

진화 기법을 원용하는 지능형 공장

玄 源 福 <과학저널리스트/본지 편집위원>

인공지능의 새 얼굴들

1956년 여름 미국 다트머스대학에 모인 10명의 과학자들이 컴퓨터에게 인간의 지능을 모방시키려는 노력에 착수하면서 처음으로 인공지능(AI)이라는 말이 태어난 이래 40여년의 세월이 흐른 오늘날 '사람처럼 영리한 기계'가 가까운 장래에 등장하리라는 꿈은 사라져 버렸다. 그러나 AI는 생물의 진화론에서 원용한 새로운 기법을 갖추고 등장하기 시작했으며 오늘날 생산과 관련되는 새로운 소프트웨어의 40%는 AI기술을 내장하고 있다. 그 중에는 특정한 과제를 수행하는 지능형 대리인, 다윈의 돌연변이원칙을 사용하여 문제를 해결하는 유전 알고리즘, 뇌의 병렬형 뉴런(신경단위)구조를 모델로 한 전자회로인 신경망 등이 포함되어 있다. 그런데 유전 알고리즘과 신경망을 포함하여 생물학에서 영감을 받은 AI기술을 통틀어 부르는 이른바 '진화형 컴퓨테이션'은 실제로 산업계에서 신제품과 보다 효율적인 공장 그리고 보다 나은 비즈니스절차를 만들어 내기 시작했다.

실상 엔지니어들은 그동안 직선과 동그라미 그리고 45도 각도 등 규칙적인 기하학으로 생각하는 훈련을 받았다. 그러나 자연을 바라볼 때 인간의 뼈처럼 직선적인 모서리를 가진 것은 하나도 없다. 자연에서 얻는 암시는 상품 제조에 큰 도움을 주는 경우가 많다.

영국 사우샘프턴대학의 기계공학 교수 앤드루 키인은 1985년 우주연락선을 탄 미국의 우주비행사들이 조립한 우주정거장의 '트러스'라고 부르는 버팀목을 자세히 관찰하면서 유전 알고리즘(문제해결을 위한 수학적 절차)이 미 항공우주국(NASA)의 인간 엔지니어들의 능력을 앞지

를 수 있을까 알아 보기로 하고 '트러스'를 따라 전달되는 진동을 막음으로써 그 끝에 거치된 매우 민감한 기기들이 위성의 운행로켓에서 나오는 진동으로 영향을 받지 않는 구조물을 설계하기로 했다. 먼저 버팀목의 본래의 설계를 숫자의 연속으로 고치고 숫자는 유전자, 숫자의 연속은 염색체로 불렀다. 키인은 이 디지털 '트러스'의 '지놈(염색체의 쌍)'이 다양한 기본 모집단을 충분히 만들 수 있게 복제했다. 그는 이 프로그램을 서로 연결된 11개의 컴퓨터 워크스테이션에 걸어 작동시켰다. 이 '트러스' 설계들은 며칠동안 이틀이면 사이버 섹스를 하면서 무작위로 디지털 유전자를 서로 교환했다. 이보다 앞서 키인교수는 새로 탄생한 설계가 진동을 가장 잘 억제하되 구조물의 경량(가벼운 무게)과 세기를 그대로 유지하는 경우에는 보다 큰 번식력을 주라고 컴퓨터에게 지시했다. 이렇게 컴퓨터에서 여러 세대를 거치는 동안 가장 뛰어난 '적자(適者)'가 탄생하게 되었다. 15세대에 걸쳐 4천5백종의 서로 다른 설계 중에서 탄생한 이 최적자(最適者)는 인간 엔지니어로서는 도저히 설계할 수 없는 울퉁불퉁한 조립물이었으며 마치 불규칙한 다리뼈를 연상시켰다. 그러나 모델을 검사한 결과 안정성에서 사람이 설계한 것 보다 훨씬 뛰어났으며 더욱이 이상한 모양을 통해 진동을 거의 0으로 줄일 수 있었다. 빗강과 끝머리 들보 사이의 연결 부분마다 각도를 바꿔 진동이 점진적으로 줄어들게 설계가 되어 있었던 것이다.

효율적인 할로겐램프

1980년대 말 미국 클리블랜드 소재 제너럴 일렉트릭사



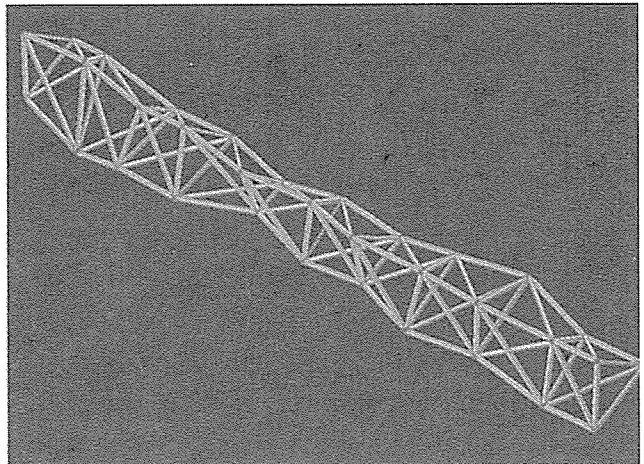
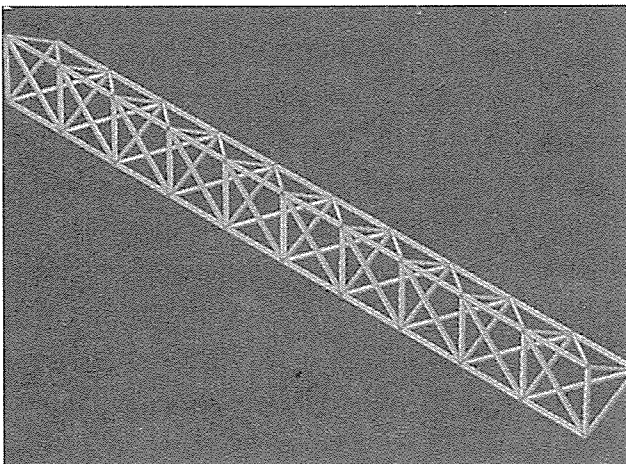
어미의 형질이 새끼에게 전해질 때 나타나는 여러 변이 중에서 살아 남을 수 있는 것만이 자연 선택되어 새로운 종류의 생물이 나온다는 이른바 다윈설(說)을 원용하여 생산과 물류 분야에 새로운 지평을 열기 시작했다.

(GE) 조명기술부의 엔지니어인 라자신 이즈리얼은 소매점에서 인기가 있는 할로젠등의 에너지 효율을 몰라보게 개선하는 임무를 맡게 되었다. 보통 할로젠등은 입력한 에너지의 10%만이 빛으로 출력되고 나머지 90%는 열로 배출된다. 이즈리얼은 전등에 투명 코팅을 함으로써 가시광선의 간섭 없이 적외선 (또는 열)이 전등 속으로 반사하게 하자는 것이었다. 이렇게 필라멘트를 가열하고 작렬시킴으로써 빛을 만드는데 필요한 전기의 양을 줄일 수 있게 된다. 이즈리얼은 이밖에도 적은 비용으로 응용하는 방법을 개발해야 했다. 그러나 코팅의 제법과 생산공정간의 상관관계는 문제를 복잡하게 만들었다. 이즈리얼에 따르면 코팅은 매우 복잡한 구조를 갖고 있는데 머리카락의 20분의 1 밖에 안되는 두께의 각층마다 여러 다른 물질로 된 층들이 있다. 따라서 코팅의 층마다 생산공정의 변화

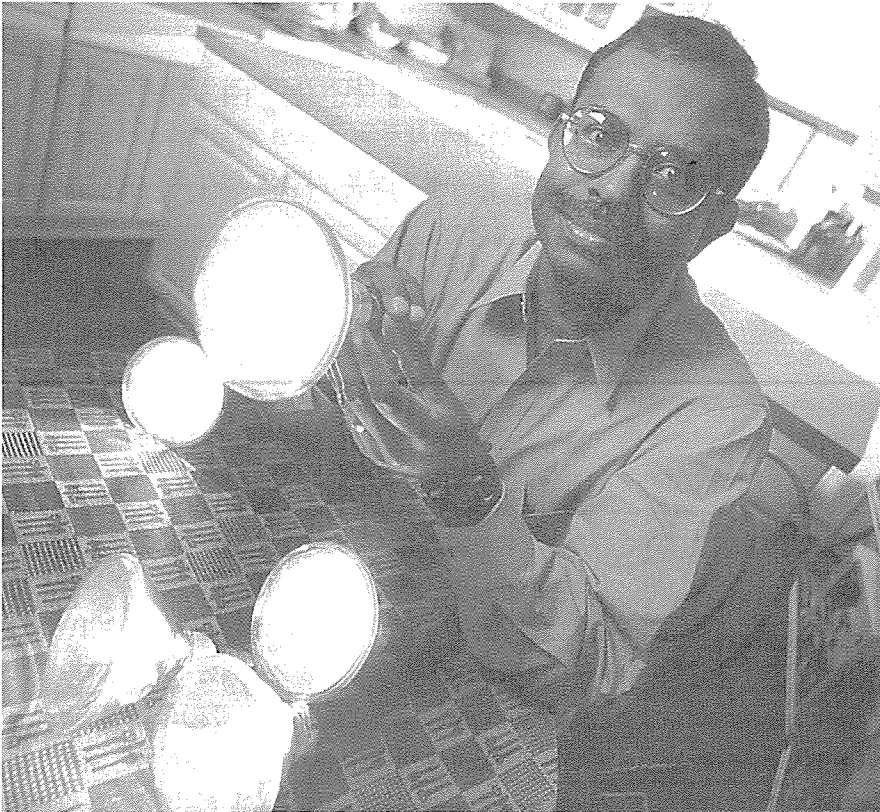
가 필요했다. 여러 해를 아무 성과없이 고생만 하던 이즈리얼은 마침내 GE사가 개발한 '엔지니오스' 라는 이름의 새로운 진화형 설계 소프트웨어를 이용하여 불과 2~3개월만에 해답을 얻을 수 있게 되었고 GE사는 1991년 마침내 할로젠 에너지절약 전등을 소비자에게 선보였다.

'엔지니오스'는 기본적으로 최적(最適)의 해결책을 찾는 하나의 틀이라고 할 수 있다. 이 소프트웨어는 유전 알고리즘과 신경망을 사용하여 각종의 해결요소들을 선택한 뒤 최선의 해답을 찾을 때까지 이것을 무수하게 많은 방법으로 섞어서 수천가지의 대안을 만들어 낸다. GE사 연구자들은 1995년 '엔지니오스' 소프트웨어사라는 기업을 설립한 이래 이 소프트웨어를 '아이사이트(iSight)'라는 이름으로 팔고 있다.

최근 '진화형 설계'는 업계의 뜨거운 관심을 모으고 있



우주스테이션의 버팀목: 정상적인 것(왼쪽)과 유전 알고리즘을 이용하여 설계한 것(오른쪽)



GE사 엔지니어인 라자신 이즈리얼은 진화형 설계를 이용하여 표준형 할로겐등보다 48%나 더 밝은 등을 만들었다.

다. 예컨대 미국 위스콘신대학(매디슨) 연구자들은 '진화형 설계'를 사용하여 이산화질소와 매연을 50%까지 줄일 수 있는 새로운 디젤엔진을 만들었다. 이 엔진은 또 연료를 15%나 절약할 수 있다. 엔지니어들이 '진화설계' 기술을 아직도 개척되지 않은 분야로 진출시킬 때 새로운 지평이 열릴 것으로 기대하고 있다.

이밖에도 오늘날 제너럴 일렉트릭사가 제작한 보잉사의 777 여객기의 엔진의 터빈은 이렇다면 컴퓨터 속에서 '진화'했으며 이라이 릴리사 등 제약회사들은 보다 신속하게 약을 생산하는 새로운 단백질 촉매를 찾기 위해 진화형 기법을 사용하고 있다. 세계 최대의 농업용 기계 메이커인 미국 일리노이주 모라인시 소재 디어사는 수백만종의 농기계의 맞춤주문에 호응하기 위해 6개 공장의 조립라인을 지시하는 일일계획 작성에 진화기법을 이용하고 있다. 디어사의 공장현장 관리자들은 보통 PC 속에 주문한 건초포장기계, 에어컨디션 장치를 갖춘 트랙터 그리고 그밖의 맞춤 농기계의 일람표를 넣고 소프트웨어가 한 무리의

스케줄을 풀어놓는다. 2~3시간 내에 어떤 기계를 언제 만들 것인가 결정하는 가장 효과적인 리스트가 완성된다.

미국 정부는 진화프로그래밍기법을 사용하여 컴퓨터에서 유방 X선 사진을 보다 신속하고 비용을 덜 들이고 읽을 수 있는 길을 열기 위한 연구개발 계약을 캘리포니아주 소재 내추럴 셀렉션사와 체결했다. 이렇게 유전 알고리즘과 신경망은 실리콘 칩에서 로봇과 교량에 이르는 모든 종류의 제품생산을 위해 보다 좋은 설계를 만드는 작업을 돕고 있는 것이다.

지능형 전자대리인

한편 주어진 과업을 수행하는 슬기와 지식을 갖춘 '가상의 대리인'은 미래의 제조업에 큰 혜

택을 가져올 것으로 기대하고 있다. 예컨대 공장의 로봇마다 이런 소프트 대리인을 갖출 때 한 로봇이 갑자기 작업을 멈추면 소프트웨어 대리인은 공장의 인트라넷(기업내 정보통신망)와 접촉하여 이 로봇의 과업을 물려받아 계속 수행할 수 있는 다른 로봇을 찾아낸다.

이런 대리인에게는 더 큰 과업을 줄 수도 있다. 즉 보다 넓은 사이버공간에 진출하여 자동적으로 공급업체를 찾아낸 뒤 필요한 부품과 원자재를 구입할 수도 있다. 또 비상시에는 가장 빠른 시일 내에 물품을 인도할 수 있게 공급업자들을 다그칠 수 있을 정도로 현명한 대리인도 머지않아 등장할 것으로 보인다. 프로그래머들은 '생산라인 대리인', '매매담당 대리인', 거래를 부추기는 '중간 대리인', 그리고 심지어는 공급업자들을 질적으로 등급을 매기는 것을 돕는 '평가 대리인' 등 온갖 용도의 대리인들이 등장할 것으로 내다보고 있다. 또 현재 사람들이 하는 거래를 수십억의 소프트웨어 대리인들이 자동적으로 수행하게 될 것이라고 IBM 연구소의 스티브 화이트는 전망하고



있다.

그래서 소프트웨어 대리인의 민첩한 도움으로 공장의 조립라인은 생산성을 30%나 끌어올릴 것으로 예측하고 있다. 소프트웨어 대리인은 오늘날처럼 구매담당자들이 롤로텍스(회전인출식의 자동검색용 인덱스파일)에 기재되어 있는 몇몇 공급업자만을 대상으로 하는 것이 아니라 전 세계의 공급업자들을 대상으로 할 수 있기 때문에 부품과 자재의 공급값을 크게 떨어뜨릴 수 있게 된다. 또 대리인들의 도움을 받은 공장은 생산라인을 신속하게 바꿀 수 있어 제조사이클 타임을 극적으로 단축시키고 보다 많은 대량 맞춤생산이 가능하게 된다고 미 국립표준기술연구원 프로그램 담당자 닐 크리스토퍼는 전망하고 있다. 오늘날 보잉사와 제네럴 모터스에서 인텔사와 디어사에 이르는 많은 기업들이 여러 생산단계에서 소프트웨어 대리인을 사용할 것을 모색하고 있는 것은 바로 이런 이유 때문이다.

컴퓨터가 더 많은 힘을 갖게 되고 소프트웨어가 개선되면 제조업자들은 유전 프로그램을 언제나 가동하여 새로운 공장의 건설과 같은 대형 프로젝트만 아니라 각 제품의 투자수익률을 결정하는데 도움이 된다. 이들은 생산라인의 융통성을 끌어올리고 제품전환시간을 단축하기 위한 분석을 계속할 것이다. 머지않아 생산방법이 완전히 디지털화되면 진화기술을 보다 다루기 쉬워질 것이다. 예컨대 이스라엘의 테크노마틱스 테크놀로지스는 전체 공장에 관한 상세한 컴퓨터 모델을 담은 소프트웨어를 갖고 있다. 그리고 공급체인경영과 기업자원기획(ERP)소프트웨어 공급업자들은 소프트웨어를 지능형 모듈 또는 서로 대화하는 이른바 '객체지향형의 부품'으로 개작하기 시작했다. 공장수준에서는 많은 장치들이 내장된 웹서버를 갖고 있다. 이들은 작업현장의 데이터를 네트와 연결을 가진 어떤 컴퓨터에게도 중계할 수 있다. 이리하여 우리는 한 때 꿈 속에서나 생각할 수 있었던 정보와 접근할 수 있게 되었다.

새로운 발명의 길

1992년 '유전형 프로그래밍'이라는 기법을 발표한 스탠퍼드대학의 존 코자는 머지않아 진화형 기법이 새로운 아이디어와 발명을 발견하는 시스템으로 진화하게 될 것

로 예측하고 있다. 그는 유전형 프로그램이 현존의 특허로 보호를 받고 있는 발명과 맞먹는 알고리즘과 제품을 만든 사례를 이미 20여건이나 제시하고 있다. 더욱이 '진화형 컴퓨테이션'으로 만든 안테나와 항공기 날개의 설계로 실제로 특허를 획득했다.

그러나 사람마다 모두 이런 상황을 이해하고 있는 것은 아니다. 예컨대 2년 전 미국의 소프트웨어의 '거인'인 CA사가 신경망과 지능형 대리인을 혼합한 '뉴젠트'라는 소프트웨어를 만들었는데 그 첫번째 응용의 길은 CA사의 범세계적인 컴퓨터망을 보호하는 것이었다.

'뉴젠트'는 매 5초마다 1천2백개소의 데이터 포인트를 감시하여 과거의 컴퓨터의 붕괴를 가져온 사건과 부합되는 데이터의 패턴을 찾는다. CA사측은 이 소프트웨어가 앞으로 45분 내에 발생할 수 있는 시스템의 붕괴를 예측할 수 있다고 말하고 있다. 그런데 직원 중에는 이런 기능을 믿지 않는 사람들이 있어 첫번째의 경고를 무시하다가 소프트웨어가 예언한대로 결국 시스템이 붕괴하고 만 일도 있다.

CA사는 이 기술을 이용하는 보다 큰 계획을 갖고 있다. 예측기능을 붕괴에 대한 경고만 아니라 비즈니스의 기회에 응용하지는 것이다. 예컨대 CA사의 새로운 소프트웨어 '비즈워क्स'는 지능형 대리인, 신경망 그리고 전문가 시스템을 이용하여 공장 센서가 수집한 모든 데이터를 해석하는 매우 어려운 문제를 해결한다. 미국 켄터키주 도슨 스프링스 소재의 메이어즈 버크혼사 공장은 대형의 사출성형기계들이 언제쯤 결합제품을 생산할 것인가를 예측하기 위해 2000년 초에 '비즈워क्स'를 가동하기 시작했으며 현재 나쁜 부품이 나오게 되는 경우와 같은 조건을 감시하고 있다.

이 기업은 또 고객서비스와 판매에 관련된 시험을 하고 있다. '비즈워क्स'가 문제점을 발견하면 어떤 고객이 이 기계가 생산할 예정인 제품을 주문했는가 점검해 보고 만약에 이 문제 때문에 주요한 고객에 대한 제품의 납품이 빗나갈 것 같은 경우에는 판매 및 고객서비스 담당자에게 경고를 내린다. 이 기업은 '비즈워क्स'가 이 기업의 65개 부서의 컴퓨터시스템을 통합시켜 새로운 비즈니스의 기회를 창출하게 되기를 기대하고 있다.

그런데 '진화형 컴퓨테이션'의 개척자인 미국 캘리포니

아주 소재 내추럴 셀렉션사 사장인 로렌스 포겔은 1960년 '진화형 프로그래밍'에 관한 그의 구상을 저널에 발표하기 시작했으나 1992년 그의 아들 데이비드 포겔이 그의

이론을 수정하고 '윤색'하기까지 크게 주목을 받지 못했다. 오늘날 '진화형 컴퓨테이션'은 항공기와 전자기시스템의 설계를 비롯한 엔지니어링 설계응용에서 생산기획에

미래형 지적생산시스템(IMS)

고전적인 퍼즐에는 순회판매원이 서로 다른 도시에 자리한 고객을 방문하는 문제가 있다. 요컨대 여행할 총(總)거리를 최소한으로 줄이기 위해서는 어떤 순서로 이들 도시를 방문해야 할 것인가 하는 문제다. 그런데 한번에 5개 도시를 여행하는 외판원이라면 방문할 수 있는 방법은 12가지에 지나지 않지만 15개 도시라면 그 순열은 금방 백만대로 치솟는다. 30개 도시의 경우라면 계산하는 데만 초당 10조의 비율로 8천조년이 걸린다. 그런데 유전 알고리즘이라는 기법을 이용하면 거의 완벽에 가까운 해답을 1분 이내에 얻을 수 있다.

물류문제 해결의 길

실제로 실업계에는 순회 외판원문제와 비슷한 물류문제로 고민하는 기업들이 많다. 예컨대 미국 최대의 자동차 부품 및 항공기 전자부품 메이커인 록웰 인터내셔널사 산하의 항공전자 생산업체인 록웰 콜린스사는 날마다 여러 가지 차량과 경로를 사용하여 수십개의 연구, 생산 및 저장센터간에 수천종의 서로 다른 크기와 종류의 부품과 제품을 옮겨야 한다. 부품 하나하나를 옮기는 최선의 길을 어렵잡기 위해 이 기업은 막대한 연구개발비를 투입하고 있으나 최적의 해답을 얻는 것은 쉽지 않은 형편이다.

오늘날 한국, 호주, 캐나다, 일본, 유럽연합, 스위스, 미국 등 세계 7개 지역의 2백20개 기업들과 1백89개 대

학과 정부연구소가 참여하고 있는 국제연구사업인 지적생산시스템(IMS)은 앞으로 거의 모든 생산업체들이 당면할 어려운 기술 및 물류상의 도전을 해결하는 길을 모색하고 있다. 1990년 일본 동경대학의 요시카와 히로유키(吉川弘之)교수의 제안으로 발족한 이 사업은 선진국 사이나 신흥공업국 사이의 기술의 상호이용, 기술이전, 기술융합을 목표로 하며 기존기술의 효과적인 이용체계 개발과 현용 또는 차세대 생산기술을 표준화하여 각국이 자랑하는 기술을 모아 새로운 기술체계를 확립하는 한편 쓸데없는 개발경쟁이나 이중투자를 방지 또는 경감하자는 것이다.

그러나 1991년 일본의 통상성이 10억달러의 사업계획을 지지하자 외국에서는 의심의 눈길을 보내기 시작했다. 워싱턴에서는 이 사업을 일본의 산업군단이 더 많은 해외정부를 모색하기 위한 '트로이의 목마(트로이 전쟁에서 그리스군이 사람들을 속이기 위해 목마 속에 병사들을 숨겨 가지고 가서 트로이를 정복했다는 그리스 신화)'라는 낙인을 찍었다. 유럽연합은 IMS의 여러 체계를 1997년까지 선뜻 받아들이지 않았다. 일부 국가들은 일본 통상성이 외국의 기술을 빨아들이려고 이런 '음모'를 꾸미려 한다고 비난하기도 했다.

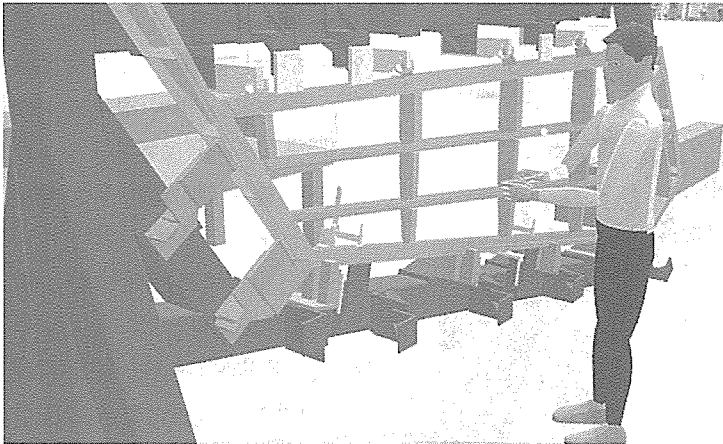
그러나 이런 정부의 우려에도 불구하고 많은 미국기업들은 IMS가 장점을 갖고 있다는 점을 인식하기 시작했다. 예컨대 록웰사의 경우 먼저 관심을 갖게 된 것은 연구비의 절감이었다. 이 기업의 첨단생산기술부장인 잭



이르기까지 각종 문제해결에 널리 이용되고 있다.

한편 미시건대학의 존 홀랜드도 1960년대 초에 '유전 알고리즘'을 발명했으나 1980년대 후반까지 빛을 보지 못

했다. 그러나 컴퓨터의 기능이 강화되고 차츰 응용분야를 넓혀가면서 심지어는 실물의 유전자의 연구를 돕는데 까지 이용되고 있다.



프랑스의 다솔시스템사의 미국 산하기업인 델미아사는 인간/기계 상호작용에 대한 컴퓨터 모델링과 분석을 통해 근로자의 능력을 끌어올리고 있다.

해리스는 “우리가 이 컨소시엄에 투자하는 매 달러마다 4달러의 가치를 생산한다”고 주장하고 있다. 1997년 이 기업은 ‘개력시’ (물류분석, 집행 및 통합이라는 뜻의 약자)라는 IMS 컨소시엄에 참여했는데 이 사업은 순회 외 판원문제와 비슷한 일종의 다자간 집단사고의 설계였다. 록크웰사의 간부들은 이 사업을 통해 전 세계적인 대학과 민간연구집단의 문을 두드릴 수 있게 되었다.

현재 IMS에 참여하고 있는 회원들은 생산의 ‘생물학적’ 모델에서 노동자가 기계공구와 어떻게 상호 반응하는가에 관한 할리우드 스타일의 3차원 시뮬레이션에 이르기까지 여러 문제들을 조사 및 연구하는 18개 컨소시엄에 2억5천만달러를 투자하고 있다.

유망한 차세대생산시스템

이중에서 미국이 이끄는 유일한 IMS 컨소시엄은 IMS 사업 중에서 가장 생산적으로 평가되고 있는 ‘차세대생산시스템’이다. 이 컨소시엄은 2000년 5월 조립라인이 없는 미래형 자동차공장의 연구결과를 발표했는데 잠재적인 비용절감의 비율은 무려 87%에 이르고 있다. 이

프로젝트는 생산공정을 개선하기 위해 3차원 컴퓨터모델을 개발하고 새로운 타입의 범 세계적인 생산운영방법을 설계할 계획이다.

이밖에도 매우 유망한 IMS사업 중에는 다음과 같은 것이 포함된다. 먼저 유럽연합이 주도하는 ‘조화(調和)’ 사업은 중소 및 대 생산업자들 간의 매끄러운 커뮤니케이션을 가져올 기술혁신을 부추기기 위한 것이다. 일본이 주도하는 ‘디지털 금형설계’ 사업은 금속이 어떻게 변형되며 결합이 어떻게 생기는가에 대한 이해를 보다 깊이 함으로써 판금(얇은 금속판)의 새로운 형성방법을 조사한다. 호주가 주도하는 ‘홀로닉 생산방법’ 사업은 공장을 생태계로 다루며 조립라인에게 융통성과 적응성이 있는 생산모듈을 개발한다. 일본이 주도하는 ‘인간-기계 공존’ 사업은 인간과 지능생산간의 최선의 상호작용모드를 결정하기 위해 인간공학 및 통계적인 기법을 사용한다. 마지막으로 일본이 주도하는 ‘열 분리’ 사업은 열처리를 통해 물질을 분리하는 방법이며 이런 노력을 통해 가정용 전기용구와 통신장비로부터 철, 구리 그리고 알루미늄과 같은 금속과 플라스틱을 수거하여 재순환시키는 기술을 발전시킨다. ⑤D