

우리 생활을 바꿀 25대 발명 ②

꿈의 半導体 칩

소프트웨어가 演出하는 제2막

光波를 타는 메시지

꿈의 반도체 칩

제임스 D. 마인들

(스탠포드大 IC연구실장)

존 D. 쇼트

(스탠포드大 集積시스템센터)

얼마나 더 작게, 얼마나 더 싸게, 얼마나 더 빠른 것을 만들 수 있을까? 손톱의 크기와 같은 칩에 1000개에서 수십만개에 이르는 트랜지스터를 꾸며 넣는 기술이 최근 20년간 크게 진보했으나 과학자나 기술자들은 이 소형화와 복잡화의 한계에 접근하고 있는 것이 아닌가 하는 것이다. 만약에 한계에 접근하고 있다면 우리들이 자주 듣고 있는 “21세기의 컴퓨터”를 만들기 위해서는 어차피 전혀 새로운 방법을 생각해 내야 할 것이다. 그러나 현행의 접근방법을 포기하기 전까지는 기술자들은 몇백만달러나 되는 비용을 투입하여 물리학 법칙의 바로 한계까지 이용하여 생산방법을 배우려고 노력하고 있다. 현재의 장기연구계획의 최종목표는 서적 800만분에 상당하는 1000만비트 이상의 정보를 축적할 수 있는 “수퍼칩”을 만드는 일이다. 그러나 칩 메이커들이 현재 생산을 개시하고 있는 것은 80만분에 해당하는 100만 비트를 기억하는 1 메

가비트의 메모리 이다.

이미 경이적인 성능을 가진 오늘날의 칩을 한 걸음 더 나아가서 수퍼칩에 도달하게 만들기 위해서는 기술자들은 극초LSI(ULSI)를 만들어야 한다. 이것은 머리카락 직경의 1000분의 7에 해당하는 0.5미크론 이하 크기의 트랜지스터로 이루어진다. 복잡한 회로로 꾸며진 칩을 만들자는 것이다. 그러나 그렇게 작은 부품을 만드는 것이 큰 문제가 되는 것은 아니다. 기술적인 장애는 한개의 칩을 타고 있는 수천만개의 작은 부품을 어떤 방법으로 묶는가 하는 것이다.

현재 가장 앞선 칩인 VLSI에서는 2층까지의 내부 결선을 하고 있다. 이것은 이를테면 로스앤젤레스시 정도 규모의 모든 도시의 교통을 불과 2차선의 도로로 다루는 것이나 다를 것이 없다. 오늘날의 퍼스널컴퓨터의 정보처리 능력과 기억용량을 크게 넘어서자면 내일의 수퍼칩은 그물의 눈과 같이 결합한 수퍼하이웨이와 맞먹는 다층간 배선이 필요하게 될 것이다.

수퍼칩의 내부배선문제를 해결하려면 아직도 실제적인 문제가 남아 있다. 부품 하나 하나를 오염으로부터 방지한다는 조건아래서 어떻게 이런 섬세한 구조를 만들어 내는가 하는 것이다. 현재의 IC공장의 가장 우수한 크린룸에서는 1입방피트(0.028 입방미터)의 실내공기속에 포함된 먼지의 수는 10개 이하이다. 보통의 사무실

에는 10만~50만개가 포함되어 있다. 그러나 수퍼칩 제조에서는 1 입방피트 당 10개의 먼지도 많은 것이다.

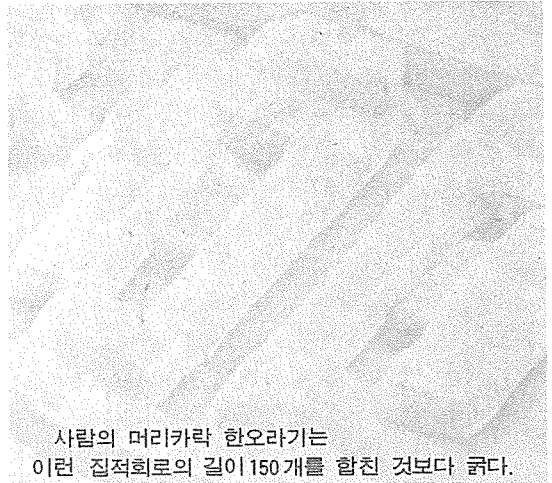
웨이퍼(IC의 기관) 제조장치에서는 인간이 현장에 없어도 만들 수 있게 다양한 자동화시스템을 열심히 연구하고 있다. 오늘날도 웨이퍼 제조장치의 많은 부분은 먼곳에 있는 컴퓨터로 제어되고 있다. 특별 크린룸용 로봇과 유도운반차가 웨이퍼를 하나의 공정에서 다음 공공으로 이동하기 위해 개발되고 있다. 그러나 자동화만 가지고 ULSI 제조상의 문제를 해결했다고는 할 수 없는 것이다.

로봇 조립체의 부딪치는 기계부품이나 기계를 움직이는 공기변, 웨이퍼 제조공정중의 화학적 처리가 모두 오염미립자의 발생원이 되고 있다. 이런 것이 해결되어도 필립두께의 허용오차, 불순물함유량 및 각부의 사이즈는 극단적으로 줄여야 한다. 칩 하나만을 제품으로서 합격시키기 위해서는 제조공정내에서 종래 보다는 훨씬 많은 이런 요소를 측정해야 한다. 더우기 ULSI 제조공정중의 측정에서 필요한 측정감도 및 위치정도를 만족시키기 위해서는 측정기 자체를 크게 개량해야 할 것이다.

그런데 앞서 말한 것과 같이 수퍼칩 자체를 설계하고 제조하는 것만으로는 충분한 것이 아니다. 수퍼칩간을 매우 복잡한 네트워크로 결합하여 서로 "대화"를 해야 하는 것이다. IC의 성능과 집적도가 끊임없이 높아지는 것을 기대하고 있는 설계자들은 많은 수퍼칩을 가동시키는 구조를 제안하고 있다.

칩 1개당 소자의 수가 비약적으로 늘어나고 있음에도 불구하고 이런 칩을 모아 시스템으로 만드는 우리의 능력은 흔히 제약을 받고 있다.

그 원인은 칩간을 이동하는 신호의 수를 늘릴 수 없기 때문이다. 이 문제를 이해하기 위해서는 50년전의 뉴욕-로스안젤레스간의 여행을 생각해 볼 수 있다. 그 경우에는 철도로 이동하는데 필요한 시간이 주요한 팩터였다. 그뒤 항공기술의 발달로 이동 소요시간을 극적으로 단축시켰다. 그러나 오늘날 초음속 제트여객기나 로



사람의 머리카락 한오라기는 이런 집적회로의 길이 150개를 합친 것보다 짧다.

켓트를 가지고도 그 이상의 큰 개선을 볼 수 없다. 그 이유는 자택이나 사무실에서 공항까지 가는 시간을 줄이는 방법을 알지 못하기 때문이다.

고체소자의 세계에서는 패키지에 수반하는 장애가 이와 비슷하다. 이것이 칩에서 칩으로의 데이터 전송을 개량하는 것을 막고 있는 것이다.

그래서 하나의 해결방법으로서 한장의 웨이퍼 위에 시스템 전체를 만드는 방법을 생각하고 있다. 이것을 "웨이퍼 스케일 인테그레이션"이라고 한다. 현재의 컴퓨터시스템에서는 웨이퍼상에 같은 종류의 칩을 많이 만들어 이것을 시험한 뒤에 잘라 낸다. 그리고 회로판 위에서 서로 다른 칩을 연결하여 하나의 시스템을 만드는 것이다.

이에 대해 웨이퍼 스케일 인테그 레이션에서는 한장의 웨이퍼 위에서 서로 다른 칩을 만들어 칩내에서의 배선과 같은 테크닉으로 칩간을 연결하는 것이다. 이렇게 하면 종래의 회로판은 한장의 실리콘 웨이퍼로 줄일 수 있다.

본래 예언이라는 것은 맞지 않는 일이 많은 것이지만 1990년대 중반까지는 ULSI기술이 새로운 시스템과 잘 결합될 것으로 믿어도 좋을 것이다. 만약에 이렇게 되면 10년 뒤의 퍼스널 컴퓨터는 현재의 대형 사무용컴퓨터와 같은 데이터 처리능력과 기억량을 갖게 될 것이다.

우리가 오늘날 소자구조에 수반하는 약점에

계속 얽매이게 된다면 집적회로의 집적도를 향상시키는 일은 한계에 접근하고 있다고 하겠다. 그러나 이미 현재의 한계를 넘어서 21세기로 진입하는 소자를 만드는 광학기술은 실현을 기대할 수 있는 단계에 와 있다. 우리는 광자를 통신수단으로서 자유롭게 제어하는 단계에 와 있는 것이다.

과학자와 기술자들은 다음 단계로서 양자효과 이용에 기대를 걸고 있다. 이것은 미크론 이하의 크기에서는 작동하기 어려운 종래의 트랜지스터와는 달리 미크론이하의 극소사이즈에서만 작동하는 물리현상에 의존하기 때문이다.

이중에서 어떤 것이 미래로 이어지는 지름길인가 단언할 수 있는 사람은 아무도 없다. 혹시 다음 단계는 전혀 예기하지 않은 소스에서 올지도 모른다. 그러나 다음 단계를 연구한다는 것은 연구과정에 활기를 불어넣는 일이다.

소프트웨어가 연출하는 第2幕

앨런 케이

(애플사 펠로우)

인형극에 등장하는 인물들은 생명이 없는 재료로 만들었으나 너무나 재치있게 조작하기 때문에 생생하게 살아 있는 인물처럼 보인다. 그러나 관객의 눈에 보이는 것은 극히 일부에 지나지 않는다. 나머지는 무대 뒤에서 인형 조종사, 의상사, 무대장치사, 극작가들이 활약하고 있는 것이다. 가령 인형을 문자라고 하고 무대를 컴퓨터의 디스플레이라고 한다면 문장을 만들려고 디스플레이 뒤쪽에서 문자를 चु추게 하는 인형사의 모습을 상상할 수 있다. 만약에 관객이 인형사에게 단어를 바꿔 놓으라고 요구할 수 있다고 가정한다면 우리는 퍼스널 컴퓨터와 워드프로세서를 상상할 수 있을 것이다.

디스플레이 위에 인자된 글자는 컴퓨터라는 새로운 극장에서 연기하는 이름없는 수 천명의

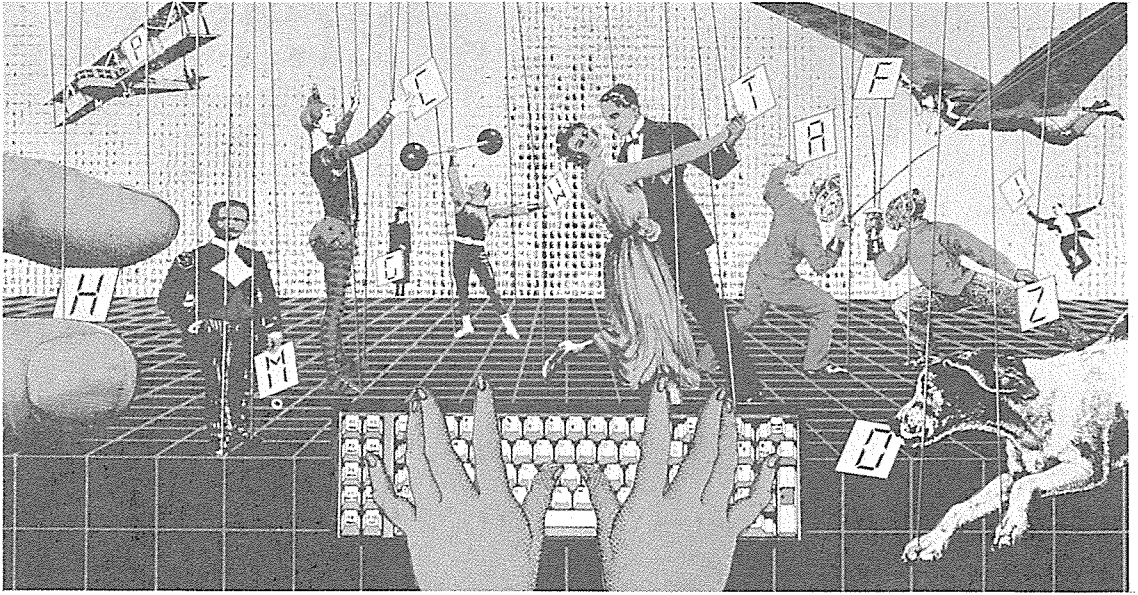
배우들의 의상인 것이다. 그리고 컴퓨터에서 상영되는 연극의 종류나 무대의상이나 배역에는 아무 제한도 없다.

극장에서는 관객은 자기의 체험과 무대의 연기를 일체화하여 스토리가 현실적인 것이 아니라는 것을 잊어버린다. 마찬가지로 컴퓨터에 의한 시뮬레이션 프로그램에서는 사용자는 그 시뮬레이션이 진실로 존재하는 것이라고 믿어버린다. 소프트웨어 설계자의 기량에 따라 사용자는 즐거워 하고 힘을 얻으며 만족하기도 한다. 현실사회에서는 일어날 것도 같지 않은 신비스런 일이라도 이것이 일관된 논리를 따르는 한 문제없이 받아들여지고 있다.

컴퓨터의 이런 성질을 알기만 한다면 앞으로의 컴퓨터가 나갈 길을 내다볼 수 있게 될 것이다. 컴퓨터 사용자가 시뮬레이션이라는 가공의 사물을 자기의 손으로 직접 조작할 수 있게 된다면 더 큰 능력을 손에 넣게 되었다고 할 수 있다. 예컨대 추측이 잘 맞아 떨어지거나 컴퓨터의 ‘마우스’를 조금만 밀어도 물건을 움직일 수 있다거나 또는 애니메이션화한 화상과 대화를 할 수 있게 된다면 사용자는 단순한 관객이 아니라 작본가와 협동작업을 하고 있다는 것이 된다.

컴퓨터로 얻게 된 능력은 거의가 “기계적”인 것이다. 워드프로세서나 제도용의 소프트웨어나 스프레드 쉬트는 펜이나 문구나 종이의 능력을 확대한 것이다. 이런 “도구의 확장”은 앞으로 더욱 번져나갈 것이다. 예컨대 보통 말로 쓰인 워드프로세서의 소프트웨어가 등장하여 사용자가 자기의 용도에 맞추어 상세한 점을 첨가하거나 삭제할 수 있게 될 것이다. 프로그래머를 고용할만한 여유가 없는 중소기업 경영자는 그 무렵이 되면 필요에 알맞는 정보처리 시스템을 활용할 수 있게 될 것이다. 그래서 보고 싶은 화상을 불러내는 방법으로서 특수한 “도구”를 사용하거나 필요한 처리를 실행하는 순서를 설정해야 하지만 그렇게 하는데 기본적인 명령의 변경만 지시하면 된다.

그러나 사용자에게는 매우 편리한 이런 방법도 앞으로 정보서비스망이 크게 늘어날 것이라



는 전망에서 볼 때 오히려 번거롭게 생각될 것이다. 에너지나 전화 등의 서비스망과 같이 정보서비스망은 매우 다양하고 복잡한 서비스를 제공한다. 이런 결과 앞으로 수년내에 컴퓨터와 잘 대응할 수 있는 전혀 별개의 방법을 확립해야 할 것이다.

예컨대, 중소기업의 경영자들은 직접 컴퓨터를 조작하지 않고 자기들이 필요한 일을 이것저것 설명하고 구체적인 사례를 들며 데이터를 도해하고 자기들이 의도하고 있는 것과 프로그램이 의도하고 있는 것의 차이를 지시하기만 하면된다. 이런 지시에 따라서 시스템이 작동하기 시작한다.

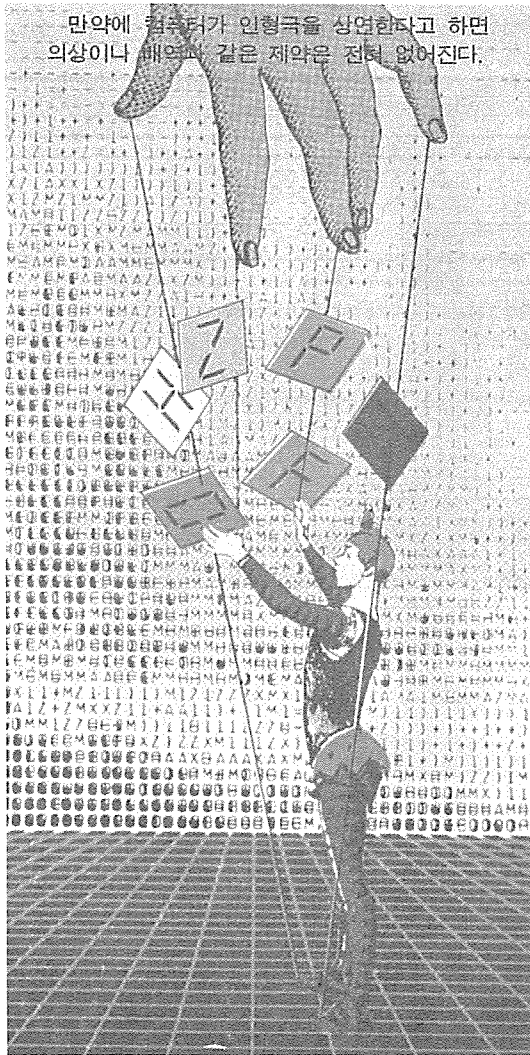
이런 시스템은 어느 정도의 학습능력을 갖고 있다. 물론 이런 것은 오늘날의 퍼스널 컴퓨터 보다는 훨씬 높은 계산능력을 갖고 있다는 것을 뜻한다. 그러나 컴퓨터 분야에서는 “보다 많이 보다 빠르다”는 것은 “보다 새롭고 보다 좋은” 것보다는 쉽게 달성할 수 있는 다음 단계라고 할 수 있다.

최근 몇해째 퍼스널 컴퓨터의 급속한 보급과 연구개발에 수반하는 리스크를 회피하려는 정부의 정책의 영향을 받아 획기적인 연구나 기술혁신을 볼 수 없게 되었다.

그 결과 앞으로 5년이나 10년간은 기술상의 진보는 거의가 연구실에서 하고 있는 일에서 나올 것 같다. 실리콘 칩의 성능이 가파른 추세로 향상하는 한편 그 값은 계속 떨어지고 있어 연구실의 업적은 시장에 직결할 수 있는 것이다.

스피드나 기억용량의 양적인 변화가 10배의 수준이 되면 질적인 변화를 느끼게 된다. 1960년대 이래 컴퓨터산업은 양적으로는 1000만배의 변화를 이룩했다. 앞으로 1995년까지는 두번 이상의 이 정도의 기술혁신을 우리는 기대 할 수 있다. 3차원 그래픽이나 음성 합성 및 인식과 음악합성과 같은 특수한 컴퓨터의 능력에 대해서도 100배 또는 1000배 이상의 양적인 발전을 기대할 수 있다. 예컨대 오늘날 가장 고속을 자랑하는 슈퍼컴퓨터를 사용해도 프레임당 몇시간씩 걸리는 애니메이션 제작을 리얼타임으로 할 수 있는 플러그인식의 자기 카드가 1995년 경에는 단돈 5백달러로 손에 넣을 수 있을 것이다.

다음 10년 간 가장 눈에 띄이지 않은 변화는 컴퓨터가 너무 많이 보급되어 컴퓨터는 당연한 존재가 되어 버린다는 것이다. 컴퓨터는 마침내 일상생활의 일부가 되어버린 연필이나 종이 또는 전화기와 같이 가까이 없을 때만 그 존재를



만약에 컴퓨터가 인형극을 상연한다고 하면 의상이나 배우와 같은 제약은 전혀 없어진다.

알게 될 것이다.

앞으로 10년에서 15년간에 일어날 극적인 변화로서 생명의 설계도인 DNA에 해당하는 것과 같은 컴퓨터의 근본원리를 발견하여 인식능력을 갖춘 지성과 학습능력을 발생하는 구조를 만들어 내는 일이라고 생각된다.

그래서 현재 예측할 수 있는 하드웨어의 양적인 발전만으로는 충분하지 않다. 그러나 현재로서는 그런 컴퓨터를 만드는 방법을 알고 있는 것은 아니다.

기억·학습·의식을 해명하는 전략은 뉴로나 DNA를 모델로 사용하여 달성할 수 있을지

모른다. 대개의 포유동물은 한개의 세포속에는 같은 양의 DNA를 갖고 있다. 인간의 뇌의 진화는 거의가 방대한 수의 세포의 복제와 신경피질의 큰 발전에 의한 것이었다.

예컨대 쥐에 비하면 1000배나 그 이상의 뇌세포를 갖고 있고, 100만개의 신경자극 전도부를 갖고 있을 것이다. 그러나 가재의 뉴론이나 바하의 뉴론은 기본적으로는 같은 것이다. 본래의 음브는 같으나 선율이나 대위법에 있어서 바하 쪽이 한없이 풍부하다는 것 뿐이다.

인간은 많은 메모리를 가짐으로써 안정된 문화와 오랜 학습기간을 갖게 되었다. 그 복잡하기 이를데 없는 직물의 패턴을 해명할 수만 있다면 우리는 스스로 이것을 짤수 있게 될 것이다.

光波를 타는 메시지

로버트 W. 럭키

(벨연구소 통신과학부 부부장)

지난 백년간 우리는 통신이라면 전기통신이라는 개념에 젖어 왔으나 이제 그 개념은 크게 바뀌어 통신의 세계는 광학기술로 방향을 틀고 있다. 그래서 숲위로 올라가는 연기의 신호나 바다위에 번쩍이는 신호등의 영상을 우리 가슴 속에 떠오르게 한다.

만약에 광섬유의 통신량이 제대로 완전히 발휘된다면 오늘날 미국내에서 교환되고 있는 음성통신은 불과 한 오라기의 섬유로 충분히 치룰 수 있을 것이다. 미국회도서관에 보관되어 있는 소장도서의 내용을 불과 몇초내에 모두 전송할 수도 있다. 광섬유는 바로 이상적인 통신매체로 생각되지만 현실은 아직도 이미 있는 전기통신망을 광섬유로 대체하고 있는 단계를 벗어나지 못하고 있다.

광통신이 시작된 것은 1970년대 초의 일이었다. 미국 코닝 글래스사의 연구자들이 편리한 빛의 도체를 만들기 시작한 것이다. 이것은 직경이 사람의 머리카락 정도의 유리섬유였다. 통신공업계는 이들의 성공을 주목하게 되었다. 광

섬유는 매우 넓은 “帶域幅”을 갖고 있어 전기통신을 훨씬 웃도는 이점을 갖고 있었기 때문이다. 그런데 통신 채널의 대역폭이라는 것은 주파수폭의 척도이다. 빛의 주파수는 종래의 전기통신의 주파수 보다 훨씬 높기 때문에 광섬유의 대역폭은 라디오 채널의 1백만배나 넓은 것이다.

지난 10년간 광섬유의 전송용량과 전송속도는 극적인 발전을 했다. 실리콘계 유리섬의 빛에 대한 투과도는 이론치에 접근하고 있다. 이제는 빛의 펄스를 1백킬로미터 이상의 긴 광섬유를 통해 볼 수 있게 된 것이다. 최근의 실험에서도 30권의 대영백과사전의 내용과 맞먹는 40억 비트의 정보를 매초 117킬로미터가 넘는 거리를 전송한 기록이 나왔다. 광섬유의 능력의 한계까지 바짝 쫓아가면 이보다 5배나 되는 정보를 보낼 수 있으며 앞으로 5년내에 이 한계에 접근할 수 있을 것으로 보인다.

그러나 광섬유의 슈퍼하이웨이만 앞섰다고 해서 실용적인 통신 시스템을 만들 수 있는 것은 아니다. 여기에는 통신의 흐름을 모으거나 분배하거나 초고속으로 흐르는 데이터를 논리적으로 정리하거나 푸는 수단이 수반돼야 한다. 이런 일을 하는 광학스위치나 논리회로는 아직도 되어 있지 않은 것이다.

기본적인 광학기술개발의 다음 단계는 회로망을 구성하는 기본단위를 초소형의 칩으로 만드

는 일이다. 연구자들은 되도록 빨리 광학회로망을 완성하여 보려고 노력하고 있다. 정보의 흐름은 이미 전자를 사용하는 처리법으로는 감당할 수 없을 정도로 늘어나고 있다.

첫번째의 상용 광섬유시스템은 수도권의 전화국간을 묶는데 그쳤다. 다음은 미국 서부부와 캘리포니아간의 장거리 광섬유시스템이 설치되었다. 80년대가 끝날 때까지는 미국내에는 광섬유에 의한 대용량의 슈퍼 하이웨이망이 깔릴 것이다.

1988년에는 미국과 영국 및 프랑스를 묶는 광섬유의 해저케이블이 운영을 개시할 예정이다. 이런 시스템은 태평양에도 계획중이며 해저광섬유는 여러 섬을 이웃 대륙과 연결할 것이다.

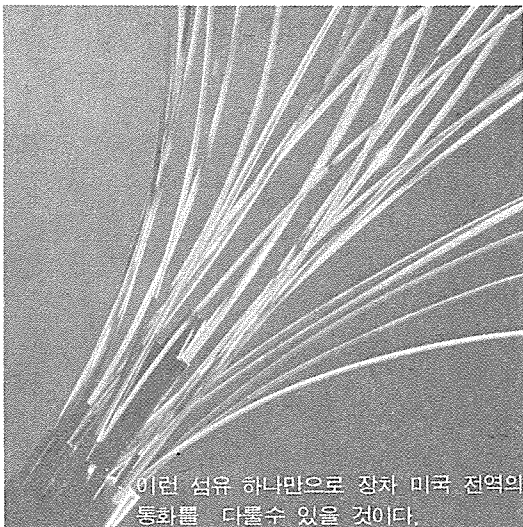
다음 단계는 광섬유가 가정까지 연장된다. 이 경우에는 기술보다는 경제성이 문제가 된다. 종래 만든 광섬유의 슈퍼하이웨이에는 도중에 분기점이 없었다. 광섬유의 간선은 각 가정에서 1.5킬로미터 정도 되는 곳에서 끝나고 그곳에서 각 가정으로 분기된다. 그러나 현재 광섬유는 경제적인 문제에서 볼 때 다른 전달망과는 경쟁할 수 없다. 그래서 구리선의 전화선이나 케이블 TV의 동축 케이블이 이 부분을 연결할 것이다. 마침내 광섬유시스템의 코스트가 내려가면 오늘날의 전화선이나 케이블의 몇배나 되는 서비스를 할 것이다. 가정에서 몇백 채널의 텔레비전을 수신할 수 있고 쌍방향성의 텔레비전 전화도 끝내는 싸져 어디에나 보급될 것이다. 또 텔레비전으로 면을 넘기듯 잡지를 골라 읽을 수도 있을 것이다.

오늘날의 광섬유는 흡사 미개지를 뚫고 나온 슈퍼하이웨이 같은 것이다. 이 섬유의 하이웨이는 교통을 수용하는 고속도로와 같이 새로운 사업, 교통 그리고 일요일의 드라이브와 같은 레저에 해당되는 것을 창출할 것으로 보인다.

인류는 언제나 그시대의 통신기술이 가능하게 만든 통신량을 남김없이 모두 사용해 왔었다.

개발단계가 끝나면 광통신의 잠재력을 사용하는 새로운 방법(낭비도 포함하여)을 찾아낼 것이다.

玄源福 譯(과학저널리스트)



이런 섬유 하나만으로 점차 미국 전역의 통화를 다룰 수 있을 것이다.