~160

[44] 박승규, "슈퍼컴퓨터가 도입된다", 과학동아('86. 8), P. 170

[45] 김휘석, "슈퍼컴퓨터산업의 연구개발동향", 산업기술동향('86. 8), 산업연구원, PP. 110~116

[46] "미래의 초고속 트랜지스터", 컴퓨터월드('86. 12), PP. 104~106

[47] "초격자", 전자과학('86. 10), 월간 전자과학, PP. 200~204

[48] "1990년도의 슈퍼컴퓨터", 컴퓨터월드('85. 12), PP. 155

[49] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-33), '85. 8. 26, PP. 29~30

[50] 과학기술처, 정보산업육성 기본계획수립에 관한 연구, 1984, P. 31

[51] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-51), '84. 12. 24, P. 29

[52] 한국정보산업협회, AI비즈니스 추진전략, 1985, P. 92

- [53] 과학기술처, 차세대컴퓨터의 구조 및 구성에 관한 개념적 연구, PP.65~69
- [54] 제 5 세대 컴퓨터탄생 카운트다운, 조선일보('86. 2. 8)
- [55] 한국정보산업협회, 일본 신세대컴퓨터 연구개발계획, 1984, PP. 4~5
- [56] "인공지능", 전신전화연구('86. 10), 정보시대사, PP.47~52
- [57] "AI산업현황과 향후 시장동향", 전자과학('86. 8), PP. 76~82
- [58] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-49), '85. 12. 14, PP. 1~3
- [59] "화제의 고급언어 C, Ada, LISP", 컴퓨터월드('85. 12), PP. 239~240
- [60] 임영환, 인공지능언어, 한국전자통신연구소 TM868 KET 10856
- [61] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-46), '86. 11. 22, P. 34
- [62] 신민호, "일본의 제 5 세대 컴퓨터 프로젝트의 소개", 데이터통신('85. 8), PP. 6~7
- [63] 한국전자공업진흥회, 정보산업연감, 1985, PP.226~232
- [64] 신동국, "엑스퍼트시스템의 구축", 전자과학('86. 8), PP. 76~82
- [65] 이광수, "말을 알아듣는 컴퓨터가 나온다", 과학동아('86. 5), PP. 164~167
- [66] 임영환, 인공지능기술 동향분석, 전자통신동향분석(1-2) 한국전자통신연구소, 1986, P. 61
- [67] 현원복, "발전이 예상되는 인공지능산업", 과학과 기술('86. 9), P. 51
- [68] 과학기술처, 정보산업육성 기본계획수립에 관한 연구, 1984, P. 2
- [69] "일본 인공지능컴퓨터의 시작성공", 매일경제신문, 1984. 12. 20
- [70] "인공지능시스템 개발", 한국경제신문, 1986. 8. 15
- [71] "슈퍼위의 초수퍼를 만든다", 컴퓨터월드('86. 6), PP. 77~83
- [72] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-31), '86. 8. 9
- [73] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-34), '86. 8. 30. PP. 17~23
- [74] "창조적 지능에의 도전", 전자과학('86. 9), 월간 전자과학, P. 181
- [75] "輝 増 光産業", TRIGGER('85. 7), P. 14
- [76] 한국전자통신연구소, 전기통신용어사전, 1985, P. 69
- [77] "광컴퓨터", 전자과학('83. 4), PP. 96~100
- [78] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-87-3), '87. 2. 2, PP. 54~56
- [79] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-83-6), '83. 3. 14, P. 24
- [80] KRIT, "광기술과 전기통신", 전신전화연구('82. 12) PP. 53~60
- [81] 박한규, "광컴퓨터의 개발동향과 응용", 전신전화연구('86. 11), P. 63
- [82] 한국전자통신연구소 내부자료, 광정보처리분야의 국내외 연구현황
- [83] "광산업의 현상과 동향", 1985, 일본 Optoelectronics Show 안내책자
- [84] "자기 및 광디스크 통합움직임", 컴퓨터월드('86. 7), PP. 160~177
- [85] "1장에 10억비트 정보, 광디스크", 컴퓨터월드('87. 1), PP. 125~128
- [86] 한국정보산업협회, "광디스크 현상과 전망", 정보산업('85. 9), PP. 6~21
- [87] "미래는 빛의 시대", 컴퓨터월드('87. 1), P. 123
- [88] 한국전자통신연구소, 광통신기술 개발동향과 우리의 대응책, 1986, P. 16
- [89] 마동성, "광통신용 광소자의 개요", 전자통신(V-8), '87. 1, PP. 39~41
- [90] "광전자칩과 광컴퓨터", 컴퓨터월드('86. 12), PP. 108~110
- [91] 한국산업은행, "광통신산업의 현황과 기술개발전망", 산업기술 240호, 1986, P. 7
- [92] 주무정, "광기능소자", 전자통신(V-8), '87. 1, P. 61
- [93] "광전자 집적회로 개발", 한국경제신문('85. 1. 24)
- [94] "OEIC에의 전망", 전자과학('87. 1), PP. 146~149
- [95] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-87-3), PP. 54~56
- [96] 한국전자공업진흥회, 정보산업연감, 1985, P. 202
- [97] 여재홍, "광교환기술의 동향", 대한전자공학회 교환연구회, 1986, PP. 57~64
- [98] 민경찬, "광교환", 전신전화연구('86. 10), 정보시대사, PP. 47~52
- [99] 박한규, "광컴퓨터의 개발동향과 응용", 전신전화연구('86. 11), 정보시대사, P. 70
- [100] 한국산업경제기술원, 첨단기술, 1983, P. 40
- [101] 한국전자통신연구소, 전자기술과 사회변화, 1986, P. 10
- [102] "피코초시대 여는 광컴퓨터", 컴퓨터월드('87. 1), P. 124
- [103] "미래는 빛의 시대", 컴퓨터월드('87. 1), P. 125
- [104] "생체전자공학 어디까지 왔나", 과학동아('86. 12), P. 55
- [105] "바이오컴퓨터의 연구개발 프로그램", 전자과학('86. 12) 월간 전자과학, P. 176
- [106] "생체전자공학 어디까지 왔나", 과학동아('86. 12), PP. 54~56
- [107] 고영희, "두뇌는 어떻게 작용하나", 과학동아('86. 10), P. 107
- [108] "인공지능과 전문가시스템", 데이터통신('86. 5), P. 7
- [109] 통신정책연구소, 정보사회와 국민생활, 1985, P. 13
- [110] "분자소자", 전자과학('87. 1), PP. 154~157
- [111] "일렉트로닉스와 바이오테크놀러지", 전자과학('86. 8.) 월간 전자과학, P. 182
- [112] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-4), '86. 2. 1, P. 48
- [113] 한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-85-25), '85. 7. 1, PP. 51~53
- [114] "바이오일렉트로닉스", 전자과학('87. 1), PP. 200~203
- [115] "고집적성능에의 도전", 전자과학('86. 9), P. 181
- [116] "바이오컴퓨터의 연구개발프로그램", 전자과학('86. 12), PP. 176~178
- [117] "한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-86-4), '86. 2. 1, P. 49에서는 생물컴퓨터를 6세대라고 하고 있으나 기술발전체제상 7세대라고 보는 것이 타당할 것 같다.
- [118] "한국전자통신연구소, 주간기술동향(TIS-83-6), '83. 3. 14, P. 27
- [119] "창조적 지능에의 도전" 전자과학('86. 10), P. 197