



▲ 노스캐롤라이나대학 연구자들이 입체로 된 분자를 보고 있다.

첨단과학기술 현장

# 세계 정상외 컴퓨터연구 현장

1980년대 초에 싹튼 퍼스널컴퓨터의 혁명은 오늘날 우리 사회와 일상생활에 일찍이 없었던 큰 변화의 바람을 몰고 왔다. 이 변화의 바람은 더욱 가속화되어 21세기에는 컴퓨터는 물론 메모리와 무선 및 광대역통신기술의 비약적인 발전을 가져와 우리의 생활도 몰라보게 바뀔 것으로 전망된다. 이런 변화의 싹을 '잉태' 하고 있는 세계 주요 컴퓨터연구소의 연구현장을 찾아 그 현황을 알아본다.

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

## 스탠포드대학 : 대화형 설계

최근 스탠포드대학 컴퓨터과학교수 마크 레보이는 헐리우드와 예술품 재생업계가 침을 흘릴 정도로 탐을 내는 기술을 발명했다. 그는 예

컨대 소형의 불상(佛像)을 레이저로 주사(走査)하여 얻은 3차원모델을 '팩스'를 이용하여 멀리 떨어진 입체복제기로 보내 진품과 똑 같은 플라스틱제 복제품을 만들 수 있는 기술을 개발했다. 헐리우드영화계에서

는 이 기술을 이용하여 특수효과를 낼 수 있게 되었고 연간 10억달러에 이르는 예술품 복제시장에는 혁명의 바람이 일 것으로 보인다.

스탠포드대학 컴퓨터과학부에서는 스스로 배우는 로봇이 복도를 활보



▲ 스탠포드대학의 레보이교수가 레이저로 주사하여 복제한 플라스틱제 불상(오른쪽)을 보여 주고 있다.

하고 있는가 하면 큰 보호용 안경을 걸친 대학원생들이 자기만 볼 수 있는 3차원 책상을 구성하는데 몰두하고 있다. 인공지능교수인 테리 위노그래드는 앞으로 사람들이 기술과 더불어 어떻게 작업하고 행동할 것인가는 문제를 집중적으로 다루는 '대화형 설계' 분야 연구를 돕고 있다.

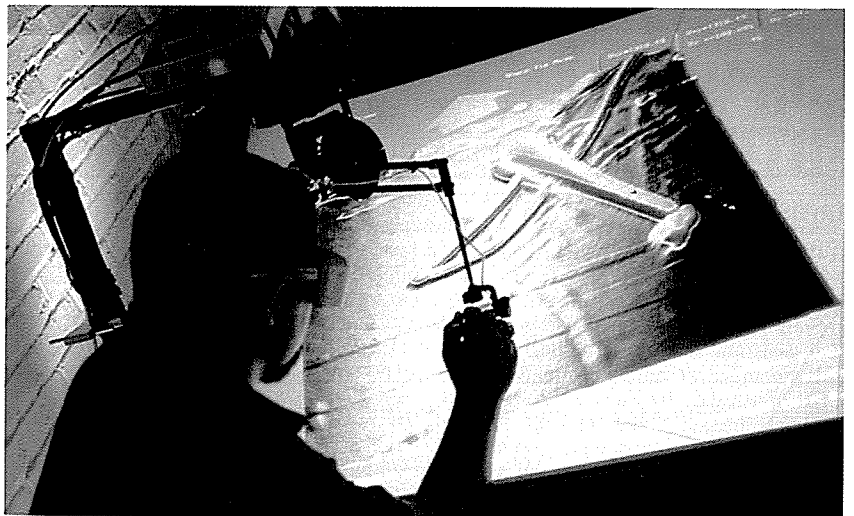
최근 세계적인 경제주간지 「비즈니스위크」지가 실시한 투표에서 가장 우수한 컴퓨터과학연구기관으로 뽑힌 스탠포드대학 컴퓨터과학 및 전기공학부는 컴퓨터연구자라면 누구든지 한번쯤은 일하고 싶어하는 선망의 대상이다. 세계 전자공업중심지인 실리콘밸리 심장부에 자리한 스탠포드대학의 컴퓨터과학부의 중요성을 인식한 세계 소프트웨어의 제왕인 마이크로소프트사 회장 윌리엄 게이츠는 1992년에 6백만달러를 선뜻 내놓고 최신 컴퓨터 및 정보기술연구시설을 갖춘 '윌리엄 게이츠 컴퓨터과학' 빌딩을 기증했다.

스탠포드대학은 최고의 컴퓨터학술센터답게 가장 우수한 교수진을 채용하고 가장 유망한 학생들을 선별하고 있다. 그러나 스탠포드의 독특한 점은 강력한 기업가정신이다. 전설적인 인공지능전문가인 에드워드 파이젠바움(스탠포드대학 지식시스템연구소)은 "이 곳 컴퓨터과학부 출신들은 이론적이거나 사회와 관련성이 없는 분야에는 나가지 않는다"고 말하고 있다. 예컨대 1984년 당시 공대학장이었던 존 헤네시는 연가를 맡아 MIPS테크놀로지라는 회사를 차렸다. 이 회사는 현재 실리콘 그래픽사의 일부가 되었는데 헤네시는 리스크(한정명령세트 컴퓨터)의 아키텍처(컴퓨터의 설계사상의 기초가 되는 논리적 구조)에서 선구적인 연구를 했다. 스탠포드가 현재 주력하고 있는 분야에는 그래픽, 사용자 인터페이스, 정보다루기 연구가 포함되어 있다. 2백30명의 직원중 13%가 박사학위 소지자이며 노벨상을 포함한 각종 수상자수는 10명 그리고 지난 5년간 특허취득건수는 매 연구원당 0.004건이다.

## 카네기멜론대학 : 영원성의 추구

미국 컴퓨터계에서 '영 터크'(적극적인 개혁론자)라는 평판을 가진 카네기멜론대학(CMU)은 스스로 '반항적'이라는데 자부심을 갖고 있다. 그 뿌리는 인공지능연구의 선구자인 컴퓨터과학교수 허버트 사이먼(노벨상수상자)과 앨런 뉴먼에서 찾을 수 있다. 이들은 1950년대에 벌써 컴퓨터의 진정한 중요성은 숫자 계산이 아니라 인간의 창의성과 지능을 보장하는 것이라고 감히 주장했었다.

최근 CMU의 컴퓨터광들은 덤으로 영원성 연구에 몰두하고 있다. 물론 이것은 생물학적인 영원성(불멸)이 아니라 가상적인 변종을 말하는 것이다. 예컨대 한사람의 전 생애에 걸쳐 매 분마다 일어나는 생활의 내용을 기록하는 거대한 멀티미디어 데이터베이스의 형태를 취하는데 동전크기의 하드드라이브에 모두 수록할 수 있다. 그래서 먼 훗날 자손들이 데이터베이스에게 조상들의 생활에 관한 질문을 할 수 있게 된

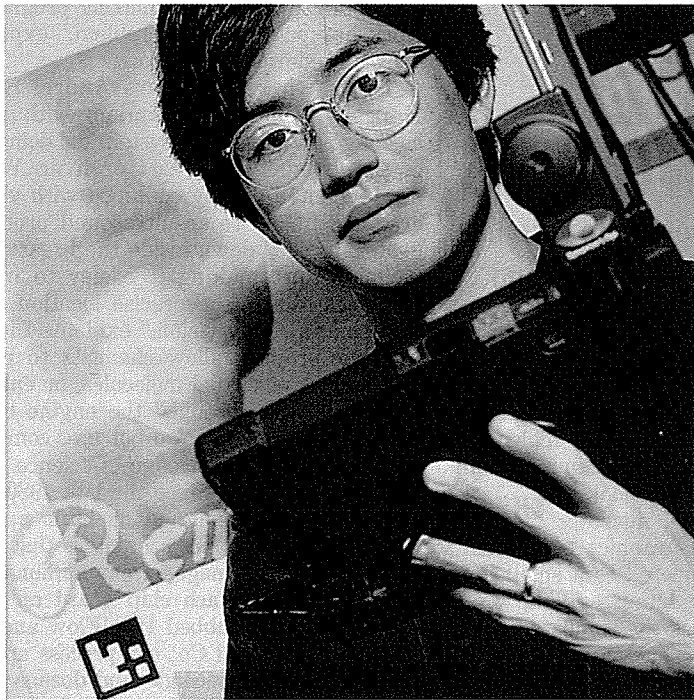


▲ 머리카락 굵기의 수천분의 1밖에 안되는 '버키트브' 분자에서 촉감을 느낀다.

다. 또 학생들은 아인슈타인이 쓴 내용을 이해하는 인공지능 아인슈타인에게 질문을 던질 수도 있다. CMU가 최근 신설한 위락기술센터는 한정된 범위 안에서 아인슈타인의 상대성이론에 관한 질문을 말로 물으면 이에 대답할 수 있는 가상의 아인슈타인을 선보였다.

예술, 과학, 철학이 진보하기 위해서는 인류의 지식을 사람들이 깊이 생각할 수 있게 잘 보존

되어 있어야 한다. 지금까지 보존되어 온 것은 주로 이름나고 부유한 사람들의 생각들이었으나 앞으로는 누구든지 창작하거나 경험한 것은 모두 자동적으로 포착하여 조직해서 누구든지 손에 넣을 수 있게 된다. 최근의 하드드라이브 값이 떨어지는 추세로 미루어 한사람의 모든 창의적인 표현을 포함하여 연간 깨어있는 동안(약 5천8백40시간) 일어나는 모든 시각적 경험을 저장하는 비용은 천달러 이하가 되는 날이 멀지 않아 올 것으로 CMU의 신설 인간 컴퓨터상호작용연구소장 댄 올센은 기대하고 있다. 또 2002년경에는 저장비용이 테라바이트(1조바이트)당 백달러가 되어 단돈 50달러면 한사람의 인생 백년간의 기록을 저장할 수 있게 된다. IBM은 이미 백메가바이트(1억바이트)를 저장하는 동전크기의 하드드라이브를 갖고



▲ 차세대 정보가전 '나비캠'은 박물관이나 쇼핑물을 찾는 사람의 길잡이 노릇을 한다.

있고 곧 백기가바이트(천억바이트)를 저장하는 하드드라이브를 내놓을 계획이다.

이렇게 정보저장비용이 싸지면 정보의 대홍수를 부추길 것이다. 이에 대처하기 위해 CMU의 자동학습 및 발견센터는 시각, 소리, 문장정보를 캡슐로 만들어 다룰 수 있는 지능형 조사편집기계를 개발하고 있는데 5~10년 내에 실용화될 것으로 기대하고 있다.

「비즈니스위크」지의 여론조사에서 두번째로 가장 우수한 연구소로 평가된 CMU 컴퓨터과학부는 20%가 박사학위 소지자인 2백63명의 직원을 거느리고 있고 이 중에서 과학분야의 큰 상 수상자는 9명이다.

### MIT : 경쟁하는 2개의 연구집단

매사추세츠공대(MIT)는 컴퓨터과학분야에서는 독특한 개성을 가진

2개의 연구집단이 있다. 그래서 MIT의 미디어연구소와 그 경쟁집단인 컴퓨터과학연구소(LCS)는 각각 별개의 세상에 살고 있는 것처럼 보인다. 예컨대 LCS가 파티를 가질 때는 과자상자들과 '스타트렉'(미국 NBC방송이 방영한 공상우주영화)을 화제로 삼는 대학원생들로 들끓는 반면 미디어연구소가 여는 파티에서는 웨이터들이 굴

과 샴페인을 제공한다. 미디어연구소 사람들에게 LCS에서 어떤 일을 하는 가고 물으면 관심이 없는 체한다. 이들의 경쟁관계는 컴퓨터의 미래를 전망하는데에서도 명백하게 드러나고 있다. 1963년 설립된 LCS는 컴퓨터 아키텍처(컴퓨터의 설계사상의 기초가 되는 논리적 구조)의 선구적인 개념을 계속 추구하고 있다. 예컨대 실리콘보다 DNA(유전자구성물질)분자에 바탕을 둔 컴퓨터연구를 하고 있는 데이빗 기포드의 연구는 20년 뒤를 내다보면서 작은 공간에 방대한 양의 정보를 수용하는 DNA의 능력을 이용하자는 것이다.

한편 11년의 연조를 가진 미디어연구소는 이미 디지털TV와 같은 멀티미디어제품에 영향을 주고 있다. 또 전통적인 관행을 따르지 않는 미래가 촉망되는 과학자들을 끌

어들이고 있다. 그중에는 일본전신전화회사 과학자인 이시이 히로시가 있다. 그는 엔지니어들이 서로 다른 위치에서 동시에 같은 제도작업을 할 수 있게 실세계와 허상의 세계에 다리를 놓았다. 예컨대 이시이팀이 개발한 '능동적인 책상'은 투명한 패널을 갖고 표면 아래는 광을 이용한 기계식 자기센서가 배열되어 있다. 센서는 실물과 결부된 데이터를 읽을 수 있다. 이 책상의 기능을 시범하기 위해 책상 위에 MIT의 유명한 돔의 모델을 놓으면 투명패널은 감박거리면서 MIT캠페스의 지도를 보여 주는데 돔은 중앙에 자리한다. 돔을 이동시키면 지도도 따라서 움직인다. 돔모델에 달린 바코드를 주사(走査)하면 교수명단에서 행사계획표에 이르기까지 보여주면서 돔을 내부의 데이터와 연결시킨다. 이시이의 구상은 인간을 컴퓨터에 역지로 적응시키기보다는 인간과 상호작용을 하는 대화형의 컴퓨터를 만들자는 것이다. MIT컴퓨터연구소는 2백54명의 직원(이중 박사학위소유자 12%)을 거느리고 이 중에서 큰 상을 탄 사람은 13명이다. 지난 5년간 연구원당 특허획득은 평균 0.08건이다.

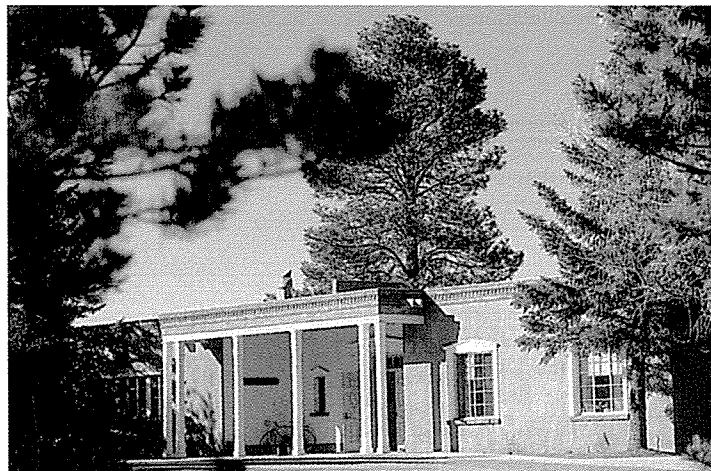
### UNC : 가상세계를 다루는 연장

노스캐롤라이너대학(UNC) 컴퓨터과학자 러셀 테일러는 작은 조이스틱과 연결된 원자력 현미경, 강력한 컴퓨터그래픽장비 그리고 정교한

모터를 이용하여 상상할 수 없을 정도로 작은 세계를 체험하고 있다. 그는 사람의 머리카락 굵기의 수천분의 1밖에 안되는 빨대모양의 분자인 '버키튜브'를 들여다보면서 그 위로 작은 공을 굴리면 울퉁불퉁한 표면에 부딪칠 때마다 충격을 느낄 수 있다. 그가 처음 가상현실의 '나노조작' 시스템(나노는 10억분의 1m)을 개발하기 시작했을 때 물리학과 동료과학자들은 그 중요성을 미처 깨닫지 못했다. 그러나 오늘날 많은 과학자들은 분자의 세계를 들여다 볼 수 있는 테일러의 입체창의 진가를 높이 평가하고 있다. 이것은 또 다른 사람에게 실제로 쓸모있는 시각용 연장을 제작한다는 UNC 컴퓨터과학연구소의 신조와 일치한다. 이 연구소의 안드레이 스테이트와 마크 리빙턴은 현재 의사들과 함께 유방이나 간과 같은 조직의 절편검사용 보강시스템을 개발하고 있다. 비디오 카메라를 장비하고 초음파장치와 연결된 HMD(머리에 쓰고 컴퓨터가 만드는 영상을 보면서 가상현실감을 체험할 수 있는 장치)를 착용한 외과의는 유방 속의 의심이

가는 혹을 '들여다 볼 수' 있고 정확한 위치에 절편검사용 바늘을 집어 넣을 수 있다.

UNC 컴퓨터연구소가 밀고있는 다른 프로젝트에서는 화학자들이 가상분자들의 상호작용을 몸소 점검하거나 엔지니어들이 잠수함의 기관실을 '걸어서 통과할 수'도 있다. 한편 UNC의 헨리 혹스의 꿈은 컴퓨터기술을 이용하여 사람이 현장에 '존재'하게 만든다는 것이다. 안경에 거치한 고해상 디스플레이로 사람들을 이색적인 장소로 데려가거나 실세계를 보완하는 중요한 정보를 제공한다는 것이다. 예컨대 병사들의 안경은 지뢰나 저격병의 위치를 정확하게 가려내다가 하면 외과의들은 몸속 깊숙이 들여다볼 수 있다. 그러나 이것은 이 시스템이 디스플레이를 착용한 사람의 정확한 위치를 추적할 수 있을 때만 가능하다. 그래서 개리 비숍교수는 천체 내비게이션시스템에서 별처럼 작용하는 발광 다이오드를 천장에 거치하는 방법을 개발했다. 다른 하나의 방법은 미세한 플래시 라이트를 사용하여 컴퓨터가 이 플래시로 조명된 사람의 위치를 측정할 수 있게 한다는 것이다.



▲ 복잡시스템 연구의 메카인 산타페연구소.

### 소니 : 큰 미래를 약속하는 작은 센서

소니사 컴퓨터과학연구소는 앞으로 20년간 휴대용 전자장치가 더욱 빠른 걸음으로 지능화될 것을 예상하고 제품개념개발에서 선두를 달리기 위해 안간힘을

다하고 있다. 최근 개발한 '나비감'은 주위를 감지하는 차세대 정보사전이다. 예컨대 소니의 컴퓨터연구소를 방문할 때 나비감카메라를 한 사무실 외부에 기재된 바코드에다 고착시키면 이 장치의 디스플레이 상반부에는 사무실 안에 있는 연구자의 이름과 사진을 보여 준다. 그 아래쪽에는 이 연구자의 관심연구분야에 관한 설명이 나온다. 또 방문자가 어떤 특정한 사무실을 찾고 싶으면 나비감이 안내해 준다.

소니사는 2000년경에는 이보다 훨씬 작고 가벼운 나비감이 등장하여 주요 박물관과 쇼핑몰에 대한 개인 안내 서비스를 맡게 될 것으로 기대하고 있다. 소니사는 이 분야에서 매우 실리적이다. 예컨대 소니의 워크맨은 1979년대의 기술을 소비시장용으로 단순히 재포장한 것에 지나지 않았으나 워크맨은 사람들의 생활양식을 바꿨고 '입을 수 있는 컴퓨터' 시대의 도래를 예시했다.

나비감은 워크맨과 같은 길을 걸어 갈 것으로 보인다. 인텔 486프로세서를 사용하고 윈도 95운영시스템으로 가동되는 나비감의 개념은 정황적( 주변상황 )으로 친근한 컴퓨터를 만든다는 소니의 구상의 열쇠를 제공한다. 오늘의 나비감은 바코드에서 정보를 얻지만 내일의 나비감은 지구측위(測位)위성에서 위치를 알아내고 셀전화(이동전화)와 무선망을 통해 공중의 정보를 획득할 수 있게 된다는 것이다.

소니에 따르면 결국 컴퓨터도 스스로 불 필요가 있다. 그 이유는 최신형 카네비게이션시스템이 홍수로 길이 막혀버리는 따위의 뜻밖의 일이 생기면 아무리 정교한 컴퓨터를

내장하고 있다고 해도 제구실을 못하는 경우가 있기 때문이다. 그래서 소니사는 이런 일을 시정하기 위해 환경을 인식하고 스스로 운행할 수 있는 TV카메라를 거치한 소형 로봇을 개발하고 있다.

### 산타페연구소 : 복잡이론의 산실

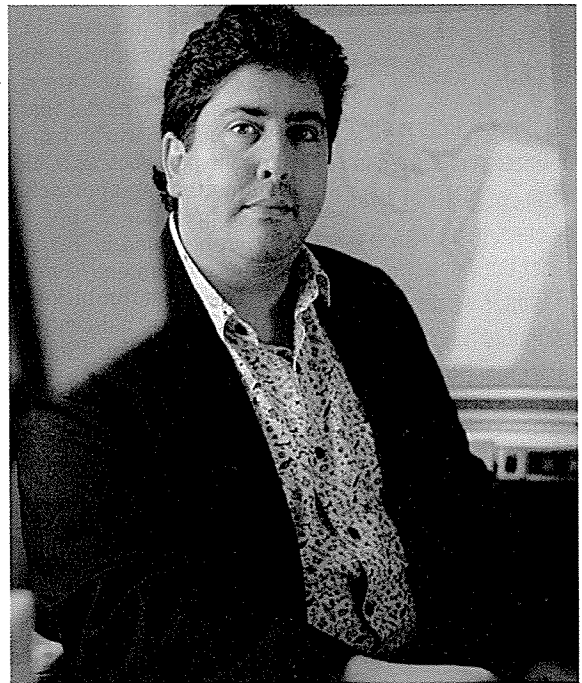
미국 뉴멕시코주 소재의 한 주택에 자리한 산타페연구소를 찾으면 그 곳에는 언제든지 25명에서 50명의 과학자들이 일하고 있다. 방과 복도와 심지어는 차고자리까지 빼곡하게 다져넣은 책상과 컴퓨터에서 일하는 이들은 거의 모두가 몇주에서 1년간 머문 뒤 자기 직장으로 돌아간다. 이들의 야심적인 목표는 바이러스건 나무건 또는 사람이건 어떻게 개체가 상호작용하여 유행병이나 삼림이나 또는 도시와 같은 복잡한 시스템을 창조하는데 적응하는가를 밝혀 보자는 것이다. 이들은 총체적으로 불균일한데에서 어떻게 패턴이 나타나는가를 이해할 수 있게 되면 이 패턴을 이용하여 세계에서 가장 어려운 문제를 해결할 수 있는 힌트를 얻게 된다고 주장하고 있다.

산타페연구소는 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 복잡시스템을 연구하는 기관으로 세계에서 가장 많이 알려져 있는데 컴

퓨터는 패턴을 인식하는 뇌의 역량을 확대한다는 것이 이곳 연구자들의 주장이다. 그런데 산타페에 연구를 의뢰한 수십개 기업중에는 듀폰과 제록스 등이 포함되어 있고 그중에서 영국의 대표적인 식료품기업 세인즈버리사는 슈퍼마켓 모델의 연구를 맡기고 있다. 이밖에도 현재 이곳에서 연구하는 컴퓨터 프로그램중에는 주식시장의 모방, 몸이 스스로의 힘으로 에이즈를 물리칠 수 있을 때까지 얼마동안 약으로 에이즈를 억제해야 하는 가의 추정, 진화가 발작적으로 진행되는 이유의 설명 등이 있다.

### 인공지능의 미래 : '코그'와 '사이'

미국 케임브리지 소재 매서추세츠 공대(MIT)의 인공지능연구소 부소장 로드니 브룩스는 현재 인공지능 연구에서 일찍이 없었던 위대한 실험을 하고 있다. 그는 '코그'(인식



▲ 스스로 연구소를 운영하는 로봇(사이)의 '아버지' 더글러스 레넷.

이라는 뜻의 영어에서 따온 말)라는 인공지능을 통해 기성컴퓨터모델에다 메모리를 다져넣어 인간의 관점에서 세계를 그려 보는 것이 아니라 사람처럼 기계에게 혼자 힘으로 세계를 찾아 보게 하자는 것이다. 이른바 바텀업(상향식)방법이다.

그런데 브룩스의 '코그'가 이르면 동전의 앞면이라면 텍사스주 오스틴 소재 사이코프사의 사장 겸 스탠포드대학 자문교수인 더글러스 레넛은 동전의 뒷면에 해당하는 '사이' (백과사전이라는 뜻의 영어에서 따온 말) 연구에 열을 올리고 있다. 이미 4천만달러가 투입된 그의 연구사업은 '사이'에게 2백만건의 상식에서 나온 약 50만개의 규칙을 지식의 바탕으로 다져 넣었다. 예컨대 어머니는 언제나 딸보다 더 늙었다거나 새들은 털을 가졌다거나 하는 따위다. 배움은 이미 알고있는 피상적인 지식에서 시작하는 것이므로 더 많이 알면 알수록 더 많이 배울 수 있다는 것이 된다.

그러나 스탠포드대학시절의 제자였던 브룩스는 "'코그'는 상식적인 것을 프로그램하는 '사이'의 방법보다는 훨씬 빨리 배울 수 있다"고 주장하고 있다. 제록스사 팔로알토연구센터의 수석기술자 마크 와이스너도 브룩스의 '바텀업' 전략에 찬성하면서 "브룩스는 미 대륙을 발견하기 위해 서쪽으로 향진하고 있으나 레넛은 옛날 규범으로 포르투갈에서 미대륙을 찾으려고 하는 것과 다를 것이 없다"고 빗대고 있다.

그런데 지식-발견식 시스템인 '사이'는 아직도 미완성단계인데도 글락소-웰컴, 디지털 이큅먼트, IBM 등 대기업들이 앞다퉀 채용하고 있

다. 대형제약회사인 글락소는 '사이'를 까다로운 약학과 의료관련 용어의 디소러스(컴퓨터에 기억시킨 정보에 관한 색인)를 다루는데 사용한다.

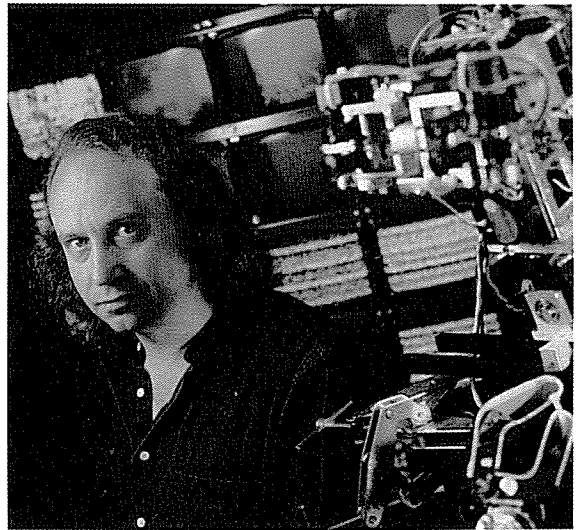
'사이'는 1984년 오스틴 소재의 하이테크기업들의 연구컨소시엄인 MCC에서 탄생했다. MCC는 10년

간 언어학자, 철학자, 인류학자 그리고 엔지니어들이 '사이'에게 이르면 스펀으로 데이터를 떠먹이는 작업의 비용을 지원했다. 10년후 '사이'는 스스로 벌 수 있게 되자 1994년 MCC에서 분가했고 매년 상당한 이익을 올리면서 약 3백만달러의 연구계약고를 올리고 있다.

### 로봇이 운영하는 연구소

다음 단계는 '사이'가 신문과 책과 과학저널을 읽고 스스로 배우기 시작하는 것이다. 이렇게 해서 8~9년 내에 '사이'는 대학원수준의 작업을 할 수 있을 정도로 지능이 높아지면 의료기록을 점검하고 대안(代案)을 제시함으로써 의사들의 진단적중률을 끌어 올리기 시작한다. 2020년경에는 '사이'가 스스로의 연구실을 운영하면서 독특한 실험을 설계하고 새로운 지식을 찾아내게 되기를 레넛은 기대하고 있다.

한편 MIT의 브룩스는 10여년 전부터 센서와 연결된 간단한 두뇌를 가진 소형의 곤충같은 로봇을 제작



▲ 사람처럼 직관적으로 행동하는 로봇(코그)의 '아버지' 로드리 브룩스

하기 시작했다. 이 로봇은 중앙제어가 없고 보행방법도 미리 프로그램이 되어 있지 않다. 그러나 로봇들은 시행착오를 통해 보행을 배운다. 그동안 '징기스'와 '아리엘' 그리고 '헤르메스'와 같은 곤충로봇으로 성공을 거두자 사람의 감각이 배운대로 행동하듯이 로봇들도 사람같은 감각을 가지는 경우에만 사람같은 지능을 개발할 것이라는 확신을 얻게 되었다. 그래서 '코그'도 2개의 비디오카메라 눈과 2개의 귀를 갖는다. 이들은 각각 20여개의 마이크로프로세서와 연결되어 있고 각 칩은 특정한 행동이나 감각시스템을 제어한다. 모든 것이 순조롭게 진행되고 추가로 촉각과 후각같은 더 많은 감각을 갖출 때 공상과학영화 '스타 트랙'에 등장하는 초지능의 인조인간 데이터증령처럼 행동할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 언제쯤 이런 인조인간이 등장할까? 그 시기는 아마도 '사이'가 스스로 연구실을 운영할 무렵인 2020년쯤이 될 것 같다. 57