21세기 공학이 해결해야할 14대 과제

글 | 이주영 _ 연합뉴스 기자 yung23@yna.co.kr

석기시대에 종말을 고한 야금학에서 사람들이 여행하며 교류할 수 있게 해준 조선학까지 공학은 인류생활의 모든 면에 큰 변화를 일으켜왔다. 현대에는 산업혁명이 가져다준 공학의 영향력이 삶의 구석구석까지 미치고 있다. 기계들은 인간이 할 일들을 대신하고 위생시스템을 개선해 건강을 증진시키고 증기기관은 광업과 기차, 선박, 공장에 에너지를 공급했다.

특히 20세기는 인류 역사상 공학이 가장 위대한 성과를 이룬 시기였다. 전기와 깨끗한 물, 자동차와 항공기, 라디오와 텔레비전, 우주선과 레이저, 항생제와 의료 진단기기, 컴퓨터와 인터넷 등은 공학이 인류의 삶에 혁명적 변화를 가져왔음을 보여주는 몇 가지 예라고 할 수 있다. 하지만 이런 진전에도 불구하고 공학이 21세기에 맞게 될 과제들은 과거에 비해 결코 만만치 않다. 인구증가로 수요와 욕구가 커지는 가운데 삶의 질을 높이면서 문명을 지속적으로 발전시키는 분명 녹록지 않은 과제다.

미국 공학한림원(NAE)이 최근 인류의 삶의 질 향상을 위해 21세기에 공학이 해결해야 할 14가지 과제를 선정, 발표했다. 이 과제들은 미국 과학재단(NSF)의 요청으로 전 세계 다양한 분야의 전문가 18명으로 구성된 위원회(위원장 윌리엄 페리 전 스탠퍼드대 교수)가 선정했으며 웹사이트(www.engineeringchallenges.org)를 통해 일반 대중의 의견도 수렴했다.

과제 선정은 인류문명의 지속가능성과 건강증진, 각종 위험에 대한 인류의 취약성 감소, 행복한 삶이라는 4개 관점에서 이루어졌다.

지속가능성

가장 시급한 과제로 선정된 것은 지구 자체의 지속가능성에 관한 것들이다. 인류는 인구가 늘면서 한정돼 있는 지구 자원을 앞으로 오래 지속할 수 없는 빠른 속도로 소비하고 있다. 지구의 생명을 유지하는 것은 인류의 미래 자체를 보장하는 것이다. 환경파괴를 막고 파괴된 환경을 복원하는 동시에 새 에너지원을 개발해야 한다는 것은 더 이상 새로운 얘기가 아니다. 공학한림원은 이를 위한 과제로 경제성 있는 태양에너지의 실용화와 핵융합에너지 공급, 탄소 격리, 깨끗한 물 공급, 질소 순환 관리, 도시기반시설의 재건 및 개선, 과학연구를 위한 도구 개발 등을 꼽았다.

경제성 있는 태양에너지 실용화, 핵융합 에너지 공급

에너지원으로서 태양을 능가하는 것은 없다. 태양에너지는 줄곧 화석연료를 대체할 수 있는 지속가능한 에너지원으로 주목받아 왔다. 그러나 현재 전체 에너지 소비량에서 태양에너지가 차지하는 비중은 1%도 안 된다. 태양전지의 효율성이 10~20%에 불과하기 때문이다. 하지만 최근 개발된 실험적인 태양전지는 효율이 40%를 넘었고 납과 셀레늄으로 만든 나노크리스탈 태양전지는 이론적으로 60% 이상도 가능하다.

태양에너지 실용화를 위해서는 태양전지 효율성과 함께 저장문제도 해결돼야 한다. 흐린 날이나 밤에 에너지를 사용하려면 효율적인 저장법은 필수적이다. 학자들은 식물의 광합성이 태양에너지 저장문제 해결에 해답이 될 수 있을 것으로 기대하고 있다.

핵융합 에너지는 중수소와 삼중수소 등 수소 동위원소가 플라즈마 상태에서 핵융합 반응을 할 때 생성되는 에너지다. 인공 태양을 만드는 것과 같다. 핵융합은 온실가스와 방사성 폐기물이 발생하지 않는 친환경적이고 안전한 에너지원이다. 관건은 핵융합 반응을 통제하면서 지속적으로 일으킬 수 있느냐 하는 것이다. 현재 한국과 미국, 일본, 유럽연합(EU),러시아, 중국, 인도 등이 공동 추진하는 500㎿급 국제핵융합실험로(ITER)가 핵융합 에너지 실용화의 시금석이 될 것이다.

탄소격리, 질소순환 관리, 깨끗한 물 공급

지구온난화 주범인 이산화탄소 배출은 더 이상 간과할 수 없는 상태가 됐다. 탄소격리는 화석연료 연소로 발생하는 CO_2를 포집해 지하나 해저에 저장하는 기술이다. 탄소 포집은 탄산음료나 드라이아이스 등에서 이미 상업적으로 사용되고 있고 화력발전소 등에서 쓸 수 있는 효율적인 포집기술이 활발히 연구되고 있다. 효율적인 탄소격리는 지구온난화 방지에 기여할 뿐 아니라 발전소나 철강·석유화학산업 등에 응용됨으로써 경제적 파급효과가 클 것으로 기대된다.

질소는 지구온난화 가스는 아니다. 하지만 인류가 질소 화학비료와 화석연료 사용 등을 통해 자연계 질소순환에 일으킨 변화에 대처하는 것은 공학적으로 만만치 않은 과제다. 질소화합물은 산성비 등으로 환경문제를 일으킬 뿐 아니라 심각한 질병을 초래할 가능성이 있어 사용을 최소화하기 위한 기술이 필요하다. 학자들은 이를 위해 질산을 질소가스로 환원시켜 대기 중으로 돌려보내는 '탈질화' 기술과 질소 사용의 효율성을 높이기 위한 기술도 연구하고 있다.

깨끗한 물이 없어 죽는 사람이 전쟁으로 죽는 사람보다 많다. 전 세계 6명 중 1명은 물 부족에 시달리고 이질 관련 질병으로 숨지는 어린이가 하루 5천 명에 이른다는 통계도 있다. 물 부족을 해결하려면 궁극적으로 지구상 물의 97%를 차지하는 바닷물을 이용해야 한다. 현재 중동지역을 중심으로 바닷물에서 염분을 제거하는 담수화기술이 널리 사용되고 있다. 현재는 대체로 분리막을 이용한 역삼투압기술이 사용되고 있으며, 최근 나노튜브를 이용해 염분을 걸러내는 나노삼투압기술이 개발돼 기대를 모으고 있다.

도시기반시설 재건 및 개선, 과학연구를 위한 도구 개발

전 세계 대도시가 급속히 노후되면서 기반시설 재건과 개선이 커다란 공학적 과제로 떠오르고 있다. 이를 위해서는 장애인과 노약자 같은 사회적 약자를 배려해 장애물 없는 도시환경을 구현할 수 있는 기술과 도시공간 재배치 기술, 폐기물 처리기술, 도시형 종합 에너지시스템 개발 등 많은 기술이 실현돼야 한다.

공학자들은 21세기에도 아직 해답을 얻지 못한 자연의 문제들을 밝히기 위해 과학자들과 힘을 합칠 것이다. 공학은 과학자들이 자연현상이나 우주, 인간의 뇌처럼 다양하고 복잡한 대상을 연구하는 데 필요한 도구와 기법을 제공해야 한다.

건강증진

지속가능성에 이어 미래 공학의 해결 과제로 선정된 것은 건강증진 문제다. 과거에 인류를 위협했던 많은 질병들이 이제 현대의학에 의해 제거되고 통제되고 있지만 말라리아 같은 질병은 여전히 치명적이다.

또 의학 발전을 무색케 하는 문제들이 잇따라 등장해 새로운 의학기술이 요구되고 있다. 현대 바이오의학 공학이 목표하는 것 중 하나는 개인 맞춤의학의 실현이다. 최근 인간의 유전정보가 분석되고 단백질의 기능과 생화학적 상호작용에 대한 이해가 확대되면서 개인 맞춤의학의 실현이 점점 가시화되고 있다. 공학한림원은 이와 관련한 과제로 의료정보학과 개인 맞춤의학, 인간의 뇌에 대한 역공학을 선정했다.

의료정보학, 개인 맞춤의학

의료정보학은 환자의 진료와 의학교육, 의학연구, 의료경영에 필요한 각종 정보를 체계화해 관리하는 학문이다. 여기에는 인지과학과 교육심리학, 의사결정론, 정보과학, 컴퓨터과학 등의 많은 분야가 관련돼 있다. 의료정보학은 정보기술과 의료학을 접목시켜 환자의 임상 및 검사 데이터, 각종 논문자료 등을 체계적으로 처리하고 응용함으로써 의료서비스의 질적 수준을 높일 것이다.

인간게놈프로젝트(HGP)로 대표되는 유전공학 성과가 의학에도 혁명을 가져오고 있다. DNA 유전정보와 임상정보의 결합은 환자 개개인의 요구에 최적화된 맞춤의학을 가능케 할 것이다. 개인 맞춤의학은 질병의 신속한 진단을 통해 치료율과 예방효과를 높일 뿐 아니라 불필요한 치료를 배제함으로써 치료비용도 줄여줄 것이다. 개인 맞춤의학의 실현에는 환자의 유전정보를 신속하게 해독·평가하는 기술과 방대한 양의 유전정보를 처리·분석하는 기술, 개인 맞춤약품 개발 및 임상·평가 기술 등이 필요하다.

구 분	과 제
지속가능성 (Promoting sustainability)	1. 경제성 있는 태양에너지 실용화 2. 탄소격리 3. 핵융합 에너지 공급 4. 깨끗한 물 공급 5. 질소순환 관리 6. 도시 기반시설 재건 및 개선 7. 과학연구를 위한 도구 개발
건강증진(Advancing health)	8. 개인 맞춤의학 9. 의료정보학 10. 인간의 뇌에 대한 역공학
행복한 삶(Increasing joy of living)	11. 개인맞춤형 학습 프로그램 12. 가상현실 활용
위험감소(Reducing vulnerability to risk)	13. 핵무기 테러 예방 14. 사이버공간 보안

인간의 뇌에 대한 역공학

생각하는 기계를 만드는 것은 지난 수십 년 간 공학자들의 꿈이었다. 체스를 하는 컴퓨터처럼 특정 분야의 사고기능을 하는 컴퓨터는 개발됐지만 다목적 인공지능(AI) 실현은 아직 요원한 상태다. 학자들은 뇌의 작용을 역으로 추적하는 역공학을 통해 뇌의 작용 메커니즘을 규명, 인공지능에 적용하면 막대한 양의 정보를 무한 재생산하는 시스템을 개발할 수 있을 것으로 보고 있다. 이런 시스템은 뇌기능장애와 신경장애의 원인 분석과 치료법 개발에 기여하고 치매와 시각장애, 지체장애 등의 치료 가능성도 높여줄 것이다.

행복한 삶

공학이 중요한 역할을 하는 것은 외부 세계에서만이 아니다. 내면세계 역시 개인의 성향과 능력에 따라 학습할 수 있게 해주는 새로운 학습법의 도움을 받을 수 있다. 미래의 공학은 개인맞춤형 학습 프로그램과 가상현실 활용 같은 과제를 해결함으로써 사람들이 정신적으로 더 행복해지도록 할 것이다.

개인맞춤형 학습 프로그램, 가상현실 활용

학습은 전적으로 개인적 행위이다. 그럼에도 학습은 지금까지 대부분 개인의 특성과 능력에 관계없이 학교에서 집단적으로 이루어져 왔다. 미래에는 학습자 개인의 지식수준과 학습태도, 방법, 학습동기를 고려해 최고의 학습효과를 내는 학습방식을 지원하는 기술이 등장할 것이다. 이런 개인맞춤형 학습프로그램은 사용자의 능력에 맞는 학습내용을 찾아서 전송해 주는 '학습콘텐츠 적응화 기술'과 학습자의 실시간 질문에 응답해 주는 '지능형 멘토 기술' 등을 갖추게 될 것이다.

가상현실은 컴퓨터 가상공간에서 현실감을 느끼고 체험할 수 있게 하는 IT 기반의 첨단정보 표현기법이다. 진정한 가상현실은 사용자로 하여금 진짜 다른 공간에 있는 것처럼 느끼게 하며 교육·문화 콘텐츠, 의료, 커뮤니케이션 등과 결합하면 엄청난 부가가치를 창출할 것으로 기대된다. 가상현실이 현실세계를 완전히 재현해 내려면 우선 디스플레이의 해상도가 충분히 높아져야 하며 정보 처리·전송 속도 또한 더욱 빨라져야 한다. 또 현실세계 속에 있는 착각을 불러일으킬 만큼 시야도 넓고 눈에 보이는 장면도 현실감 있게 구현돼야 한다.

위험감소

테러 위협으로부터 인류를 보호하는 것도 공학의 중요한 과제다. 실제 발생가능성이 있으면서 인류에 큰 위협이 되는 것은 핵무기 테러다. 또 인터넷이 확산되면서 사이버공간 테러도 미래 공학의 해결 과제로 떠오르고 있다.

핵무기 테러 예방, 사이버공간 보안

핵공격을 예방하고 그에 대응하는 기술의 필요성이 날로 커지고 있다. 핵의 시대가 개막된 이후 핵무기를 만들 수 있는 물질이 전 세계적으로 계속 쌓여가고 있기 때문이다. 이런 물질은 핵폭탄은 물론 방사성물질을 이용한 '더러운 폭탄(dirty bomb)' 제조에 사용될 수 있다. 핵무기 테러를 막으려면 원자로 내부 핵물질의 상황과 원자로의 사용 현황을 실시간으로 탐지해 보고하는 감시 장비와 핵무기에 쓰일 수 있는 물질의 불법 반출입을 감시하고 무력화하는 시스템 개발이 필요하다.

인터넷 확산으로 네트워크 해킹과 ID 도용, 컴퓨터 바이러스 오염, 통신 혼란 등은 이제 개인의 삶뿐만 아니라 국가와 사회의 안정까지 위협하고 있다. 해킹 기법이 고도화되면서 방화벽 설치와 암호설정 등 고전적인 보안법의 실효성이 떨어지고 있어 보다 진보된 접근법이 필요하다. 자체 보안기능을 갖춘 프로그래밍 언어의 개발이나 소프트웨어 설치 전 취약부분을 사전에 탐색해 대처하는 기술 등의 소프트웨어 보안 기법이 한 방법이 될 것이다. 또 인터넷 상에서 이동하는 정보의 전용과 감시, 변경을 막을 수 있는 정보보안 강화대책도 마련돼야 한다.