

첨단센서 기반의 대형 건설현장 실시간 시공관리기술 개발

[기획 보고서]

목 차

1. 연구개발 필요성	1
가. 사회경제적 필요성	1
나. 타 분야 기술 융합의 필요성	5
다. 정부지원의 타당성	8
2. 시장동향 분석	10
가. 주요 제품시장 파악	10
나. 주요 제품시장별 니즈	12
다. 미래 시장수요 전망	14
라. 시장동향 분석의 시사점	15
3. 연구개발동향 분석	17
가. 논문 분석	17
나. 특허 분석	25
다. 이중 분야의 연구개발 동향	32
라. 건설산업 분야의 연구개발동향	42
마. 연구개발동향 분석의 시사점	54
바. 중복성 분석	54
4. 핵심 요소기술	60
가. 핵심 요소기술의 정의	60
나. 핵심요소기술 현황분석	61
5. 연구목표 및 내용	76
가. 최종 연구목표	76
나. 연구개발 내용	77
다. 최종 성과물	81
라. 기술로드맵	83
6. 연구개발 추진전략	84
7. 연구개발비	85
가. 총 연구개발비	85
나. 연구개발비 산정근거	86
8. 연구결과의 활용방안 및 기대효과	90
가. 연구결과의 활용방안	90
나. 기대효과	91
9. 참고 문헌	93

1. 연구개발 필요성

- 우리나라의 건설산업은 선진외국으로부터 기술을 도입하고 생산위주의 양적성장을 추구해 왔으나 국내 및 건설산업의 환경은 급속도로 변하고 있으며 새로운 기술 개발 및 자동화에 초점을 두고 있음.
- 건설 현장이 대형화/복잡화됨으로서 현재의 노동 집약적인 공정관리로는 한계가 있어 자동화와 더불어 센서 등을 이용하여 총체적인 현장관리가 필요함.
- RFID, USN, ZigBee, 레이저, 영상, 환경센서 등 첨단 센싱기술의 등장으로 기존의 인력중심으로 이루어지던 인력·장비·자재관리 및 공정관리 등의 작업을 전산화 및 자동화함으로써 실시간 시공관리를 위한 새로운 기반을 조성하는 것이 용이함.

가. 사회경제적 필요성

- 최근 우리나라의 건설산업은 고령화, 고임금화되는 추세에 있어 고급 기술인력들을 대체하고 공사비를 줄일 수 있는 방안이 요구됨.
- 대형 프로젝트의 공사 진척율, 장비의 이동상황, 건설자재의 수량 및 이동상황, 현장인력상황 등의 정보를 파악하는데 많은 어려움이 따름으로, 부적절한 프로젝트 관리 결정을 내리기 쉬우며, 이는 심각한 건설공기 지연, 원가 상승, 품질/안전저하 등의 결과로 나타날 수 있음.
- 시공 시 정확한 현장 실정을 예측하지 못하여 잦은 설계변경 및 재해재난, 민원 발생, 안전사고 등이 유발되고 있으며, 이에 대한 대책으로 실시간 프로젝트 모니터링 시스템의 개발이 시급함.
- 건설현장의 자원(자재, 인력, 장비) 등의 상황을 실시간으로 파악하기 어렵고 이를 파악하기 위해서는 많은 시간과 인력이 필요하다는 점에서 현장의 인력·장비·자재 자원 모니터링 시스템 개발이 필요함.
- 현재의 현장감독, 감리, 발주자의 시공현황 파악 등은 작업자의 보고 또는 현장 탐방에 의한 방식으로 시간·공간적인 제약이 많이 발생하며 사진 및 문서의 기록 등 단편적으로 이루어지고 있음. 첨단센서에 의한 현장상황의 실시간 파악 및 데이터의 저장, 물량 및 상태정보 파악에 의한 자재조달, 정보교환 시스템에 의한 각 건설주체들 간의 정보열람 및 교환 등을 포함한 시공관리 프로그램 개발이 필요함.

- 건설현장 공간정보 활용을 통한 건설산업의 지능화/자동화: 건설기술과 건설현장 공간정보의 융합은 건설공사의 정보화/첨단화를 이룩하게 함으로써 궁극적으로 건설산업의 효율성 증진에 원동력이 될 것으로 예상
- 부실시공 방지 및 안전사고 예방: 정확한 현장상황 파악으로 시공계획과 실제 시공 결과와의 비교를 통한 부실시공 방지
- 공정/비용/품질관리의 효율성 극대화: 현장에서의 실시간 정보를 획득하여 이를 공정/비용/품질관리 시스템과 연계함으로써 시간 및 비용 절감
- 건설산업은 철저한 분업형태를 갖추고 있어 외주비율이 높으며 주문에 의해 생산이 되는 수주산업으로 전통적인 제조업과는 차이가 있음. 이 때문에 건설산업은 다른 산업과 비교해서 정보의 수집, 전달, 확산과정이 생산체계에 포함되어 있어야 그 생산활동이 원활히 이루어질 수 있다는 특징이 있음. 특히 건설생산과정이 분업화 되어 있고 다양한 주체가 참여하고 있기 때문에 각 주체가 보유하고 있는 정보의 연계가 필수적임.
- 이러한 건설 환경에서 건설 프로젝트의 생산성 향상을 위하여 기획, 설계, 자원 조달, 시공 및 유지관리로 구성되는 프로젝트의 모든 단계에서 총체적 유기적으로 달성되어야 함. 특히 시공단계에서의 프로젝트의 혁신적인 생산성 향상을 위하여 인력, 자재, 장비 등을 포함하는 각종 정보의 획득, 이를 적절한 형태로 적시에 공급하는 정보 전달 및 획득한 정보를 이용하여 자동화된 자원관리, 공정관리 등에 활용되는 응용기술의 발전이 필수적임.
- 시공정보화는 전통적인 시공계획, 시공, 감리 등 시공의 생산과정을 포괄하는 것으로 우리나라는 최근에 통신 및 IT 산업이 세계 선도시준으로 발전되어 있어 건설산업의 정보화 및 Business Process Innovation에 기반을 두고 건설 산업의 정보화, 그리고 이를 이용해 국내외 시장 동향에 적극 대처할 필요가 있음.
- 이러한 시공정보화를 달성하기 위해서는 각 공정에 대한 건설정보가 필요한 형태로 적절한 시점에 정확하게 취득 및 전달되어야 하며 취득한 정보를 사용자가 쉽게 획득하고 이용하고 할 수 있도록 구성되어야 함. 이러한 시공정보는 레이저를 이용한 3차원 모델링 기술, RFID 등을 이용한 자원의 물량 및 위치파악 기술, 다양한 센서 기술, 이미지 프로세싱 기술 등을 통한 프로젝트 상황, 인력, 장비, 공정, 자재의 위치와 상황 등을 포함함.
- 국내/외 건설시장은 생산성 혁신에 대한 압박을 많이 받아오고 있으며 특히 해외 건설시장은 중국과 인도 등 신흥 국가 기업들에게 많은 시장을 잠식당하고 있음

- 현재의 건설산업에 있어 인건비가 차지하는 비중이 상당히 크고 또한 전문 인력이 현저히 부족함. 건설공사 자동화, 기계화 확대 등은 이러한 문제를 해결하기 위한 큰 틀에서의 변화과정임. 이러한 시도는 생산성 향상과 비용절감, 공사 품질의 향상 등을 꾀할 수 있음. 특히 건설정보의 자동화는 우리나라 IT기술의 선진화와 맞물려 빠르게 개발·응용 및 적용가능한 분야임.
- 건산연의 "글로벌 수준의 건설현장 만들기"에서 현장 기능인력의 저감방안중의 한가지로 기능인력의 다기능화 프로그램이 있음. 현장에서 자동화, 기계화로 인해 상당부분의 공정이 전통적인 생산방식에서의 기능별 구분과 전문성의 차이가 많이 사라지므로 이러한 부분을 통합하여 다기능으로 전환하여야 하며 IT와 같은 정보통신 서비스의 이용 등으로 목적이 달성될 수 있음.(건설산업연구원, '글로벌 수준의 건설현장 만들기', 2006)
- 현재 건설현장에서 호황을 누리고 있는 린 생산기법은 시공 프로세스 혁신 방안으로서 현장의 작업 프로세스에서 존재하는 불필요하고 비생산적인 요소들과 진행 과정상의 비효율 요소들의 개선을 통해 기능인력 수요의 절감효과를 기대하고 있음. 즉, 원가절감이라는 현 건설업이 지향하는 목표를 지향함
- 첨단센서를 통한 모니터링 시스템은 각종 센서 및 계측기들을 통해 각 시공 진행을 토대로 다음공정에 대비하고 공정의 오류를 즉시 검출해 낼 수 있는 방안이며 린 생산기법이 건설프로세스 혁신을 위한 방법론이라면 방법론을 더 세부적·효과적으로 지원하는 도구로서 사용되어지는 것이 가능함.
- 건설산업에서 기능인력의 수급 또한 어렵지만 이러한 인력의 양적/질적 부분은 더 큰 현안과제이며 이들의 임금은 생산원가의 50%정도를 차지하고 있음. 센서 및 통합의사결정 시스템등을 이용한 프로젝트 관리 시스템에 의해 전문성이 없이도 프로젝트를 관리하는 것이 가능해 짐.
- 현시점은 건설산업의 융합건설 연구전략에 있어 초기단계에서의 기술개발 및 연구모델 설정, 연구개발범위 수립에 있어 중요한 시점이 될 수 있음.
- 건설현장에서 전문인력의 수급부족을 해결하기 위해서는 공급을 늘리는 방법도 있지만 장기 적으로 볼 때 자동화 등을 통해 수요를 줄이는 접근방법도 중요함.
- 단일 기능을 가진 현장 인력의 다기능 인력화에 대한 연구가 프랑스와 미국 등에서 이미 수행되고 있으며 기능인력 수요의 감소, 이익의 증가, 생산성의 향상, 직업만족도의 향상, 새로운 기술도입 적용성의 향상 등이 효과로 제시되고 있음. 센서를 이용한 프로젝트 모니터링 시스템은 각 자원에 대한 감독업무 및 현장관리 등의 업무를 최소한의 인력으로 효과적으로 지원할 수 있도록 할 것임.

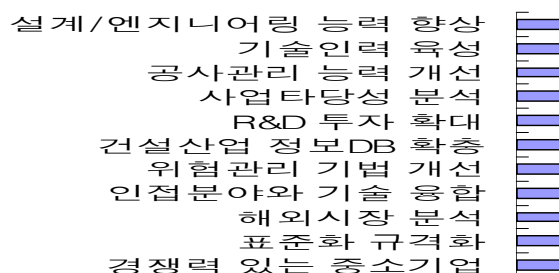
- IT와 시공 프로세스 융합 프로그램: 일반적으로 건설현장에서 근로자 혹은 기술자의 작업 준비부족이나 선행작업의 지연, 품질 검사자의 검사 지연, 도면이나 자재의 미도착 등 근로자외의 외부여건 때문에 근로시간의 손실이 발생하는 경우가 많음.
- 근로자의 작업 시간손실은 작업 프로세스를 개선하고 IT기술을 도입하여 상당부분 제거가 가능할 것임. 모델링을 통해 축적된 데이터들을 분석하여 프로세스를 개선하고 센서들에 의한 모니터링으로 인원이나 장비의 배치, 작업의 진행량, 후속작업 계획의 수립 등의 작업을 보다 원활하게 수행할 수 있음.
- 실제 한국 전력공사가 1996년 울진원자력 3,4호기 건설 중 배관 기능공의 실 작업 시간을 측정한 결과 24.2%의 작업시간 손실이 준비와 대기시간에서 발생한 것을 볼 수 있었음. 센서를 이용한 모니터링 시스템은 이러한 준비와 대기시간을 대폭 줄이는 것이 가능할 것임.
- 감독이나 감리자에게 단한번의 검사로 통과되는 사례가 통상 70%정도임을 감안한다면 첨단센서 및 계측기를 탑재한 감독자 지원시스템을 통해 이 부분을 정밀 시공에 대한 부분을 조업함으로서 재시공으로 인한 공사비의 증가를 막을 수 있음.
- 국내 건설 산업은 다른 산업에 비해 전통적, 보수적, 복잡화, 다양화 등의 문제점을 가지고 있어 자동화 기술의 개발 및 도입, 적용에 비 적극적이었음. 건설산업의 자동화가 점진적으로 일어나고 있지만 혁신적이지 않고 그 발전이 매우 미흡한 실정임. 정부주도의 연구개발사업이 활발해짐으로써 대기업을 비롯한 건설산업 전반적으로 새로운 기술로의 변화에 신뢰성을 가지게 됨.
- 획득한 건설정보를 기반으로 다양한 건설 프로세스 정보화의 구현이 가능. 이러한 건설정보를 이용한 실시간 현장 모니터링 시스템은 건설현장의 자원(자재, 인력, 장비) 등의 상황을 실시간으로 파악이 가능케 함으로서 기존의 인력과 시간이 많이 소요되던 현장 자재관리 및 공정관리를 빠르고 정확하게 하며 PMIS (Project Management Information System)와 연결하여 공급사슬관리(Supply Chain Management)의 구축이 가능케 함.
- 따라서 이러한 건설정보와 건설 프로세스 정보화 기술의 융합은 건설공사의 정보화/첨단화를 이룩하게 함으로써 궁극적으로 건설 산업의 효율성 증진에 원동력이 될 것으로 예상되며 국내 건설 산업에 있어 새로운 시장 창출 또한 가능할 것으로 예상됨.

나. 타 분야 기술 융합의 필요성

- 우리나라의 산업분야중 커다란 비중을 차지하고 있는 건설산업은 지금까지 노동력 중심의 산업으로 건설기술외의 타분야 기술에는 큰 관심이 없었으나 최근 건설현장 장비의 자동화등이 진행되어 오면서 자동화 및 정보화 사업에 큰 관심을 집중하고 있음. 건설산업과 융합이 가능한 IT, NT, RT, ET등의 첨단기술을 접합함으로써 얻어지는 생산력향상 및 원가절감등의 효과가 매우 클 것이며 이러한 건설산업의 경쟁력 강화는 국가 경쟁력 강화를 이어질 것임.
- 정보기술의 발전은 인류의 문화생활을 크게 변화시키고 있고 이제 그 영향력은 산업전반으로 퍼진지 오래되었음. IT는 기본적으로 통합(Integration)을 바탕으로 하고 있고 건설에 대한 정의도 건설사업의 단계별 프로세스의 통합이라는 결론을 내린바 있음. IT와 건설의 공통점을 바탕으로 건설이 가지고 있는 프로세스의 특성과 IT의 통합의 특성을 조화한다면 여러 가지 시너지 효과를 낼 수 있음.
- 현재까지의 건설산업은 인력과 장비중심의 노동집약적 산업으로 IT등의 타 산업 첨단기술들을 융합함으로써 건설산업의 품질향상, 노동력절감과 같은 시급한 문제를 타개하는 것이 가능함.
- 효율적인 자재관리
 - 현장에서 센서등에 의한 자재 물량 및 위치 파악등의 관리를 자동화함으로써 자재관리의 효율화를 극대화 할 수 있으며 이를 통하여 30% 이상의 공기 감소를 달성할 수 있음.
 - 자재관리정보를 PMIS (Project Management Information System) 와 연계하여 공급사슬망관리 (Supply Chain Management)의 도입이 가능함.
- 미국의 경우 카네기 멜론 대학에서 RFID를 이용한 자재관리시스템을 제시하였으며, 벡텔(Bechtel)사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 실시한 미건설산업연구원(CII)의 현장 실험에서 파이프 서포트(support) 및 행거(hanger) 자재의 위치 파악 및 추적 관리에 30%의 작업시간과 단축 효과가 있다고 제시하였음.
- 미국건설산업연구원(CII)는 “프로세스 완전 통합/자동화 연구(Fully Integrated & Automated Project Processes”를 통해 생산성 60% 향상이라는 목표를 설정한바 있음.
- 각종 센서 등을 이용한 프로젝트 모니터링 시스템의 개발은 국내 건설산업이 노동력 집종의 낙후 기술산업에서 하이테크 기술산업으로 이미지 변환을 기여할 수 있음. 특히 해외 건설산업에서 국제 경쟁력이 높아져 해외시장 점유율을 높일 수

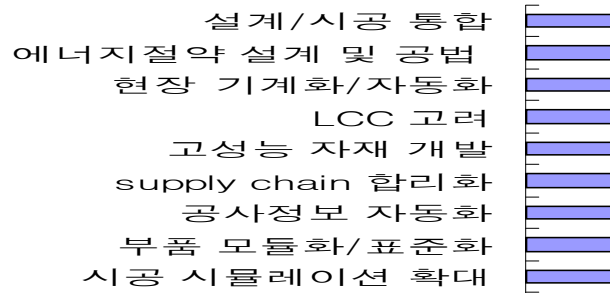
있는 계기가 됨. 이러한 기술들의 사용으로 “정밀성”과 “안전성”이라는 두 가지 문제를 해결하는데 큰 도움을 줌.

- 제조업 및 서비스업을 비롯한 대부분의 산업분야에서 RFID 및 영상센서 등을 이용한 검측 및 관리 등에 자동화/전산화를 상당부분 진행하였음
- 건설 자동화/기계화 프로그램은 기능인력을 통한 수작업들이 자동화됨으로서 정밀도와 생산성향상이 이루어 짐. 자동화/기계화의 발전 정도에 따라 기능인력의 수요가 기하급수적으로 감소하는 것을 여러 연구 및 시뮬레이션을 통해 검증되었음.
- 미국 국립 표준 기술원에 의한 연구는 Laser Radar 가 기존의 3차원 준공 모델의 구현뿐만 아니라 건설 현장 자재 추적 시스템과 같은 프로젝트 컨트롤에 관련된 분야에서도 사용될 수 있다는 것을 보여줌.
- 그동안 건설업체들의 미래에 대한 진단과 프로젝트 분석에 소홀했으나, 미래가 불확실할수록 환경 변화에 대한 감지 능력과 적응력을 강화해야 함. 현재의 기술 사회에서 최고의 기술 개발을 통해 품질을 향상시키고 공사비 절감을 위해 부단히 노력해야 함. 장기적으로 건설산업이 건전한 발전을 하기 위해서는 불투명한 3D 산업의 이미지를 벗고, 인간과 자연의 조화를 추구하는 미래지향적 산업이라는 이미지를 강화하여야 함. IT, BT, NT등의 첨단 기술들을 건설에 융합함으로써 “노동“이라는 이미지를 벗고 건설 또한 첨단기술로 인정받을 수 있음.
- 대외 경쟁력 제고를 위해 건설산업에 필요한 조건들에 대해 조사한 아래표에 따르면 설계/엔지니어링 능력 향상, 공사관리 능력개선, 건설산업 정보 DB 확충, 위험관리 기법개선, 인접분야와 기술 융합, 표준화/규격화, Supply-Chain 개선, 지식공유 시스템 등 약 50% 이상이 본 연구과제에서 제안하는 IT 기반의 프로젝트 모니터링 기술과 연관되어 있는 것으로 나타남.(www.cerik.re.kr/건설산업 미래비전)
 - 그림1의 결과는 건설업체 기획 담당 부서장 및 연구원, 유관기관 담당자 등을 대상으로 설문조사 한 것으로 건설산업의 경쟁력 제고를 위해 꼭 필요한 수 요를 보여줌.



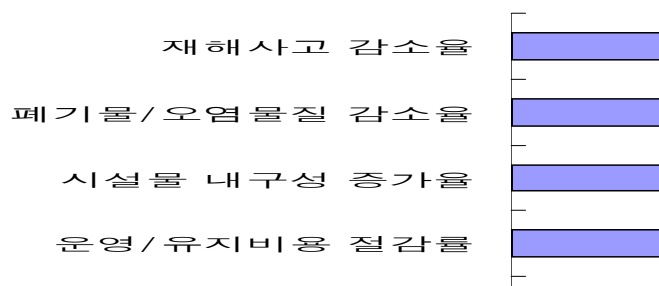
<그림 1. 대외경쟁력 제고를 위해 건설산업에 필요한 조건 출처:www.cerik.re.kr>

- 또한 향후 예상되는 기술혁신 분야에 대해서는 설계/시공 통합이 가장 높은 응답률을 기록하였으며 현장 자동화/기계화도 3번째로 높은 응답률을 보였음. 이와 같이 설계과정의 데이터가 전산화 되어져서 시공과정에 온라인식의 정보 전달이 이루어져야 하고 시공데이터와의 비교를 통해 시공상의 오류를 찾아 내는 기술의 개발이 필요함.



<그림 2. 향후 예상되는 주요 기술 혁신
출처:www.cerik.re.kr>

- 장기적 달성 가능 수준에 대해서는 재해율을 현재보다 32.4% 정도 감소시키는 것이 가능할 것으로 전망하여 가장 큰 개선 가능성이 있는 것으로 조사되었음. 공사비 절감 또는 공기 단축 등 주요 핵심 이슈에 대해서는 20%대의 상대적으로 낮은 개선 속도를 보여주고 있음. 이러한 전망 수준은 ‘건설교통 R&D 혁신 로드맵’의 2015년까지 10% 개선과 대한토목학회의 2025년까지 50% 수준의 개선 목표의 중간 수준임.
- 본 과제에서 제안한 안전관리 시스템의 도입을 통해 현장 설비 및 안전 요원에 의한 관리를 넘어서 첨단 센서 및 정보처리 시스템을 통하여 건설현장의 장비, 및 자재, 인력에 의한 재해사고 감소라는 목표를 더 명확하게 달성할 수 있음.



<그림 3. 주요 항목별 장기 달성 가능 수준
출처:www.cerik.re.kr>

- 위의 그림3에서 보여주는 바와 같이 공사기간 단축, 공사비용 절감 등의 목표는 상당부분 달성된 기술효과이며 재해사고 감소, 오염물질 감소, 내구성 증가와 같은 IT, BT, ET, NT와 같은 분야들과의 융합으로 해결해야 할 개발

목표들이 요구됨.

- 미래 첨단건설산업은 BT와 NT, IT, RT, ET 등 고도기술과 융복합을 통해 탄생될 전망이다. 건설산업의 생산성을 획기적으로 제고시키는 것은 물론 건설 프로세스를 혁신적으로 개선할 무기인 첨단융합건설기술은 건설산업이 굴뚝산업이 아닌 첨단산업으로 거듭날 수 있는 필요충분조건임.

다. 정부지원의 타당성

- 정부주도의 건설IT R&D 투자의 증가를 볼 때 정부차원의 필요성을 충분히 파악하고 있다고 판단되며 건설산업에 적용하기 위한 현장 맞춤형 프로젝트를 수행하여 실제 현장에 적용가능한 기술을 개발하는 것이 필요함.
- 특히 최근 몇 년 동안 증가하고 있는 해외 대형건설수주는 기업만의 경쟁력확대를 넘어서 정부의 경쟁력 우위를 결정하는데 중요한 역할을 하게 될 것임.
- 각종 센서 등을 이용한 메가 프로젝트 모니터링 시스템의 개발은 국내 건설산업의 하이테크 및 지능화라는 화두아래 대형 건설 프로젝트 및 국가 SOC 사업의 정밀성 등에 대한 국민의 신뢰를 끌어올릴 수 있는 계기가 될 것임.
- 해외건설의 수주경쟁시 건설업체의 건실성 외에도 건설기술의 고도화에 대한 발주처의 신뢰도를 높일 수 있으며 정부 주도의 건설기술개발이 포함되는 수주시 정부차원의 측면지원에서 설득력을 높일 수 있음.
- 국내 건설에서 감독이나 감리자에게 단 한번의 검사로 통과되는 사례가 통상 70% 정도임을 감안한다면 건설품질에 대한 신뢰도가 낮은 편이며 대형 토목 사업에서의 건설품질 저하는 국가차원의 재난 등을 일으킬 위험이 높으므로 시공기관의 보고가 아닌 발주기관, 감리, 해당관청 등에서 실시간 시공 모니터링이 가능한 본과제의 개발로 인해 차후 발생하는 대형 건설산업 재해를 감소시킬 수 있음.
- 우리나라의 건설분야는 2003년 기준으로 국내총생산(GDP)의 약 17.5%를 차지하고 있으면서 8.2%의 고용효과를 갖고 있는 국가경제발전과 운영의 핵심 분야임. 또한 건설기술은 건설자재, 설비, 시공, 구조, 등이 직접적으로 관련되어 있고, 이를 한국은행의 산업분류체계에 따른다면 우리나라의 총 423개 산업 중 약 15%에 해당하는 약 60개 산업과 연관되어 있어 파급효과가 매우 큼.
- 한국의 건설노동생산성을 타 외국과 비교하여 보면, 국내의 건설노동생산성은 일본의 약 50% 수준이며, 미국 유럽 등 주요 선진국에 비하여도 상대적으로 낮은 노동생산성을 보이고 있음(OECD, 2001). 또한 건설업의 종업원 1인당 부가가치

증가율(노동생산성)은 1991년부터 1999년 간 연평균 4.8%로 제조업의 11.3%나 전 산업 평균 10.5%의 절반에도 미치지 못하고 있음. 이와 같이 국내 건설 산업의 생산성은 다른 산업에 비해 낮은 것으로 나타나며 이는 건설 분야에서의 기술 투자 저조로 인한 기술력 낙후와 관련이 있음. 첨단센서에 의한 모니터링 시스템은 노동 생산성을 향상시키며 특히, 건설시공과정에서의 부가가치증가를 혁신적으로 이룰 것으로 전망함.

- 국내 건설 산업은 기술개발의 부족으로 인하여 경쟁력이 여러 선진국과 비교하여 볼 때 낮은 수준임. 국내의 건설 기술력이 1999년의 조사에 따르면 선진국의 67%에 불과하고 경쟁력의 핵심인 엔지니어링 능력이 특히 취약함(건설 산업의 선진화 전략, 2004, 건설교통부). 이러한 건설기술력의 향상을 위하여 건설정보화 부분의 기술력 확보는 필수적이며 시급히 해결해야 할 과제임.

2. 시장동향 분석

가. 주요 제품시장 파악

- 본 연구과제에서 제안하는 첨단센서를 이용한 프로젝트 모니터링 시스템은 경제적, 사회적으로 파급효과가 큰 대규모 토목시장을 대상으로 함. 이러한 대단위 공사 현장들은 공사수주액이 크고 목표달성에 대한 파급효과가 큼. 또한 건설 프로세스가 시장별로 유사하여 개발하는 프로젝트 관리 통합시스템의 적용이 적합함.
- 정부주도의 대규모 토목건설현장 및 민간의 해외 토목건설현장의 경우 규모의 방대함으로 인하여 노동집약적인 프로젝트 관리에는 한계가 있어 시공의 자동화와 더불어 건설정보 및 프로젝트 관리의 자동화가 많이 요구됨.
- KDI(한국개발연구원)에 따르면 건설교통부와 해외건설협회는 2007년 6월 30일 현재 해외건설 수주가 전년동기대비 89%가 증가한 161억불을 기록해 상반기 수주실적으로는 최고이며, 작년에 달성한 해외건설 사상최고 수주액 165억불 돌파를 눈앞에 두고 있다고 밝혔음.
- 상반기 해외건설 수주현황을 세부적으로 분석해 보면, 공종별로는 플랜트(산업설비) 분야가 중동지역 등 주요산유국의 발주물량증가와 우리기업의 적극적인 수주활동에 힘입어 전체수주비중의 74%인 118억불(전년동기대비 119%증)을 기록하였으며, 토목분야는 전년동기대비 77%가 증가한 18.8억불을 수주하여 증가세를 이어가고 있음.
- 건교부 보도자료에 따르면 2007년 8월말 현재 192억불이던 해외건설수주액이 같은 날 오후 GS건설이 이집트에서 18억불 규모의 정유공장건설 사업을 수주함에 따라 210억불을 기록하게 되었다고 밝혔으며 해외에 첫 진출한 이후 42년만에 처음으로 200억불을 돌파함으로써 해외건설의 새로운 장을 여는 것으로 평가하였음.(표. 1)

<표 1. 해외건설 수주 추이>

단위: 백만불

구 분	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07. 8. 29
연간실적	4,355	6,126	3,668	7,498	10,859	16,468	21,000

- 수주실적을 세부적으로 보면, 공종별로는 플랜트가 전체수주액의 71%를 차지(전년동기 대비 70%증가)하여 금년에도 주력분야를 차지하고 있으나 토목 분야 또한 각각 62% 성장하는 등 수주량이 크게 증가해 수주 공종별로 고른 성장세가 유지되고 있음.(표. 2)

<표 2. 공종별 2006년 대비 해외수주현황>

단위: 백만불

공종별	1965.1.1~현재		2006. 8. 29		2007. 8. 29		전년동기 대비(%)
	누계건수	누계금액	건수	금액	건수	금액	
계	5,752	233,695	222	11,844	376	21,000	177
토 목	1,429	61,615	35	1,311	47	2,128	162
건 축	2,060	74,440	44	2,176	74	2,973	137
산업설비	991	87,645	33	7,998	49	15,360	192
전 기	364	6,013	26	296	30	411	139
통 신	70	2,020	3	2	1	1	36
용 역	838	1,962	81	61	175	127	210

- 공사규모별로 구분하여 볼 때 전체 수주건수 376건 중 1억불이상이 총 39건 이상을 차지한 가운데 5억불 이상이 9건이며 10억불 이상도 4건을 수주하여 일괄수주방식(EPC) 등 고부가가치의 대규모 총괄 수주 건수가 증가하고 있는 것으로 나타남. 일괄수주방식이란, 타당성(feasibility) 조사를 시작으로, 기기의 제작, 조달, 현지 토목공사, 건설, 시운전, 요원훈련 및 조업지도까지 일체를 포함하는 것임. 시공관리 및 자원관리에 첨단기술을 이용한 적시시공 시스템은 이러한 공사수주에서 충분한 경쟁력을 가질 수 있을 것이라 판단됨.
- 아래 표.3 에서 1억불 이상 공사수주액의 변화를 보면 2000년대에 들어 대형공사 수주가 증가하고 있음을 알 수 있음.

<표 3. 1억불이상 공사 수주건수>

년도	'01	'02	,03	,04	,05	,06	,07	계
수주 건수	9	18	8	22	23	29	39	148

<표 4. 공사 수주금액별 구분>

구분	10억불이상	5- 10억불	3-5 억불	1-3억불	1억불 미만	계
07.8 수주 건수	4	5	5	24	338	376
06년 전체 수주건수	2	9	4	14	297	326

- 한국소프트웨어산업협회의 ‘2005년 SW산업 부문별 시장·기술 전망 세미나’에서 KRG는 올해 정부의 경기 부양책과 기업의 시스템 교체 수요로 인해 기업용 솔루션 시장이 본격적인 상승세에 접어들 것이란 내용의 ‘국내 IT시장 및 솔루션동향’ 보고서를 발표함. 국내 IT시장 및 솔루션동향(KRG)에서 기업용 솔루션 시장은 정부의 경기 부양책에 대한 기대와 기업들의 시스템 교체 수요에 힘입어 본격적인 성장세에 접어들 것으로 전망함.(KRG in Press, 2005)
 - 솔루션 별로는 전사자원관리(ERP)가 시장 수요를 주도할 것이며 주요 기업들의 올해 솔루션 도입 계획을 분석한 결과 ERP에 대한 수요가 가장 높았음. ERP시장은 기존 ERP 도입 기업들의 활용도 제고와 개선 작업이 꾸준한 수요를 창출할 것임. 또 정보화가 상대적으로 늦어진 제2산업군(건설, 제약, 식음료, 중공업 등)과 공공부문에서의 도입도 확대될 전망이다. 자동차 및 제품 제조업등에서는 센서등을 이용한 자동화가 상당부분 진행되었으므로 건설산업에 이식하는데 장점이 많음.
 - 공급망관리(SCM)와 고객관계관리(CRM)는 2006년 이후 도입 의사가 두드러지는 양상을 보였음. SCM은 구현의 복잡성 때문에 기업들이 필요성은 인식하고 있지만 투자에 적극 나서지 못하고 있는 실정임. 최근 선도기업들의 SCM 구축 성공사례가 속속 나오면서 다른 제조업체와 유통업체들로 구축이 점차 확산될 전망이다. 기업이 필요성은 충분히 가지고 있으므로 정부주도의 기술개발이 이루어진다면 차후 기술이전 등을 통해 국내 기업의 선진화 및 해외진출에 유리하게 이용될 수 있음.
 - 건설사업관리(CM)범위가 확대: 건설교통부를 비롯한 정부부처에서 건설산업 규제 개선차원에서 건설사업관리(Construction Management)의 업무범위를 확대키로 함에 따라 건설 총 수주액에서 건설정보 및 정보 자동화와 관련된 시장의 영역확대가 예상됨.

나. 주요 제품시장별 니즈

- 최근 대규모 프로젝트에서 PMIS 등의 IT기술을 이용한 프로젝트관리기술들이 많이 사용되어지고 있으며 첨단센서를 이용한 프로젝트 모니터링 시스템이 목표로 하고 있는 대규모 토목시장, 플랜트시장에서 그 효과를 증대시킬 것임.
- 토목시장은 범위의 광대함으로 인해 시공관리 및 자원의 관리 등에 많은 인력이 필요로 하게 되며 특히 시공상의 오류는 엄청난 인재를 발생시키므로 첨단기술들과 융합한 자원관리 및 공정관리를 통하여 시공품질의 향상을 보장하여야 함.

- 68개 건설업체를 대상으로 첨단융합건설기술 관심도를 조사한 결과 전체 응답기업의 18%인 12개 기업이 'USN/RFID 기반 건설관리 모니터링'을 꼽은 것으로 나타남. 이것은 많은 건설현장에서 첨단융합건설기술에의 욕구를 보여주는 것으로 판단할 수 있음.
- 유비쿼터스센서네트워크(USN)와 전자태그(RFID)는 유비쿼터스 국가 건설의 핵심이면서 더욱 효과적이고 효율적으로 건설사업을 수행할 수 있는 유비쿼터스 요소기술로 각광을 받고 있음. RFID의 경우 이미 국내 건설현장에서 출역 토사 반출 레미콘 철골커튼월 시공 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며 성균관대 e-CM Labs와 건설기술연구원 한국건설관리학회 등 학계연구기관은 물론 삼성물산, 대림산업, 두올테크 등 기업에서 관련 기술의 연구가 진행되고 있음.
- USN도 건설기술연구원의 교량 및 도로 상태의 실시간 무선 모니터링 흠막이 등 가설시설물에 대한 실시간 변위 측정 및 모니터링 터널관리 안전관리 출입자 관리 자재 위치 파악 등 다양한 연구가 수행 중임.
- 정보통신 부문은 u - IT 839 와 같은 전략을 연구하면서 건설분야에서 발굴할 수 있는 정보통신 부문의 부가가치를 창출하고 있음. 건설부문 역시 블루오션으로 여겨지고 있는 유비쿼터스 건설 분야에서 창출할 수 있는 건설의 부가가치가 무엇인지 도출하는데 우선 주력하여야 함. u - IT 839 에 대응하는 u -Con 전략을 수립할 필요가 있음.
- u-IT 839는 서비스, 인프라, 성장동력으로 구성되어 있음. 서비스는 IT 분야에서 지원할 수 있는 선진화된 기술서비스, 인프라는 유비쿼터스 서비스가 가능하도록 하는 물리적인 네트워크 환경 그리고 성장 동력은 유비쿼터스 기술 개발을 선도하는 분야를 의미함. 이와 같은 규정은 IT를 중심으로 나열되어 있으므로 이에 버금가는 건설분야의 전략구상이 필요함.
- 유비쿼터스 건설에 있어서 건설업이 제공할 수 있는 서비스를 건설의 수요자관점에서 재정의 할 필요가 있으며, 이를 지원하기 위한 건설부문의 기술 분야를 도출할 필요가 있음 .
- 건설업 부가가치영역의 변화: 건설산업은 그 규모면에서 점점 대형화되고 복잡해져가고 있으며 국내 건설기업은 기존의 노동집약형의 부가가치에서 지식기반의 부가가치로 이전해가야 하는 사회·경제적 여건에 직면하고 있음. 최근 국내기업들의 주요 관심사는 건설생산성 지표로 대표되는 인당 매출액 향상 방안을 모색 중에 있고 일반적으로 1인당 매출액 향상이라는 목표는 현장관리인력의 축소와 더불어 관리레벨의 상향조정이 필수적이며 그에 따른 협력업체의 공사능력향상을

요구함. 제한된 관리인력으로 프로젝트를 수행하기 위해서는 관리체계의 표준화 및 정규화와 더불어 프로젝트관리시스템의 지원이 반드시 뒷받침돼야 함.

- 기술정보와 관리정보: 건설업의 정보시스템을 크게 기술정보와 관리정보로 나뉠 수 있는데 기술정보는 프로젝트를 수행하는 과정에서 생성·관리되는 기술적 데이터들을 의미하며 관리정보는 의사결정을 위해 기술정보로부터 수차례 가공된 정보들을 의미함. 일반적으로 기개발된 시스템들은 관리정보를 중심으로 시스템이 설계되는 경향이 있으며 기술정보는 현장의 실무자들이 엑셀과 같은 별도의 패키지프로그램들을 이용해 가공한 후 사내 정보시스템에 입력할 뿐 사내 시스템으로 전환돼 데이터가 축적되지 못하므로 데이터의 원천성을 고려해 기술정보를 관리하기 위한 시스템을 중심으로 설계할 필요가 있음.
- 통합건설공사관리시스템에 대한 연구와 개발작업이 많이 이뤄지면서 어느정도 발전은 있었으나 많은 시스템들이 여전히 서로 단절된 채 운영되거나 실무자들의 외면으로 사장되는 경우들도 발생하고 있음. 일반적으로 통합시스템으로 개발할 때는 여러가지 관리목적의 시스템들을 하나의 통합시스템으로 묶어서 개발하는 경향이 있음.

다. 미래 시장수요 전망

- 2004년부터 2007년까지 국내 건설수주액의 동향(표. 5)을 살펴보면 평균 8.8%의 성장률을 기록하며 2008년부터 평균 성장률 8.5%를 적용하면 2011년에는 약 142조원 정도의 국내건설수주가 달성될 것으로 전망됨(건교부 건설산업 현황 및 정책방향, 2007 건설산업통계).
- 2005년 기준으로 국내 건설공사 수주액 중 적시시공 모니터링 시스템과제를 적용할만한 500억 이상의 대형 공사만을 산출하면 18.1조에 달하며 총수주액의 21.3%에 이룸. 2006년부터 총 수주액의 21.3%를 적용함 금액을 표. 5에 나타내었음(통계청, 2005년 건설업 통계연보).
- 국내 건설시장에서 적시시공 모니터링 시스템을 적용하는 대상공사(대형공사)의 공사액의 단가산정에서 연구개발비(0.759%), 품질관리비(0.006%), 안전관리비(0.418%), 안전점검비(0.006%), 현장관리비(6.805%)등 과제가 대체 가능한 항목들을 국내 적시시공 시장으로 최종 산출하였음(대한건설정보, 공사원가 계산요율). 즉, 전체 건설시장의 21.3%의 공사(대상공사)에 적시시공 모니터링 시스템을 적용할 수 있으며 시스템이 대체가능한 시장은 대상공사의 7.994%임. 8장의 기술가치분석에서 여기에 대한 심층분석을 할 것임.

<표 5. 국내외 건설수주액 동향 및 기술개발 대상공사 출처:통계청, 건교부 >

년도	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
국내수주액(조원)	78	85	93	101	110	119	130	142
전년대비성장		8.9	9.4	8.6	8.8	8.8	8.8	8.8
적시시공 대상공사		18.1	19.8	21.6	23.4	25.5	27.8	20.2
년도	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
해외수주액(억불)	75	108.6	165	300	315	330.7	347.3	364.7
전년대비 성장(%)		45	52	82	5	5	5	5

- 2004년부터 2007년 10월까지 발표된 국내건설 해외수주 현황을 보면 표. 5와 같음. 3년 연속 40~80%이상의 증가를 기록하며 폭발적인 상승세를 이어나가고 있음. 하지만 본 보고서의 2008년부터 2011년까지의 해외건설 수주증가는 건교부가 예측하고 있는 해외건설시장의 증가율 5%를 적용하여 계상하였음(건교부 보도자료).
- 2011년에는 약 368억불 정도의 해외건설 수주액을 달성할 것으로 예상함. 이는 최소한의 시장성장을 가정한 것이므로 실제 시장은 훨씬 클 것으로 예측됨.
- 해외건설 수주에서 특징적인 것은 2006년, 2007년 해외건설수주액 대비 토목/건축/산업설비(플랜트)수주액이 전체의 약 97%를 차지하는 것으로 조사되었음. 이는 해외건설에서도 대형공사위주로 수주로 이루어지고 있으므로 해외수주의 97% 공사에 적시시공 모니터링 시스템을 적용가능 한 것으로 판단됨.

라. 시장동향 분석의 시사점

- 미래 첨단건설산업은 BT와 NT, IT, RT,ET등 고도기술과 융복합을 통해 탄생될 전망이며 건설산업의 생산성을 획기적으로 제고시키는 것은 물론 건설 프로세스를 혁신적으로 개선함으로써 첨단산업으로 발돋움 할 수 있음. 건설업체도 'USNRFID 기반 건설관리 모니터링'과 같은 첨단융합건설기술에 대한 관심도가 높음.
- 선진국의 건설산업 정보화 투자와 우리나라 IT성장세를 고려해 볼 때 IT융합 건설시장의 규모는 급격하게 증가할 것임.
- 최근들어 해외건설시장에서 플랜트 건설 발주량이 크게 증가하고 있으며 그 추세는 쉽게 꺾이지 않을 것임. 국내 건설업체의 해외 건설 수주량도 증가하고 있으나 첨단화된 건설시공관리 시스템을 이용하여 원가절감, 공기단축 등의 수주경쟁력을 높이고 높은 건설품질로 차후 수주경쟁에서의 우위를 점할 수 있을 것임.

- 최근 몇 년동안 증가하고 있는 1억불 이상 해외건설수주가 늘고 있고 플랜트건설 시장의 빠른 성장세를 고려해 볼 때 공기단축, 공사품질향상, 원가절감등을 실현할 수 있는 프로젝트 통합관리 시스템의 적용이 필수적이며 수주경쟁력에 큰 역할을 할 수 있음.
- 국내 건설시장이 침체됨에 따라 중소기업들의 해외시장 진출도 적극적으로 이루어지고 있어 2007년 현재 26억불을 수주하는 등 수주확대에 한몫을 하고 있는 실정임. 해외 공사에 참여중인 엔지니어링 업체들의 수주도 상승세에 있음. 대규모 건설공사에서 하드웨어적인 시공을 제외한 시공관리, 안전관리등의 중요 건설 기술을 엔지니어링 업체 위주로 개발하여 대기업과의 협업으로 시공의 완성도를 높일 필요가 있음.
- 최근 증가하고 있는 해외 대형건설수주의 경우 시공 기술력뿐만 아니라 시공관리 및 엔지니어링 등의 기술력이 수주경쟁에서 유리한 위치를 차지하는데 중요한 역할을 하는 것으로 많은 전문가들이 전망함.
- IT융합 건설 관련기술 및 산업의 국내외 시장동향, 국내 인프라 수준, 국제 경쟁력 등을 종합하여 비교분석한 결과 아래와 같은 SWOT 분석 결과가 도출됨.

<표 6. SWOT 분석>

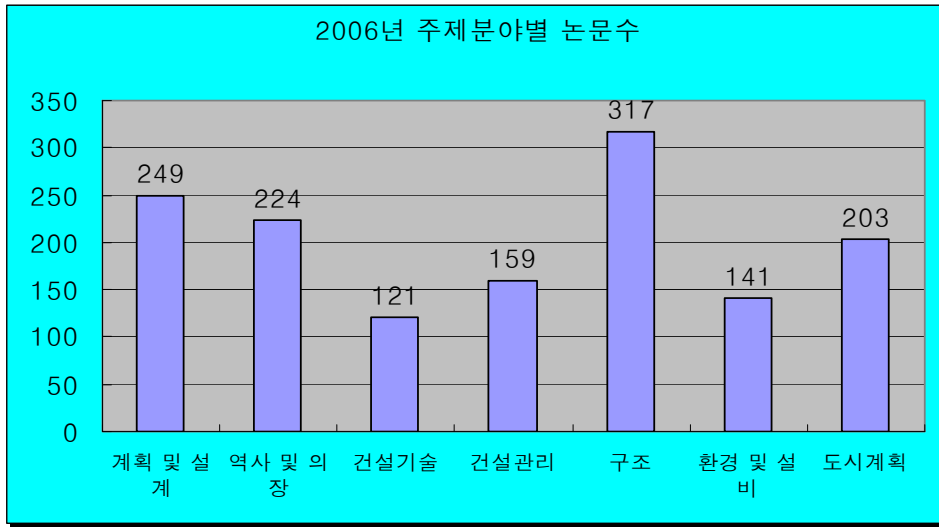
강 점 (Strength)	약 점 (Weakness)
<ul style="list-style-type: none"> □ u-Korea 구현 위한 정부 및 산업체의 의지 □ 세계 최고의 정보화 인프라 구축 및 강력한 정책추진 □ 건설 관련 기술자들의 IT 능력 수준 타 국가에 비해서 다소 우월 □ 대형 건설업체들의 IT기술도입에 대한 적극성 (PMIS, 4D CAD, RFID 자체 개발 또는 실험적 적용 경험 많음) □ 국내 건설정보화 의식 확산 	<ul style="list-style-type: none"> □ 산학연 간의 공통된 연구 추진 미흡 □ 다분야 공동연구에 대한 경험 부족 □ 요소부품기술 부족 □ 산업서비스 모델 부재 및 통합 센서 비용 □ 건설 영역 Value chain 전반에 통합된 연구 개발 경험 미흡
기회요인 (Opportunity)	위협요인 (Threat)
<ul style="list-style-type: none"> □ 대형 건설업체들의 수익성 증대를 위한 IT 기술 도입에 대한 필요성 증대 □ 건설업계 연구진의 IT 기술 개발 경험 □ U-건설등 첨단융합기술을 이용한 향후 대형 프로젝트 □ 미 일 유럽 등 선진국도 시장초기상황 □ BT, NT 등 전 산업의 융합 및 성장파급효과 □ 정보화 환경 구현 위한 공감대 형성 	<ul style="list-style-type: none"> □ IT 선진국들의 기술표준에 종속 □ 건설업체들의 개별 연구로 인한 시너지 효과 상실 □ 풍부한 자금력을 기반으로 한 외국계 IT 업체들의 국내 시장 진입 □ 요소부품의 과중한 해외 의존도 □ 미 일 유럽등 선진국의 센서사용 의무화

3. 연구개발동향 분석

- 논문 분석은 ISARC, Automation in Construction, 건축도시정보연구센터를 통해 검색하였으며 ISARC는 2000년~2006년, Automation in Construction는 1997년~2007년 건축도시정보연구센터는 2006 한해 동안 제출된 논문에 대해 분석을 실시하였음.
- 특허는 특허청의 한국특허정보원(http://www.kipris.or.kr/new_kipris/index.jsp)에서 검색하였으며 특허청에 등록된 모든 DB를 조사하여 해당 개발기술과 관련된 특허기술을 조사하였음.
- ISARC논문은 키워드별 논문 통계를 구하는데 사용하였으며, Automation in Construction에서 검색되어진 논문 중 일부는 본 장의 논문분석에서 그 내용을 간략하게 다룰 것임.

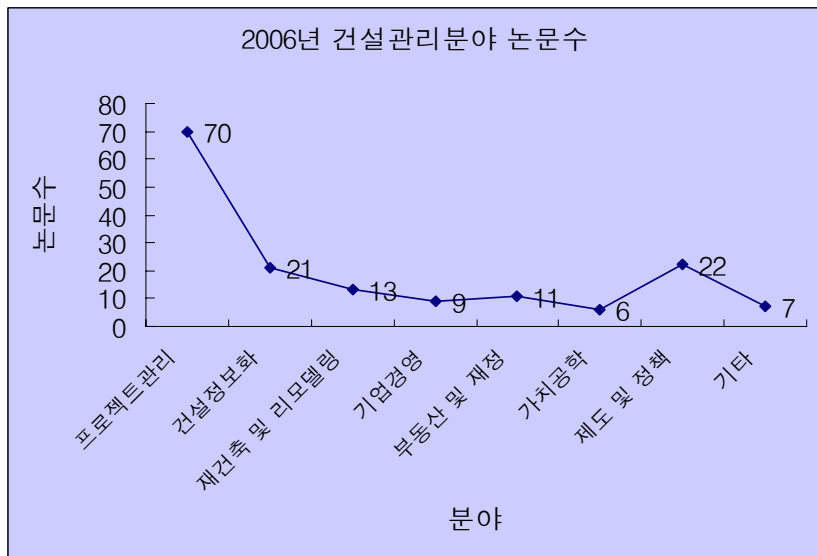
가. 논문 분석

- 미국의 ISARC(The International Symposium on Automation and Robotics in Construction)의 검색결과 실시간 시공관리 시스템은 23편의 논문의 발표 되었으며 가상 시공진행현황 시뮬레이션 시스템에 관한 논문은 46편이 발표되었음. 생산성 측정 기술(모니터링 기술)관련하여 4편의 논문이 발표되었고 시공정보 의사결정 지원시스템은 40여편 이상으로 상당히 많은 연구가 되어지고 있음을 알수 있음.
- 논문검색 사이트인 Science Direct 웹사이트를 통하여 Automation in Construction의 논문을 조회해본 결과 건설, “센서” 키워드로 찾아진 논문 37편의 논문중 11편이 프로젝트 모니터링에 관련한 것이었고 “건설”과 “모니터링” 키워드로 조회하였을 경우 총 21편의 논문중 11편이 프로젝트 모니터링에 관련된 논문이었음. 모니터링 키워드를 사용해 조회한 논문에서는 총 32편중 29편의 논문이 건설 프로젝트 모니터링에 관련된 내용이었음. (www.sciencedirect.com)
- 건축도시정보연구센터의 2006년 통계자료(그림. 7)에 따르면 분석대상 총 1414편의 논문중 건설기술 및 건설관리에 관한 논문이 280편으로 약 24%정도를 차지해 최근 건설정보 및 기술의 관리에 관심이 증대됨을 알 수 있음. (www.auric.or.kr, "연구동향")



<그림 7. 2006년 주제 분야별 논문수, Auric 연구동향>

- 또한 전체 논문중 건설관리 분야의 논문은 159편으로 프로젝트 관리, 건설정보화, 제도 및 정책등 건설프로젝트관리 자동화에 관한 연구동향의 흐름을 볼 수 있음(그림. 8).

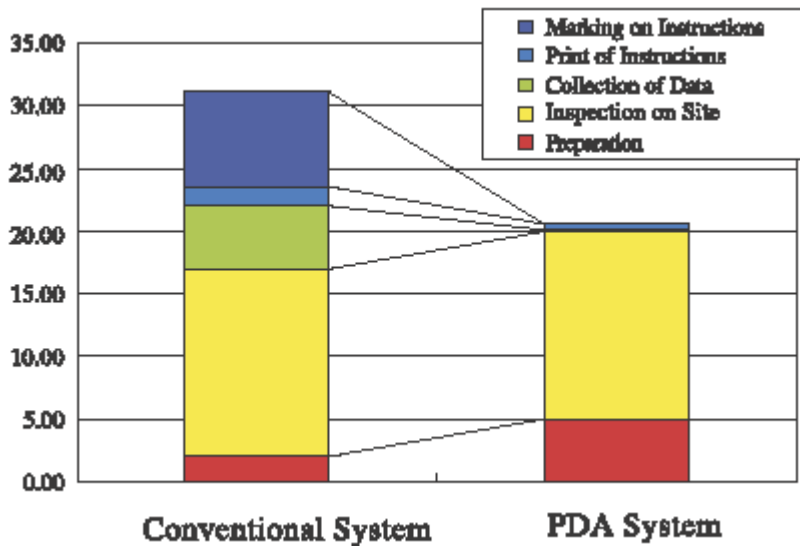


<그림 8. 2006년 건설관리분야 논문수, Auric 연구동향>

- Konoike건설 Kenji Kimoto는 건설현장의 관리를 위해 PDA를 이용한 모바일 컴퓨팅 시스템을 개발하였음. End User Computing에 기초해 시스템의 목적과 개념을 정립하였으며 모바일 시스템의 구성요소(필요한 기능 및 Computer-Aided Engineering System)들에 대해서 기술하였음. (Kenji Kimoto et al., "The Application of PDA as mobile computing System on Construction

Management.", Automation In Construction, 2005)

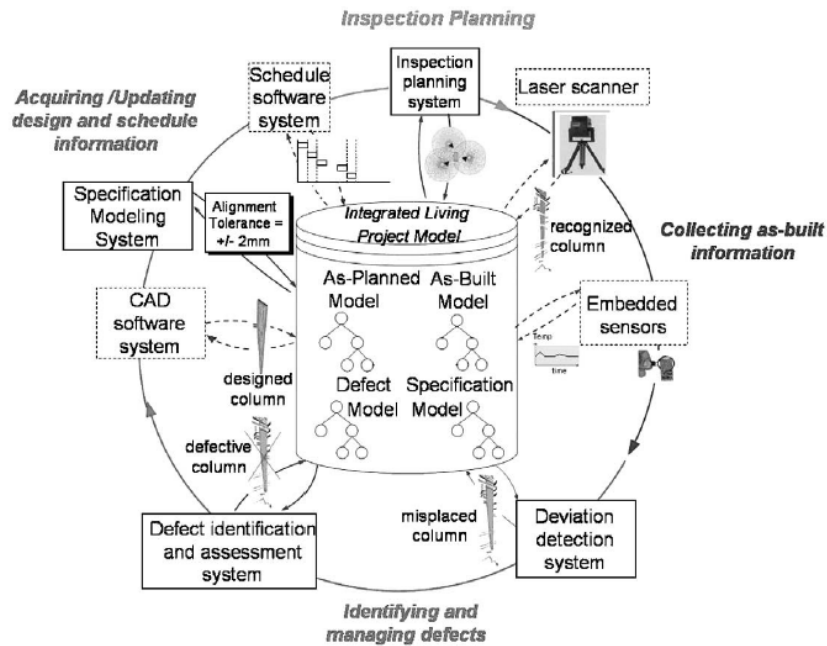
- 감독 시스템, 검사목록과 참조 시스템, 위치 검사 시스템, 진척률 모니터링 시스템등의 하위 시스템의 Outline과 전체적인 시스템 구조를 기술하였음. PDA를 통한 데이터 입력부와 PC를 통한 데이터 출력부가 GUI(Graphic User Interface)로 구성되어 사용자에게 편의성및 이동성을 고려하였고 중앙의 PC를 통해 데이터를 출력하는 프로그램으로 이루어졌음. 아래 그림. 9는 기존의 현장관리 방식과 PDA를 통한 전산화 시스템의 생산성을 비교하였음.



<그림 9. 기존방식과 PDA 시스템의 생산성 비교>

- 구조물의 건설동안 찾아진 결점들은 고비용을 유발하고 막기가 힘들. 하지만 오늘날의 대부분 검사 시스템은 건설현장에서 발생하는 결함을 찾아내고 관리하는데 충분하지 못함. 고정된 위치와 시간에 의한 측정을 하기 때문에 완벽한 컴퓨터 모델로 통합되지 못했음. 센싱 기술과 프로젝트 모델링의 능력을 결합한다면 건설현장의 능동적 품질검사를 위해 사용가능한 시스템 개발의 동기를 줄 것임.
- 건설관리의 문제를 해결하기 위해 Carnegie Mellon 대학의 Burcu은 건설 현장에서 능동적 품질 검사에 사용될 수 있는 시스템의 구조를 제안하였음(그림. 10). 자세한 디자인 정보, 검사 목적의 구분, 작업계획 검사, 시공 데이터 취득 및 분석, 결점 검출과 관리등의 정보를 취득하고 갱신하는 프로세스를 설명함. 4곳의 건설현장을 통한 사례연구를 통해 제안한 시스템을 검증하였고 효과를 입증하였음.(Burcu et al., "formalism for utilization of sensor systems and integrated

project models for active construction quality control", 2006)

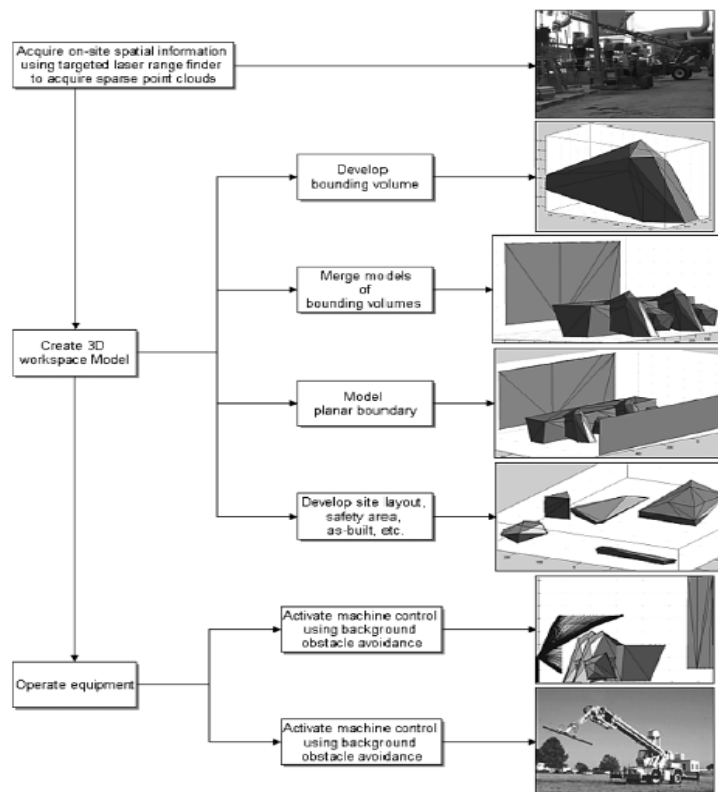


<그림 10. 센서기반 품질 조절을 위한 총체적 접근방법>

- Wisconsin 대학의 Cho가 제안한 건설 현장에서의 빠른 3차원 위치추적과 모델링은 공사의 개시전에 공정들을 계획하고, 시각화하고, 대화하는데 더욱 효과적이 될 수 있음. 또한 장비의 운용을 최적화하고, 안전을 증대시키고, 작업장의 관리자 원격 공간 인지력을 향상시킴. 새로운 rapid local area sensing and 3D modeling을 위한 프레임웍은 보다 나은 계획과 건설장비 운용에 대해 기술하고 미리 저장된 CAD 모델과 간단한 센서들(원격카메라, 단일 축 레이저 영역 탐색기 등) 그리고 인간 지원 그래픽 작업창을 병합함으로써 구현되었음. 부피, 위치, 좌표등과 같은 항목들에서는 모델링의 정확도를 높이면서 모델링 시간도 현저히 감소하는 결과를 보였음. (Cho et al. "A framework for rapid local area modeling for construction automation",)
 - 연구의 잠재적 효과는 건설 및 유지관리 장비들을 컴퓨터의 이용으로 보다 안전하고 효과적으로 수행하도록 하는데 있음. 추가적으로 건설 시뮬레이션 및 자동화를 위해 건설장비, 구조물 및 주변환경에 대한 공간적인 관계의 기능적 표현이 필요함. 제안한 모델링 방법은 구조물의 상태를 평가하고 실제 시공자료를 생성하는것과 같은 자동화 디자인, 시뮬레이션, 그래픽 조절의 광범위한 부류의 기술들로 확장되어야 함.
- 중앙대학교 김창완등의 논문에서는 "Sparse Point Clouding" 접근법을 이용하여

효과적으로 건설현장을 표현하는 rapid, on-site, spatial modeling을 제안하였음. 제안한 방법은 안전을 위한 장애물 회피, 시공현황 3D 모델링등에 적용가능하며 건설현장의 목적물(Object)를 모델링 하기에 적합한 방법임. (Changwan Kim et al., "Rapid, On-Site Spatial Information Acquisition and Its Use for infrastructure operation and maintenance.",)

- Sparse Point Cloud를 얻기 위해 Laser Range Finder를 사용하여 공간정보를 얻고 각 목적물의 외곽 볼륨을 구하고, 현장에 있는 목적물과 목적물군을 분류하고 Laser Range Finder 및 사람의 수동 입력에 Sparse Data Set을 수집한함. 작업장 분할 알고리즘과 Convex-Hull 알고리즘을 이용한 모델링으로 목적물의 외곽 볼륨을 구하고 3차원 지표 영역 점들을 얻어내고 시험적인 작업장 모델을 GUI를 통해 보임. 작업장이 모두 모델링 되었는가의 검사 후 다른 영역의 데이터들과 병합된 3차원 현장 모델을 만들게 됨 (그림 11).



<그림 11. 공간정보 취득 모델과 장비 운용에 있어서의 응용>

- Fabio는 사진 측량법을 이용하여 영상으로부터 3D 수치값을 취득하고 투시 광학 센서를 이용하는 간접적인 모델링 방법을 제안하였음. (R. Fabio, "From point

cloud to surface: the modeling and visualization problem, international archives of the photogrammetry."

- 영상을 Dense Point Cloud로 변환하고 간접적으로 데이터를 취득하는 방식을 취하였음. Film Scanning, 내부 좌표, 항공 삼각측량법, 병합을 위한 편집등의 수동작업을 필요로 함으로 시간소비가 많고 입력 Point 간의 관계, 일정 부분의 손실, 데이터의 불일치 등 좋지 않은 결과를 만들 가능성이 있음.

- Barry등은 데이터 취득을 위한 Photogrammetry는 주변환경에 영향을 많이 받으며 정확한 조명이 있어야 가능함을 제시함. 이런 문제를 보완하기 위해 Laser Scanning System을 사용하고 있음. 목적물의 3차원 모델을 생성함에 있어 Laser 센서는 공간을 읽고 그에 대한 정보를 제공해줌. Laser를 사용하여 현장 모델링을 하는 것이 점점 일반적이고 실용적인 기술이 되어 지고 있음. (R. Barry et al., "Requirements and design concept for a facility mapping system")

- Deng 등은 인터넷을 기반으로 하는 PMS를 제안하였으며 이 시스템은 TITS("Total Information Transfer System")으로 불림. TITS는 데이터 교환, 정보 교환, 인터넷 대화, 실시간 비디오 카메라, 검색엔진, 부가서비스등 6개의 주요 기능들로 구성되었음. (Z.M. Deng et al., " An Application of The Internet-based Project Management System.")

- 시스템을 통해 다양한 건설주체들 간의 정보공유를 통제할 수 있었음. 시스템은 경영 및 의사결정에 도움을 주는 등의 개선된 효율성 보였고 시공사의 작업성취도를 높였음. 실제 이 시스템은 작은 주거공간 프로젝트에서 프로젝트 모니터링 응용으로 사용되었음.

- Cheung등은 건설 프로젝트 통제를 함에 있어서 프로젝트 관리자를 돕기위한 Web-based PPMS의 개발을 제안하였음. 논문에서는 프로젝트 경영 전문가들의 도움으로 인력, 경비, 시간, 품질, 안전성, 건전도(Health), 환경, 고객 만족, 통신과 같은 성능 측정 카테고리들로 나누었음. (Sai On Cheung et al., "PPMS: A Web-based Construction Project Performance Monitoring System.")

- 각 카테고리에 대한 성능지표와 측정치들이 수립되었으며 모니터링 과정은 인터넷과 데이터 베이스 기술의 사용으로 자동화 하였음. 데이터 취합과 보급(전달)은 대부분 자동으로 이루어졌고 PPMS의 사용으로 프로젝트 관리자, 현장 감독자, 시공사들의 모니터링 및 프로젝트성능 측정에 도움을 주었음.

- 제안된 기술은 실제 홍콩 철도 프로젝트에서 사례연구를 수행하였음. 제안

된 시스템은 프로젝트 관리자가 시기적절하게 프로젝트 성과를 측정하는데 도움을 주고 프로젝트 목적에 따라 카테고리를 가감하는 것이 가능하며 사용자가 현재의 시공정보 데이터를 그래프 등으로 비교하기가 쉽도록 구현하였음. 시스템을 사용함으로써 성과가 떨어지는 지역을 파악할 수 있는 수단을 제공하고 문제가 발생하는 지역을 즉시 표시하는 것이 가능해짐.

- 연세대의 김형관등은 영상센서를 통해 얻어진 건설장비의 디지털이미지를 RGB(Red, Green and Blue)컬러공간에서 HSV(Hue, Saturation and Value)공간으로 변환하여 장비와 주변환경의 컬러배치를 분석해봄으로써 얻어진 영상내에서 건설장비의 영역을 분리하였음. (Junhao Zou and Hyoungkwan Kim, "Using Hue, Saturation and Value Color Space for Hydraulic Excavator Idle Time Analysis", 2007)

- 영상인식의 한부분인 이러한 연구는 특히 먼지, 진동, 외부라는 잡음요소들을 많이 가지고 있는 건설현장에서 시도되었다는 점에서 차후 영상처리를 이용한 건설정보 자동화의 영역을 넓히고자 하였음. 이 실험을 통해 건설장비의 유휴상태 시간을 측정하는 것이 가능하였음. 이러한 실험의 결과는 시공현장에서 큰 역할을 담당하는 건설장비의 작업시간 체크 및 배치현황등을 감독자가 아닌 영상센서에 의해 이루어질 수 있음을 보였음. 향후 자재별 특성에 따른 자재의 종류 및 수량 파악, 인력의 현황 및 작업활성도 측정등 많은 응용 분야가 있을 것으로 보임.

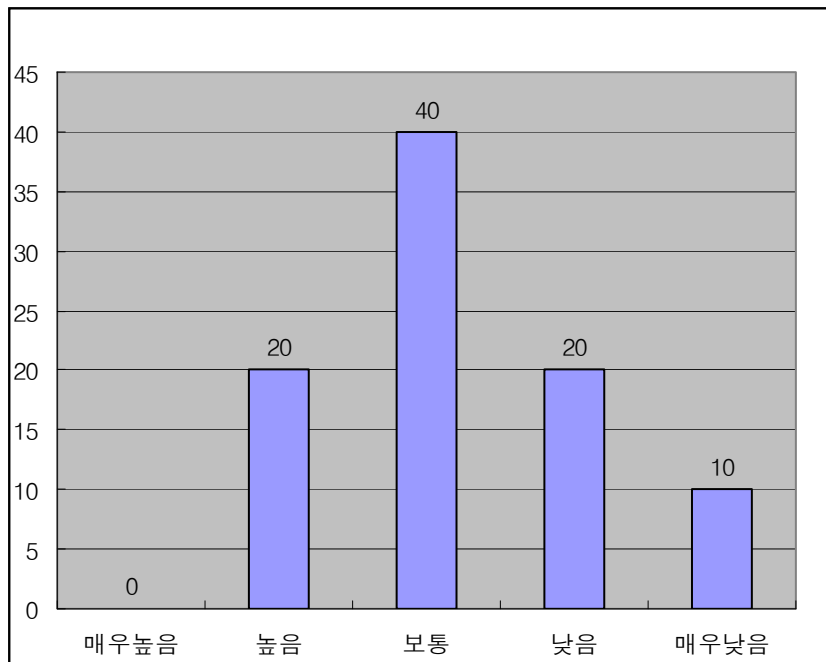
- RFID와 GPS를 통한 자동화된 자재조달 방안을 제시하고자 RFID를 이용하여 철골공사를 수행한 현장의 데이터를 수집, 분석하여 RFID기술 적용상의 문제점을 분석하였으며 현장사례를 통한 문제점을 해결하기 위해 RFID 기술을 이용한 개선 방안을 제시함(박창욱, 권오철, 윤석현, “RFID기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시”, 2007).

- CAD번호, 부재 ID, RFID번호, 부재의 무게/크기/길이/수량, 샵 승인여부, 메모등과 같은 부재규격관련 정보와 주문일자, 1차검사 일자, 2차 검사일자, 입고일자, 설치예정 여부, 설치일자등의 자재조달 관련 정보가 수집정보를 구성하여 실제 건설현장에 적용하여 본바 대부분(85~95%)의 데이터들이 Reader를 통해 수집되고 입고 및 설치시에 데이터 수집율이 떨어지는 것을 볼수 있음. 이유는 현장의 상황이 공장 가공 상황보다 비교적 바쁘게 돌아가며 데이터를 취득하는 과정에서의 에러가 발생하였음. RFID의 데이터 수집방법의 개선을 필요로 함.

- 철골공사의 경우 자재조달 및 양중정보의 관리가 건설현장의 주요 공정인 골조공사의 공기를 결정하게 하므로 안전하고 정확한 시공관리를 위해

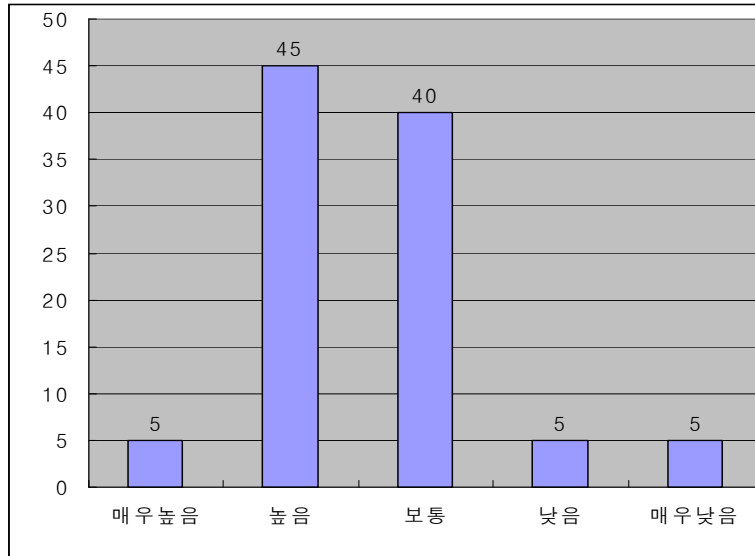
RFID를 이용한 시공관리가 반드시 필요하나 현장에서의 데이터 수집을 저하를 개선하고 쉽고 간편하게 정보를 수집할 수 있는 사용상의 편의성 제공 등의 개선이 필요. 또한 자동위치 추적 기술인 GPS기술과 병행함으로써 양중작업의 정확성 및 안전성을 향상 시킬 수 있고 Active 방식의 RFID기술을 적용한다면 장거리에서의 인식정확도를 높일 수 있음.

- RFID기술이 건설 산업에 도입 및 적용되어 건설자원의 효율적인 관리 수단을 제공하고 관리 시스템과 연계 및 통합되어 사용될 필요성에 대해서 연구함.(주현태 외, “건설현장에서의 RFID 기술의 적용성에 관한 연구“, 2005)
 - 산업인력들을 통한 RFID기술에 대한 인식성을 조사하고 RFID 기술의 적용 가능성을 고찰하였음. 아래표와 같이 60%이상의 현장 산업인력들이 RFID기술에 대해 인지하고 있으나 비용의 부담, 근로자의 인식부족등으로 대기업과 타기업간의 인지도 차이가 큼.



<그림 12. RFID 인지도 수준 조사>

- 건설산업에서 RFID의 필요성에 대해 조사한 결과 아래 그림. 13과 같이 약 90%정도가 RFID 기술이 미래 건설산업을 위해 적용되어야 한다고 보았음. 적용이 필요한 분야로는 물류관리, 인력관리 등에서 가장 RFID의 필요성이 요구되었고 그 외에도 공정관리, 안전관리, 하도관리 등의 분야에 적용할 필요성이 조사되었음.



<그림 13. RFID 필요성 수준 조사>

○ RFID 기술도입이 생산성 향상에 도움이 되는가에 대한 조사에서는 약 65% 정도가 도움이 될 것이라고 답하였으며 실무자들의 경우 몇가지 문제점만 해결된다면 생산성 향상에 크게 기여할 것으로 기대함.

- 건설관련 국내 논문은 최근 들어 센서등을 이용한 단위 건설자원이나 구조물, 환경등의 모니터링 시스템에 대한 연구를 활발하게 시작하고 있으며 도로면이나 구조물의 결함(Crack) 검측, 교량의 건전도 모니터링, 구조물의 진동 및 건전도 측정등에 대부분의 연구가 집중되어 있음. RFID를 이용한 주요 논문의 경우 RFID의 필요성 및 논리적인 시스템등에 대한 제안이 많고 실제 RFID센서를 통한 부재의 주문 및 재고관리를 위한 자동화된 양중관리 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되어 있음.

나. 특허 분석

- 건설 데이터베이스 분야 특허현황 분석

- 건설 데이터베이스 관련 특허는 1998년을 기점으로 하여 점진적으로 특허권 수가 증가하는 경향을 나타내며 2002년에 전체 113권의 특허 중 31권의 특허를 등록하여 27.4%의 비율을 차지하고 있음.
- 이 연도별 추이에서 알 수 있듯이 건설데이터베이스와 관련한 특허는 최근

8년간 급격하게 발생하였으며 현재는 어느 정도 안정적인 체계를 확립하였다고 판단됨.

- 국가별 특허건수를 살펴보면, 일본이 147건으로 가장 많았으며 그 다음으로 미국과 한국이 비슷한 수준을 나타냄.
- 기술 분류별 특허건수를 살펴보면, 문서인식, 분산 트랜잭션, 스키마 통합, 분산질의 처리, 데이터 관리 등의 내용이 주류를 이루는데 특히 문서인식과 관련한 특허가 312건의 특허 중 221건으로 70.8%의 비율을 나타내고 있음. 문서관리인식과 관련한 특허들을 세분화하여 보면, 필기인식, 인쇄 문서 인식, 문서 형태 인식으로 대별될 수 있음.
- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 3차원 데이터를 활용한 데이터 베이스에 관련된 사례는 없음 (표. 7)

<표 7. 건설 데이터베이스 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
웹 서버상에서 구현되는 플랜트 건설을 위한 기업간 전자상거래 시스템 및 그 방법 (한상훈)	10-2000-0041460	플랜트 건설을 위한 기업간 거래(B2B : Business to Business) 시스템에 관련된 것으로, 좀 더 자세하게는 플랜트 자재를 공급하는 자재 공급사(vendor)의 클라이언트 컴퓨터와 플랜트 건설 프로젝트를 추진하는 고객사(client)의 클라이언트 컴퓨터 및 제휴 협력사의 클라이언트 컴퓨터가 액세스하는 웹 서버(web server)상에서 구현되는 플랜트 건설을 위한 기업간 거래(B2B) 시스템에 관련
건설정보 통합 관리시스템상에서 건설관련 자재목록을 이용한 시공에 관한 검색과 주문하는 시스템 및 방법 (최현애)	10-1999-0020312	건축자재, 전문건설업체, 건설인력의 집약적 데이터베이스 시스템을 개발하여 인터넷을 통하여 건설정보를 통합 관리 제공하는 것이다. 건설정보통합관리시스템을 개발하기 위해 컴퓨터와 정보통신을 기반으로 건설프로젝트의 라이프 사이클을 통하여 건설 업무를 수행하는데 필요한 건축자재, 전문건설업체, 건설인력들의 정보를 체계화하고 유기적으로 연계하여 과학적이고 효율적인 방법으로 프로젝트를 관리하는 개념
건설자재 처리시스템 및 건설자재 거래방법 (유수열)	10-2000-0027672	토목, 건축, 전기, 설비안전등의 건설기본자재에 대한 온라인상의 전시, 판매는 물론 자재수배에서 운송, 최종검수와 납품 그리고 반품, 재고파악, 배송확인등을 일괄처리할 수 있는 건설자재거래시스템 및 그 거래방법에 관한 것
건설 공사의 검사를 지원하는 방법 및 장치 (프레이씨네, 프랑스)	10-2001-7008376	건설 현장에서의 오류를 조사하는 운영자를 돕는 방법에 관한 것으로, 상기 방법은 상기 작업의 이미지를 표시하는 이동가능 단말기를 상기 운영자에게 제공하는 것과, 상기 작업의 데이터베이스를 동작시키는 소프트웨어의 제어하에 상기 운영자의 관찰에 관련된 데이터를 입력시키는 것을 포함.
비용/일정/공간 체계를 조합한 건설정보 처리방법 ((주)엘콘시스템)	10-2001-0033960	특정한 건축 및 건설공사의 항목에 비용과 일정 및 공간의 체계가 통합적으로 적용된 건축 및 건설공사의 최소작업 요소에 대한 데이터베이스정보를 컴퓨터장치를 이용하여 자동적으로 생성할 수 있도록 하는 비용/일정/공간 체계를 조합한 건설정보 처리방법을 제공
컴퓨터 네트워크를 이용하여 지리정보시스템을 포함한 건축물의 종합정보를 제공하는 방법 및 그 장치에 관한 것 (주)엘콘시스템	10-2001-0008076	컴퓨터 네트워크를 이용하여 지리정보(GIS)시스템을 포함한 건축물의 종합정보를 제공하는 방법 및 그 장치에 관한 것으로, 건축산업분야의 생산성 향상을 위해 건축 프로세스에서 유통되는 모든 데이터를 처리하고 이를 효과적으로 활용하고 공유할 수 있도록 하는 건축산업분야의 종합 데이터베이스를 구축하

출원명	출원번호	목적 및 효과
보를 제공하는 방법 및 그 장치 (김광우)		는 컴퓨터 네트워크를 이용한 건축물의 종합정보 제공방법 및 그 장치에 관한 것
설계 도면 데이터를 이용한 현장 작업 관리방법 (대림산업 주식회사)	10-1997-0022102	작업영역 또는 부위별 세부작업을 2차원 도면과 연계하여 컴퓨터상에서 관리하고, 이 세부작업데이터의 수정을 통하여 전체작업데이터를 갱신함으로써, 건설공사현장에서 작업량을 감소시키고 효율을 향상시킬 수 있는 2차원도면 데이터와 연계한 세부작업관리 및 전체작업자동갱신을 통한 현장 작업 관리방법에 관한 것
인터넷을 이용한 건설관리통합정보 시스템 (창해소프트)	10-2000-0087198	건설업체가 수행하는 공사수주, 시공 및 유지관리까지 제반업무의 통합정보화를 달성하고, 현장실무자에서 본사의 관리자 및 최고경영자에 이르기까지 건설정보의 공유, 교환 및 연계가 가능하도록 통합데이터베이스를 구축하고, 현장관리시스템의 독립성을 유지하면서 본사시스템을 연계한 통합정보시스템을 구축하고, 단위시스템 또는 부분시스템으로 구축운영이 가능하여 단계적 정보화추진에 따른 정보비용을 절감하고, 물량산출, 견적내역 정보의 인터넷을 통한 망 접속 및 서비스 기술의 비즈니스 방법 및 관련 컴퓨터 시스템

□ 건설 이미지프로세싱 분야 특허현황 분석

- 특허조사 결과 연도별 특허 출원 건수는 2001년과 2003년에 가장 많은 것으로 분석되었고, 1986년에 1건, 1989년에 1건, 1992년에 1건, 1993년에 1건, 1994년에 2건, 1995년에 6건, 1996년에 1, 1997년에 3건, 1998년에 3건, 1999년에 3건, 2000년에 5건, 2001년에 8건, 2002년에 7건, 2003년에 8건, 2004년에 7건, 2005년에 5건, 2006년에 1건으로 분석됨.
- 국가별 특허 출원은 한국(KR)이 20건으로 가장 많았으며, 일본(JP)은 16건, 유럽은(EP)은 6건, 국제특허(WO)는 16건, 미국(US)는 5건으로 나타남.
- 기술 분류별 특허 출원은 63건의 특허 중 43건이 모니터링에 대한 기술로 나타났으며, 그 밖에 종합DB에 11건, 가상현실에 8건, 기타기술 1건으로 나타남.
- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 이미지 프로세싱을 활용한 건설현장 모니터링에 관련된 사례는 없음 (표. 8)

<표 8. 이미지 프로세싱 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
지형지물 정보데이터를 수치지도에 업데이트하는 방법 (새한항업(주))	10-2006-0032560	본 발명은 CCD카메라를 이용하여 지형지물의 영상을 취득하는 단계, GPS 수신기에서 위성좌표를 수신하는 단계, 영상의 패턴을 추출하는 단계, 패턴을 정규화하는 단계, 기존 지형지물 DB의 패턴과 비교하는 단계, 기존 위치좌표의 존재를 판별하는 단계, 위치좌표 및 패턴데이터를 갱신 또는 신규 등록하는 단계, 위치좌표 및 패턴데이터를 업데이트센터에 송신하는 단계, 업데이트센터에서는 수치지도에 업데이트된 데이터를 확정하는 단계를 포함하는 지형지물 정보데이터를 수치지도에 업데이트하는 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 지형지물의 정보데이터를 수치지도에 업데이트하는 방법은 컴퓨터비전을 이용하여 지형지물을 정보데이터를 자동으로 업데이트하고, 상기 업데이트된 지형지물 정보데이터를 업데이트센터의 수치지도에 반영함으로써 신속하게 수치지도에 업데이트하고, 지형지물 정보데이터를 GIS의 수치지도 구축에 활용할 수 있음.

□ 건설 RFID/USN 분야 특허현황 분석

- RFID기술에 대한 연도별 특허 출원은 1986년부터 출원이 시작되어 1993년까지 출원이 미비하였으나 1995년을 기준으로 특허 출원이 증가하기 시작하여 1997년부터는 급격한 증가를 보임.
- 발명자 국가가 미국인 특허 출원이 전체의 90%를 차지하고 있어, 미국의 국적을 가진 발명자가 RFID기술에 대한 특허출원을 활발히 하고 있는 것으로 나타나며, 그 밖에 일본, 캐나다, 독일, 영국, 프랑스 순으로 나타남.
- RFID기술에 대해 출원된 특허를 IPC를 이용하여 분석한 결과, G08B(RFID 응용기술)가 30%로 가장 큰 비중을 차지하며, 이외에 G06F, H04Q(RFID 기초기술), G06K(RFID 카드, 카드리더)순으로 많은 비중을 차지하고 있음. 각 IPC 연도별 출원 비교 그래프에서 G08B(RFID 응용기술)분류의 특허출원은 1997년을 기준으로 급격한 증가를 보이고 있고, 이러한 급격한 증가는 연도별 전체 출원건수가 1997년부터 급격히 증가하는 추세를 보임.
- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 RFID를 활용한 건설현장 모니터링에 관련된 사례는 없음 (표. 9)

<표 9. RFID 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
무선주파수 인식 기술을 이용한 산업기간 시설물의 정보관리 시스템 (한국유지관리주식회사)	10-2004-010787	본 발명은 무선 주파수 인식 기술을 이용한 산업기간 시설물의 정보관리시스템에 관한 것으로, 각종 기간산업에 관련되어 건축 및 건설되는 산업기간 시설물의 소정 점검 위치에 부착되어, 해당 시설물에 관련된 식별 및 고유 정보를 저장하고 있으면서 주파수 유효범위 내의 신호를 감지하는 경우 상기 식별 및 고유 정보를 송신하는 RF태그와, 유효 주파수 신호를 송신하여 유효 주파수 범위 안에 들어온 상기 RF태그로부터 식별 및 고유 정보를 읽어들이거나, 상기 RF태그에 해당 시설물에 관련된 추가 정보를 기록하는 RF태그 리드/라이트기와, 후술될 관리서버에 무선랜을 통해 접속하여 DB에 저장된 해당 시설물의 각종 관련 정보 및 주요 점검 리스트를 확인하고, 상기 RF태그 리드/라이트기에서 읽어들이는 해당 시설물의 식별 및 고유 정보를 토대로 해당 시설물의 주요 점검 리스트에 대한 점검 결과를 기록 및 업데이트하는 휴대용 컴퓨터와, 상기 산업기간 시설물의 이력관리 및 유지관리를 위한 각종 관련 정보 및 점검 정보가 기록되는 DB를 포함하여 구성되는 관리서버와, 상기 관리서버에 접속하여 해당 시설물의 주요 점검 리스트에 대한 점검 결과를 확인하고 체계적인 이력관리 및 유지관리와 대책수립을 수행하는 관리자 PC로 구성되는 것을 특징으로 한다.

□ 레이저 분야 특허현황 분석

- 특허조사 결과 레이저 분야의 연도별 특허 출원 건수는 1998년 전년 대비 31% 감소하였다가, 그 후 2001년까지 증가하는 추세를 보임.
- 국가별 특허 출원은 미국과 일본이 각각 전체의 53%, 31%를 차지하고 있어 특허출원을 활발히 하고 있는 것으로 나타남. 이 밖에 한국, 독일, 프랑스, 캐나다는 비슷한 추세를 보임.
- 기술 분류별 특허 출원은 활성영역이 379건으로 가장 많았고, 광공진기(38건), 주변장치(36건), 광파 가이드(34건), 출력 제어(20건), 기타(15건) 순으로 조사됨.
- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 레이저를 활용한 건설현장 모니터링에 관련된 사례는 없음 (표. 10)

<표 10. 레이저 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
복합 기능을 갖는 줄자 (송창준)	1019970048702	각도 측정 기능을 갖는 줄자는, 두 변이 이루는 교점에서 두 변의 길이와 각도 및 수평 수직 상태를 동시에 측정할 수 있는 범용 줄자에 관한 것이다. 본 발명의 각도 측정 기능을 갖는 줄자는, 종래의 단순 길이 측정 기능에 추가하여 각도 측정 기능과 수평 상태 및 수직 상태 측정 기능을 이용하여 건설 현장에서 작업성을 향상시키기 위한 것
레이저를 이용한 3	10-2000	레이저를 이용한 3차원 거동계측 방법 및 장치에 관한 것으로서, 기준점이

출원명	출원번호	목적 및 효과
차원 거동 계측장치. (한국표준과학연구원)	-0011126	구비되어 있으며 구조물에 고정되게 설치된 측정면에 조사된 레이저에 의해 형성된 초기의 기준영상과 구조물의 거동에 의한 이미지가 입력되고, 상기 이미지에 대한 공간적인 위치정보 처리를 수행하며, 레이저 빔의 위치를 확인하며, 구조물의 거동에 의해 나타나는 상기 기준점에 대한 상기 레이저 빔의 상대위치를 측정하고, 보간법에 의해 상기 레이저 빔이 지향하는 픽셀에서 기준영상과 비교하여 오차가 최소로 되는 픽셀을 추출하여 거동을 계측
레이저 레벨러에서 레이저 광의 분산 각도 제한 장치 (삼원테크원)	1019960018468	건설 현장등에서 구조물 또는 건축물의 수평과 수직을 검사하기 위한 레이저 레벨러에 관한 것으로 특히, 전원부로부터 구동전원을 입력받는 발광다이오드를 통하여 발생하는 소정 색상의 광신호를 직각으로 반사시키는 프리즘을 제어신호에 따라 소정의 각도로 양방향의 회전운동을 시키기 위한 스텝핑모터와, 미리 설정되어 있는 몇가지의 모드선택 스위치를 구비하고 사용자가 선택하는 모드에 따른 회전각도의 데이터를 출력하는 조사각 모드 선택부 및 상기 조사각 모드 선택부에서 발생하는 회전각도의 데이터를 입력받아 상기 스텝핑모터의 회전각도를 제어하는 제어신호를 출력하는 회전각 제어부를 포함하는 것을 특징
바닥면 수평 설정 장치 및 그 방법 (김대호)	1020010006013	본 발명은 바닥면 수평 설정장치에 관한 것으로 특히, 슬래브 거푸집 상에 고정 설치되며, 중심 면에는 상부방향으로 이송 스크류가 고정 설치된 하부 플레이트와; 이송 스크류의 상부측에 위치되며, 시멘트 몰탈이 충전되는 기준 높이를 이루는 상부 플레이트와; 상부 플레이트가 이송 스크류 상에 시멘트 몰탈이 충전되는 기준높이에 위치되도록 기준높이를 설정하는 높이 설정수단을 포함하여 된 것으로서, 이송 스크류 상에 위치된 너트를 높이 설정수단을 통해 균일한 높이로 설정 가능
터널여굴 측량방법 및 그 장치 (코오롱 건설)	1020000086687	터널의 과대굴착정도를 신속, 정확하고 편리하게 측량할 수 있도록 이루어진 터널여굴 측량방법 및 그 장치에 관한 것이다. 이러한 터널여굴 측량방법 및 그 장치는, 터널의 내공단면의 측정지점을 향해 레이저 발진장치에서 레이저 빔을 발사하여 그 반사파를 수신하는 방법으로 터널의 내공단면의 거리를 측정하는 레이저 거리측정기와, 이 레이저 거리측정기의 외부에 설치되어 상기 거리 측정시 측정지점의 측정각도를 표시하는 각도기를 포함하는 터널여굴 측량방법 및 그 장치를 제공

□ GPS 분야 특허현황 분석

- 국내 특허 출원 현황을 살펴보면 2000년 40건, 2002년 37건으로 잠시 소강상태에 접어들었다가 2004년 79건으로 다시 빠른 증가세를 보임.
- GPS는 레저활동의 증대와 유비쿼터스 환경에 진입함에 따라 휴대폰에 탑재하여 부각되고 있는 위치기반서비스(LBS), 지리정보(GIS), 이동체 추적, 텔레메틱스 분야 등에 이용됨. GPS 시장은 코어기술보다는 응용기술분야 연구개발이 활발하며, GPS 시장 중 가장 비중이 높은 텔레메틱스 분야만을 살펴보면 2001년에 10억불에 불과하였으나, 지난 2004년에는 50억불에 이르렀고, 2006년에는 90억불에 이를 것으로 예측하고 있음.
- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 GPS를 활용한 건설현장 모니터링에 관련된 사례는 없음 (표. 11)

<표 11. GPS 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
건설공사 위험지역 및 건설구조물의 실시간 감시시스템 (박상래)	1020050003992	GPS 및 무선영상전송방식에 의거 산사태 및 낙석 예상지역 등과 같은 건설공사 위험지역 및 구축된 건설구조물과 같은 감시대상 구조물을 실시간으로 모니터링할 수 있게하여 이들 감시대상 구조물에 대한 안전관리에 기여할 수 있는 건설공사 위험지역 및 건설구조물의 실시간 감시시스템을 제공
건설기계의 위치 확인방법과 위치표시시스템 및 건설기계 (히다치켄키)	1020067014888	주 제어기와 GPS 장치와 통신장치를 구비하는 유압셔블과, 관리서버로 이루어지는 시스템에 적용된다. 유압셔블은 엔진키를 오픈한 비가동시에 있어서, 미리 설정된 시간간격으로 정기적으로 GPS 장치에 의하여 현재위치를 측정하고, 또한 주 제어기와 통신장치에 의하여 현재위치 데이터와 측정일시 데이터를 관리서버에 송신한다. 관리서버는, 정기적으로 송신되어 오는 위치 데이터를 통신장치로 수신하여 차례로 그 기억부에 보존한다. 관리서버는, 위치정보 제공부에서 현재위치 데이터와 측정일시 데이터를 사용하여 위치확인 가능상태의 제시를 행한다. 이에 의하여 유압셔블이 이동하는 경우에 위치변화를 지도상에서 확인할 수 있고, 유압셔블의 이동을 추적할 수 있어 위치확인과 도난방지에 도움
GPS를 이용한 수중구조물 실시간 자동설치 시스템 및 그 방법 (박형근)	1020000059782	실시간으로 자동화된 측위장비를 이용하여 수중에서 구조물의 단순한 위치뿐만 아니라 배열을 현장에서 즉시 시공할 수 있도록 한 GPS 측위 시스템을 이용한 수중구조물 실시간 자동설치 시스템 및 그 방법에 관한 것

□ 시뮬레이션 관련 특허

- 건설분야의 주제 관련 특허 조사 결과 기존 특허 기술이 공간 및 시간(공정)과 관련된 내용을 효과적으로 보여주거나, 의사소통을 지원하지 못함. 이러한 평면적인 데이터를 이용하여 공사의 수행에 대한 내용을 계획하고, 관리하는 데서 오는 불필요한 많은 문제점들이 발생 또한 실시간 3차원 공간 정보를 활용한 건설현장 모니터링에 관련된 사례는 없음 (표. 12)

<표 12. 시뮬레이션 관련 특허 현황>

출원명	출원번호	목적 및 효과
캐드 기반 공정 상황 가시화에 의한 공정 계획방법 (대림산업)	10-2000-0020903	건설공사 초기 공정계획시에 공정의 타당성을 평가하고 공사진행 중에는 공정 관리를 수행하기 위하여 예상되는 공사상황의 3차원의 영상을 구현할 수 있는 CAD기반 공정상황 가시 방법에 관한 것
플랜트시뮬레이션시스템 (삼성중공업)	10-1996-0057665	개시된 내용은 발전소 등의 플랜트를 컴퓨터상에서 시뮬레이션하여 실제 발전소를 운전 및 제어하는 효과를 얻을 수 있는 플랜트시뮬레이션시스템에 관한 것이다. 본 발명의 시스템은 크게는 실행 플랜트의 기계모델 및 제어모델을 생성하는 기계모델생성장치 및 제어모델생성장치와, 두 모델을 상호 연결하여 실제 운전 및 제어하는 플랜트모델운전/제어장치로 구성
건설 시설물에	10-2005	공공 건설사업 등등의 건설에 있어서 건설되는 시설물의 가치와 해당 시설물

대한 가치평가 및 환경평가의 수행을 위한 시뮬레이션 시스템 ((주)에코아이)	-0081270	로 인해 환경에 미치는 영향 등을 고려하는 시설물 가치평가 시뮬레이터 방식에 관한 것으로 특히, 건설 대상인 시설물에 대한 건설 공법이 여러 형태로 존재하며 각 공법에 따른 해당 시설물의 가치와 환경에 대한 평가가 상이한 경우 이를 총체적으로 비교 평가할 수 있도록 함.
건설 공사를 위한 프로세스/그래픽 통합연계 시뮬레이션 방법 ((주)화인씨이애펜테크)	10-2005-0067936	건설공사의 시공계획 시에 시뮬레이션을 통하여 시공과정을 수행하여 봄으로써 최적의 건설장비 조합 선정, 장비 운용계획 수립, 시공성 검토 및 건설공사의 불확실성을 해소하게 하고 이를 효율적으로 운용할 수 있도록 된 건설공사를 위한 프로세스/그래픽 통합연계 시뮬레이션 방법을 제공함에 있다

다. 이종 분야의 연구개발 동향

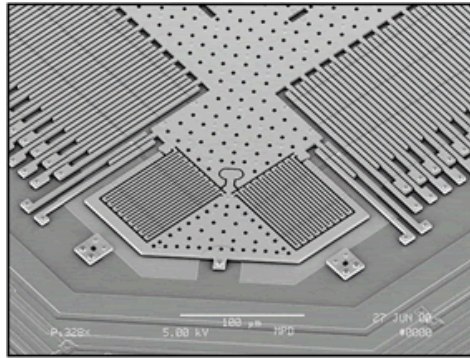
(1) 국내외 연구개발 동향

□ MEMS기반 첨단무선센서 개발(한국건설기술연구원, 건설기술정보 2004)

- 도로, 교량, 터널, 건물 등 건설 시설물의 시공과 유지관리에 있어서 정확한 거동 파악은 품질과 경제성 및 안전에 있어서 매우 중요한 요소임. 구조물의 거동 파악을 위한 기존의 센서는 설치 및 유지 관리에 불편함이 있어 이를 극복할 수 있는 방법으로 MEMS등을 활용한 소형 센서기술이 개발됨.
- MEMS (Micro Electro Mechanical System)란 마이크로 시스템, 마이크로 머신, 마이크로 메카트로닉스 등의 동의어로서 사용되고 있으며 번역하면 초소형 시스템이나 초소형 기계를 의미함. 한마디로 말해 개미와 같은 마이크로 로봇을 인공적으로 만들어서 미소한 운동이나 작업을 시키려고 하는 것임. 즉 개미의 눈이나 촉각에 해당하는 각종 센서, 뇌나 신경에 해당하는 논리 회로, 팔과 다리에 대응하는 마이크로 메카니즘, 그것을 움직이게 하는 마이크로 액추에이터를 하나로 하는 시스템을 일컫음. 크기는 수mm에서 수 nm까지에 이르며 수cm크기라 해도 마이크로 머신으로 구분됨.

<표 13. 반도체 기술과 MEMS 기술 비교>

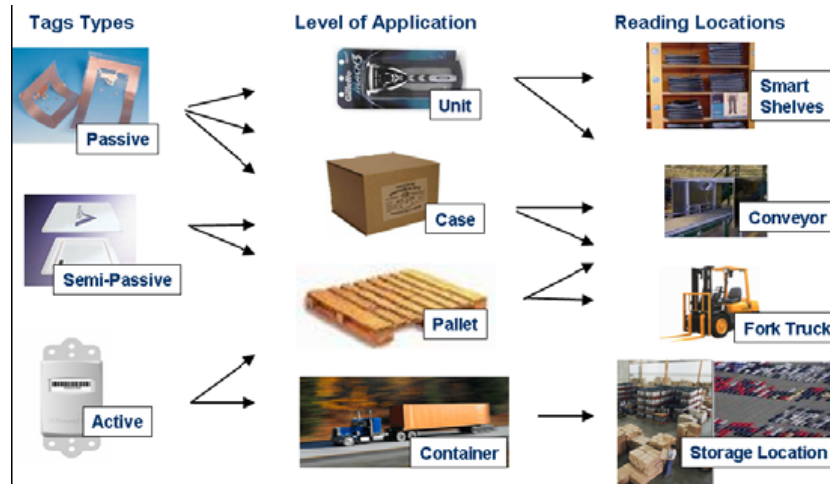
비교 항목	반도체 기술	MEMS
배경	60년대 초반 반도체 회로 집적화로 탄생	반도체 기술에서 파생
특색	좁은 면적에 많은 회로를 얇게 2차원적으로 직접화	3차원적으로 공간을 마련하고 전기선처럼 회로를 배열
활용처	인간의 두뇌역할	인간의 감각기관의 역할 및 손발의 역할
영향	80,90년대 세계적 경쟁 및 현재 한국의 주력 상품	2010년대의 주력 상품으로 예상



<그림 14. Analog device社(USA)의 MEMS기술 기반의 가속도센서 (accelerometer)>

- RFID(Radio Frequency Identification)기술은 2차 대전중 피아식별을 위해 처음 등장하였으며 1960년대에는 위험물질 감시를 위한 연구에 활용되었음.
- 1970년 후반에는 동물관리용 RFID 장치 개발이 이루어졌으며 ISO(International Standard Organization)에 반영되었음. 이때까지 RFID 시장은 극히 제한된 영역에서 형성되었음.
- 1990년에 RFID 태그의 저전력화, 소형화, 저가화가 이루어짐에 따라 상업적인 적용가능성이 주목받기 시작함. 이중 UHF RFID 주파수 대역시장은 860~960MHz 대역을 사용하며 수동형 RFID 방식으로 3m의 인식거리를 가질 수 있어 물류 및 유통분야에, 433MHz 주파수 대역은 능동형으로 100m 정도까지의 인식영역을 가질 수 있어 컨테이너, 물류관리등에 시장이 형성됨.(“RFID의 최근 국내외 개발과 표준화 동향,” www.eic.re.kr)

- UHF RFID는 태그가 개별 상품(Unit), 포장단위(Case), 팔레트 단위(Pallet), 컨테이너에 부착되어 선반이나 컨베이어 벨트, 지게차, 창고등에서 리더에 읽혀지고 이 정보를 중앙서버에서 분석, 관리하는 시스템을 필요로 함(그림. 15).



<그림 15. UHF RFID의 응용가능 시장>

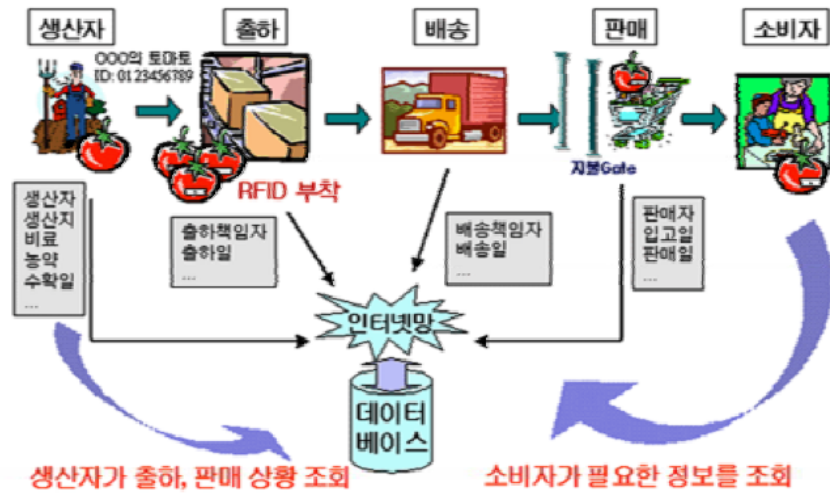
- UHF RFID는 물류, 유통, 국방분야 등을 들 수 있으며 그 외에도 의료분야, 교통 분야등에도 점점 활용도가 높아지고 있음. 최근에는 기 구축된 인프라를 바탕으로 RFID 분야의 시장개척 움직임이 활발함.
- 삼성물산 건설부분이 마이크로소프트사와 제휴를 통해 유비쿼터스 아파트 주차관리시스템, GS건설이 '자이 U시티'내에 RFID가 내장된 '자이 마스터키'로 주차관리, 현관 출입관리, 위급시 출동경비 요청까지 가능한 서비스를 제공하고 있음.
- 해양수산부는 433MHz RFID 기술로 컨테이너를 관리하는 'RFID 기반 항만물류 효율화 1단계 사업'을 추진중이며 부산항을 이용하는 컨테이너 1만5000대와 컨테이너 차량 2만대에 RFID 칩을 부착, 주요 물류거점에 200여대의 RFID 리더를 설치할 계획임. 또한 2007년에는 인천항과 광양항으로 확대하고, 2008년까지 전국 28개무역항을 U-포트로 전환한다는 계획을 가지고 있음.
- 대형 유통업체들의 CRM, 공급망 관리 니즈 증가
 - 해외 선진국의 경우 RFID 관련 시장은 모두 미국의 월마트, 독일의 메트로 등 대형유통업체에 의해 주도되고 있음. 그 예로 월마트는 2005년부터 100대 공급업체(예를 들어 질레트, P&G 등)에 대해 상품박스과 팔레트 단위에 태그 부착을 의무화하였고, 2006년 200대 공급업체, 향후 300대 공급업체

에까지 그 범위를 확대하려는 시도를 하고 하였음.

- 독일의 메트로는 2002년 7월 Auto-ID 센터에 가입한 뒤 RFID 프로젝트를 수행하였으며, 인텔, SAP, IBM, MS 등 IT 업체들과 공동으로 세계 최초의 RFID 결합매장인 ‘퓨처스토어’를 개장하였음. 이와 같은 대형 유통업체들의 RFID 적극 지원 현상은 궁극적으로 유통 단계에서의 자산관리, 재고/납품관리 등을 통한 경영효율성을 극대화하려는 시도에서 기인함.
- 소비자의 프라이버시 보호 문제가 있기는 하지만 소비자의 구매행태를 RFID 시스템을 통해 확인함으로써 제품 교체와 관련된 인건비 절약 및 최적의 마케팅 전략 수립까지 가능함. 실제 월마트의 경우 RFID 시스템을 적용하여 판매대에서 제품의 결품률을 평균 16% 줄였으며, 특히 하루 5~10개의 소량판매 제품은 최대 38%까지 결품률이 줄었음. 또한, 특정 제품의 경우 재고수준을 10% 가량 끌어내렸음.

□ 보안, 안전 강화의 필요성 증대

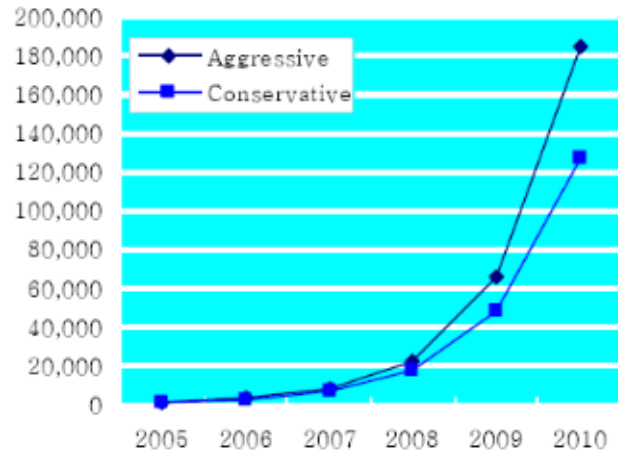
- 공공부문의 경우 보안 강화의 측면에서 RFID 시스템에 대한 니즈가 큼. 미국의 경우 관세청이 2005년부터 수입 컨테이너에 RFID칩을 부착하는 정책을 발표하였고, 국방부에서도 주요 군수물자 납품업체를 대상으로 다수의 RFID 파일럿 프로젝트를 진행하고 있음. 이러한 수요 증가는 9.11 테러 이후 보안 강화 정책에 따라 탄약 및군수물자 등을 포함한 유통제품의 철저한 관리에 기인하고 있음. 특히 9.11 테러 이후 미국 정부에서는 항공 수화물 보안에 각별한 관심을 기울이고 있으며, 향후 모든 승객용 가방에 RFID 태그를 붙이는 방안을 강구하고 있음.
- 또한, 각종 질병에 대한 안전을 담보하기 위해 RFID 시스템의 적용이 검토되고 있음. 축산, 식품 분야에서도 최근 조류독감과 구제역, 광우병 파동, 그리고 농약 사용 등이 사회적 이슈로 떠오르고 있기 때문으로, 이에 따라 축산업계도 체계적 가축관리에 필수적인 동물용 RFID 도입을 통해 조류독감, 돼지 구제역, 광우병 등의 발생에 대비 육류생산의 안전성을 높이고 국민 불안을 해소하기 위해 전국 축산농가에 RFID칩을 대량으로 보급하는 프로젝트를 검토 중임.



자료: 일본 MIT Auto-ID Center

<그림 16. RFID 시스템을 이용한 식품관리>

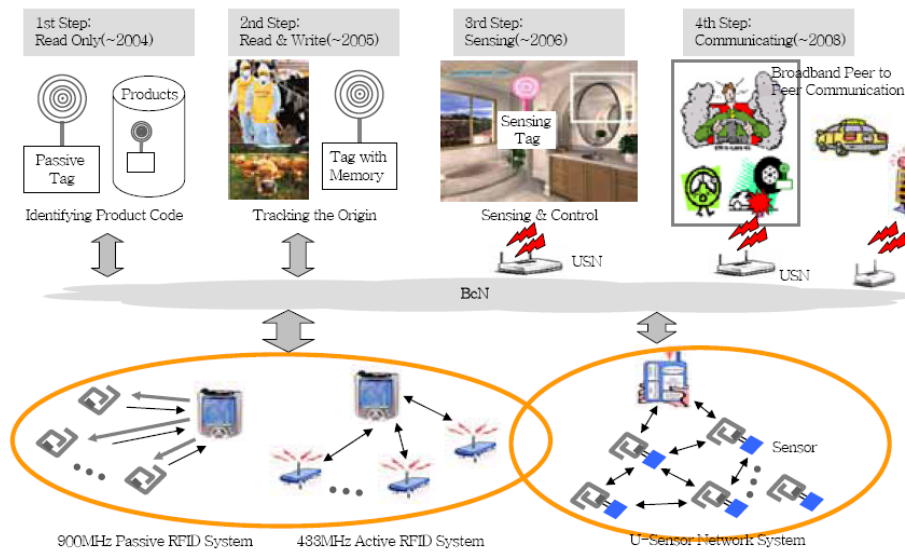
- 현재 상업적으로 대량 생산되어 구체적으로 USN 들이 쓰이고 있지는 않지만 최근 몇 년간 USN 시장은 점차 커져가고 있으며 점차 센서 네트워크를 위한 표준안이 나오고 있음. 많은 기관들이 상업화를 위한 솔루션을 제안하고 있는 실정임. 2005년 현재 노드 당 가격은 10~100달러 선이지만 시장이 더 커져 안정화가 되는 2007~2010년 에는 1~10달러 정도로 진입할 것으로 예상됨. (C. Chong et al., “Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges,” 2003)
- ‘센서노드 증가추이(그림. 17)’에서 볼 수 있듯 2010년쯤에는 1억3천개 이상의 노드가 사용될 것으로 예상(N. Ahmed S. S. Kanhere et al., “The Holes Problem in Wireless Sensor Networks: A Survey,” 2005)하고 있으며 다량의 센서를 배치하는 큰 스케일의 WSN(Wireless Sensor Network)를 이용한 응용이 등장하고 있음을 보여줌. 실제 Coronis System의 경우 프랑스 전 도시를 네트워크화 하기 위해 25,000개의 노드를 사용했으며 50,000노드를 배치하기 위해 준비중임. Eka Systems의 경우도 올해 30,000노드를 사용할 예정이며, 누리 텔레콤도 가스, 전기 원격검침을 위해 60,000노드를 사용할 예정임.
- 또, 현재 모든 분야에 백만 개가 조금 넘게 사용되고 있는 데 반해 2010년쯤에는 1억3천~1억8천 개의 노드가 사용될것으로 예상되고 있음. 이는 다량의 센서를 배치하는 커다란 스케일의 WSN을 이용한 응용이 등장하고 있음을 보여주는 것임.



<자료>: On World, 2005.

<그림 17. 센서노드 증가추세>

- RF 모듈 같은 경우 2010년 1억6천 개의 802.15.4 RF 모듈이 생산될 것으로 추정되며, 노드의 65% 정도가 802.15.4/ZigBee를 사용할 것으로 예측됨. 이는 ZigBee가 USN에 사실상 표준으로 자리 잡았음을 뜻함.
- USN 기술은 저전력 저가격의 무선 통신 기술, 초소형 마이크로 프로세서 기술, 자동 구성이 가능한 ad-hoc 네트워크 기술, MEMS 기술, 다양한 종류의 센서들과 이들의 표준화 노력, 그리고 임베디드 시스템 기술 등의 발전으로 최근 많은 응용분야에서 실현이 가능한 신기술로서 급부상하고 있음.(김선진 외, “RFID/USN 산업동향 및 발전전망,” 2005)
- USN은 기존 인프라네트워크에 의존하지 않고 자체적으로 네트워킹이 가능해야 함. 즉, 센서노드들의 협력을 통하여 자동으로 네트워크의 설정 및 구성이 이루어짐. 배터리 및 짧은 거리내의 무선통신으로 인하여 노드의 반경이 제한적이며, 이로 인하여 데이터 수집 장소까지의 멀티 홉 라우팅 메커니즘이 필수임. 멀티 홉 라우팅 메커니즘을 적용함으로써 각 센서노드는 기본적인 센싱 기능뿐만 아니라 데이터를 포워딩 할 수 있는 기능이 추가로 요구되어지고 있음.
- 센서노드들은 외부적 환경이나 배터리 소멸로 인하여 고장이 자주 일어날 것이기 때문에 이로 인한 토폴로지 변화에 신속하게 대응함으로써 네트워크를 유지시켜야함. 배터리뿐만 아니라 주변 환경의 변화 등으로 인하여 무선 채널의 감쇄가 빈번하게 유발되게 되며 이는 결과적으로 토폴로지의 다양한 변화를 야기시킴



<그림 18. RFID/USN의 개념>

- 기존의 통신 노드와 달리 모든 자원 측면에서 제한을 가진 센서 노드들이기 때문에 복잡한 운영체제 및 구현 알고리즘 및 H/W 구조는 배제되어야 하며 제한된 능력을 극복하기 위해 다양한 알고리즘들이 제안될 수 있으나 복잡성 측면에서 고려되어야 함. (김선진 외, “RFID/USN 산업동향 및 발전전망,” 2005, 김기일, “센서 네트워크 기술”, 2007)
- 미국과 EU에서의 RFID 기술 개발은 모든 사물을 객체로 인식하고 사물의 내부에 RFID칩을 삽입함으로써 사람이 사물을 이용함에 있어 편의성을 극대화하고 비용을 절약하고자 하는 측면에서 주로 RFID 칩의 '내재성'을 갖고자 하는 흐름이 지배적임.
- 미국은 국방부 산하 고등연구계획국(DARPA)과 국립표준기술원(NIST)이 대학연구소 및 민간 기업의 유비쿼터스 프로젝트 자금을 지원하고 이에 HP, IBM, MS 등의 민간기업과 MIT, CMU, 워싱턴 대학 등이 적극적으로 동참하는 형태로 유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트를 진행하고 있으며, 현재는 HCI(Human Computer Interface) 기술과 그 표준화에 주력하여 MIT를 중심으로 북미지역 코드관리기관(UCC, Uniform Code Council), 국방성, 업체 등의 협력을 통해 Auto ID 센터를 설립하였음. (진태석, “RFID의 최근 국내외 개발과 표준화 동향”, 2007)
- 2005년이 되면서 RFID기술은 상업적인 주목을 끌게 되었는데 2005년에는 광범위한 분야에 걸쳐 개발된 RFID 기술개발은 아래와 같음
 - 휴렛 팩커드사(캘리포니아주 파로, 알토), 인텔사(캘리포니아주 산타클라라), 썬마이크로 시스템사(캘리포니아주 산타클라라) 등의 주요 정보기술 기업이

RFID 기술에 관한 연구개발 프로젝트 개시

- IBM사(뉴욕주 아몽크), 마이크로소프트사(워싱턴주 레드몬드), 오라클사(캘리포니아주 레드우드 시티), SAP사(독일, 와르드르후) 등의 소프트웨어 프로바이더는 자사 소프트웨어 모듈을 RFID 대응으로 사용할 수 있도록 개발 중.
- 미 육군이나 정부 기관의 도입(정식품 의약품국이 추천하는 약물에의 RFID 기술의 사용등), 메트로사(독일, 듀셀돌프), 월 마트사(아칸소주 벤톤빌), 데스코사(영국 체스 헌트)와 같은 소매업자의 대처에 의해서 다종 다양한 RFID 기술의 보급 활동이 시작되어 있음.
- RFID에 의해서 가능하게 되는 지불, 발권 업무, ID 카드도 주목을 끌고 있으며, 아메리칸 익스프레스(뉴욕주 뉴욕), 마스터 카드(뉴욕주 파 체이스), 비자 카드(캘리포니아주 포스터 시티)는 비접촉 카드의 파일럿 프로젝트를 개시했음.
- RFID 기술의 제공 사업자는 새로운 응용 분야를 찾아내기 위해서 RFID기술을 센서(예를 들면, 냉장 제품의 온도 센서)나 다른 무선 기술(Wi-Fi 기술 등)과 융합하는 연구 개발을 개시하고 있음.

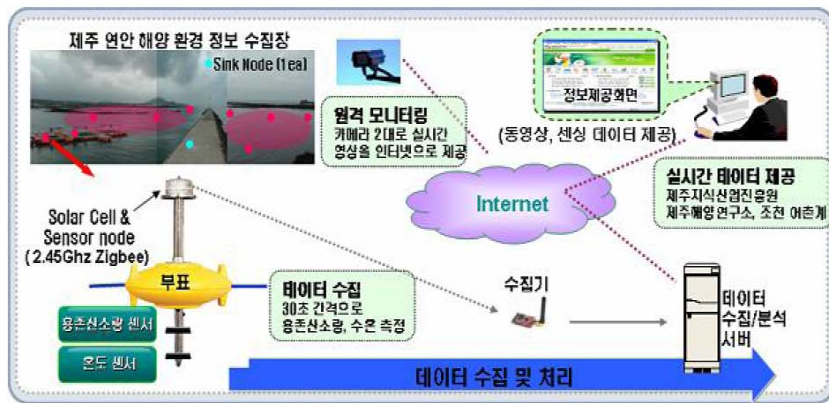
□ 유럽은 유럽 각국의 협력을 통해 USN 연구를 진행하고 있으며, 2001년에 시작된 정보화 사회 기술 계획(IST, Information Society Technologies research program)의 일환으로, 스위스의 연방교육 과학청과 유럽 연합위원회가 지원하는 "사라지는 컴퓨팅 계획(Disappearing Computing Initiative : 일상 사물에 전자태그를 부착하여 사물간의 지능적이고 자율적인 감지와 통신이 가능한 환경을 구축)" 사업을 통해 관련 기술을 개발 중임

□ 일본은 모든 사물(공간, 의복 등)에 초소형 칩을 이식하고, 네트워크를 구성하여 통신이 가능한 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 구축하기 위해 유비쿼터스 ID 센터를 설립(2003년)하여 활발한 연구를 진행 중이며 민간에서도 새로운 센서 네트워크 기술을 이용한 홈시큐리티, 빌딩 안전관리등에 관한 개발연구가 활발히 진행되고 있음. 대표적인 사례가 현재 약 390여 글로벌 업체들이 참여하고 있는 T-Engine 포럼의 TRON (The Real-Time Operating System Nucleus) 프로젝트로 모든 물건에 컴퓨터를 삽입하여 네트워크화 하여 유비쿼터스 컴퓨팅 환경 실현을 위한 다양한 기기의 개발을 표준화, 효율화하는 프로젝트로 개발되고 있음.

□ 국내의 USN 개발은 아직 미비한 실정이며 주로 중소기업에서 개발을 하고있어 다양한 응용을 개발하지는 못하고 있음. 실제 USN구축 사례는 다음과 같음

- (주) 시스네트는 2.45GHz 대역의 무선 센서네트워크를 활용, 해양 생태 정보를 실시간으로 수집하여 해수 온도 및 용존 산소량을 지속적으로 관리하

는 u-센서 네트워크 시스템을 표준 부표를 활용하여 제주연안에 설치하고, 설치된 u-센서 네트워크 시스템은 자가발전을 통해 자동 충전되도록 하여 반영구적 사용이 가능하도록 구현하여, 이를 기반으로 제주 연안 해양환경 정보수집시스템을 구축하여 시험함으로써 USN 응용서비스 모델에 대한 기술적, 경제적 타당성 검토 및 문제점 해결방안 등을 도출하는 시험 모델을 구축하였음(그림. 19)



<그림 19. USN 기반의 제주연안 해양환경 정보수집 시스템 개념도>

- (주)케이엠아이, TSC System(주) 및 건설기술연구원은 건설 현장의 콘크리트 양생 이력관리를 실시간으로 모니터링하기 위하여 ZigBee를 이용한 센서 네트워크를 콘크리트 타설 전 거푸집에 미리 매설하여 콘크리트 양생과정을 원격지에 있는 건설 관리자에게 실시간으로 전달하는 시스템을 구축 및 실험함(그림. 20)



<그림 20. 콘크리트 양생 관리 시스템>

□ 표. 14은 해외에서 각 산업 분야별로 구축된 USN 개발 사례를 보여주고 있음.

<표 14. 해외 USN 구축 사례>

분야	해외 USN 적용 사례
국방 외교	<ul style="list-style-type: none"> ● 군사용 지형탐사 : 이스라엘 공군이 팔레스타인 교전지역의 지형 탐사용으로 무인 무선데이터 전송 비행물체 개발 ● 금속 탐지 : Magnetometer 센서 및 임펄스 레이더 센서 이용 ● Military Surveillance : 미국 해군함선에 RSC(보안과 감독을 위한 분산형 센서)를 통해 무선 센싱 네트워크 사용
유통 물류	<ul style="list-style-type: none"> ● 청과류에 대한 유통 환경 센싱 : 일본에서 딸리 유통과정상의 온도 변화를 센싱하기 위해 포장박스 내에 초소형 액티브 센서 설치 ● 신선 생산 유통 : 일본 총무성 실증 실험의 일환으로 2004년 실행
도로 교통	<ul style="list-style-type: none"> ● 미교통국의 ITS: 전보된 통신 기술을 사용하여 운송 안전과 이동성을 개선 ● IrisNet의 The Seeing Internet : 주정차된 자동차의 이상 상태를 사진을 찍어 사용자의 PDA에 전송하여 물리적인 피해보상
의료 보건	<ul style="list-style-type: none"> ● E-Nightingale Project :일본의 병원 간호사들이 입을 수 있는 u-센서를 이용하여 실제 의료 환경에서 도처에 산재된 지식을 프로세싱 ● 하버드 대학의 Vital Sign Sensor : 환자의 몸에 착용하여 심장박동수나 산소포화 심전도 등을 체크하여 이상시 보건소나 의사에게 위험 신호 발신 ● 의약품에 장착된 액티브 태그를 활용한 병원 의료사고 개선 : 일본 병원내에 사용되는 약품에 액티브 태그를 설치, 약품의 과오용으로 인한 의료사고 방지
환경 보전	<ul style="list-style-type: none"> ● NASA의 남극지역 원격 탐사 및 데이터 수집 시스템 : 남극의 원격지역 운석 탐사 프로젝트로 노출된 기반암과 모레인 물질 반응이 일어나는 곳에서 온도변화 측정 ● CENS의 NIMS : 불특정한 지역에서 예측할 수 없는 시간 변수적인 자연환경의 센싱
산업 건설	<ul style="list-style-type: none"> ● 일본의 건물 위험 모니터링 : 지진으로 인한 진동, 충격 및 화재에 인한 온도 상승 등을 감지하여 건물에서 일어날 수 있는 위험물 조기 발견 및 최적 조치 ● JENNIC의 가스감지 시스템 : 산업현장에서의 심각한 재해를 가져올 수 있는 가스사고에 대해 센서 노드를 통한 신속한 대응 ● JENNIC의 Commercial Building Automation : Intelligent 빌딩 곳곳에 설치된 센서 노드들은 실시간으로 연기, 화재 발생위치, 환풍, 조도, 온도 등을 센싱하여 보다 쾌적하고 안전하게 빌딩을 유지 ● 일리노이대학의 스마트 벽돌 : 벽돌 안에 들어가는 칩을 이용해 기울기, 진동, 습도 등의 정보 제공 ● Intel의 진동 모니터링 : 무선 센서 네트워크를 이용, 반도체 제작 장비의 상태 감시 ● Savi Technology 의 CubeInfo : 콘크리트 벽돌에 태그를 부착해 벽돌의 품질 검사를 원활히 수행할 수 있도록 시스템 구축

라. 건설산업 분야의 연구개발동향

(1) 국내 연구개발 동향

- 건설업의 정보화 수준은 타 산업에 비해 낮은 것으로 인지되고 있으며, 건설 산업에 대한 인프라 수준은 2000년대 초반을 기준으로 100대 기업의 경우, 평균 PC 보급율은 100대 기업의 경우 90% 내외, 중소기업의 경우 40% 내외 인 것으로 파악됨.(표. 15)

<표 15. 전산기기 보유현황 [종합건설업체 정보화실태 및 향후 정보화계획 조사, 2000]>

구분	1군	2군	3군	4군	5군	6군	7군	8군
범용 컴퓨터	1.81	0.59	0.23	0.08	0.18	0.1	0	0
PC	499.6	37.9	32.9	12	6	4.6	2.3	4

- 건설 분야에서 정보화를 주도 할수 있는 경영층에 대한 조사결과, 정보화의 필요성에 관한 경영층의 마인드는 매우 높은 것으로 파악되었으며, 대부분의 업체는 네트워킹, 그룹웨어, 인트라넷, 엑스트라넷에 등에 기반을 둔 정보의 공유와 활용 체계를 갖추고 있는 것으로 파악됨.
- 정보화 인프라의 건실성에도 불구하고 국내 건설산업의 정보화의 발전 속도는 상대적으로 낮은 수준으로 평가되고 있는데, 대부분의 건설업체의 정보화가 문서작성, 기초업무, 사내업무 등의 위주로 이루어져 있음에 기인한다고 평가될 수 있으며, 건설 사업관리, 정보의 수집, 축적 및 재활용, 경영활동의 전산화등을 포괄적으로 포함하는 통합 시스템의 활용은 매우 떨어지는 수준(표. 16)

<표 16. 2000년도 국내기업의 평가분야별 정보화 수준 [기업정보화지원센터, 2000]>

구분		총점	목표	환경	설비	지원	응용	활용
전체평균	'00	58.62	62.94	63.26	58.84	50.84	48.98	63.22
	'99	52.84	48.91	53.32	55.53	49.17	49.95	62.27
제조/건설	'00	61.40	65.91	65.62	59.71	55.16	50.34	67.47
	'99	54.03	51.31	53.93	55.17	49.90	51.43	63.32

- 국내 건설산업 정보와 이슈는 하드웨어적 인프라의 문제라고 하기 보다는 소프트웨어적인 정보화 체계의 구축과 활용이라는 측면에 있다고 평가됨.
- 이와 관련하여 건설 교통부에서는 건설업의 정보화 수준(44점, 전체산업 평균 51점)을 2007년 까지 현재의 2배로 향상시킨다는 목표로 '건설 CALS/EC' 지원방안 등 다양한 노력을 경주하고 있음.
- 또한 국내의 매출액 대비 정보화 예산은 약 0.4%로 미국의 2%에 비해 매우 낮은 수준이며, 특히 대기업과 중소기업간 격차가 큰 것으로 파악되고 있음.
- 민간 부분에서의 건설부문 IT 도입은 더욱 활발한 상황이며, '유비쿼터스' 개념의 주택시장 도입, 공사 현장의 IT 관리 시스템 (Project Management Information System)의 활발한 활용 등을 들 수 있음.
- IT와 건설 인프라가 융합된 새로운 개념의 건설산업 도시 인프라 등장
 - 도로는 RFID, 센서, LBS, GPS와 결합하여 ITS, 텔레매틱스 등의 지능형 정보 서비스 제공
 - 교량, 터널, 상하수도 등 시설물은 GIS, USN 기술과 결합하여 실시간 모니터링, 자가 진단, 상황 대처를 통해 관리 서비스를 지능화
 - 건물은 온도조절, 자동 환기, 가스누출 및 지진감시 등을 자율적으로 수행하는 지능형 건물 관리(IBM : Intelligent Building Management)기능 내장
 - 지능형 도시 인프라는 정보 서비스 이용을 위한 접점을 제공함으로써 건설산업의 인프라의 역할도 병행
- 정보화 수준을 나타내는 국가 정보화 지수를 살펴보면 전체 조사대상 50개국 중 순위는 2003년에는 7위를 기록하는 높은 성장률을 보임. 한편, 전경련 산하 대기업의 정보화 투자의 증가율은 매년 급격하게 높아져 2001년에는 1조에 달한 것으로 나타남. 이는 기업들의 투자패턴이 최근 정보화, 지식화의 빠른 진전에 따라 기존의 생산능력 증가 위주의 양적 투자에서 정보화를 통한 생산성 향상을 중시하는 질적 투자로 바뀌고 있음을 반영하고 있는 것임. 그러나 건설기업의 정보화 투자의 현황에 대한 조사 자료들을 살펴보면 다른 산업에 비해 정보화 수준이나 투자비율이 상대적으로 낮음을 알 수 있음.(표 17, 18)

<표 17. 업종·규모별 우리나라 정보화 수준 [기업정보화지원센터, 2004]>

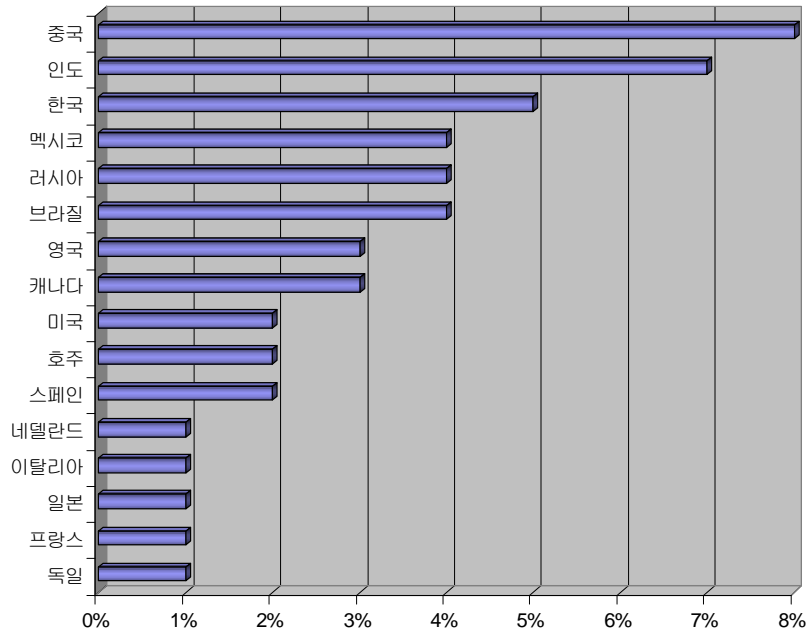
구분	제조					건설	금융		유통서비스			
	전기 전자	기계 금속	석유 화학	목재 비금속	석유 식음료	건설	은행 증권	보험 기타	도소매	운수	정보 통신	기타 서비스
대기업	56.59	54.42	57.71	55.05	56.91	50.64	66.47	59.14	64.64	57.50	67.37	55.70
중소 기업	44.49	43.38	43.08	38.63	39.49	39.15	44.85	45.61	37.57	39.12	46.18	43.91
전체	48.67					44.46	56.98		51.50			

<표 18. 국내 1,000대 기업의 매출대비 IT 투자 비율 [소프트웨어진흥원·KRG, 2003]>

구분	2002	2003	2004
건설	0.20%	0.21%	0.21%
통신	2.11%	1.96%	1.84%
유통 / 도·소매	0.58%	0.56%	0.53%
금융	1.16%	1.24%	1.24%
제조	0.56%	0.60%	0.60%
합계	0.92%	0.91%	0.90%

- 1990년대 중반이후 세계 선진국에서는 건설산업을 ‘21세기 국가기간사업’으로 정하고 강력한 실천프로그램을 진행시키고 있음. 현 건설산업에 대한 위기의식을 느끼고, 건설산업의 효율성 및 생산성 향상과 세계 건설시장에서 경쟁력을 유지하기 위해 많은 노력을 하고 있음. 영국의 Rethinking Construction, 미국의 National Construction Goals, 호주의 Building for Growth, 싱가포르의 Construction 21등이 대표적이며 일본 역시 건설산업의 구조개편을 위해 많은 노력을 하고 있음.
- 2010년 해외 건설시장에서 우리나라는 약 2,130억불의 규모로 건설시장에서 8위의 위치를 차지할 것으로 예상하고 있음(Standard & Poor's DRI, FW Dodge , 2000). 또한 2005년 기준으로 향후 5년간 연 5% 성장을 이룰 것으로 예상되어 세계에서 3번째로 빠른 성장을 기록할 것으로 보임(Global Construction Outlook, 2005). 하지만, 현재 국내 건설기술은 해외 기술의 움직임에 비하여 국내 자체 기술이 축적되지 못한 채, 경제발전 과정과 정치적 이벤트에 따른 수요에 의하여 건설산업이 이루어지고 있음.
- 특히 건설 정보화 분야는 외국기술에 의존할 수밖에 없었으며, 이에 따라 기술의 도입 및 기술료 지불로 인하여 건설 정보화의 진전에 따른 막대한 외화의 유출이

예상되고 있으며, 외국 기술의 폐쇄성으로 인하여 이들로부터의 기술이전은 아직 제대로 이행되지 못하고 있는 실정임. 이러한 한정적인 기술 수행으로는 다양한 기술능력 획득에 장애가 되어 장기적인 건설기술경쟁력이 취약해질 수밖에 없음.

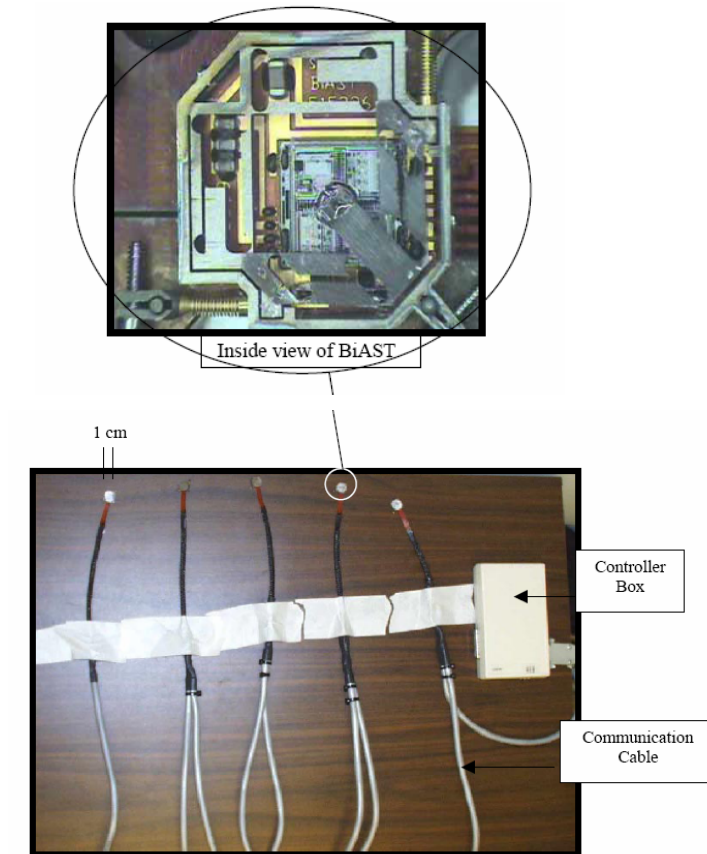


<그림 21. 향후 5년간 예상 건설시장 증가율 (Global Construction Outlook 2005, Global Insight, Inc.) >

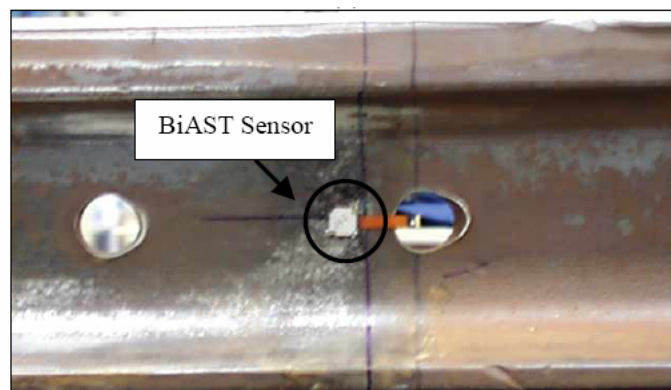
- RFID 기술은 물류, 교통, 의료등 다양한 산업 분야에서 적용된 사례는 많으나 건설산업 현장에서는 아직 미비한 실정임.
- S건설사가 서초 프로젝트에 RFID+4D CAD를 활용하여 개선된 현장공사 관리 프로세스와 시스템을 구축하여 물류 및 공정관리에 적용함으로써 공사관리 효율성을 제고하였음. 성과로 자재의 LOSS율 최소화, 재작업 방지등을 통하여 대형 프로젝트 원가절감 및 공기단축효과등이 기대됨. 프로젝트 원가절감은 총 공사비 대비 약 5%정도, 공기단축은 총 공사기간 대비 약 8%정도의 개선할 것으로 기대됨.
- 도곡동 타워펠리스 프로젝트에서 RFID기술의 이전단계인 바코드(BarCode) 기술을 적용하여 노무 및 자재관리 시스템을 구축, 약 41억원의 직간접 비용효과와 1개월 정도의 공기가 단축되었음. 좀더 진보된 기술인 RFID 시스템이 적용되었다면 그 이상의 기대효과를 내었을 것으로 기대됨.

□ MEMS 이용한 첨단센서의 건설분야 응용(한국건설기술연구원)

○ Biast (Biaxial strain transducer) sensor: Biast는 미국의 Iowa 대학에서 MEMS 기술을 응용하여 레일에 사용하기 위해 개발한 2방향 변형율계임. 철도 레일의 중요 관리 부위에 설치되어 strain history data를 구축하여 레일의 피로도를 고려한 유지관리를 수행함.(그림. 22).

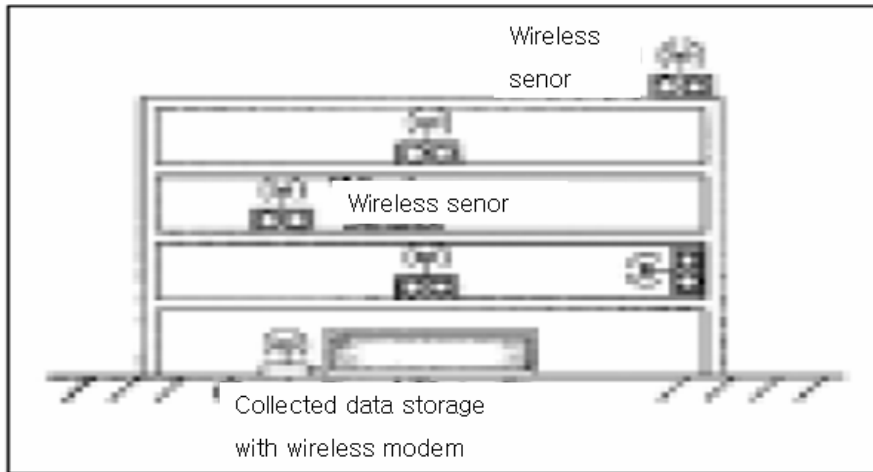


<그림 22. Biast 구성>



<그림 23. 철도 레일에 설치된 Biast>

- MEMS-based Accelerometers & Wireless structural monitoring system: Stanford 대학에서 MEMS를 이용한 가속도계와 무선 통신 모듈을 결합하여 그림4와 같은 무선 구조물 모니터링 시스템을 개발하였음. 이 시스템은 구조물의 원하는 위치에 센서 모듈을 설치하고 중계기를 통하여 신호값을 받아들이며 실시간으로 구조물의 거동을 파악할 수 있도록 하였음.



<그림 24. 무선 구조물 모니터링 시스템>

- Smart Dust (똑똑한 먼지): 스마트 더스트란 UC 버클리에서 수행된 프로젝트로서, 먼지 크기의 매우 작은 센서들을 건물, 도로, 교량, 의복 등 물리적 공간에 먼지처럼 뿌려 주위의 온도, 습도, 가속도, 압력 등의 정보를 무선 네트워크로 감지, 관리 할 수 있는 기술을 말한함. 스마트 더스트에는 센서, 제어회로, 무선통신 모듈, 전원장치 등이 내장되며, 현재 반도체 기술과 MEMS 기술로 구현이 가능함 향후 추가적인 개발로 소형, 무선 기반의 경제적인 센서를 활용한다면, 시설물 시공과 유지관리와 국가적인 차원에서 각종 재난 방지의 패러다임에 변혁이 예상됨.



<그림 25. 스마트 더스트 모트 (Smart Dust Mote)>

□ 현재 상용화 된 MEMS 기반 무선 센서 제품

- Crossbow 사의 Civil & structural solution: MEMS를 이용한 가속도 센서와 소형 무선 통신 모듈을 결합하여 구조물의 지진에 대한 거동을 모니터링 하는 시스템.

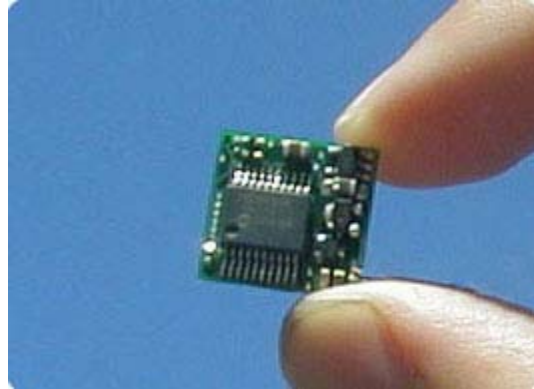


<그림 26. Crossbow 사의 Civil & structural solution 적용 모습>

- Microstrain 사의 Smart structure solution: 그림 27, 28은 미국의 Micro-strain사에 개발된 무선 계측 센서로서 주로 건설 구조물의 유지관리에 활용 되고 있음



<그림 27. Wireless Accelerometer system>



<그림 28. Embedded Wireless Strain Sensor>

- 건설교통부는 2007년까지 건설정보화를 효율적으로 추진하기 위한 "건설 CALS/EC 제2차 기본계획" 확정하였음.(건설교통부 보도자료, 2003)
 - 건설CALS/EC(Continuous Acquisition & Life-cycle Support/Electronic Commerce) : 건설사업의 설계 시공 유지관리등 전과정에서 발생하는 정보를 발주자·관련업체간 인터넷을 통해 교환·공유하기 위한 정보화 전략
- 건설산업의 성장동력으로 '지식&정보'를 상정하고 2007년 정보화 수준을 현재보다 2배 향상시켜 지식정보화 단계로 진입함으로서 건설 정보화 수준을 2002년 44점에서 2007년 80점으로 올리는 것을 목표로 하고 있음.
 - 이와 같은 계획에 의해 건설사업의 투명성 및 효율성 확보, 건설산업의 경쟁력과 대국민 서비스가 대폭 향상을 꾀하고 업무처리기간 50%까지 단축, 설계도서 80%이상 감축함으로서 연간 설계비 1,400억원과 건설공사비 1.2조원이 절감 가능할 것으로 예측됨.

<표 19. 건설정보화 개발 시스템 현황>

개발시스템	주요기능	적용현황
건설인허가 시스템	건설인허가업무의 디지털화 (허가신청, 접수, 검토, 처리결과 발송 등)	운영단계 (건교부 6개지방청)
건설사업관리 시스템	공사관리업무의 디지털화 (기획/설계/시공 등 사업관리)	
용지보상 시스템	용지보상업무의 디지털화 (토지등 협의보상, 수용재결 등)	
건설사업정보교환 시스템	건설사업참여자간 정보유통 (공정/품질관리, 설계도서 등 승인)	
시설물유지관리 시스템	시설물유지보수업무의 디지털화 (현장점검, 공사이력 등 정보관리)	시범운영단계 (익산국토청, 제주청)

(2) 국외 연구개발 동향

- 주변환경등을 자동으로 취득하고 적합한 형태로 변환하고 이해하기 위한 지능화된 센싱 시스템(Intelligent Sensing System)을 개발하기 위한 노력을 많이 하고 있음. Remote Sensor, Computer Vision(영상센서와 컴퓨터 시스템을 연결한 영상처리 시스템), 인공지능등의 연결을 통하여 인공지능시스템(Intelligent Sensing System)의 개발에 공헌해 왔음(Battle et al. (2000); Fusiello (2000); Jain et al. (2000); Rosenfeld (2001)). 많은 연구에도 불구하고 아직 성공적인 인공지능 시스템의 디자인을 완성하기에는 해결과제가 많이 남아있음.
- NIST(National Institute of Standards and Technology)는 Laser Sensing기술을 이용하여 자재 및 장비자원등의 원격 추적(Tracking) 및 원격 평가에 대한 응용을 연구하고 있음(Stone et al. (1999); Lindfords et al. (1999); Cheok et al. (2000); Gilsinn et al. (2002)). 레이저 센싱기술은 건설현장에 대한 공간정보를 취득하게 해주며 설계도면을 체험하기 위한 방법으로 공간정보를 이용함. 그리고 공간정보를 통해 서로다른 건설자원을 인식함. 또한 Texas Austin University의 Field System and Construction연구실에서는 국부 공간 모델(Local Area Model)을 구성하기 위한 독특한 접근을 시도하였음. 컴퓨터에서 공간 모델을 구성함에 있어 높은 효율성을 이룩하고 구조물들을 식별하는데 인간의 지능을 이용하고 구조물의 크기, 위치등을 측정하기 위해 단일 레이저 센서 탐색기(Single Axis

Laser Sensor Finder)와 같은 간단한 센서를 사용하였음.(Cho and Hass (2003); Cho et al (2002)). Carnegie Mellon University의 Burcu Akinci와 연구진은 건설현장의 진보된 결함관리를 위해 레이저 센싱기술을 이용하였음.

- 영상센서 및 레이저센서등의 광학센서를 이용한 연구에 많은 노력을 들이는 가장 큰 목적은 새로운 센서 및 센서설계기술을 개발하는 것이 아니라 설계도면 데이터와의 근접한 표현을 할수있도록 레이저 센싱기술과 각종센서를 이용하는 전략을 세우고 데이터를 해석해 내는 메카니즘을 개발하는것임.
- Byne and Anderson (1998); Cho and Hass (2003)등은 센싱된 데이터의 빠른 해석을 보여주기 위한 3D 컴퓨터 모델을 사용하기위해 노력해왔지만 시간정보의 요소를 건설 스케줄, 프로젝트 진척, 일별 또는 기간별 시간과 같은 센싱 정보에 통합하는 방법은 아직 커다란 관심을 받지 못하고 있음. 시간 정보가 미리개발된 3D 컴퓨터 모델과 만나게되면 지능형 센싱 시스템은 완벽히 자동화된 방법으로 정확한 공간 모델(Area Model)을 이룩할 수 있을 것임.
- 영상센서 및 레이저센서등의 광학센서를 이용한 연구에 많은 노력을 들이는 가장 큰 목적은 새로운 센서 및 센서설계기술을 개발하는 것이 아니라 설계도면 데이터와의 근접한 표현을 할수있도록 레이저 센싱기술과 각종센서를 이용하는 전략을 세우고 데이터를 해석해 내는 메카니즘을 개발하는것임. 수많은 연구에도 불구하고 이런 연구에 대해 심도있게 언급하고 있는 자료는 아직까지 없는 실정임.
- Leica 사에서 3차원 Laser Scanning의 뛰어난 기술인 HDS6100를 개발하였음. HDS6100는 3차원 작업환경의 좌표점들을 추출하고 Dense Point Cloud를 사용하는 반자동 3D Model 재생 과정을 사용하였음.
- 고해상도 거리측정 센서와 2D 영상, 3차원 모델을 생성하는 소프트웨어를 포함하는 Leica HDS6100은 산업표준 CAD(Computer Aided Design)과 IGES, AutoCAD, DXF, Microstation DGN, ASCII, BMP 그리고 JPEG과 같은 그래픽 모델링 시스템들에 사용하는 것이 가능함.
- Carnegie Mellon 대학의 Robotic Institute에서는 3차원 레이저 스캐닝 시스템의 응용으로 자동 야적>Loading) 시스템을 개발하였음. 두개의 Laser Range Finder를 사용하여 한대는 트럭을 인식하고 위치시키며, 나머지 한대는 토양면을 측정하기 위해 사용되었음.
- 국외 건설업의 정보화는 컴퓨터의 가격인하와 대중화에 따라 건설업에서도 컴퓨터의 사용이 보편화 되었으며 'A/E/C 산업에서 IT 영향에 관한 연구' 에 따르면 설계자와 엔지니어의 경우 업무에서의 컴퓨터 의존도가 상당히 높은 것으로 나타

났으나, 시공자의 경우 대부분이 현장업무에 종사하기 때문에 절반 정도의 의존도를 나타내고 있음. 또한 워드 프로세서나 스프레드시트의 이용이 매우 높은 것으로 나타났으며 데이터베이스(65%)와 프로젝트 계획 프로그램의 활용도(47%)도 높은 것으로 나타남.

- University of Washington에서는 agent-based simulation 기술을 사용하여 건설 프로세스에 대한 general-purpose situational simulation tool을 개발하였으며. 이를 PNCCRE(Pacific Northwest Center for Construction Research and Education)의 가상건설환경(virtual construction environment)과 통합하는 연구가 진행 중임.
- ‘북유럽에서의 건설산업의 IT지표에 관한 연구와 'A/E/C 산업에서 IT 영향에 관한 연구’에 따르면 스웨덴과 캐나다에서는 건축가와 엔지니어의 거의 100%가 CAD를 사용하고 있으며 덴마크에서는 약 80%가 사용하고 있음. 또한 CAD데이터 구조의 분포를 보면, 2D CAD가 일반적으로 사용되고 있으며 협업 및 표준화의 영향으로 Reference file/DB나 3D 오브젝트의 이용도 증가추세에 있는 것으로 파악됨 (표. 201).

<표 20. CAD data structure의 분포>

구분	덴마크	핀란드	스웨덴	캐나다
2D Unstructured	13%	17%	26%	15%
2D Structured	50%	28%	17%	55%
Reference file/DB	26%	20%	22%	24%
3D Object	8%	22%	24%	5%
Object-oriented Model	4%	13%	11%	1%

- 건설정보화에 의한 파급 효과에 의한 조사에 따르면 자재, 경영, 프로젝트 관리, 설계, 현장관리, 기타 등의 어플리케이션에 의한 생산성 향상 효과를 조사한 결과 공통적으로 경영, 설계, 프로젝트 관리 등의 업무에서 생산성 향상 효과가 높은 것으로 나타남 (표. 21).

<표 21. Application의 생산성 향상 효과>

구분	덴마크	핀란드	스웨덴
Materials	6%	8%	10%
Adminstration	36%	30%	65%
Project management	18%	17%	30%
Design	36%	39%	51%
Site Management	10%	3%	4%
Other fields	7%	5%	-

- IT 투자계획에 대한 조사에 따르면 CAD, 문서관리, 프로덕트 모델, 회계시스템, 비용 모델, 구조계산, 프로젝트 관리, 인터넷/웹, EDI, 가상현실 등의 기술에 대한 각국의 투자계획을 살펴본 결과, 순위에는 약간의 차이를 보이거나 일반적으로 CAD, 문서관리에 투자전망이 가장 높은 것으로 나타났으며 VR과 프로덕트 모델도 증가추세로 나타남 (표. 22).

<표 22. IT 투자계획>

구분	덴마크	핀란드	스웨덴
CAD	58%	50%	40%
Document handling	38%	54%	70%
Product model	4%	5%	13%
Accounting Systems	48%	45%	45%
Cost control	23%	30%	28%
Technical calculations	27%	23%	13%
Project management	18%	24%	32%
EDI	5%	3%	28%
VR	3%	3%	15%
Portable equipment	13%	11%	14%

- 벡텔(Bechtel)사의 Red Hills 건설 공사를 대상으로 미국 텍사스 대학교 건설산업연구원(CII)가 실시한 현장실험에서 파이프 스푼(Spool), 서포트(Support) 및 행거(Hanger)같은 자재의 위치 파악 및 추적 관리에 RFID를 적용하였을 시 30%정도의 작업시간 단축효과가 있다고 제시하였음. 하역과 같은 작업에서는 큰 차이를 보이지 않으나 자재의 검사, 자재의 정보 입력과정에서 많은 시간의 절감효과를 볼 수 있었음(표. 23).

<표 23. Bechtel사의 RFID 적용 실험>

작업내용	기존방식(분)	RFID적용(분)	총 절감효과(분,%)
행거 100개 하역	107	107	0, 0%
행거 100개 검사	365	242	123, 34%
자재관리 시스템 입력	56	20	36, 64%
합계	528	369	159, 30%

마. 연구개발동향 분석의 시사점

- 국내외 논문 분석에 의하면 연구분야에서는 RFID 및 개별 센서들을 이용한 Gate 방식의 정적 모니터링시스템 개발이 많으며 PDA등 이동단말을 이용하여 시공정보 및 자원관리정보를 파악하는 정도임. RFID를 비롯한 첨단센서를 이용한 네트워크 구성, 영상정보를 이용한 목적물의 상태파악, 각종 센서 취득데이터의 통합 및 융합에 의한 부분은 IT 및 첨단센서기술을 건설현장에 적용하는데 있어 꼭 필요한 연구분야로 판단됨.
- 3차원 모델링에 대한 연구도 활발히 진행되어지고 있으나 4차원 CAD와 같이 시공진행상황을 모델링하고 실제 설계정보와 비교하기 위한 방법론 및 기술개발에는 미흡한 실정임.
- 특허분서에 의한 기술동향은 넓게는 건설정보화 및 레이저 등의 센서기술들에 대해 출원이 되어있지만 건설자원 통합 모니터링 및 광학, 레이저 센서 등을 통한 건설정보 모델링 및 구조물의 상태측정에 관하여는 아직 기술개발이 미비한 실정임. 이러한 첨단건설의 기반기술들을 축적함으로써 국내외 건설기술의 발전 및 건설시장의 점유율 확대 등에 이바지 할 것임.
- 건설산업 및 다양한 이종 산업에서 RFID/USN을 이용한 응용을 다양하게 시도하고 있는 실정이므로 건설 산업에 특화된 응용개발을 위한 연구개발이 필요한 시점임.
- 센서네트워크, USN, ERP시스템 등의 기반 기술들은 일정수준이상으로 기술이 개발된 상태이므로 각각의 기술들을 하나로 통합하여 건설산업의 SCM 및 적시시공과 관련된 통합관리 시스템을 개발할 필요가 있음.
- 현재 우리나라의 IT성장을 고려해 볼 때 센서 및 USN등을 활용한 응용을 개발하기에 적합하며 특히 해외건설시장 수주의 경우 기존의 노동집약 건설방식에서 벗어나 정보집약적인 건설로의 전환이 필요함.

바. 중복성 분석

- 국가연구개발종합관리시스템을 통해 1999년도부터 2007년까지의 과제를 시뮬레이션시스템 개발, 현장모니터링시스템 개발, 공정관리시스템 개발, 통합의사결정시스템 개발 등 4개 분야에 대해 조사를 시행하였음.
- 본 사업의 기술과 관련 있는 과제는 총 42건으로 조사되었으며 시뮬레이션 시

스팀 개발 8건, 현장 모니터링 시스템 개발 연구 14건, 공정관리시스템 개발 10건, 통합 의사결정시스템 개발 연구 10건으로 조사됨. 각 과제와 관련 과제는 표. 24 - 27과 같음.

<표 24. 시뮬레이션 시스템개발 연구개발사업 현황>

부처명	사업명	연구과제명	연구기간
교육인적자원부	우수연구자지원	건설공사의 계획을 위한 그래픽 시뮬레이션 시스템	2003.12 ~ 2004.11
	학술연구조성사업	근대건축 문화재의 리노베이션을 위한 웹기반 가상현실 시뮬레이션연구	2004.12 ~ 2005.12
	학술연구조성사업	건축시공교육을 위한 건설현장 공사관리 시뮬레이션 시스템개발	2005.07 ~ 2006.06
산업자원부	전력산업기술연구개발	3차원 객체 CAD 기반 원전 건설운영 통합정보시스템 개발	2002.09 ~ 2004.08
	지역혁신인력양성	패턴 인식기술을 이용한 VR 시뮬레이션 시스템개발	2005.05 ~ 2006.04
정보통신부	정보통신신기술 개발지원	증강현실을 이용한 토목/건축 Simulation Software 개발	2002.07 ~ 2003.06
중소기업청	중소기업기술혁신개발	도로공사 3D 설계 시뮬레이션 시스템	2003.08 ~ 2004.07
	중소기업기술혁신개발	차세대 기술융합 3D VR 시뮬레이터	2005.04 ~ 2006.03

<표 25. 현장모니터링 시스템개발 연구개발사업 현황>

부처명	사업명	연구과제명	연구기간
건설교통부	건설기술 기반구축사업	GIS 기술을 활용한 효율적 하천치수사업 관리기법 개발 연구	2003.08 ~ 2004.08
	건설기술 기반구축사업	국토 및 도시의 효율적 관리를 위한 광역공간정보 처리기술 연구	2003.12 ~ 2006.12
	건설기술 기반구축사업	Sensing 과 DigitalIT 기술을 융합(Conveergence)한 교량의 원격감시 및 제어 모니터링의 실용화개발	2005.06 ~ 2008.06
	건설핵심기술 연구개발사업	초고층빌딩 CurtainWall의 SCM기반 Automated Life - CycleManagement System구축	2003.10 ~ 2006.10
	건설핵심기술 연구개발사업	유비쿼터스 환경의 지능형 시설물 모니터링 기술 개발 - 유비쿼터스 환경 표준화	2003.10 ~ 2006.10
	건설핵심기술 연구개발사업	광기술을 이용한 건설구조물의 저가형 원격 모니터링 시스템 개발 - 광을 이용한 구조물 안전진단 및 모니터링 기술개발	2003.10 ~ 2005.10
	건설핵심기술 연구개발사업	국가 주요 기반시설물 안전관리 네트워크 구축 - 안전관리 네트워크 구축 및 통합운영	2006.9 ~ 2010.7
	지능형 국토정보기술 혁신사업	u-GIS 기반 건설정보화 혁신기술개발 -LBS 기반의 자원 및 구조물의 위치인식기술개발로 원천기술의 개발을 통해 타 과제에서 응용을 개발하도록 수행	2005.07 ~ 2006.04
교육인적자원부	지역대학 우수과학자지원	LiDAR 데이터와 항공사진, 수치지도를 이용한 3차원 건물 자동추출 기술개발	2003.04 ~ 2005.03
	지역대학 우수과학자지원	원격탐사 영상자료와 지리정보자료를 이용한 환경변화 예측 3D시각 모사기술개발	2004.04 ~ 2006.03
	우수연구자지원	건물 공간정보의 전자적 교환과 시각화에 관한 연구	2002.07 ~ 2003.06
국방부	기초연구/특화연구	지형지물의 3차원 영상복원을 위한 정보융합기법연구	2004.03 ~ 2006.12
정보통신부	IT우수신기술지정지원 (기금)	지하철역사내 무선센서플랫폼(USN)기반의 능동형 공기질 관제시스템 개발	2005.05 ~ 2006.04
중소기업청	중소기업기술혁신개발	유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 이용한 건설현장 계측제어 시스템	2005.07 ~ 2006.06

<표 26. 공정관리시스템개발 연구개발사업 현황>

부처명	사업명	연구과제명	연구기간
건설교통부	건설기술 기반구축사업	국도 및 도시의 효율적 관리를 위한 광역공간정보 처리기술 연구	2003.12 ~ 2005.12
	건설핵심기술 연구개발사업	멀티미디어기술을 연계한 건설관리정보화용 4D시스템 개발 -3D도면정보와 공사일정의 4D CAD화 기술개발	2002.12 ~ 2004.12
	건설핵심기술 연구개발사업	플랜트 프로젝트관리체계 표준화기술개발	2005.07 ~ 2010.06
	건설핵심기술 연구개발사업	미래형 실시간 SICS(Spatial Information Control System) 개발 -건축물의 공간정보를 이용자와 관리자에 실시간 제공	2006.12 ~ 2009.10
	건설핵심기술 연구개발사업	건설공사의 적시생산(Justin Time)을 위한 양중 및 조달 시스템 개발	2001.08 ~ 2003.08
	건설핵심기술 연구개발사업	프로세스 및 데이터 모델링을 통한 온라인 방식의 건설 프로젝트 관리체계(Construction Project Control System) 개발	2001.08 ~ 2003.08
	건설핵심기술 연구개발사업	건설사업관리 선진화를위한 건축공정혁신 관리기술의 현장 적용 -건설공정혁신 개념 정립 및 실태파악, 개선방안제시	2004.8 ~ 2006.8
	건설기술 기반구축사업	웹 기반 분산형 린건설 정보시스템 개발 -설계단계의 협업도구개발 및 JIT 자재조달위한 기반 구축	2005.6 ~ 2010.8
중소기업청	산학연공동기술개발	건설업무 생산성 향상을 위한 4D CAD 건설관리시스템개발	2005.07 ~ 2006.04
		실시간공정관리를 위한 RFID Tag 활용 Component 모듈 개발	

<표 27. 통합 의사결정시스템개발 연구개발사업 현황>

부처명	사업명	연구과제명	연구기간
건설교통부	건설교통기술혁신	건설CALS 기반확산을 위한 전략수립 연구	2000.09 ~ 2003.09
	건설핵심기술 연구개발사업	대형건설프로젝트의 프로세스 및 데이터 모델링을 통한 온라인 방식의 건설프로젝트 개발	2003.04 ~ 2004.04
	건설핵심기술 연구개발사업	중소건설업체의 다중 프로젝트 관리를 위한 정보화 모델 및 시스템 개발 -중소건설업체 정보화 체계구축과 정보관리체계 구축 및 프로세스개발	2001.08 ~ 2003.08
	건설핵심기술 연구개발사업	위치정보를 활용한 건설안전 리스크 관리기술개발 - 재해위험도 선정, 위험원 위치추적, 위험예방 관리기술	2006.12 ~ 2009.10
	건설기술 기반구축사업	건설재해예방을 위한 종합적 안전관리시스템 구축 -예방 제도안 마련 및 종합시스템 구축,	2003.12 ~ 2005.12
과학기술부	국가지정연구실사업	건설 데이터 웨어하우스(Data Warehouse) 기술개발	2001.07 ~ 2006.07
	목적기초연구사업	노후 하수도관거의 체계적 정비와 관리를 위한 의사결정시스템의 개발	2001.09 ~ 2004.08
	특정기초연구지원	건축프로젝트의 최적설계 대안평가를 위한 협력의사결정지원 모델 및 시스템구축	2004.09 ~ 2007.08
	특정기초연구지원	데이터웨어 하우스와 데이터마이닝 기술을 활용한 건설생산성관리 및 예측모델개발	2005.04 ~ 2008.03
중소기업청	중소기업기술혁신개발	WEB기반 하의 건설 / IT정보시스템 고도화를 위한 PMIS	2005.07 ~ 2006.06

- 각종 건설자원 및 구조물에 대한 대단위 건설정보의 자동취득, 관리 및 모니터링에 관한 기술개발은 아직 미진한 상태임.
- 시뮬레이션 및 모델링 기술은 대부분 설계단계를 표현하는데 국한되고 있음. 시공정보를 바탕으로 모델링하는 기술의 개발은 미흡한 실정임.
- 공정관리시스템 개발은 대부분 현장관리에 따른 데이터취득에 따라 자재의 적시조달에 중점적이며 소프트웨어적인 처리에만 국한하는 문제를 가지고 있음.
- 실제의 현장 시공단계에 발생하는 시공데이터 취득에 대해서 단일 센서를 이용한 취득에 머무르며 취득된 데이터의 처리 및 구조물환경 측정, 공정관리시스템 및 의사결정 시스템과의 통합운영에 관한 연구가 미흡.

(1) 과제 차별화 방안

- 현재 RFID 및 첨단센서를 이용한 단기적인 연구들이 진행되어지고 있으나 대부분 정적인 자재 및 인력관리 등의 한계를 보이고 있음. 본 과제에서는 현재까지 개발된 개별 첨단기술들을 건설 응용으로 변환 통합하는 목적을 가짐. 건설 프로젝트 전체를 동적으로 모니터링하며 효율적이고 최상의 건설환경을 제시해 줄 수 있는 프로젝트 관리 시스템을 개발하고자 함.
- 자재 및 자원 위치추적 기술과 같은 원천기술을 바탕으로 건설자원 및 구조물의 상태를 측정하고 모니터링 하는 응용기술을 개발하고자 함.
- 대단위 토목공사 등에 적용 가능한 프로젝트 통합 모니터링 시스템의 개발로 해외 건설의 수주능력 향상 및 국내 건설의 시공품질향상 등에 영향을 줄 수 있을 것임.
- 타 과제에서 개발된 원천기술 및 PMIS와 같은 기존 연구물의 기초연구자료를 최대한 수용하고 이런 기술의 응용력을 향상시켜 빠른 시간 내에 건설현장에서 사용가능한 첨단융합건설기술을 개발하는데 목적을 둠.
- 특히, 구조물의 상태 모니터링 및 관리기술등은 건설품질과 관련된 기술로서 향후 감독 및 감리에 아주 유용하게 사용될 수 있는 기술임.

4. 핵심 요소기술

가. 핵심 요소기술의 정의

□ 세부핵심기술을 달성하기 위하여 필요한 요소기술들은 다음과 같이 정의됨.

- 이미지 프로세싱기술은 카메라를 활용하여 건설 산업의 전 분야에 걸쳐 그 활용방안이 활발히 연구되고 있으며 SPOT 이나 LANDSAT 인공위성사진 혹은 항공사진을 활용한 넓은 지역 국토 정보에 관한 활용에서부터 시설물의 변형이나 균열 같은 파괴정도를 파악하기 위한 국지적인 활용까지 다양한 기술임.
- 레이저 기술은 레이저 빔의 비행 소요시간 (Time of Flight) 을 활용하여 목적물까지의 거리를 정확하게 계산하는 기술이며 건설자원의 움직임을 실시간으로 감시하기 위하여 실시간 3차원 건설현장 모델링, 고속도로 설계 타당성 평가, 고속도로 및 하천 등의 수리학적 평가, 3차원 도시구축을 통한 도시계획, 개발, 부동산 관리에의 활용(Geosim Systems)등에 활용될 수 있는 기술임.
- 시뮬레이션 기술은 구조공학분야에서는 건설구조물의 안정성을 위하여, 발생할 수 있는 여러 하중조건을 바탕으로 수행 되는 정/동역학적인 해석 기술, 최적화된 건설인력/장비/자재의 조합을 포함한 건설현장의 합리적인 구성 기술, 건설 인력/장비/자재 등이 운영되는 확률분포(Probability Distribution)를 바탕으로 프로세스 시뮬레이션기법을 활용하여 가장 최적화된 공사운영방식을 먼저 파악하고 이를 3차원 애니메이션 그래픽으로 표현하는 기술임.
- 공정관리기술은 최소의 비용으로 최대의 효과를 얻기위해 작업방법의 개선, 작업일정 계획의 수립/통제 및 작업에 필요한 건설자원(인력,장비,자재)의 투입, 배당 계획을 수립하고 관리는 총체적인 과정을 전산화하여 관리하는 기술을 말하며 이러한 과정들에 공통의 시간개념을 부여하여 상호연관적인 관리를 목적으로 함. 즉, 제한된 시간내에 주어진 예산범위 내에서 요구하는 품질의 목적물을 생산하는 모든관리의 행위를 Time-Table상에서 진행하는 것을 의미함.
- RFID (Radio Frequency Identification)기술은 활용도가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 건설 IT 의 하나로 물체의 식별을 위해 사용되는 일종의

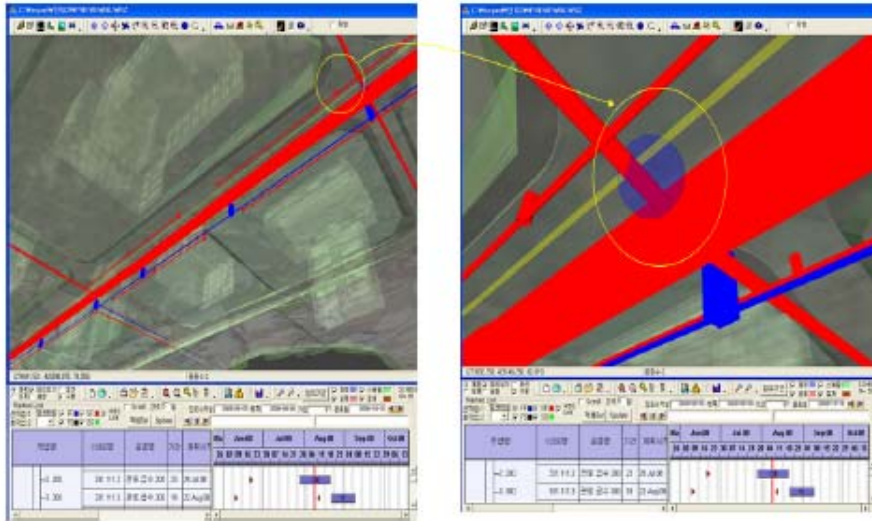
무선 바코드 기술이며 현장 모니터링 시스템의 핵심요소이며 현장자재관리 및 자재공급사슬관리에 필수적임.

나. 핵심요소기술 현황분석

(1) 건설 프로세스 및 기술 시뮬레이션 시스템

- 시뮬레이션(Simulation)이라는 용어는 그 적용분야에 따라 여러 가지 의미로 해석될 수 있으며 구조공학분야에서는 건설구조물의 안정성을 위하여, 발생할 수 있는 여러 하중조건을 바탕으로 수행 되는 정/동역학적인 해석을 의미하며 건설 관리 분야에서는 최적화된 건설인력/장비/자재의 조합을 포함한 건설현장의 합리적인 구성을 위한 프로세스 시뮬레이션을 뜻함 또한 군사작전의 적정성을 검토하기 위한 전쟁게임(War Game)도 시뮬레이션의 일종이고, 컴퓨터 그래픽스 분야에서 3차원 CAD모델을 만들어 앞으로 설치할 구조물을 미리 보여주는 것도 시뮬레이션이라 불림.
- 통합되고 자동화된 기술의 건설 산업 도입을 목표로 설립된, 발주회사, 건설회사, 정부출연 연구소, 학계 등의 연합체인 미국 FIATECH(Fully Integrated and Automated Technology)에 의한 설문조사에 따르면 건설에 가장 필요한 기술로 선정.
- 4차원 캐드는 대표적인 건설 시뮬레이션 도구로서 건설공사는 3차원의 현실세계에서 수행되는 작업이지만, 건설공사에 사용되는 도면을 비롯한 자료들과 공사관리를 지원하는 각종 시스템들은 평면적인 데이터를 활용하는 것으로, 공간 및 시간(공정)과 관련된 내용을 효과적으로 보여주거나, 의사소통을 지원하지 못함. 이러한 평면적인 데이터를 이용하여 공사의 수행에 대한 내용을 계획하고, 관리하는 데서 오는 불필요한 많은 문제점들이 발생, 이러한 문제인식에서 출발한 개념이 4D CAD(3D Model + Schedule(time))임.
- 4D CAD의 장점으로는 공법 및 공정 대안 검토, 건설공정의 동적 시뮬레이션, 공사 참여자간의 의사소통을 증진 등이 있으며 3D CAD와 공정관리 프로그램을 접목한 4D CAD는 공사 진행 상황을 가시화함으로써 공정 순서의 합리성, 타당성 등을 사전에 점검해 볼 수 있는 틀로 사용이 가능함.
- 미국 Stanford University에서 1996년 처음 공사에 병원 재건축 프로젝트에 적용하여 그 실효성을 소개하였으며 이를 건설회사에 아웃소싱해 주는 여러 회사가 존재함 (CommonPoint, ArchiCAD, GSA, 등). 미국의 교통국을 대표하는

CalTrans의 경우 'CADD & Engineering GIS Support'파트에서 도로설계 시스템에 3차원 CAD 시스템이며, 지속적으로 기능을 확대 및 개발 하고 있음. 한국에서도 이를 상용화하여 토목 및 건축 공사에 특성화시키는 상용 프로그램들이 나오고 있음. (두올테크, 지오엔티, 코아텍, 나모소프트, 이도엔지니어링 등)



<그림 29. 4차원 캐드를 활용한 배관작업의 간섭현상 검증기능>

- 최근의 공정관리 분야에 있어 3차원 CAD와 VR(Virtual Reality)기술을 이용한 연구는 다양하게 이루어지고 있음.
- 현재는 4D CAD 와 Flyby, Walkthru 영상 기법 및 가상현실기술과 통합하여 복잡한 공정이나 안전관리가 중요시 되는 공법을 사전 연습해 보는 기술로 쓰이고 있으며 5D CAD까지 범위를 확대하여 적용. 5차원 캐드는 4차원 캐드의 개념에 원가 및 인력 관리를 연계 시킨 것으로 3D 모델을 기반으로 한 차세대 기술로 각광 받고 있음.
- 현재의 4차원 CAD는 일반적으로, 콘크리트 기둥, 기초, 벽체 등의 구체적인 요소구조물과 연관이 된 작업수준((Activity Level)의 해상도를 가지고 표현하지만 건설공사의 구체적 시공성(Constructability)과 생산성(Productivity)의 이해를 위해서는 좀 더 세밀한 운영수준(Operation Level)에 해당하는 해상도가 바탕이 되어야 함.
- 또한 현재 개발되고 있거나 발표된 대부분의 4D시스템들은 건축공사 및 플랜트 시설물을 대상으로 하는 일정연계 기능의 공정관리 중심 내용이 대부분임. 따라서 진정한 의미의 향후 공정에 대한 예측을 포함하는 공정진도관리 등을 표현하

지 못하기 때문에 진정한 의미의 시뮬레이션이라고 보기 어려움.

- 건설인력/장비/자재 등이 운영되는 확률분포(Probability Distribution)를 바탕으로 프로세스 시뮬레이션기법을 활용하여 가장 최적화된 공사운영방식을 먼저 파악하고 이를 3차원 애니메이션 그래픽으로 표현하는 것이 진정한 의미의 시뮬레이션 기술로 평가되며 현재 건설 프로세스를 기반으로 한 대표적인 시뮬레이션 기법으로는 주로 Stroboscope등의 2차원 프로세스 기법이 이용되고 있음. 이는 프로세스 내에 유기적으로 연결된 공정들을 모델링하여 생산성을 예측하는데 사용되며, 시뮬레이션의 결과 값을 통해 실질적인 생산성을 예측할 수 있으며, 생산성을 향상시키기 위해 현 상황의 문제점을 찾고 대안을 제시할 수 있음.

(2) 건설 현장 자원 모니터링 시스템 개발

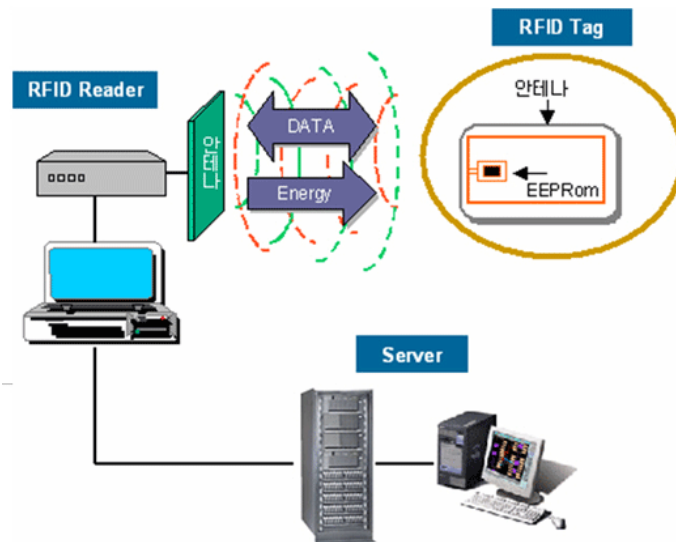
- 현장 상황을 실시간에 알 수 있도록 하는 실시간 현장 모니터링 시스템은 유·무선통신을 이용하여 구성할 수 있으며, 시스템의 통신방법에 따라 RF(RFID)를 이용하는 방법, 인공위성통신을 이용하는 방법, CDMA 통신을 이용하는 방법 등이 있음.

□ RFID

- Radio Frequency Identification의 약자로 자동인식(AIDC) 기술의 한 종류이며 Micro-chip을 내장한 Tag, Label, Card 등에 저장된 데이터를 무선주파수를 이용하여 비접촉으로 읽는 기술로 태그 반도체 칩과 안테나는 이러한 정보를 무선으로 수미터에서 수십미터까지 보내며 Reader는 이 신호를 받아 상품 정보를 해독한 후 컴퓨터로 보냄. 태그가 달린 목적물은 언제 어디서나 자동적으로 확인 또는 추적이 가능하며 태그는 메모리를 내장하여 정보의 갱신 및 수정이 가능함.
- 전자태그(RFID Tag)는 정보축적과 발신기능을 가지는 매우 작은 칩으로 해당 상품의 세부 정보를 담고 있으며, 고주파(RF) 신호를 받으면 내장된 정보를 전송하는 방식으로 구조는 크게 세가지로 구성요소가 조합되어야 제 기능을 발휘함. 리더(Reader or Interrogator)와 트랜스폰더(일반적으로 Tag라고 함) 및 컴퓨터 혹은 기타 데이터를 가공할 수 있는 장비로 구성됨. 전자태그(RFID) 리더에는 Tag를 향하여 전파를 주고받는 전자회로 부분을 가지고 있으며 Reader 내에 마이크로프로세서는 Tag로부터 들어오는 신호를 바꿔주거나 그 데이터의 신호를 검증하면서 기억장치인 메모리에 저장하기도 하며 필요에 따라서는 나중에 송신하기도 함. Antenna는 전파를 주고받을 수 있는 전자회로부분과 같이 케이스에 포함되어 있거나 단독으로 분

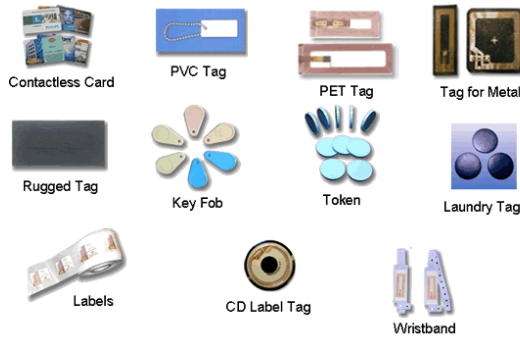
리되어 있는 경우도 있음. 태그에는 IC Chip과 연결된 안테나와 전파동조를 위한 콘덴서가 내장되어 있음. IC Chip의 크기는 최근 0.4mm 크기까지 개발된 상태이며 전자태그의 태그는 크게 배터리 내장여부와 주파수 대역에 따른 구분으로 나누어질 수 있음.

- RFID 기술은 그 활용도가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되는 건설 IT 의 하나로 물체의 식별을 위해 사용되는 일종의 무선 바코드 기술이며 기존의 바코드 기술은 식별하려고 하는 물체의 바코드 표시 부분에 판독기 (Reader)를 아주 가까이 접근시켜 그 물체의 정보를 파악 하였던 것에 반하여, RFID 기술은 판독기와 전자 태그 간의 상당한 거리가 존재해도 그 물체의 정보를 파악할 수 있음.



<그림 30. RFID 시스템>

- RFID 기술의 또 하나의 중요한 장점은 기존에 적혀있던 전자 태그안의 정보를 언제든지 바꿀 수 있는 기능이며 이는 상황에 따라 유용하게 활용될 수 있는 전자태그기술의 한 특성으로 전자태그의 재활용 또한 가능케 함.
- RFID 기술은 물류, 교통, 의료, 공항 등 다양한 분야에 응용된 사례는 많으나 아직 건설분야의 적용은 많지 않은 실정임.(표 25 참조) 현재 많이 시도되고 있는 전자태그기술의 건설 분야 활용 예는 건설자재관리에 집중되고 있음.



<그림 31. 다양한 형태의 태그>

- 프리캐스트 콘크리트나 강구조 부재 등의 건설자재에 전자태그를 부착하여 이들이 생산지부터 건설현장에 도착할 때까지의 상황을 쉽게 파악 가능

<표 28. RFID의 응용 분야와 응용 형태>

분야	응용형태	사업수행대상	비고	
공공	주민등록/면허증/여권/방재정보/증명서 교부/공공시설예약/도서대출/긴급서비스/국방/환경	정부(행정부, 국방부, 외교통상부, 지자체 등)	태그형	라벨형, 코인형, 큐브형, 모듈형 등
금융	전화카드/휴대폰UM/위성방송	금융기관	카드형	IC카드, 스마트카드, 싱킹카드 등
상거래	현금카드/신용카드/전자화폐/결제/포인트	매장		
ID	백화점/슈퍼/소매점/쇼핑센터/자판기/점객업	학교(회사, 극장 등)		
통신/방송	전화카드/휴대폰UM/위성방송카드	통신업체	칩형	휴대폰, PDA, 시계 등
물류	운수	고속도로/철도/지하철/버스/수송관리/도로요금/교통정보		
	제조	FA/유통/선적/창고업/부품이력		
의료	건강보험/진료권/예방접종정보	보험공단(병원 등)	기타	배지형, 전자포스터, 열쇠 등
복지	경로우대 버스승차권 등			
기타	보안배지/극장·도서실 좌석예약/게임/서적포스터			

- 현재 RFID의 건설산업에 효과적으로 적용하기 위해서 칩의 표준화 및 건설 현장에 적합한 규격화가 필수적임. 제조업과 다른 건설업의 특성상 현장의 특성을 고려하여야 하며 이를 칩 설계와 네트워킹에 반영하여 계획하여야 함. 건설산업에서의 대부분의 RFID 연구가 기존 RFID를 사용하여 실제 건

설 현장의 적용성이 떨어짐. 또한 전자 태그끼리의 통신 또한 앞으로 진지하게 연구되어야 할 중요한 과제중 하나로 소위 말하는 유비쿼터스 센서 네트워크 (Ubiquitous Sensor Network (USN)) 의 핵심 과제가 됨.

□ 스테레오 비전(Stereo Vision) 기술

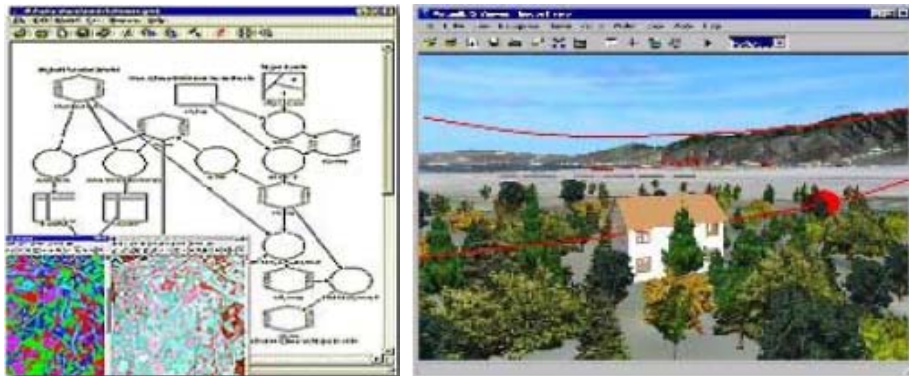
- 카메라의 활용은 건설 산업의 전 분야에 걸쳐 그 활용방안이 활발히 연구되고 있는데 SPOT 이나 LANDSAT 인공위성사진 혹은 항공사진을 활용한 넓은 지역 국토 정보에 관한 활용에서부터 시설물의 변형이나 균열 같은 파괴 정도를 파악하기 위한 국지적인 활용까지 다양함.
- 3차원 GIS의 가장 큰 강점은 실세계와 같은 시각적 정보를 제공해 주는데 있음. 따라서 지금까지 대부분의 연구가 가시화를 위한 처리속도의 향상과 실사의 정교한 재현을 위주로 이루어졌음. 그러나 현재는 점차적으로 인터넷상에서 3차원 GIS를 제공하기 위한 분산 환경에서의 정보처리에 관한 연구가 이루어지고 있음.
- 지식정보화사회에서 차세대 GIS 시장을 주도할 소프트웨어 기반 기술로는 3차원 자료 취득 및 분석, 인터넷 응용기술, 대용량 공간정보 분산처리 기술, 실시간 자료처리 기술이 핵심 요소로 인식되고 있음. 3차원 GIS 소프트웨어는 인터넷 응용 기술, 대용량 데이터 베이스 응용기술, 실시간 대용량 자료 처리 기술, 3차원그래픽 처리 기술, 가상 현실 기술 등 고난도의 제반 요소 기술들이 종합적으로 적용되는 고부가가치 통합 개발 기술로 국내 자체 개발의 필요성이 시급히 대두되고 있음.
- 이러한 3차원 GIS 관련 기술은 다음 표. 31과 같이 1980년대부터 현재까지 3차원 지형분석의 2차원적 표현에서부터 3차원 지형의 가시화 및 분석 시스템을 거쳐 최근 3차원 가상도시 단계까지 발전해 오고 있음.

<표 29. 3차원 GIS관련 기술발전 추세>

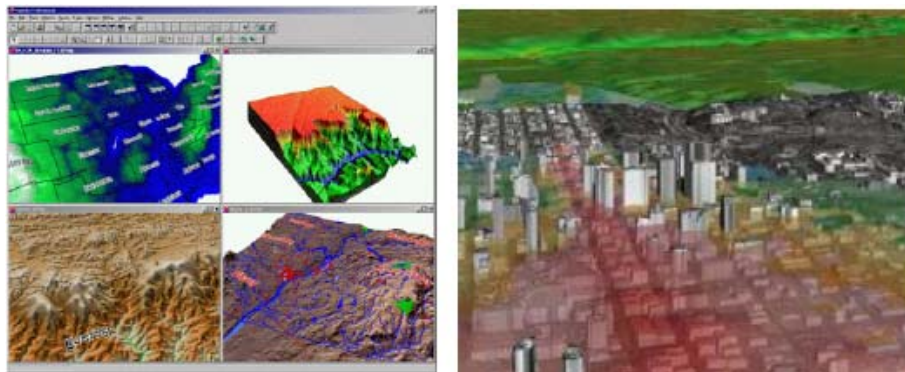
단계	개요
1단계	3차원 지형분석의 2차원적 표현
2단계	3차원 지형 가시화 (Flight Simulation)
3단계	3차원 지형분석
4단계	3차원 가상도시 (Browsing)
5단계	능동적 3차원 가상세계 (Analysis)

- 건설 관련 상용 3D GIS 소프트웨어로는 ERDAS와 Mapinfo가 있으며 ERDAS는 소프트웨어로 현실감 있는 지형, 시설물 가시화 및 이를 위한 편리

한 사용자 인터페이스 제공하며 Mapinfo는 지형정보와 비 지형정보의 Data를 서로 결합하여 각종 공간정보의 생성 또는 표현, 오브젝트와 데이터의 편집, 버퍼링과 같은 지리적 분석과 로컬 및 원격데이터를 액세스하여 질의하는 등 종합적인 분석 기능을 수행하여 각종 종합 정보관리에 맞게 활용할 수 있음.



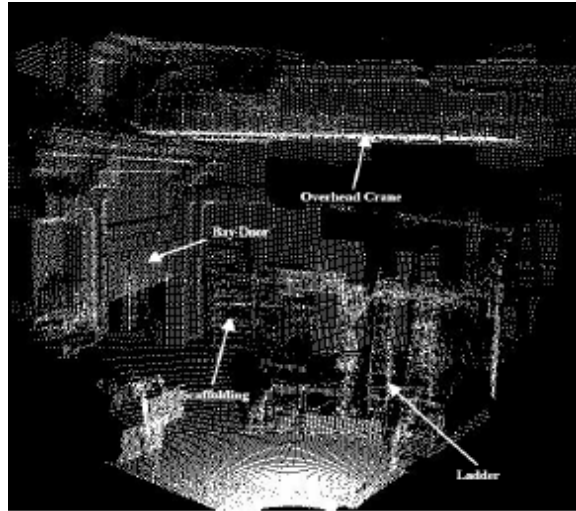
<그림 32. ERDAS사 제품 실행화면>



<그림 33. MapInfo Professional & Vertical Mapper 실행화면>

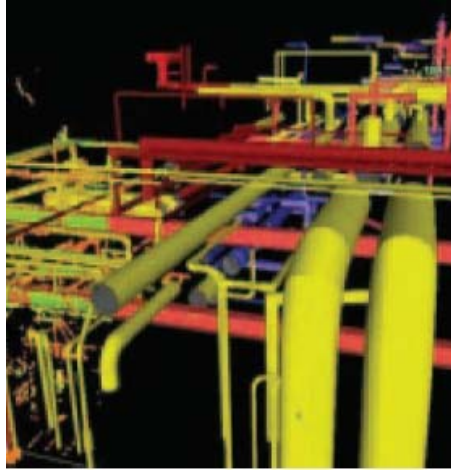
□ 레이저 기술의 활용

- 건설 분야에서의 3차원 공간 모델링은 다양한 분야에서 활용되고 있으며 대부분의 3차원 공간 모델링은 고밀도 3차원 레이저 스캐닝 시스템을 통하여 이루어지고 있음. 현재 사용되어 지고 있는 시스템 가운데 건설 산업에서 가장 대표적인 예는 미국 국립 표준 기술원(NIST)의 LADAR(Laser Distance And Ranging) 시스템을 들 수 있음. 미국 국립 표준 기술원에 의한 연구는 LADAR가 기존의 3차원 준공 모델(그림. 34)의 구현뿐만 아니라 건설 현장 자재 추적 시스템과 같은 프로젝트 컨트롤에 관련된 분야에서도 사용될 수 있다는 것을 보여줌.



<그림 34. NIST의 LADAR를 사용하여 얻은 40,000 데이터 포인트(Stone et al, 2000)>

- 상용화된 대표적인 시스템으로는 사이라(Cyra)에서 개발한 (Cyrax)라는 레이저 스캐닝 시스템을 들 수 있음. 사이락스 시스템은 2차원 드로잉, 산업 표준 CAD, 그래픽 모델링 시스템(IGES, AutoCAD, DXF, Microstation DGN, ASCII, BMP, and JPEG)으로 변환이 가능한 3차원 모델 생성 소프트웨어와 정밀한 거리 측정 센서로 구성됨. 사이락스 시스템은 여러 프로젝트들에 사용되어 지고 있으며 대표적으로 영국 석유 회사(British Petroleum)의 석유 정제 시설 보수 프로젝트(그림. 35)나 워싱턴 그룹(Washington group)의 펄프생산 공장 보수 프로젝트와 같은 다양한 건설 프로젝트의 3차원 공간 모델링에 사용되어짐.



<그림 35. 3차원 공간 모델 - 석유 정제 시설 보수 공사(Cyra, 2003)>

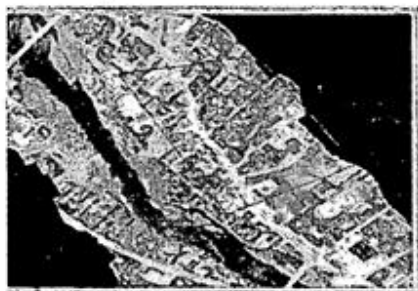
- LADAR (Laser Detection And Ranging)는 레이저 빔의 비행 소요시간 (Time of Flight) 을 활용하여 목적물까지의 거리를 정확하게 계산하는 기술이며 일반적으로 LIDAR 는 하나의 레이저빔을 여러 방향으로 주사하는 방식으로 구성되어 있으므로, 주위환경의 3차원 자료를 획득하는데 짧게는 몇 십 분에서 길게는 몇 시간이 소요됨.
- 최근에는 플래쉬 라이다 (Flash Lidar) 라고 하는 장치가 개발되어 그 활용성이 시험되고 있음.
- 건설장비의 움직임을 실시간으로 감시하기 위하여 건설현장의 3차원 모델을 실시간으로 개정할 필요가 있을 경우 활용될 수 있는 좀 더 간단한 방식의 일축 레이저 측정기 (Single Axis Laser Range Finder) 에 대한 활용 연구 및 여러 개의 레이저 빔 방출장치를 하나의 패키지로 만들어 짧은 시간에 주위환경의 3차원 자료 획득이 가능한 플래쉬 레이저(Flash Laser)의 적용이 필요할 것으로 예상됨.

□ 센서 데이터 융합기술

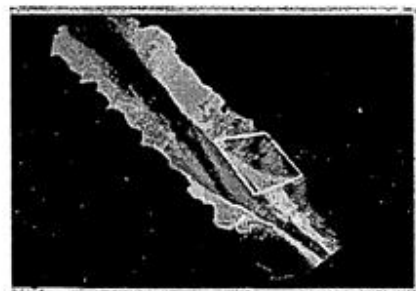
- 자료융합은 일반적으로 둘 혹은 그 이상의 서로 다른 자료들의 장점이나 특징을 이용하여 새로운 자료의 생성을 의미하며, 동일센서 및 이종센서간의 융합으로 크게 나눌 수 있음. 동일센서간의 융합은 다양한 기술이 개발된 상태이며, 이종센서간의 융합 기술은 현재 외국에서 연구 중에 있으며 국내에서도 시도가 되고 있으나 시작 단계임.
- 동일센서간의 융합은 일반적으로 광학영상에 적용되어 왔으며 Panchroma

-tic 영상과 multi-spectral 영상간의 융합이 많이 이루어지고 있으며. 융합 기술에는 Brovey, CN, HPF, IHS, PCA, Wavelet 등이 있음. 동일센서간의 융합은 고해상도 영상의 융합에 활용이 가능함.

- 이종센서간의 융합은 각각의 기술들을 통해 획득된 데이터간의 융합으로 3차원 공간정보 구축에 있어 상당히 중요한 기술 중 하나라고 할 수 있음. 특히, Lidar와 모바일 스캐닝 시스템과 수치지도의 융합, 지상 레이저 스캐너와 모바일 매핑시스템의 융합, LiDAR 데이터와 고해상영상과의 융합 등 다양한 방법으로 다양한 정보를 생성할 수 있음.



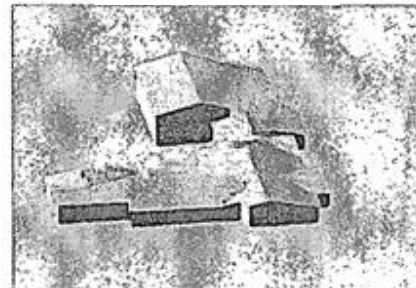
LIDAR측량(D/C포함)



고정밀 DEM 취득



건물 Feature 취득



건물 3D 모델 생성

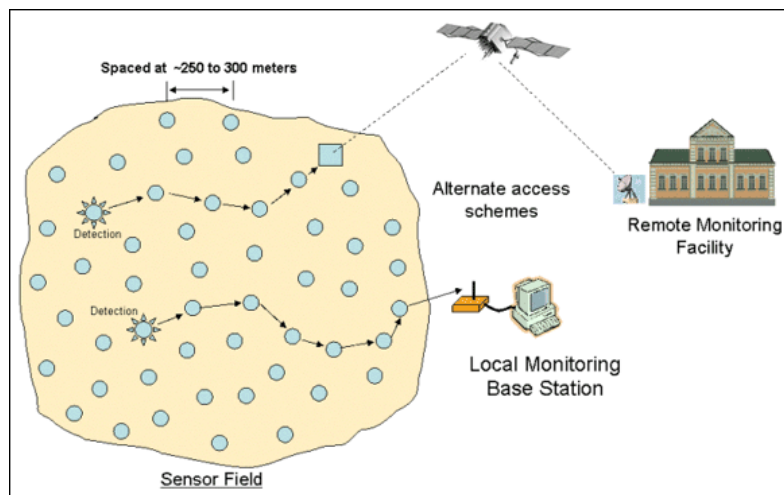
<그림 36. LiDAR와 디지털 영상을 이용한 건물의 3D-Model 생성>

□ 유비쿼터스 센서 네트워크 (Ubiquitous Sensor Network)

- 유비쿼터스 센서 네트워크(USN)는 주변의 물리적인 현상을 감지하는 각각의 센서들에 네트워크 개념과 실시간 프로세싱 개념을 추가하여 사물의 존재 및 위치, 물리적인 수치값등을 감지한 정보를 네트워크로 연동하고 실시간 관리, 제어하는 네트워크 기술임. USN은 무선 센서 네트워크(WSN: Wireless Sensor Network)기술로도 표현할 수 있음. SoC(System on Chip), MEMS(Micro Electro Mechanical Systems)기술, 나노기술등과 같이 초소형 센서의 하드웨어적인 기술이 발전과 함께 다양한 센서를 이용한 무

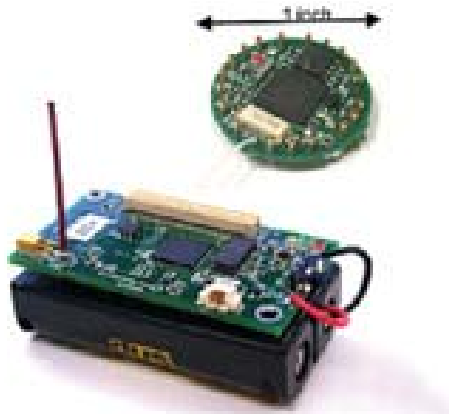
선센서 네트워크의 구축해 가능해졌음.

- 최근 시설물 모니터링 및 해양 생태계 분석과 모니터링 등 자연환경 및 여러 가지 시설물 등에 응용되어 많은 효과를 보고 있음. 특히 컴퓨터 산업의 선두주자인 인텔이 건설분야의 USN기술과 관련된 여러 연구에 참여하고 있음. 인텔은 건설시장에서의 Smart Chip 분야에 있어서의 활용성 및 시장성 분석을 통하여 그 가능성을 예측하고 시장가능성에 입각하여 현장적용성 테스트에 적극 참여하고 있음. 특히 시설물의 안전 및 보안을 위해 자체 개발한 Mote라는 센서끼리 통신이 가능한 지능형 센서모듈을 이용하여 금문교에서의 지진발생 계측 및 산불과 같은 재해 가능지역에서 실제 재해예방 계측을 함으로서 활용성을 테스트 하고 있음.
- 소형반도체 기반의 MEMS기술을 활용하여 콘크리트 및 철골구조물의 거동 계측에 응용하고 있으며 콘크리트 양생온도 측정에 의한 강도분석과 같은 연구에서 시작하여 철근, 콘크리트, 철골등의 변형률을 상시 계측할 수 있는 무선기반 센서모듈들이 개발되어 지고 있음. 미국과학재단에서는 가장 유망한 연구분야로 지정하여 2000년 초반부터 막대한 연구비를 투자하고 있으며 국가적 차원에서 시설물 관리 및 안전예방 분야를 중점적으로 지원하고 있음. 미국정부의 분석에 의하면 향후 건설산업의 성패는 생산성 향상과 프로젝트 비용의 절감에 있으며 이러한 목표를 달성하기 위해 첨단기술 특히 센서 기술, 무선통신 기술과 최적화기술의 건설산업에의 확대적용 없이는 불가능 하다고 전망함.



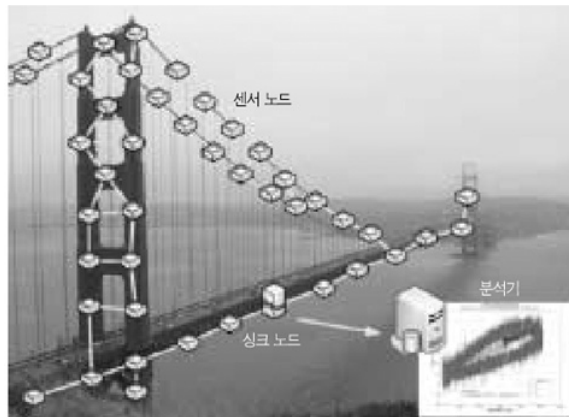
출처 : www.alicosystems.com

<그림 37. 무선 센서 네트워크 구조>



<그림 38. 네트워크용 무선 센서 장치(Mote)>

- USN 적용 사례를 살펴보면, 미국 UC 버클리는 가속도 센서가 부착된 약 200개의 무선 센서 노드를 캘리포니아의 금문교(Golden Gate Bridge)에 설치해 구조물 상태 모니터링(Structure Health Monitoring)을 실시하고 있음. 기존의 유선 센서 네트워크를 이용하면 수백 가닥과 수백 미터의 케이블이 필요하나, 무선 센서 노드와 멀티 홉 라우팅 기술을 활용해 거대한 구조물의 진단을 효율적으로 할 수 있음.



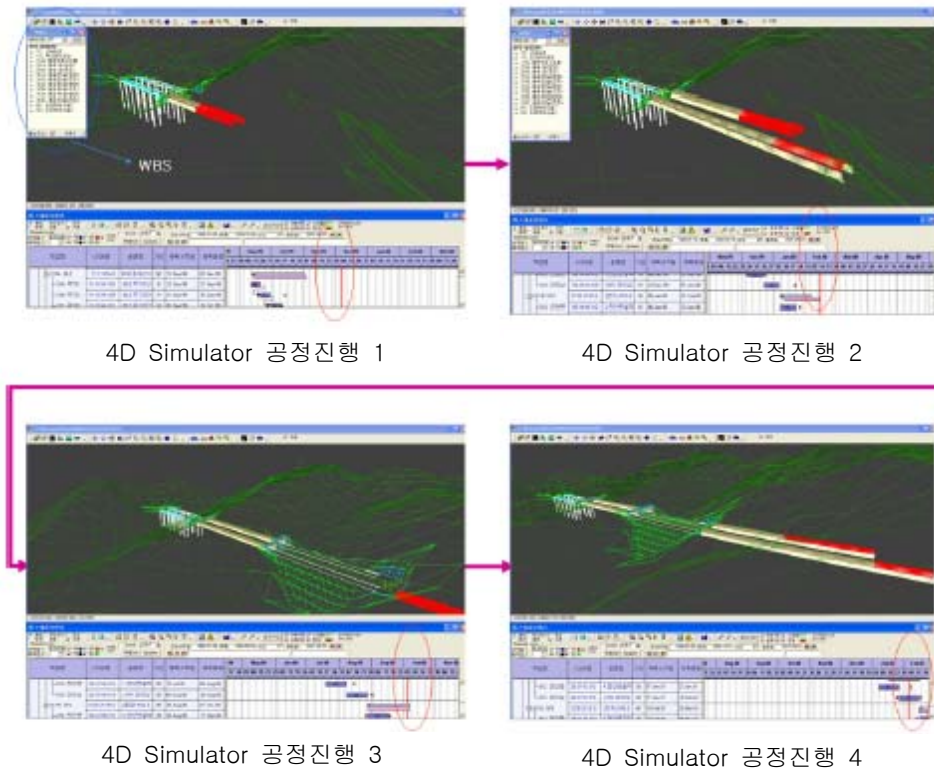
<그림 39. 금문교의 USN 적용 개념도>

(3) 구조물상태 기반의 공정관리 시스템 개발

- 건설공사의 관리를 위한 공정관리 전산시스템의 경우, 국내 건설업계에서는 국내외에서 개발한 시스템을 도입·활용하고 있으며, 최근에는 자체적으로 공정관리 전산시스템을 개발하여 활용하고 있으며, 전산공정관리 업무의 활성화가 유도되고 있음. 그 종류로는 Nex-Pert, ARTEMIS(7000/386),

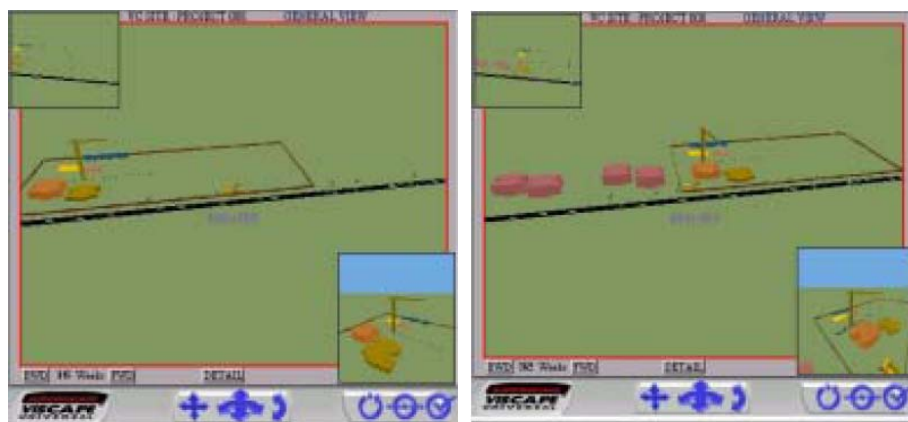
P3(Primavera Project Planner), MS Project 등이 있음.

- 3차원 모델을 이용한 공정의 가시화 연구는 부재를 표현하는 오브젝트에 개시 또는 종료시각을 부여함으로써 오브젝트가 출현하는 상황을 시계열적 및 시각적으로 파악 가능함을 보이고 있으나, 각각의 오브젝트가 출현하는 시각의 부여는 2차원공정표의 작성 후 수동 또는 오브젝트 명을 일치시켜 이루어지고 있음.
- 4차원 도구에서 진도관리기능을 갖춘 개발사례들은 많지 않으므로, 기존 연구들에서도 4차원 도구의 일정 및 진도관리 기능 개선을 시도한 연구들은 부족. 즉, 기존의 연구들은 기본적 4차원 객체구현기능과 4차원 객체 구성 결과물을 장비관리 등의 다른 정보에 연계하는 방법 및 실제공사의 적용사례 내용 등으로 구성되어 있음.
- 기존 4D도구들에서 대표적 시스템은 스탠포드대학 연구시스템, 핀란드 VTT에서 개발한 시스템을 비롯하여 일반기업에서 상용화를 목적으로 개발한 Virtualstep, PM-Version 등이 대표적 시스템들이라 할 수 있음. 이들 중 진도관리기능을 구현한 사례로는 스탠포드대학 연구시스템 및 Virtualstep 등이 있으며 4차원 객체 구현 시 현시점까지의 종합 진도율을 막대(Bar) 형태로 제시함.
- 국내에서는 일반적으로 4D시스템 개념의 도구를 Bentley에서 개발한 Schedule Simulator 등을 이용하여 일부 공사에 적용한 사례가 있으며, 기타 일부기관에서 상용화를 목적으로 개발 중에 있는 시스템들이 있음. 이러한 모든 4D시스템들은 기본적 기능으로 일정관리 모듈을 갖추고 있으며, 일정관리 기능의 차이점은 외부 소프트웨어에 의한 공정 및 도면 정보의 이용 여부와 자체기능에 의한 공정 및 도면정보의 생성 여부 등에 따른 방법론적 차이점을 갖고 있음.



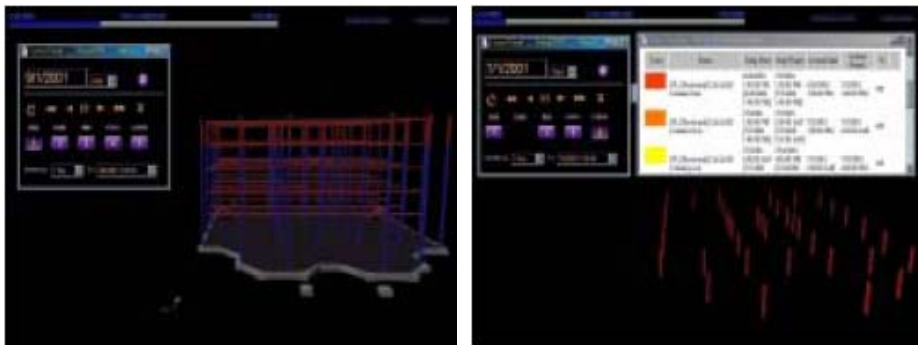
<그림 40. 고속도로 프로젝트의 4D모델 로드 과정>

- 스코틀랜드 Strathclyde대학 VCSRG(Virtual Construction Simulation Research Group)에서는 건물공사 외에 건물배치도 전체를 파악할 수 있는 VR-Planner를 시험적으로 구현한 바 있음. VR-Planner는 시스템내의 진도 관리기능에서 진도체크를 원하는 임의시점을 입력하면 해당시점까지의 진도를 계획대비 초과 또는 지연 상태를 알려주고, 초과 또는 지연된 물량을 주요 공종단위로 제공해 줌.



<그림 41. 16주째, 32주째의 부지현황도(VR-Planner)>

- VirtualSTEP에서 개발한 4D Navigator는 공정관리기능과 비용관리 및 유지 관리 기능까지 접목한 4차원 시스템으로 시판 중에 있음. VirtualSTEP의 4D Planner는 2D의 일정표(Schedule)와 3D의 도면을 연계하는 Simulator의 일종이며, 4D Navigator는 4D Planner로 생성된 4D를 웹상에서 구현하는 도구역할을 함. 4D Navigator의 기능은 기존의 2D 공정표와 3D 도면의 단순한 연계이외에 임의시점의 공정현황을 비용관리와 연계하여 분석할 수 있도록 하고 있음.



<그림 42. 골조조립작업 및 주공정 표현>



<그림 43. 자원 산적도 및 비용·자원관리메뉴>

- 최근 4D-CAD와 원격지에 설치된 JavaCam을 이용해 원격지 화상을 인터넷에 구현하는 기술인 Tele-presence 기술을 연동하여, 실제 현장공사모습과 가상공사 모습의 실시간 비교를 가능하도록 할 수 있음.
- 해외의 활발한 4차원 공간 정보를 기반으로 하는 공정관리 기술의 개발과는 달리 국내에서는 아직 초기 연구단계에 머무르고 있음. 또한 해외의 경우에도 실시간 3차원 공간 정보를 이용하는 공정관리 기술은 아직 개발되지 않음. 공간정보를 이용한 공중관리 기술의 개발은 공사 관리의 효율화와 직접적인 연관이 있고 이를 통해 효율적인 공정관리가 가능함.

5. 연구목표 및 내용

가. 최종 연구목표

- 첨단센서를 활용한 대형 건설현장(교량 및 터널 현장)의 자재, 장비, 인력 및 구조물 등에 대한 실시간 시공관리기술 개발(대상 교량 : 사장교, 현수교를 제외한 교량)
 - 건설현장 실시간 시공관리기술 개발
 - 건설 자재의 실시간 동적위치 정보를 활용한 자재 관리기술 개발
 - 건설 장비 및 인력의 실시간 동적위치 정보를 활용한 장비/인력 관리기술 개발
 - 구조물의 실시간 동적형상 정보를 활용한 (시공중)구조물 관리기술 개발
 - 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발
 - 건설현장 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 기술 개발
 - 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발

나. 연구개발 내용

□ 세부과제 1 : 건설현장 실시간 시공관리기술 개발

1-1. 건설 자재의 실시간 동적위치 정보를 활용한 자재 관리기술 개발

- 1) 건설자재 실시간 동적위치 기반 표준화된 자재관리 업무 분석
- 2) 공사별 센서 특성 및 성능에 따른 센서 최적 배치 및 네트워킹 기술
- 3) 자재별 센서부착 기술(하우징, 부착장비, 삽입장비 등)
- 4) 자재 검수시 실시간 상태 확인 기술(단말기를 통한 자재 검수 후 정보 전송 기술 등)
- 5) 건설 자재 관리용 미들웨어 및 네트워크 응용 기술
- 6) 주문형 자재에 대한 공급자 생산관리시스템과 자재정보 연계 기술
- 7) 통합관리시스템(2세부)과의 연계 기술

☞ 목표 성능기준

- 1) 관리 대상 : 교량 및 터널공사의 진도관리에 활용될 수 있는 대표 자재를 정의하고, 대표 자재(현장 및 공장생산) 모두를 포함할 것
 - ※ 대표 자재 : 실시간 동적위치 정보를 활용함으로써 자재관리 효율성 향상에 기여할 수 있는 자재
- 2) 관리 정보 :
 - 자재 위치 정보(입고, 출고, 야적)
 - 자재 사용 정보(이동, 설치)
 - 물량 및 자재 속성 등 실시간 자재관리에 필요한 정보
- 3) 위치인식 정확도 : 5m이내
- 4) 모니터링 업데이트 : 실시간
- 5) 미들웨어 성능 기준 :
 - 응용 인터페이스 구현 및 API제시
 - 다양한 센서와의 통신지원 API 제시
 - DB 엔진과의 연동지원
 - 다양한 유무선 통신인터페이스 연동지원
 - 통합관리시스템(2세부)과의 연동기능 지원

1-2. 건설 장비 및 인력의 실시간 동적위치 정보를 활용한 장비/인력 관리기술 개발

- 1) 건설 장비/인력의 실시간 동적위치 기반 표준화된 장비/인력 관리 업무 분석
- 2) 공사별 센서 특성 및 성능에 따른 센서 최적 배치 및 네트워킹 기술
- 3) 건설 장비/인력의 실시간 동적위치 정보를 활용한 현장안전관리 기술
- 4) 건설 장비/인력의 실시간 상태 확인 기술(단말기를 통한 장비 및 인력 정보 전송 기술 등)
- 5) 건설 장비/인력 관리용 미들웨어 및 네트워크 응용 기술
 - ※ 효율적 추진을 위하여 필요시 1-1과 통합하여 추진 가능
- 6) 통합관리시스템(2세부)과의 연계 기술

☞ 목표 성능기준

- 1) 관리 대상 : 교량 및 터널공사에 활용되는 장비, 인력
- 2) 관리 정보 :
 - 인력 위치·작업상태·동선 정보
 - 장비 위치·작업상태·동선 정보
 - 작업 위험구역 접근상태 정보 등 실시간 인력/장비 관리에 필요한 정보
- 3) 위치인식 정확도 : 5m이내
- 4) 모니터링 업데이트 : 실시간
- 5) 미들웨어 성능 기준 :
 - 응용 인터페이스 구현 및 API제시
 - 다양한 센서와의 통신지원 API 제시
 - DB 엔진과의 연동지원
 - 다양한 유무선 통신인터페이스 연동지원
 - 통합관리시스템(2세부)과의 연동기능 지원

1-3. 구조물의 실시간 동적형상 정보를 활용한 (시공중)구조물 관리기술 개발

- 1) 구조물의 실시간 동적형상 기반 표준화된 (시공중)구조물 관리 업무 분석
- 2) LIDAR, LADAR 등 3D 공간모델링 및 영상해석을 통한 (시공중)구조물 공정 및 물량 산출 기술
- 3) 스캔된 데이터의 후처리 최적화 기술
- 4) 설계 대비 실구조물의 시공오차 분석 기술
- 5) 형상 정보의 유무선 전송 기술
- 6) 구조물 형상 관리용 S/W 및 네트워크 응용 기술
- 7) 통합관리시스템(2세부)과의 연계기술

☞ 목표 성능기준

- 1) 관리 대상 : 교량 및 터널공사의 (시공중)구조물 및 지반
- 2) 관리 정보 :
 - 구조물 형상 정보
 - 구조물 공정(진척율) 및 물량 정보
 - 설계 대비 실구조물의 시공오차 정보 등 실시간 (시공중)구조물 관리에 필요한 정보
 - 터널일 경우 여굴량 및 기타 공사물량(토공, S/C, R/B등) 정보
- 3) 형상인식 정확도 : 시방서 기준조건 이내
- 4) 모니터링 업데이트 : 1일
- 5) S/W 성능 기준 :
 - 응용 인터페이스 구현 및 API제시
 - 3차원 데이터모델 지원
 - 유무선 통신인터페이스 연동지원
 - 통합관리시스템(2세부)과의 연동기능 지원

□ 세부과제 2 : 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발

2-1. 건설현장 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 기술 개발

- 1) 계획단계 자원흐름 및 공정 simulation 활용기술
- 2) 시공중 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 기술
- 3) 3D 형상과 속성 DB 연계기술(공간정보화 및 매핑기술)
- 4) 계획 대비 실시간 자원흐름 및 공정 비교 분석 기술
- 5) 1세부과제와 연계기술

☞ 본 과제 성과물은 시공사, 감리사 등이 최종 사용자(수요자)로서 실제 현장에 사용할 수 있도록 개발되어야 함

☞ 목표 성능기준

- 1) 시각화 정보 : 교량, 터널 공사의 자원(자재, 장비, 구조물의 부재 등) 흐름 및 공정 정보
- 2) 모니터링 업데이트 : 실시간
- 3) S/W 성능 기준 :
 - 3D 모델링 및 텍스처링
 - 애니메이션 효과 및 렌더링

2-2. 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발

- 1) 센서 기반 진도 측정 방안을 고려한 일정/비용 mapping 알고리즘 및 시스템 기능 개발
- 2) 센서를 통해 수집된 실시간 데이터를 진도에 반영하기 위한 알고리즘 및 시스템 기능 개발
- 3) 센서 기반 실시간 수집 데이터와 센서가 적용되지 못한 공종의 진도 통합을 통한 전체 진도율 추정 체계 구축
- 4) 실시간 진도관리 단위 설정을 위한 정보체계 구축
- 5) 정보 호환을 위한 데이터 연계 기술
- 6) 다수의 건설현장 통합관리(Program Management)기술
- 7) 모바일 기기를 이용한 자원흐름 및 공정의 시각화 기술
- 8) 타 과제와 연계기술

☞ 본 과제 성과물은 발주자, 시공사, 감리사 등 다양한 참여주체가 최종 사용자(수요자)로서 실제 현장에 사용할 수 있도록 개발되어야 함

☞ 목표 성능기준

- 1) S/W 성능기준 :
 - 동시사용자 : 100user 이상
 - 응답시간 : 10만 건 기준 10초 이하
- 2) 일반 성능기준
 - RDBMS 적용
 - UNIX or Linux or NT 운영체제 환경지원
 - web base 화면
- 3) 실시간 진도관리 단위 기반으로 진도관리 및 기성관리에 적용성이 극대화될 수 있도록 제안하여야 함
- 4) 실시간으로 보고된 진도율을 발주자가 활용할 수 있도록 구축하여야 함

다. 최종 성과물

□ 세부과제 1 : 건설현장 실시간 시공관리기술 개발

1-1. 건설 자재의 실시간 동적위치 정보를 활용한 자재 관리기술 개발

- 1) 건설 자재의 실시간 동적위치 기반 표준화된 자재관리 업무 절차서
- 2) 공사별 센서 및 네트워킹 등 모니터링 장치의 설치 및 배치 가이드라인
- 3) 대표 자재별 센서 하우징, 부착장비, 삽입장비, 태깅 등
- 4) 휴대용 단말기를 이용한 실시간 자재검수 패키지(H/W, S/W)
- 5) 건설 자재 관리용 미들웨어
- 6) 실시간 건설자재 관리를 위한 동적위치 및 물량 정보 모니터링 S/W

1-2. 건설 장비 및 인력의 실시간 동적위치 정보를 활용한 장비/인력 관리기술 개발

- 1) 건설 장비/인력의 실시간 동적위치 기반 표준화된 장비/인력 관리 업무 절차서
- 2) 공사별 센서 및 네트워킹 등 모니터링 장치의 설치 및 배치 가이드라인
- 건설 장비/인력에 대한 센서 하우징, 부착장비, 삽입장비 등등 고려
- 3) 건설 장비/인력 동선 관리를 통한 안전관리 시스템
- 4) 휴대용 단말기를 이용한 실시간 장비/인력 관리 패키지(H/W, S/W)
- 5) 건설 장비/인력 관리용 미들웨어
- 6) 실시간 건설 장비/인력 관리를 위한 동적위치 정보 모니터링 S/W

1-3. 구조물의 실시간 동적형상 정보를 활용한 (시공중)구조물 관리기술 개발

- 1) (시공중)구조물의 실시간 동적형상 기반 표준화된 구조물 관리 업무 절차서
- 2) LIDAR, LADAR 등 3D 공간모델링 및 영상해석을 통한 (시공중)구조물 공정 및 물량 산출 알고리즘 및 S/W
- 3) 스캔된 데이터의 후처리 최적화 S/W 및 API
- 4) 3D 형상화를 통한 설계자료 대비 공사현황 및 시공오차 분석 시스템
- 5) 형상 정보의 실시간 전송을 위한 건설현장용 유무선 전송 모듈 H/W
- 6) 구조물 형상 관리용 S/W
- 7) 실시간 (시공중)구조물 관리를 위한 동적형상 및 물량 정보 모니터링 S/W

□ 세부과제 2 : 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발

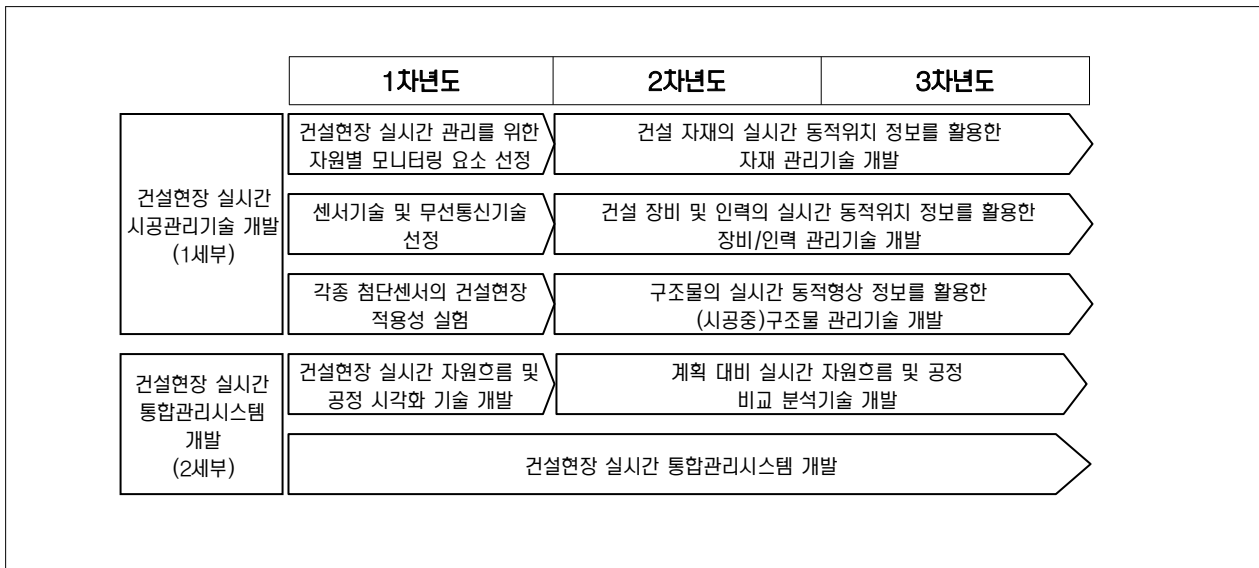
2-1. 건설현장 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 기술 개발

- 1) 계획단계 자원 흐름 및 공정 simulation 활용 가이드라인
- 2) 시공중 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 S/W
- 3) 자원 흐름 및 공정 simulation 객체
- 4) 계획 대비 실시간 자원흐름 및 공정 비교 정보공유 모듈
- 5) 1세부과제 성과물과 연계 모듈 및 매뉴얼

2-2. 건설현장 실시간 통합관리시스템 개발

- 1) 센서 기반 진도 측정 방안을 고려한 일정/비용 mapping 알고리즘 및 S/W
- 2) 센서를 통해 수집된 실시간 데이터를 진도에 반영하기 위한 알고리즘 및 S/W
- 3) 센서 기반 실시간 수집 데이터와 센서가 적용되지 못한 공종의 진도 통합을 통한 전체 진도율 추정S/W
- 4) 정보 호환을 위한 데이터 연계 S/W
- 5) 다수의 건설현장 통합관리(Program Management) 시스템
- 6) 모바일 기기를 이용한 자원흐름 및 공정의 시각화 S/W(모바일 Construction management system)

라. 기술로드맵



6. 연구개발 추진전략

- 연차별 목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 일정계획 수립
 - 1차년도('09년 ~ '10년)
 - 실용화 전 단계(기존기술 융합+신기술 개발)
 - 2차년도('10년 ~ '11년)
 - 실용성 검증 단계(pilot test)
 - 3차년도('11년 ~ '12년)
 - 실용화 완료 및 사업화 전 단계

- '지능형 국토정보기술혁신 사업단(인하대학교, '06~'12)', '건설생산성 향상을 위한 건설 자재 표준화(한국건설자재시험연구원, '06~'11)', '가상 건설시스템 개발(두올테크, '06~'11)', '차세대 지능형 건설물류 관리 자동화 체계 개발(성균관대학교, '06~'09)', '위치정보를 활용한 건설안전리스크 관리기술 개발(서울대학교, '06~'09)' 등 기 수행되었거나, 현재 수행 중인 관련 연구개발결과의 구체적인 연계·통합 및 활용방안을 수립

7. 연구개발비

가. 총 연구개발비

비목	제상기준	산출내역	연구개발비(단위 : 억원)		비율(%)
			1세부과제	2세부과제 합계	
(1)인건비	-	인건비 산정근거 참조	11.88	7.92	19.80
(2-1)연구기자재 및 시설비	-	연구기자재 및 시설비 산정근거 참조	8.78	4.60	13.38
(2-2)시작품 제작비	-	시작품 제작비 산정근거 참조	6.30	-	6.30
(2-3)재료 및 전산처리관리비	-	$(2-3)+(2-4)+(2-5)+(2-6)+(4-3) =$ 인건비*0.537 (건설교통기술연구개발사업 표준연구비 산정모델 구축 참조)	6.38	4.25	10.63
(2-4)여비	-				
(2-5)수용비 및 수수료	-				
(2-6)기술보호활동비	-				
(2-7)연구활동비	1) 과제관리비 : 인건비의 3% 이내 2) 연구활동진흥비 : 인건비 15% 이내	인건비*0.15	1.78	1.19	2.97
소계			23.24	10.04	33.28
(3)위탁연구개발비	(인건비+직접비)의 40%이내	-	-	-	-
(4-1)간접경비	(인건비+직접비)의 15%이내	(인건비+직접비)*0.15	5.27	2.69	7.96
(4-2)연구개발준비금	내부인건비의 30% 이내(정부출연 연구기간만 해당)	-	-	-	-
(4-3)지적재산권 출원 등록비	-	$(2-3)+(2-4)+(2-5)+(2-6)+(4-3) =$ 인건비*0.537	-	-	-
(4-4)과학문화활동비	인건비의 5% 이내	인건비*0.05	0.59	0.40	0.99
(4-5)연구실안전관리비	인건비의 2% 이내	인건비*0.02	0.24	0.16	0.40
소계			6.10	3.25	9.35
합계			41.22	21.21	62.43
					100.00

※ 정부출연금은 총 연구개발비의 75% 이내(중소기업 비율 2/3이상) 적용 시, 정부출연금 46.82억원, 기업부담금 15.61억원

나. 연구개발비 산정 근거

□ 인건비

인건비 산정근거	인건비단가* (억원/년/명)	인원수(명)	참여기간(년)	참여율(%)
책임연구원(대학 부교수 수준)	0.61	3	3	100
연구원(대학 조교수 수준)	0.47	5	3	100
연구보조원(대학 조교 수준)	0.31	8	3	100
합계		16		

* 기획재정부 국가계약 법령예규(회계예규 2200.04-160-5, '08.12.29)

□ 연구기자재 및 시설비, 시제품 제작비

구분	비목	내역	수량	횃수	단가 (천원)	금액 (천원)	비고
1-1. 건설 자재의 실시간 동적위치 정보를 활용한 자재 관리기술 개발	연구 기자재 및 시설비	휴대용 단말기 (PDA, UMPC 등)	5	2	1,000	10,000	* 단가 : 장비 당 100만원으로 산정 * 모바일 장비의 기술 변화에 따른 장비 교체 1회 이상 고려 (1차 : 프로세스 검증, 2차 : 최신 모바일 장비 채용)
		동적 위치 파악을 위한 센서(RFID Active tag, RF 모듈, RTLS 장비, Zigbee, GPS 등)	2	2식	20,000	80,000	* 적용 범위에 따라 개수 등이 차이가 날 수 있으며, 센서의 개 수와 Receiver 등 운영 Sever와의 통신 체계를 구성하기 위한 장비의 수가 상이할 수 있기 때문에 구성 모듈 당 1500만원 + 500만원 설치 비용 = 2000만원으로 산정 / 기타 장비에 부 착되는 소모성 센서는 재료비로 산정 필요 * 교량 1식, 터널 1식 = 2개년도 테스트 고려
		시스템 운영 Server	1	1	10,000	10,000	
		센서 미들웨어 Server	1	1	10,000	10,000	
		시스템 개발 관련 component	10	1	5,000	50,000	* 개발 주체별로 채용하는 component에 따라 가격이 상이할 수 있기 때문에 개당 평균치 500만원으로 산정
		자재 실시간 동적 위치 visualization을 위한 상용 프로그램	1	1	20,000	20,000	

구분	비목	내역	수량	횃수	단가 (천원)	금액 (천원)	비고	
1-2. 건설 장비 및 인력의 실시간 동적위치 정보를 활용한 장비/인력 관리기술 개발	연구기 자재 및 시설비	기타 시스템 개발용 컴퓨터 등 필요 장비 1식	1	1	20,000	20,000		
		소계				200,000		
		자재용 센서 하우징 시제품 (부착 및 삽입 장비 포함)	5	2	5,000	50,000	* 건설 자재 Type별, 물성, 형태별을 고려한 수량 파악 필요 * 센서의 하우징 비용은 대량 생산이 아닐 경우, 비용 상승 가능하며, 기존 센서의 크기 및 특징에 따라 비용 상이 가능 * 대표 자재를 5개로 설정 및 2회 제작(1차 prototype/2차 제품화)	
		휴대용 단말기를 이용한 실시간 자재 검수 패키지	1	2	20,000	40,000		
		건설 자재 관리용 미들웨어	1	1	100,000	100,000	* 상용 미들웨어의 경우, 기능에 따라 상이하기는 하나 약 3000만원 정도에서 판매되고 있음. * 기존 미들웨어 엔진을 활용하여, Customizing을 한다는 전제로 비용을 산정	
		건설 자재 관리용 미들웨어 수정 및 보완	1	1	30,000	30,000		
		건설 자재 실시간 동적 위치 및 물량 정보 모니터링 S/W	1	1	80,000	80,000		
		소계					300,000	
		합계						500,000
				휴대용 단말기 (PDA, UMPC 등)	4	2	1,000	8,000
		장비/인력의 동적 위치 파악을 위한 센서 (RFID Active tag, RF 모듈, RTLS 장비, Zigbee, GPS 등)	2	2식	20,000	80,000	* 적용 범위에 따라 개수 등이 차이가 날 수 있으며, 센서의 개수와 Receiver 등 운영 Server와의 통신 체계를 구성하기 위한 장비의 수가 상이할 수 있기 때문에 구성 모듈 당 1500만원 + 500만원 설치 비용 = 2000만원으로 산정 / 기타 장비에 부 착되는 소모성 센서는 재료비로 산정 필요 * 교량 1식, 터널 1식 = 2개년도 테스트 고려	
		시스템 개발 관련 component	10	1	5,000	50,000	* 개발 주체별로 채용하는 component에 따라 가격이 상이할 수 있기 때문에 해당 평균치 500만원으로 산정	

구분	비목	내역	수량	횃수	단가 (천원)	금액 (천원)	비고	
1-3 구조물의 실시간 동적형상 정보를 활용한 (시공중)구 조물 관리기술 개발	시작품 제작비	기타 시스템 개발용 컴퓨터 등 필요 장비 1식	1	1	20,000	20,000		
		소계				158,000		
	시작품 제작비	휴대용 단말기를 이용한 실시간 장비/인력 관리 패키지	2	2	10,000	40,000		
		건설 인력/장비 실시간 동적 위치 및 물량 정보 모니터링 S/W	1	1	80,000	80,000		
		소계				120,000		
		합계				278,000		
	연구기 자재 및 시설비	구조물 공정 및 물량 산출을 위한 3D 영상 장비	구조물 운영 Server	1	1	10,000	10,000	
			형상 관리용 미들웨어 Server	1	1	10,000	10,000	
		시스템 개발 관련 component	10	1	5,000	50,000	* 개발 주체별로 채용하는 component에 따라 가격이 상이하 수 있기 때문에 해당 평균치 500만원으로 산정	
		구조물 실시간 동적 형상 및 물량 정보 visualization을 위한 상용 프로그램	1	1	20,000	20,000		
기타 시스템 개발용 컴퓨터 등 필요 장비 1식		1	1	30,000	30,000			
소계						520,000		
시작품 제작비	휴대용 단말기를 이용한 실시간 장비 및 인력 관리 패키지	2	2	10,000	40,000			
	구조물 형상 관리 미들웨어 개발	1	1	50,000	50,000	* 상용 미들웨어의 경우, 기능에 따라 상이하기는 하나 약 3000 만원 정도에서 판매되고 있음. * 기존 미들웨어 엔진을 활용하여, Customizing을 한다는 전제 로 비용을 산정		
	구조물 형상 관리용 미들웨어 수정 및 보완	1	1	20,000	20,000			

구분	비목	내역	수량	횃수	단가 (천원)	금액 (천원)	비고
2-1. 건설 현장 실시간 자원흐름 및 공정 시각화 기술		구조물 실시간 동적형상 및 물량 정보 모니터링 S/W	1	1	100,000	100,000	* 기존 업무 프로세스 반영 및 전체 시스템과 통합 포함
		소계				210,000	
		합계				730,000	
		3차원 자원 및 구조물 모델링 라이브러리 구축을 위한 상용 software	5	1	10,000	50,000	* software는 구조물의 특성에 따라 여러 제품을 고려할 수 있음
	연구기 자재 및 시설비	표준 포맷의 라이브러리 연구를 위한 STEP Tool	2	1	50,000	100,000	
		범용 Scheduling Program	2	1	5,000	10,000	
		시스템 개발 관련 component	10	1	5,000	50,000	* 개발 주체별로 채용하는 component에 따라 가격이 상이할 수 있기 때문에 해당 평균치 500만원으로 산정
		4D visualization을 범용 엔진 기타 시스템 개발용 컴퓨터 등 필요 장비 1식	1	1	20,000	20,000	
		소계				250,000	
		소계				-	
	합계				250,000		
2-2. 건설 현장 실시간 통합관리시 스템 개발		소프트웨어 개발 Tool(IDE)	20	4	1,000	80,000	* 라이선스 비용
		시스템 운영/개발 Server	1	1	10,000	10,000	
	연구기 자재 및 시설비	시스템 개발 관련 component	20	1	5,000	100,000	* 개발 주체별로 채용하는 component에 따라 가격이 상이할 수 있기 때문에 해당 평균치 500만원으로 산정
		기타 시스템 개발용 컴퓨터 등 필요 장비 1식	1	1	20,000	20,000	
		소계				210,000	
		소계				-	
		합계				210,000	
		합계				210,000	
		합계				-	
		합계				210,000	

8. 연구결과의 활용방안 및 기대효과

가. 연구결과의 활용방안

- 본 연구 성과의 궁극적인 목적은 단편적, 요소기술 중심의 성과 구현을 위한 기술개발에서 종합적 이종기술 융복합 방식의 목적지향형 기술개발을 통한 연구 성과물의 다양한 분야로의 이전에 있음.
- 획득한 건설정보를 기반으로 다양한 건설 프로세스 정보화의 구현이 가능. 시공 각 단계에서 발생하는 현장의 실정을 센싱에 의한 자동계측, 모델링에 의한 시각적구현, 구조환경 측정에 의한 시뮬레이션등의 다각적 관리로 정확히 파악하고 발생가능한 공기지연, 재해재난, 민원발생, 안전사고 등을 미연에 방지할 수 있음.
- 또한 이러한 건설정보를 이용한 실시간 현장 모니터링 시스템은 건설현장의 자원(자재, 인력, 장비) 등의 상황을 실시간으로 파악이 가능케 함으로서 기존의 인력과 시간이 많이 소요되던 현장 자재관리 및 공정관리를 빠르고 정확하게 하며 PMIS (Project Management Information System)와 연결하여 공급사슬관리 (Supply Chain Management)의 구축이 가능케 함.
- 건설정보와 건설 프로세스 정보화 기술의 융합은 건설공사의 정보화/첨단화를 이룩하게 함으로써 궁극적으로 건설 산업의 효율성 증진에 원동력이 될 것으로 예상되며 국내 건설 산업에 있어 새로운 시장 창출 또한 가능할 것으로 예상됨
- 건설 사업 수행의 일관된 업무 프로세스의 구축 및 임의적인 업무수행의 최소화를 통하여 건설업무의 시스템화 기반을 제공하고, 건설정보 축적 및 재활용 환경을 구축함으로써 경험위주의 건설산업 환경에서 정보화를 통한 지식 기반의 건설사업관리 환경으로 전환하는 기반을 제공할 수 있어 사업화가 용이하며 다음과 같은 분야에 사업화를 강구할 것임.
 - 정확한 실시간 계측정보를 이용한 최선의 대안 선정 및 효율적인 계획이 가능하여 해당 프로젝트의 최적 프로세스를 검증하여 봄으로서 프로젝트 참여자들 간의 합의점 도출이 용이하며 이를 통해 건설 분쟁 감소 효과 및 시공 효율화 달성.
 - 건설 산업에 센서 네트워크 등을 비롯한 첨단 기술을 도입함으로써 현장의 효율적 관리 및 비용 절감 달성

- 건설산업의 사회적인 책임의 증대에 부응하기 위한 시공중 정보 및 시설물 관련정보의 체계적 관리 및 효율적 활용의 기반을 제공함으로써 시설물 관련 각종 안전사고예방을 달성.

나. 기대효과

(1) 기술적 성과

- 시공과정에서 이루어지는 건설 프로세스 정보화 및 응용기술의 개발로 인해 시공 단계에 걸친 건설 기술의 획기적인 발전을 도모하며 선진화된 국내 정보화 산업과의 연계를 통한 건설에 특화된 정보화기술의 개발로 인해 세계적인 경쟁력 확보
- 첨단 센서로부터 취득되는 정보 또는 부가정보를 이용하여 사회기반시설물, 건설 구조물 및 주변의 환경에 대한 모니터링 시스템을 개발하기 위하여 건설현장의 환경에 적합하게 센서를 표준화 하고 하드웨어를 개발함으로써 건설 모니터링 소프트웨어 및 하드웨어 기술력 확보
- 건설정보를 활용하여 효율적인 현장관리를 위한 RFID등의 첨단센서 기반의 공정 관리 시스템을 개발하며 이와 연계하여 효율적인 자원관리를 위해 공급사슬망관리 (SCM) 기술의 개발을 통하여 현장관리 소프트웨어 관련 기술 확보
- 현장의 많은 정보들을 효율적으로 관리하고 통합할 수 있는 데이터베이스의 구축 및 이를 기반으로 하는 프로젝트 의사 결정 시스템 구축을 위하여 데이터 마이닝 기술을 개발하여 적용함으로써 건설 데이터베이스 관련 기술 확보

(2) 경제적 성과

- 선진국에서는 핵심 건설기술의 보호를 위해 국제 특허 취득 등 적극적으로 기술의 국외 유출을 억제하고 있는 실정이며, 특히 건설정보화 관련 기술의 경우 외국의 대형 건설 및 엔지니어링 업체에서 활용되고 있지만 대부분 개발 초기 단계로, 시스템 확산단계 이후의 기술도입 비용의 규모는 매우 클 것으로 예상
- 국내 건설업체의 정보화를 지원할 수 있는 기술을 개발 및 보급함으로써 생산성 향상 및 비용절감을 이룰 수 있을 것으로 기대
- 미국 FIATECH(Fully Integrated Technology) 연구소에 의하면 건설 프로세스 정보화에 의한 경제적 효과는 건설 총 공사금액의 약 8%의 절감 효과, 프로젝트 일정의 약 14%의 축소 효과, 건설물의 수리 보수비용의 약 5~15%의 절감 효과가 있을 것으로 예상함. 2006년 국내 공공부문 건설수주금액이 29.5조임을 감안

하면 연간 약 2.4조원의 경제적 효과를 창출해 낼 수 있음.

- 미국 NIST(National Institute of Standards and Technology)의 연구에 따르면 건설 현장의 자재 정보를 비롯한 건설 정보화 및 이를 통한 건설 프로세스 정보화를 통해 미국 건설 산업이 연간 약 16조원의 원가 절감을 얻을 수 있을 것으로 예상됨.

(3) 사회적 기대효과

- 세계적 수준에 있는 국내 정보화 산업과의 연계 및 정보화 기술의 적용 및 응용을 통해 노동집약적인 건설 산업을 기술집약적인 산업으로 바꿀 수 있는 기반이 되며 이를 통해 국제 경쟁력 강화 및 국내 자원의 효율적 사용 가능
- 건설 사업 수행의 일관된 업무 프로세스의 구축 및 임의적인 업무수행의 최소화를 통하여 건설업무의 시스템화 기반을 제공하고, 건설정보 축적 및 재활용 환경을 구축함으로써 경험위주의 건설산업 환경에서 정보화를 통한 지식 기반의 건설 사업관리 환경으로 전환하는 기반을 제공
- 정확한 미래 예측을 통한 최선의 대안 선정 및 효율적인 작업계획이 가능하며 실시간 모니터링 및 의사결정 지원시스템을 통해 프로젝트 참여자들 간의 합의점 도출이 용이하며 이를 통해 건설 분쟁 감소 효과 및 시공 효율화
- 건설 산업에 센서 네트워크 등을 비롯한 첨단 기술을 도입함으로써 새로운 고부가가치 융합기술을 바탕으로 산업으로 건설업의 이미지를 향상시키고 이를 통해 건설 산업의 부가가치 창출

9. 참고 문헌

- 1) 한국정보통신기술협회 TTA 저널 59호, “유비쿼터스 센서 네트워크 기술”
- 2) 박창욱, 권오철, 윤석현, “RFID기술을 이용한 철골공사 자재관리 사례분석 및 개선방안제시”, 한국건축시공학회, 2007년 1월)
- 3) 일간건설신문, “U-건설 수요조사 결과-USN 건설관리 집중”
- 4) 김선진, 박석지, 구정은, 김내수, “RFID/USN 산업동향 및 발전전망,” 전자통신동향분석 제20권 제3호 2005년 6월.
- 5) 김기일, "센서 네트워크 기술", 한국과학기술정보연구원 동향정보분석팀, 미래선도기술 이슈분석보고서, 2007년 1월.
- 6) 이재용, “표준기술동향 RFID/USN”, 2005년 8월
- 7) 오세원, 표철식, 채종석, "RFID 표준화 및 기술동향," 전자통신동향분석, 제 20권 제 3호, 2005년 6월.
- 8) 박정현, "RFID 기술 수준과 도입 사례," 전자통신동향분석, 제21권 제3호, 2006년 6월.
- 9) 박석지, 최호철, 구정은, 김선진, "RFID/USN 이용행태 분석 및 시사점," 전자통신동향분석, 제21권 제 2호, 2006년 4월.
- 10) “2005 USN 현장시험 보고서,” 한국전산원, 2006년 4월.
- 11) “RFID의 최근 국내외 개발과 표준화 동향,” 진태석, <http://www.eic.re.kr>, 2007월 7월
- 12) 한국건설기술연구원, www.kict.re.kr
- 13) 주현태, 김경훈, 김경환, 김재준'건설현장에서의 RFID 기술의 적용성에 관한 연구“, 2005
- 14) www.itfind.or.kr, “3차원 모델링 기술 동향”, 2005
- 15) 한국과학기술정보연구원, “www.kisti.re.kr”
- 16) 건설교통부, “건설정보화, 2007년까지 로드맵 확정”, 2003
- 17) Knowledge Research Group, "www.krgweb.com", KRG in Press, 2005
- 18) 건설산업연구원, www.cerik.re.kr
- 19) 건축도시연구정보센터, www.auric.or.kr
- 20) Elsevier 온라인 저널, www.sciencedirect.com/
- 21) 대한건설정보, 공사원가 계산요율, www.04info.co.kr/
- 22) 통계청, 국가통계포털, www.kosis.kr
- 23) Kenji Kimotoa, Kazuyoshi Endo, Satoru Iwashita, Mitsuhiro Fujiwara, "The Application of PDA as mobile computing System on Construction Management.", Automation in Construction 14 (2005) 500- 511
- 24) Burcu Akinci, Frank Boukamp, Chris Gordon, Daniel Huber, Catherine Lyons, Kuhn Park, "formalism for utilization of sensor systems and integrated project models for active construction quality control", Automation in Construction 15 (2006) 124 - 138
- 25) Yong-Kwon Cho, Carl T. Haas, Katherine Liapi, S.V. Sreenivasan "A framework for rapid local area modeling for construction automation", Automation in Construction 11 (2002) 629- 641
- 26) Changwan Kim, Carl T. Haas, Katherine A. Liapi, "Rapid, On-Site Spatial Information Acquisition and Its Use for infrastructure operation and maintenance.", Automation in Construction 14 (2005) 666- 684
- 27) R. Fabio, "From point cloud to surface: the modeling and visualization problem, international archives of the photogrammetry", Remote Sensing and Spatial Information Science

XXXIV-5/W10 (2003) 215- 230.

- 28) R. Barry, C. Little, B. Burks, "Requirements and design concept for a facility mapping system", Proceedings of the ANS 6th Topical Meeting on Robotics and Remote Systems ANS '95, Monterey, CA, 1995, pp. 775- 783.
- 29) Z.M. Deng, H. Li, C.M. Tam, Q. P. Shen, P.E.D Love, "An Application of The Internet-based Project Management System," Automation in Construction 10, 2001, 239-246
- 30) Sai On Cheung, Henry C.H. Suen, Kevin K.W. Cheung,, "PPMS: A Web-based Construction Project Performance Monitoring System.", Automation in Construction 13 (2004) 361- 376
- 31) Akinci, B., Patton, M., and Ergen, E (2002). "Utilizing Radio Frequency Identification on Precast Concrete Components - Supplier's Perspective." the Nineteenth International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2002) September 23-25, 2002, Washington, DC USA, 381-386.
- 32) ISARC(International Symposium on Automation and Robotics in Construction , www.iaarc.org
- 33) AGC of America(미국건설협회) 회보, :Features: Issues & Trends". 2005년 9/10월호
- 34) I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankara subramaniam, and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey," Computer Networks, March 2002.
- 35) C. Chong and S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges," Proc. The IEEE , vol. 91, no. 8, August 2003.
- 36) N. Ahmed S. S. Kanhere and S. Jha, "The Holes Problem in Wireless Sensor Networks: A Survey," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications, vol. 9, pp. 4 - 18, April 2005.
- 37) E. Shih, S. Cho, N. Ickes, R. Min, A. Sinha, A. Wang, A.Chandrakasan, "Physical Layer Driven Protocol and Algorithm Design for Energy-Efficient Wireless Sensor Networks," ACM SIGMOBILE, July 2001.
- 38) Junhao Zou and Hyoungkwan Kim, "Using Hue, Saturation and Value Color Space for Hydraulic Excavator Idel Time Analysis", Journal of Computing In Civil Engineering, July 2007.