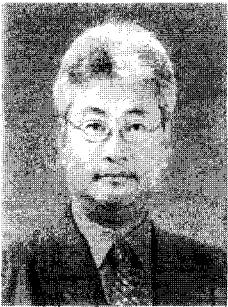


건설자동화 기술개발의 필요성

이태식, 한국건설관리학회 학회장



서론

세계 각지의 과학자와 엔지니어들은 지능을 갖춘 로봇을 개발하고자 노력하고 있다. 이미 자동차 공장에서는 다양한 로봇에 의해 자동차 조립이 이루어지고 있으며, 인간과 유사한 형태로 계단을 오르 내리는 로봇이 등장하게 되었다. 오늘날의 로봇은 단순한 공장노동자를 넘어서서 탐사자, 우주노동자, 외과의사, 가정부, 배우, 애완동물 등으로 역할이 진화되고 있다. 과연, 미래에는 로봇기술이 어디까지 발전할 수 있을까? 궁금하지 않을 수 없다. 공상 과학 소설에서나 있음직한 이야기들이 서서히 현실로 다가옴에 과학기술의 위대함을 새삼 느끼면서 과연 건설 산업에서도 로봇의 등장으로 안전, 품질, 생산성 등을 향상시킬 수 없을까 하는 기대를 해 보게 된다.

로봇의 등장 및 성장

로봇(robot)이라는 단어는 체코의 작가 카렐 차펙(Karel Capek)이 1920년에 저술한 <R.U.R.>이란 연극에 처음으로 사용되었다. 연극은 로섬의 유니버설 로봇(Rossum's Universal Robots)이라는 한 공장을 둘러싸고 이야기가 전개된다. 이곳은 인간이 하고 있는 천하고 힘든 일을 대신하게 될 인공 노예를 생산하는 공장이다. 숫자가 엄청나게 불어나고 지능이 크게 확장되면서, 로봇들은 주인인 인간의 수보다 많아지게 되며 나중에는 병정으로도 쓰이게 된다. 결국, 로봇들의 반란이 일어나면서 인류의 종말을 고한다는 이야기이다. 최근에는 터미네이터, 로봇캡 등 인간의 능력을 초월하는 로봇을 소재로 한 공상과학영화도 로봇의 발전에 흥미를 더 하고 있다.

로봇의 성장은 로봇관련 전기, 전자, 기계기술의 발달뿐 아니라 생명공학, 나노기술의 발달에 따른 기술접목으로 급속히 성장하고 있다. 인공지능을 지닌 사람처

럼 보행이 가능한 로봇의 개발이 성공적으로 진행되고 있으며, 원숭이, 뱀, 바퀴벌레 등 생명체의 운동원리를 응용한 로봇의 개발이 활발히 진행되고 있다.

이와 같은 로봇의 진화에 따라 미래 사회에는 로보 사피엔스(robo sapiens)라는 단어가 추가될 것으로 로봇학자들은 예측하고 있다. 이는 “생물학적인 인류보다는 훨씬 우월한 지능을 가진 인간과 로봇의 혼합종으로 지구를 중심으로 한 태양계의 지배적인 종족”이라고 정의(Microsoft Universal Dictionary, 2009)하고 있음이 흥미를 넘어 섬뜩하기 까지 하다.

개발 로봇의 사례

로봇의 적용 용도는 진화정도에 따라 다양하게 구분할 수 있다. 간단히 살펴보면, 인간의 조작에 의해 단순작업에 적용되는 자동화설비, 인간과 같은 시각, 청각, 촉각, 평형감각을 지니고 상황에 따라 행동할 수 있는 휴먼로봇으로 구분될 수 있다. 최근에는 첨단 기술의 발전에 힘입어 휴먼로봇 개발에 박차를 가하고 있다.

단순 반복 작업을 위한 대표적인 로봇이 그림 1에서 보는 것과 같은 산업용 용접로봇이다. 그림 1의 로봇은 제너럴모터스의 트럭, 코치공장에서 픽업트럭의 차체의 용접업무를 담당하고 있으며 이 공장에서는 300개의 로봇이 시간당 73대의 트럭몸체를 만들어내고 있다.



그림 1. 자동차 용접로봇

일상생활에 활용되는 로봇 개발의 예로서 그림 2에서와 같은 청소용 로봇을 들 수 있다. 이는 소규모 배터리로 반복적인 일과를 담당할 로봇의 개발 시도로서 평가되고 있다. 최근 국내에서도 이와 같은 청소용 로봇이 개발되어 100여대의 판매



그림 2. 일렉트로릭스사의 청소용 로봇



그림 3. 혼다 로봇 (P3)

실적도 올린 것으로 보고되고 있다.

휴먼로봇의 대표적인 사례가 그림 3의 혼다에서 개발한 P3로봇이다. 이는 혼다에서 10여년에 걸친 막대한 로봇 프로젝트 투자의 산물로서 아직도 프로토타입-3이라는 의미로 이름이 P3라고 명명된다. 그림에서 보듯이 계단을 자연스럽게 걸을 수 있다. 연구진은 지속적인 연구를 통하여 이 로봇이 미래에 인간이 갈 수 없는 먼 행성으로 발사되어 그 지역을 탐사하는 일을 맡게 되기를 희망한다.

그림 4는 다빈치라 불리는 외과 수술용 로봇이다. 이는 모니터를 통한 로봇조종에 의한 수술을 실시하게 된다. 이는 인간에 의한 직접 수술보다 오히려 정교한 수술이 가능한 것으로 보고된 바 있으며 원격수술도 가능하여 의학계에 큰 관심사로 떠오르고 있다. 예를 들어 어느 특정 환자가 굳이 타 지역을 방문하지 않더라도 그

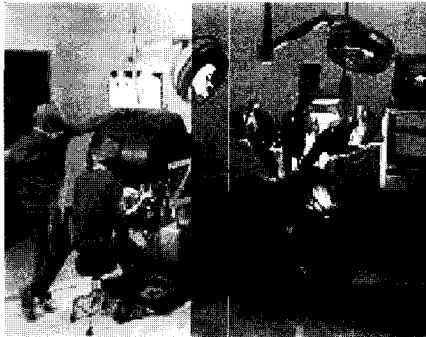


그림 4. 다빈치 외과수술 시스템



그림 5. 로봇개 아이보

곳의 전문의로부터 편리하게 시술을 받는 일이 가능한 시절이 도래한 것이다.

그림 5는 일본에서 개발된 아이보(AIBO)라는 애완용 로봇 개이다. 실제 애완용 동물을 키우는데 많은 어려움과 문제를 야기하는 공동주택 생활에서 그 대안으로서 각광을 받고 있는 로봇이라고 할 수 있다.

그 외에도 많은 분야에 적용된 로봇들이 있다. 오염 및 위험지역의 탐사용 로봇, 중량물 인양 로봇, 좁은 공간 혹은 전쟁중 활약이 기대되는 침투수색 로봇, 축구로봇과 같은 오락용 로봇 등 로봇이 우리생활에 가까이 다가오고 있다. 머지 않아 로봇과 더불어 사는 시대가 오게 될 것이다.

건설로봇 기술개발의 필요성

최근 국내 건설산업이 직면하고 있는 당면과제는 다음과 같이 요약·정리될 수 있다.

1) 오늘날 건설공사가 대형화, 복잡화되는 추세와는 대조적으로 국내의 건설환경을 살펴보면, 최근 인터넷 기반의 전자상거래와 같은 정보통신 기술의 급속한 발전과 건설업종에 대한 3D 기피 현상으로 인하여 젊은 기술인력이 건설산업에 종사하는 것을 기피하고 따라서 과거에 비해 숙련된 건설기술인력의 부족으로 인한 전

체적인 생산성과 품질이 저하되고 있다.

2) 건설현장에서의 안전사고에 대한 정부의 각종 규제강화 및 안전조치 미흡으로 인한 건설재해의 발생, 그에 따른 인명피해와 경제적 손실, 현장의 사기저하는 공사진행을 저해하는 주요 요인으로 작용하고 있다. 노동부의 최근 조사결과에 따르면 특히 제조업과 운수창고통신업, 기타 산업에서는 재해자 수가 크게 줄어든 반면, 건설업은 2001년에 비해 2002 상반기에만 33.41% 증가하는 등 재해자수가 급증하고 있는 것으로 조사 되었으며 2002년 건설재해로 사망한 사람의 수는 290명으로 2001년 같은 기간의 253명에 비해 14.6%인 37명이 늘어나는 등 숲 산업 사망자의 23.3%를 차지한 것으로 분석되었다.

3) 진보된 기술의 추구는 건설기업의 필수적인 경쟁전략이며, 또한 급변하는 세계건설시장에서 발주자들은 신기술, 신공법, 가치공학(VE) 등을 활용한 건설생산성 향상, 공기단축, 원가절감 및 시공품질의 향상을 위한 시공자의 다양한 변화를 요구하고 있는 실정이다. 국내 건설생산성의 경우, 타 산업 및 선진국에 비해 매우 낮은 수준이며 건설업의 종업원 1인당 부가가치 증가율은 1991 ~ 1999년간 연평균 4.8%로 전 산업 평균 10.5%의 절반에도 미치지 못하고 있는 실정이다. 특히 IMF사태 이후 3년간 제조업은 착실한 구조조정을 통해 노동 생산성이 연평균 12.8%로 증가하고 있는데 비해 건설업은 3.3%로 노동 생산성이 오히려 하락하고 있다는 것은 우리에게 의미하는 바가 크다고 하겠다.

4) 국내 건설산업의 지속적인 임금상승으로 인해 건설기업의 채산성은 더욱 악화되어 가고 있는 실정이다. 2002년 5월에 조사된 주요 12개 직종의 평균 일일 임금은 2001년 6월과 비교하여 16.8%나 상승하였으며 1996년 대비 127%에 달하고 있으나 이러한 임금의 급격한 상승이 있

었음에도 불구하고 건설현장의 숙련공 부족 현상은 개선되지 않고 물가 상승 또한 부추기고 있는 것으로 분석되었다. 또한, 건설 생산성 저하 및 임금상승으로 인한 건설업계의 채산성 악화는 더욱 심각한 문제로 대두되고 있으며 국내 건설산업의 경우 지금과 같은 노동력 부족 및 고임금의 비용구조로는 중국 등 새로운 경쟁 국가의 추격으로 인한 국제 경쟁력 하락이 우려되는 실정이다.

상기 당면과제의 해결을 위해서는 물론 다양한 접근 방법이 존재할 수 있겠으나 선진 외국의 경우에서 엿볼 수 있듯이 하나의 기술적 접근 방법으로서 건설자동화 기술개발이 미래 건설산업에서의 안정성, 생산성, 품질, 작업환경의 향상과 노동력 부족, 채산성 악화 등의 문제를 해결해 줄 수 있는 하나의 대안이라는 데에는 크게 이견이 없을 것으로 사료된다. 국내 건설 산업에 자동화 기술을 도입함으로써 예상되는 잠재적 기대효과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

○ 기능 인력에 의하여 수행되던 작업 프로세스가 장비의 도입으로 인해 기계화 또는 자동화됨으로써 작업 수행에 필요한 인력을 대폭 감소할 수 있게 되며, 전체적인 작업 생산성의 향상과 비용 절감의 효과까지 기대할 수 있다.

○ 자동화로 인해 건설인력의 수요가 상당히 줄어들 것이며, 많은 작업이 더 적은 인원으로 수행 가능케 될 것이다. 즉, 건설자동화를 통해 현재 문제시 되고 있는 기능 인력 수급의 불균형 현상을 해소할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 또한 건설 작업을 수행하는 로봇을 개발하고 이를 현장에 적용함에 있어 로봇이 기존 노무 인력을 대체해야 한다는 부정적인 사고를 가지기보다는 로봇이 향후 부족한 기능 인력의 수요를 충족해 줌으로써 국내 건설 산업의 이미지 제고 및 해외 경쟁력 확보에 이바지 할 수 있다는 긍정적 사고를 지니고 자동화 장비 개발

에 임해야 할 것으로 사료된다.

○ 전형적인 3D 산업으로 인식되어온 건설산업에 있어, 건설자동화 및 로봇 활용기술 개발은 건설현장 작업 여건(work environment)의 혁신적인 개선을 통하여 향후 젊은 기술 인력의 건설 현장 유입을 유도하는 계기를 제공할 수 있을 것이다.

○ 위험한 작업환경 내에서의 작업을 로봇으로 대체함으로써 안전성 확보가 가능할 것이며 이는 건설공사 재해율의 급격한 감소를 가져올 수 있을 것으로 기대된다.

○ 노무자의 숙련도에 따라 작업 품질에 많은 편차를 보이는 재래식 공법에 비해 자동화 장비를 활용할 경우 해당 작업을 일관적으로 수행할 수 있으므로 전반적인 작업 품질의 향상을 가져올 것이며 재시공 비율의 감소에 따른 비용 절감 효과도 가져올 것으로 사료된다.

○ 건설 자동화 장비는 주로 노동 집약적인 작업, 단순 반복적인 작업, 숙련공의 확보가 어려운 작업, 위험한 작업, 중량의 자재 취급 등 육체적으로 힘든 작업에 적합하므로 이러한 작업들을 자동화할 경우 건설 생산성 향상을 통한 해외 경쟁력 강화에 크게 이바지할 수 있을 것으로 기대된다.

○ 컴퓨터 기술, GPS 및 레이저를 활용한 측량기술, 센싱, 원격조정기술, 인터넷 및 무선 정보 통신기술, 디지털 이미지 프로세싱 등을 활용한 이미지 모델링 테크닉 등 자동화를 가능케 하는 소프트웨어 및 하드웨어 제반기술의 눈부신 발전, 기술 진보에 따른 로봇 가격의 점진적인 하락은 오늘날 건설산업에 있어 자동화 기술의 개발을 가능케 하는 원동력으로 볼 수 있다.

건설 로봇의 종류와 시장 규모

건설용 로봇을 포함한 세계 로봇의 개발 현황과 시장규모를 파악해 봄으로써 향후 전망을 해 보고자 한다. 세계 로봇협회(IFR)에 따르면 1999년 전 세계 로봇의 수는 742,500대를 기록하였으며, 이

의 절반 이상을 일본에서 보유하고 있는 것으로 분석되고 있다. 이를 국가 별로 살펴보면 다음 아래 표 1과 같다.

현재의 로봇 시장은 생산 대수에 있어 매년 10% 이상의 증가를 가져오고 있으나, 로봇 제작 기술의 발전으로 생산 가격은 오히려 감소하고 있으며 지금과 같이 로봇 생산 가격이 감소하는 현 시점이 건설용 로봇 개발의 적기로 판단된다. 현재 실용화된 건설용 로봇의 몇 가지 사례를 살펴보면 아래 표 2와 같으며 개발 회사는 대부분 일본 회사들이 대다수를 차지하고 있음을 알 수 있다. 이는 일본 건설산업이 우리가 현재 겪고 있는 생산성 문제와 노동력 문제를 일찍이 경험했음을 반증하는 것이기도 하며 또한 현재까지도 일본, 미국, 유럽을 중심으로 다양한 공정에 걸쳐 건설자동화 로봇이 개발되고 있다는 것은 그 만큼 앞으로의 지속적인 발전과 시장 규모의 증가가 예상된다.

표 2에서 볼 수 있듯이 가장 많은 종류의 건설용 로봇을 개발하여 상용화한 일본의 로봇 공업 협회에서 발간한 자료에 따르면, 일본은 건설용 로봇이 차지하는 시장의 규모를 전체 로봇 시장의 약 10% 정도로 예상하고 있으며, 또한 금액 기준으로 2000년에 350억엔 정도로 추정하고 있다.

세계 로봇 협회에서 건설용 로봇의 구체적인 수요에 대한 전망치는 발표된 바 없으나 건설용 로봇을 포함한 전체 로봇 산업에 대한 전망치는 1999년 742,500대에서 2003년엔 전체 로봇이 892,200대로

표 1. 국가별 시장 규모

(단위: 대수, 출처 문헌: 세계 로봇 협회(IFR))

국가별 시장 규모	1999년	1995년	1990년
일본	402,212	387,290	274,210
미국	92,860	66,286	38,980
독일	82,203	51,375	27,320
러시아	x	35,000	64,204
이태리	34,991	22,963	12,200
한국	33,656	19,991	2,990

증가할 것으로 예상하고 있다. 또한, 현재 가장 많은 로봇을 보유하고 있으며 첨단 로봇 기술을 보유하고 있는 일본 로봇 공업 협회의 자료에 따르면 일본의 건설용 로봇이나 가정용 로봇과 같은 비제조업용 로봇의 수요가 제조업용 로봇의 수요를 2005년에 따라잡을 것으로 예상하고 있으며 비제조업에 사용하는 로봇은 1995년에 62억엔의 미미한 정도의 수요밖에 없었으나, 2005년엔 5,400억엔 정도에 이를 것으로 예상하고 있다(표3). 한편 2005년 일본 전체 로봇 시장은 1조엔 정도로 예상되며, 건설로봇을 포함하는 비제조업

용 로봇은 그의 1/2 정도인 5000억엔 정도로 예상되고 있으며 일본 로봇 협회에서 발간된 비제조업용 로봇의 분야별 수요 예측 자료를 보면 다음 표 3과 같음.

위의 자료에서 우리의 관심인 건설용 로봇의 시장 규모는 전체 비제조업용 로봇 시장의 약 1/5인 것을 알 수 있으며 이를 정리해 보면 건설용 로봇 시장규모는 2005년에 1000억엔 정도가 될 것으로 예상된다. 이는 일본 전체의 로봇 시장의 약 10%에 해당하는 큰 시장 규모이며 또한 일반적으로 현재까지 일본의 로봇 시장이 전 세계 로봇 시장의 약 1/2을 차지해 왔

표 2. 건설용 로봇의 종류

적용 분야	건설용 로봇 명	개발 회사
조립 접합 운반	1. 철골 자동조립(보, 기둥) 2. 철골 용접로봇 3. 중량 철근 조립로봇 4. 자동 철근 조립로봇 5. 벽체 조립 Manipulator 6. 외벽 부착 로봇 7. 천정보드 조립로봇 8. 원격 조정 하중 운반기	오바야시구미, 스미즈, 다이세이(일) 후지타(일) 가지마, 다케나카, 스미즈(일) 다이세이(일) 다이세이, 스미즈(일) 가지마(일) 스미즈, 다이세이, 도큐(일) Svets, Mekano AB (스웨덴)
콘크리트 공사	1. 콘크리트 Distributor 2. 타설 Manipulator 3. 지브(Jib) 크레인 4. Former Device 5. 형틀 수직 이동 시스템	다케나카, 가지마, 오바야시(일) Putzmeister(독) 도다, 다케나카, 오바야시(일) Putzmeister(독) 후지타, 가지마(일)
조사 점검 보수	1. 타일 벽면 검사로봇 2. 철근 콘크리트 검사로봇 3. 클린룸 검사로봇 4. 지반 다짐도 검사로봇 5. 수중 검사로봇 6. 지중 탐사로봇	다이세이, 다케나카, 가지마(일) 오바야시(일) 도다, 오바야시(일) 미쯔이(일) EUREKA(영,이태리) 도큐(일)
도장 미장 청소	1. 벽면 도장로봇 2. 천장 도장로봇 3. 내화 피복로봇 4. 콘크리트 미장로봇 5. 슛크리트 로봇 6. 청소로봇	다케나카, 다이세이, 구마타니(일) CBC, CEA(프), SM(영) CSTB(프) 스미즈(일) 가지마, 다케나카, 오바야시(일) 다이세이(일) 가지마, 오바야시, 다이세이(일) Eletrolux AB(스웨덴), 스미즈(일) 다케나카(일)
기타	1. 구조물용 현장 조립로봇 2. 해체공사용 로봇 3. 교각 형틀 승강 로봇 4. 돌 쌓기 로봇	후지타(일) Atlas Copco, Diamantex AB(스웨덴) 후지타(일) 도큐(일)

표 3. 비제조업용 로봇의 수요 예측

	2005년 예상치	2000년
농업/축산업	301.8	84.2
임업	11.2	6.0
수산업	147.0	59.5
해양 개발	225.3	111.8
건설/토목	1049.2	445.3
광업	26.6	9.7
운수/창고	668.4	269.3
상업/유통	170.2	58.6
가스	115.7	42.8
상하수도	135.5	48.3
전력	101.6	44.3
원자력	674.9	374.8
통신	187.0	102.4
우주	72.6	25.4
의료/복지	424.0	162.1
쓰레기/청소	282.7	77.8
소방/방재	96.0	31.0
겨육	55.6	9.6
연구 개발	81.7	29.0
서비스	509.2	171.4
합계	5393.0	2263.0

(단위: 억엔, 출처분헌: 일본 로봇 공업 협회(JSR))

고 이를 기반으로 전 세계 로봇 시장에서 건설용 로봇의 시장 규모를 역으로 추정해보면 2005년에 약 2000억엔(약 2조원) 정도의 시장 규모가 형성되어질 것으로 예상되는 매우 큰 시장 규모가 형성될 것

으로 사료된다.

결론

21세기 들어서 우리나라의 국제 기술경쟁력 제고를 위한 전략분야로 IT, BT, NT 등을 선정하여 막대한 투자를 하고 있다. 이는 물론 막대한 시장과 수익성 예측에 의한 투자결정이라고 생각된다. 여기에 감히 RT(로봇기술)를 추가하여야 한다는 생각이다. 앞서 설명하였듯이 미래 로봇시장의 규모와 적용분야의 다양성을 고려한다면 필요의 당위성이 있다고 판단된다. 이를 위하여 정부차원의 체계적인 계획수립과 추진이 요구된다. 우리나라의 로봇기술은 미국, 일본 등 선진국과 10여년 정도의 차이가 있는 것으로 파악되고 있다. 정부차원에서 2001년 수립한 과학기술부와 과학기술평가원이 마련한 국가지능로봇기술 발전 기본계획에 의하면 2011년까지 세계 3위의 로봇 강국을 건설하는 것이 목표이다. 로봇이 산업, 국방, 의료, 개인생활 등을 획기적으로 전환시킬 수 있는 핵심 요소로 떠오르고 있기 때문이다. 1천 8백억달러(약 230조원)로 추산되는 2010년의 세계 로봇시장에서 경쟁

력을 갖추자는 것도 개발 전략의 핵심이다. 단기적으로는 대중화 가능성이 높은 가정생활보조용, 완구용, 특정작업용, 시각 장애인 안내용 등과 같은 휴먼 로봇이 특화될 것이다.

이와 발맞추어 건설분야에서 이제 우리는 어떻게 로봇을 도입하고 활용할지 고민을 시작해야 할 시점이 되었다. 산업의 특성상 많은 차이는 있지만 이미 성공적으로 적용한 자동차 생산공정의 자동화 시스템 등 타 산업분야에서의 성공사례에서 그 과정, 성과를 분석하고 건설분야에서의 청사진을 만들어 가고 그 효과를 예측할 수 있을 것이다.

결론적으로, 건설현장에서의 자동화 시스템의 구축 또한 로봇 기술의 산업적용 잠재분야로서 건설현장의 안전, 품질, 생산성 향상을 위한 가장 적극적인 기술적 접근방법일 뿐 아니라 쾌적한 작업환경의 제공도 가능하게 될 것이다. 또한, 새로운 건설에의 도전에 필수적인 요소기술로서 기술선진국으로의 도약을 위한 엔지니어들의 사명이라고 생각된다. 건설로봇 연구개발의 활성화를 통한 건설선진국의 진입을 앞당길 수 있기를 기대한다.