

미국 매사추세츠공대(MIT)의 로드니 브룩스가 자기가 만든 로봇 '코그'와 함께 즐거운 한때를 보내고 있다

# 로봇의 오늘과 내일

오늘날 세계 70여개 병원에서는 '헬프 메이트'라는 이름의 시중꾼 로봇들이 병원 복도를 굴러 다니면서 엘리베이터를 호출하고 음식을 운반하고 있다.

스웨덴에서는 장비메이커 일렉트로룩스가 날씬한 등근모양의 로봇 진공소제기를 생산 실험하고 있다.

미국 워싱턴 DC소재 스미소니언박물관의 몹시 붐비는 전시장에서 '미네르바'라고 불리는 안내 로봇이 방문객들을 안내하고 있다.

사람들이 길을 막으면 눈살을 찌푸리면서 비켜달라는 표정을 짓는다.

이런 실용로봇의 등장은 인조인간사회라는 새로운 시대의 개막을 마침내 예고하는 것일까?

## 진화하는 로봇

미국 카네기멜론대학 로봇연구소의 한스 모라빅은 30년 내에 원숭이 정도의 사고력을 가진 대가집 집사(執事)와 같은 로봇을 갖게 될 것이라고 예측하고 있다. 이 로봇들은 기분이 어떻다고 말할 수 있고 만약에 슬픈 표정을 하고 있다고 생각되는 사람에게 꽃을 내밀 수 있다. 일본 도쿄의 와세다대학 원인연구소의 다카니시 아츠코는 30년 내에 우리는 사람과 닮은 수준의 쓸모있는 로봇을 갖게 될 것이라

고 말하고 있다. 그는 행복과 혐오감 등 감정을 표현하는 '위3RII'라는 기지가 번득이는 로봇머리를 제작했다. 앞으로 이 머리는 현재 사람처럼 움직이는 방법을 배우고 춤까지 출 수 있는 와세다의 '와비안 로봇'에 붙일 수 있다. 다카니시는 로봇이 결코 인간을 복제하지는 못할 것이라고 말하고 있으나 모라빅은 머지않아 인간처럼 진화의 첫 발을 내디딜 것으로 믿고 있다. 그는 인간보다 1천만배나 빨리 진화하여 앞으로 50년 내에 인간의 지능을 능가하게 될 것

으로 기대하고 있다.

오늘날 지능형 로봇의 가능성을 비치는 것중의 하나는 '코그'라는 이름의 로봇이다. 미국 매사추세츠공대(MIT) 인공지능교수이며 발명가인 로드니 브룩스팀이 개발하고 있는 '코그'는 소리와 색깔 그리고 행동을 분별하는 능력을 갖게 된다. 이들은 감각기관에서 정보를 얻은 뒤 자극이 어디에서 왔으며 그 반응으로 어떤 근육이 움직이는가 알아 보는 척추동물의 뇌의 일부인 상구(上丘: 中腦蓋의 위쪽을 이루는 둔덕)를 모델로 하여 이 시스템을 개발하고 있는데 2~3년 내에 '코그'는 움직이는 물체를 눈으로 접촉하고 추적하기 위해 머리를 움직일 수 있게 된다. '코그'는 사람처럼 움직이고 팔을 던져 공을 잡으며 심지어 록큰롤음악을 듣고 이에 대응하는 리듬에 맞추어 작은 북으로 칠 수 있게 된다. 당초 5개년사업으로 1993년 여름부터 추진하기 시작한 '코그' 프로젝트는 모조인간기계를 설계하고 인간의 인식력의 원칙을 밝히려려고 시도할 때 발생하는 문제들을 해명할 계획이었다. '코그'는 산업용 로봇의 운용법처럼 환경에 관한 상세한 정보를 프로그램하여 목표를 설정하는 방법을 계산하는 대신 시행착오를 통해 자기 스스로와 환경에 관해 배운다. 이 계획의 핵심은 로봇은 사람들과 로봇과의 상호작용을 부추기기 위해 사람과 같은 모습과 행동을 해야 한다는 것이다. 이 프로젝트의 다른 하나의 원칙은 미리 준비한 세계의 내부모델을 내포해서는 안된다는 것이다. 바퀴말해서 '코그'의 배움은 외부세계와의 상호작용 없이는 아무 의미도 없다는 것이다.

'코그'가 인간을 모방할 가능성을 비치기 시작한 것은 어느날 조교인 신디아 브리질이 비디오테이프를 제작하면서 지우개를 집어 이 로봇 앞에서 흔들어 보였을 때부터였다. '코그'는 지우개를 쳐다 보다가 팔을 뻗어 잡으려고 했다. 브리질이 다시 지우개를 흔들자 '코그'는 다시 잡으려고 했다. 브룩스교수는 이 테이프를 보다가 깜짝 놀랐다. 그는 프로그램 속에 잡는 행동을 지시하는 명령을 아직 넣지도 않았던 것이다. 한편 브리질은 '코그'의 머리를 재구성하여 목을 길게 만들고 턱을 추가했다. 또 로스앤젤리스의 특수효과공급사로부터 눈을 구입했다. 이 공급자는 그녀에게 사람들로부터 그녀의 로봇이 어린 아이처럼 대접받으려면 눈을 크고 푸르게 만들라고 타일렀다. 또 로봇의 눈 동공 속에 컬러 CCD카메라를 내장했다. 얼굴모습이 움직이게 소

형 모터들을 설치하여 눈썹을 들어 올리고 아치형으로 만들고 귀는 회전하며 턱은 여단을 수 있고 혀는 자유자재로 움직이게 만들었다. '코그'가 보다 정교한 행동을 습득하려면 아직도 몇해를 더 기다려야 할 것 같다.

### 신세대의 곤충 로봇들

미국 콜리블랜드의 케이스 웨스턴 리저브대학에서 개발된 '로봇1', '로봇2', 그리고 '로봇3'은 모두 6개씩의 다리를 갖고 있다. 자세히 들여다 보면 바퀴벌레를 많이 닮았다. 예컨대 '로봇1'의 다리는 발사(가볍고 단단한 목질의 아메리카산의 관목)재목으로 된 몸체 바로 아래쪽으로부터 6각형 모양으로 뻗어 나왔다. '로봇2'는 바퀴벌레처럼 엎드린 자세에서 몸체 밖으로 다리가 뻗어 나갔다. '로봇3'의 다리는 특수화되어 있어 바퀴벌레 다리처럼 움직이는데 작고 기동력이 좋은 앞다리들은 환경탐사용에 알맞고 가운데 다리들은 중간 크기이며 크고 강력한 뒷다리들은 달리고 뛰어 오르기에 안성맞춤이다. 14kg 무게의 빵상자 크기를 가진 '로봇3'은 바퀴벌레의 모양을 하고 있을 뿐 아니라 머지않아 바퀴벌레처럼 걷고 달리고 뛰어오를 것으로 기대하고 있다. '로봇3'은 근육의 역할을 하는 공기압축기에 전력을 공급하는 줄이 달려 있는데 전력공급 없이 스스로는 움직일 수 없다. 그러나 뒤를 이을 '로봇4'는 전력을 내장하고 대학캠퍼스를 제 힘으로 돌아다니면서 학생과 교수들을 즐겁게 해 줄 것으로 기대하고 있다.

그런데 이 대학의 로봇들은 오늘날 세계 여러 연구소에서 등장하기 시작한 새로운 생물로봇군단의 첨병들이다. 특히 미 방위첨단연구사업처(DARPA)와 미 해군연구국(ONR) 등 미 국방부가 제공하는 수천만달러의 재정지원을 받은 로봇계에는 혁명의 물결이 거세게 일고 있다. 엔지니어와 생물학자들이 손을 잡고 헤엄치고 날아다니며 기어다니는 새로운 세대의 로봇들을 탄생시키고 있다. DARPA가 추진하고 있는 2개년간의 생물 및 생체모방시스템 연구사업의 목표는 다른 행성의 표면이나 불타는 건물 내부 또는 지뢰밭이나 전쟁터의 위험한 장소처럼 사람이 갈 수 없거나 안전하지 않은 곳에 보낼 수 있는 로봇을 만들자는 것이다. 이들은 기존의 기계보다 자연계에서 영감을 얻기로 했다. 6개의 다리를 가진 곤충이 일을 더 훌륭하게 할 수 있는데 구태여 두다리 또는 네바퀴를 사용할 필요가 없지 않는가라는

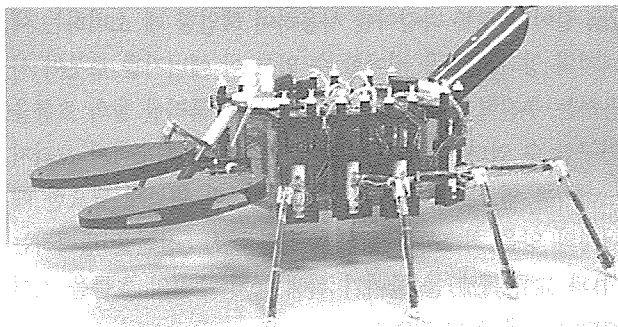


것이다. 이 로봇만들기에는 생물학자와 동물학자는 물론 컴퓨터과학자, 수학자, 전기 및 기계공학자 등 여러 다른 분야의 과학자들이 참여하고 있다. 예컨대 케이스 웨스턴 리저브대학의 경우 인공지능 연구의 진척이 너무 더딘데 실망한 끝에 단순한 곤충의 신경시스템에서 길잡이를 찾을 수 있을지 모른다고 생각한 컴퓨터과학자 랜덜 비어가 프로그램을 시작했다. 비어는 이 대학의 생물학자인 로이 리츠만과 힐렐 치일과 협력하여 걸어 다니는 곤충의 컴퓨터시뮬레이션을 만들었다. 이들은 실제계에서 이 소프트웨어 시뮬레이션을 실험할 하드웨어 모델을 만들기 위해 엔지니어인 로저 킨을 채용했다. 이렇게 해서 '로봇1', '로봇2' 그리고 '로봇3'이 탄생되었다. 얼마 뒤 이들은 DARPA로부터 많은 연구자금을 받아 바퀴벌레처럼 걷는 로봇을 제작하기 시작했다.

### 출추는 바닷가재 로봇

미국 보스턴시 소재 노스 이스턴대학의 신경생리학자 조셉 아이어즈는 오래 전부터 바닷가재의 신경조직이 행동과 움직임을 어떻게 제어하는가를 연구해 왔다. DARPA가 살아 있는 바닷가재에게 소나(수중음파탐지기)를 붙일 수 없을까를 문의했을 때 아이어즈는 순진하게 "바닷가재 로봇을 만드는 편이 훨씬 쉬울 것이다"고 말한 것이 인연이 되어 바닷가재 로봇 개발에 뛰어 들었다. 그의 목표는 물 속에서 원격감지하며 자율적으로 움직이는 차량같은 기능을 가진 바닷가재 로봇을 제작하는 것이다.

아이어즈는 예컨대 집게발을 펴면서 모멸음을 할 때의 특정한 움직임 등 움직이는 바닷가재의 필름을 찍어 자세를 분석한 뒤 21개의 기본동작을 로봇의 동작을 지시하는 명령과 묶어 로봇의 제어시스템을 만들었다. 예컨대 바닷가재 로봇의 4개의 오른쪽 다리를 앞으로 움직이라고 명령하는 한편 동시에 4개의 왼쪽 다리를 뒤로 움직이라고 지시함으로써 좌회전을 할 수 있다. 이 제어매트릭스는 자동피아노처럼 작동한다. 현재로서는 이 바닷가재 로봇은 걷고 회전하는 동작에 그치고 있으나 아이어즈는 진짜 바닷가재처럼 무엇이든 할 수 있는 로봇을 개발할 수 있다고 주장하고 있다. 이 바닷가재 로봇은 항해하고 지시를 받을 소나를 갖추고 바다 바닥을 기어 다니며 장애물을 피할 수 있게 될 것이다. 궁극적인 목표는 해저의 지뢰같은 의심스런 물건을



로봇 바닷가재는 이미 걷고 회전할 수 있는데 장차 지뢰도 찾아낼 수 있을 것으로 기대된다

찾아내는데 사용하자는 것이다. 영국 케임브리지대학의 찰리 엘링턴과 미국 캘리포니아대학(버클리)의 마이클 디킨슨은 곤충이 나는 방법을 연구하고 있었다. 엘링턴은 1990년대 초 명령에 따라 날개로부터 연기를 방출할 수 있는 곤충이 있다면 그의 연구는 큰 혜택을 받을 것이라는 결론을 얻게 되었다. 그는 동료 과학자들과 함께 기계적 및 컴퓨터로 제어하는 박각시나비모형을 제작하여 기계날개가 퍼덕거릴 때 연기를 발산하게 만들어 엘링턴과 동료 과학자들이 날개 주위와 위를 흐르는 공기의 흐름을 눈으로 볼 수 있게 한다는 것이다. 이와 비슷한 구상으로 캘리포니아대학의 디킨슨과 엔지니어인 론 피어링은 로봇 파리의 확대모형을 제작했다. 최근 엘링턴과 디킨슨의 연구소는 마침내 곤충날개가 발생하는 양력(揚力)을 설명할 수 있게 되었다. 이제 이 두 그룹은 DARPA의 요청으로 소형의 날아 다니는 로봇을 설계하고 있다. 엘링턴은 최근의 풍동(風洞) 연구를 통해 헬리콥터처럼 회전익(回轉翼)에 거치된 곤충날개가 퍼덕거리는 곤충날개만큼의 양력을 만들 수 있고 작업로봇으로서 회전익이 훨씬 실용적이라는 사실을 알게 되었다고 밝히고 있다. 그의 목표는 자기의 곤충을 만들어 원격제어로 마음대로 날게한다는 것이나 아직도 오랜 세월이 걸릴 것 같다.

### 다랑어 로봇에서 배운다

미국 매사추세츠공대(MIT) 해양공학자 마이클 트라이언타필로우는 특히 물고기를 앞으로 추진시키는 물 속의 소용돌이를 연구하기 위해 다랑어 로봇을 제작하기로 결정했다. 실물 다랑어는 장거리 수영의 챔피언인데 그것은 이들의 체격이 해엄칠 때 주변의 힘을 잘 다루게 고도로 진화했기 때문이라고 보고 있다. 트라이언타필로우와 동료 과학자들은

2m 길이의 로봇 다랑어를 사용하여 해엄질 때 소비하는 에너지의 양과 동작을 제어할 수 있고 이 에너지를 로봇이 사용하는 추진력을 비교하는 한편 몸체를 둘러싼 물의 흐름을 연구할 수 있다. 이들은 다랑어가 해엄질 때 수직의 꼬리지느러미를 옆으로 움직여서 추진소용돌이 형성에 필요한 에너지의 양을 최소화하는 한편 항력(抗力: 전진을 방해하는 힘)과 교류(攪流)를 줄이기 위해 몸체 주변의 흐름을 제어한다는 것을 알게 되었다.

MIT팀은 더 나아가서 로봇 곤들매기(주둥이가 길고 납작한 물고기류)를 만들었다. 약 1.3m 길이로써 3개의 토막과 한개의 꼬리로 된 이 로봇을 만든 주요한 목적은 가속을 연구하기 위한 것이었다. 곤들매기는 매우 사납고 민첩한 물고기인데 신속한 출발과 회전의 메커니즘을 밝히기로 했다. 로봇 곤들매기는 배터리를 내장하고 있고 코 속에 있는 무선모뎀을 통해 명령을 받았다. 트라이안타필로우팀은 로봇 곤들매기를 정확하게 명령에 따라 조작하면서 곤들매기의 빠른 순발력의 수수께끼를 풀 수 있게 되었다. 이제 ONR과 DARPA의 지원을 받게된 MIT팀은 기존의 소형 잠수함보다 더 기민하고 기동성이 뛰어난 자율적인 수중차량(AUV)개발에 착수했다. 예컨대 돌고래를 AUV와 비교할 때 가장 두드러진 차이는 동전을 돌릴 수 있는 돌고래의 능력이라고 할 수 있다. 그래서 많은 물건들이 흐트러져 있고 수심이 얕거나 파도가 심한 지역에서 작전할 필요가 있거나 또는 위험한 작업을 하려고 할 경우에는 신속하게 움직이고 물결 속에서 자기 자리를 지키며 많은 힘을 가진 매우 영리한 로봇이 필요하다고 트라이안타필로우는 말하고 있다. 이 새로운 세대의 바이오 로봇들은 아직도 대부분 연구실의 제어된 환경에서 벗어나지 못했으나 그 개발기술은 인간에게 엄청난 혜택을 가져올 것이라고 기대하는 사람들도 있다. 미국 캘리포니아대학(버클리)의 디킨슨교수는 앞으로 50년 뒤의 사람들은 이 프로젝트에서 나오는 기술들이 오늘날 우주개발사업에서 나온 기술을 말할 때와 동등한 수준으로 평가할 것이라고 내다 보고 있다.

### 주사위 로봇의 미래

영국 런던 소재 로보다인 사이버틱스사 창업자 조셉 마이클은 로봇공학의 파블로 피카소로 불리고 있다. 그는 서로 다른 크기의 주사위 로봇들을 함께 엮어 소화활동을 하고

화학공장의 파이프 속을 검사하는 일을 비롯하여 우주에서 구조물이나 공장에서 제품을 만들 수 있는 온갖 새로운 가족의 지능 로봇을 꿈꾸고 있다. 그는 스스로 복제하고 몸속의 질병과 싸울 수 있는 신세대 로봇의 제작도 구상하고 있다.

여러 가지 크기의 주사위 로봇을 섞으면 헤아릴 수 없이 많은 종류를 만들 수 있다. 그중의 어떤 것은 곤충을 닮았고 지게차와 같은 것도 있다. 주사위 로봇마다 마이크로칩 두뇌, 집단 속에서 다른 주사위 로봇과 대화를 하는 통신시스템 그리고 모터를 갖는다. 또 대부분의 주사위 로봇은 기계적 손가락, 공구 또는 바퀴를 달 수 있는 포트를 가진다. 마이클은 그의 구상을 '프랙털 형태변화 로봇'이라고 부르고 있다. 그는 1984년 영국의 철대학을 졸업한 후부터 이런 구상을 구체화하여 1994년에는 최초의 특허를 신청했으며 약 20만달러의 개발자금을 투입했다. 마이클은 주사위 로봇의 구상으로 1995년 이래 여섯번에 걸쳐 산업상을 수상했으나 그의 연구는 잘 알려지지 않았다. 그러나 미 국립과학재단 로봇프로그램 책임자인 징 시아오는 마이클의 프랙털 접근방법의 다양성에 깊은 감명을 받았다고 말하고 있다. 그런데 최초로 프랙털로봇 특허사용권을 구입한 미국 휴스턴의 벤처기업 나노테크놀로지 디벨롭먼트사(NTDC)의 첫번째 목표는 자연재해가 발생했을 때 사용할 교량건설 시스템이다. 먼저 대형 주사위 로봇들을 붕괴된 교량까지 트럭으로 싣고 가면 이 로봇들은 강을 가로 질러 붕괴된 다리부분 또는 산사태가 난 곳까지 기어가서 서로 결합하여 단단한 구조물을 만든다. 그러나 다리만들기는 시작에 지나지 않는다. 끝내는 공장에 이 로봇들을 설치한 뒤 스스로보다 작은 크기의 복제품을 만들기 시작한다. 예컨대 1cm 크기의 로봇에서 1mm 크기의 복제품을 생산하고 이것은 다시 0.1mm 크기의 복제품을 만들어 마침내는 사람의 머리털 굵기인 1미크론(100만분의 1m) 크기의 주사위 로봇이 생산된다. 이런 로봇집단을 프로그래밍하여 혈관 속을 돌아다니면서 암세포를 발견하면 잘라낼 수 있다고 NTDC 기술부장 마이클 맥도널드는 주장하고 있다. 1960년대 후반 아폴로계획의 슈퍼컴퓨터 책임자로 일했던 경력을 가진 맥도널드는 모래 한알갱이 크기의 로봇공장이 "원하는 것은 무엇이든지 집에서 복제할 수 있는 날이 올 것"이라고 내다보고 있다.

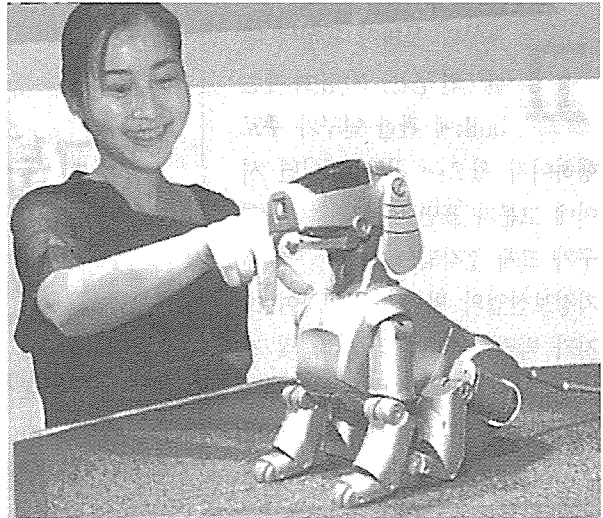
# 애완용 로봇의 왕국

오늘날 일본은 로봇의 왕국이다. 일본의 공장들은 세계 로봇인구의 반이 넘는 41만여기의 로봇을 사용하고 있다. 로봇은 승용차에서 셀전화와 개인컴퓨터(PC)에 이르기까지 온갖 제품은 물론 43억달러 상당의 여러 로봇도 생산하고 있다. 노동인력의 급속한 노화추세에 직면하고 있는 일본으로서는 자동화가 초미의 과제로 등장하고 있다. 일본에서는 15세에서 64세간의 취업연령 인구가 앞으로 10년 내에 5백만명이 줄어들 것으로 보인다.

이런 노령인구의 증가는 연구자들에게 노인들을 위한 도우미를 만들고 로봇을 공장에서 거실로 가져 오도록 자극을 주고 있다. 이런 배경에서 등장한 것이 소니사가 개발한 애완용 로봇인 '아이보' (일본말로 짝이라는 뜻)이다. '아이보'는 몇해만에 소니사의 히트상품이 되어 개당 2천5백달러로 4만5천개를 팔았다. 소니사가 첫번째 출시한 3천개는 일본의 웹사이트에서 수분 내에 매진되었고 지난 3월의 도쿄완구쇼는 '아이보'와 비슷한 모양과 디자인을 복제한 제품들로 메웠다.

일본 과학자들은 로봇이 인간 파트너를 이해하고 인간의 말 뿐 아니라 음성의 억양과 얼굴의 표정에 반응할 수 있게 감정을 계량화하는 방법을 찾고 있다. 워크, 미소, 언짢음 그리고 두려움을 나타낼 수 있는 얼굴로봇을 만든 도쿄과학대학 기계공학과와 하라 후미오교수는 "인간은 언제나 기계가 통신하는 방법에 조정하도록 요청을 받아 왔으나 앞으로는 기계가 인간이 통신하는 방법을 조정하도록 해야한다"고 말하고 있다. 보행하고 말하고 느끼는 로봇을 개발하고 있는 와세다대학의 하시모토교수는 "내가 원하는 것은 나의 처같은 로봇이다"고 말하고 있다.

일본의 기업들도 인간을 닮은 로봇 개발에 열을 올리고 있다. 혼다사는 계단을 걸어 올라갈 수 있는 로봇을 개발했는가 하면 일본전기사(NEC)는 TV를 켜고 채널을 바



1999년 소니사가 선보인 '아이보' 로봇 개는 날개돋친 듯 팔려 나갔다

꾸며 전자우편을 주고 받고 재미있는 춤을 출 수 있는 유아크기의 바퀴달린 로봇인 R-100을 개발했다. 트므수크라는 중소기업은 물건을 들고 음료를 봉사할 수 있는 '가정부' 로봇을 만들었다. 움론사와 마츠시타사는 각각 노인의 무릎에 앉아 기상예보를 알리고 약의 복용을 일깨워주며 인터넷을 통해 병원과 지역사회센터와 연결하는 일을 할 수 있게 설계된 로봇 애완동물을 개발했다. 로봇 오락은 앞으로 비디오게임보다 더 큰 시장을 형성할 것이라고 전망하는 전문가들이 많다.

일본에서는 이미 인조인간 로봇의 세계는 어떻게 전개될 것인가 활발한 토의를 하고 있다. 일본 정부 통산성은 최근 1년간의 법적인 세부문제의 연구를 마쳤다. 예컨대 일부 애완용 로봇은 나이 많은 주인들의 말을 '도청'하면 지역사회센터의 모니터가 이들의 이야기를 추적할 수 있다. 이것은 곤경에 빠진 노인들의 문제를 해결해 주려는 친절한 시도다. 움론사는 이런 로봇들이 집에 있는 노인들의 공허감을 메워 줄 것으로 기대하고 있다. 사랑할 공통의 목표를 찾을 수 있는 일본가정에서 로봇은 가족들을 함께 묶는 역할을 한다. ㉟

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>