

건설산업에서의 정보통합화 및 자동화 기술 전망

(Technology Prospects of Integration and Automation for
Construction Industry)

이 재 석*

1. 서언

건설산업의 생산성 및 품질 향상을 위해서는 건설계획, 설계, 시공 및 관리를 포함한 각 단계의 정보통합화(Integration) 및 자동화(Automation)가 필요하며 따라서 통합화 및 자동화에 핵심이 되는 컴퓨터 응용기술의 개발이 관건인 것으로 인식되고 있다. 여기서 정보의 통합화는 AI(Artificial Intelligence, 인공지능)기술, 데이터베이스기술, 통신기술 등 컴퓨터 응용기술을 이용하여 건설의 각 단계에서 필요한 데이터 및 지식을 상호전달, 공유함으로써 건설의 각 단계를 유기적으로 연결하여 통합하는 것을 의미하며, 자동화는 엔지니어링 및 설계, 시공에서의 전산화 뿐만아니라, Sensor를 장비하여 원격제어 또는 자동제어가 가능한 각종 건설장비 및 시공로봇트를 활용함으로써 인력을 절감하는 한편 안전성과 품질의 향상을 도모하는 현장자동화(Field Automation)도 포함하여 말한다.

향후 건설산업은 통합화 및 자동화의 두가지 기본 방향을 지향하여 기술적인 발전이 예상되며 따라서 본고에서는 건설산업, 특히 구조물의 설계 및 시공을 중심으로 컴퓨터의 일반적인 이용추세와 더불어 기반기술의 발전전망 및 통합화와 자동화에 필수적인 핵심기술의 개발방향에 대하여 기술하고자 한다.

2. 건설산업에서의 컴퓨터 응용추세 및 기반기술의 발전전망

건설분야에서의 컴퓨터의 응용은 급속도로 증가하고 있는 추세에 있다. 초기에는 경영 및 관리, 회계 등 사업정보처리(Business Data Processing)를 목적으로 컴퓨터를 도입한 회사들도 이제는 구조물의 설계나 도면제작, 공사관리등에 컴퓨터를 활용하고 있으며 나아가서 계획 및 설계 단계에서 생성된 CAD(Computer Aided Design) 데이터베이스들을 견적이나 자재구매에 이르기까지 활용하는 추세에 있다. 또한 이러한 CAD 데이터들은 구조물의 설계, 시공단계 뿐만아니라 구조물의 전체수명에 걸쳐서 구조물의 관리, 이용, 각종 설비의 유지 및 보수등에도 활용되고 나아가 추가공간의 건설계획등에도 활용될 것이다. 건설산업은 계획, 설계, 구매, 시공, 이용의 주체가 각각 다르므로 각 단계를 담당하는 그룹간의 원활한 정보전달이 생산성 향상이나 품질 향상에 중요한 요인으로 작용하며 따라서 각 그룹간의 CAD/CAE(Computer Aided Engineering) 데이터들의 고속전송 및 활용이 일반화될 전망이다. 건설분야의 전산응용에 기반이 되는 기술로는 컴퓨터 및 통신, 데이터베이스, 그래픽스, 인공지능등을 들 수 있으며 이들 기반기술의 발전추세를 요약하면 다음과 같다.

컴퓨터

컴퓨터의 경우, Work Station 또는 이에 상응하는 개인용컴퓨터의 보급이 일반화되어 각 직원

* 성희원, 한국과학기술연구원 시스템공학센터, 선임연구원

에게 최소 1대의 컴퓨터가 공급될 전망이며 이러한 소형컴퓨터들은 고속의 대용량컴퓨터가 필요한 대형구조해석 등 일부를 제외하고는 어떠한 유형의 CAD/CAE 작업도 가능하도록 충분한 계산속도 및 그래픽기능을 보유하게 된다. 좀더 구체적으로, 2000년대에 이르면 수첩크기에 주기억장치가 1GB(Giga(=10⁹)Byte), 계산속도가 1GIPS(Giga Instructions Per Second, 초당 10억회의 명령 수행) 정도의 컴퓨터가 생산될 전망이며, 현재의 수준과 몇가지 사양을 비교하면 표 1과 같다.

표1. 개인용 컴퓨터의 성능비교

년 대	1999년(전망)	1989년
주기억장치	1GB	1MB
전송속도	1G Bit/sec	1M Bit/sec
처리속도	1GIPS	1MIPS
화면의 정밀도	0.1 GBits	0.1 MBits
크 기	수첩크기	휴대용 가방크기
입·출력방식	음성및 영상에 의한 입출력	문자, 숫자, 그림 중심
입·출력 Media	Video Text, Audio, Video 등 Multi-Media 지원	키보드, 모니터 중심
조 작	일반가전제품(FAX, Audio, Video) 조작 수준	언어습득 필수

이미 위의 여러사양중 일부기능만 미비된 시제품들이 개발되고 있으므로 2000년대의 개인용 컴퓨터는 위의 사양을 상회하리라고 예측된다. 실제로 1989년 7월, 일본의 CANON사에서는 PC386 수준성능의 컴퓨터를 공책 수준의 크기로 제작하여 시판을 시작했다. 이와 같은 강력한 기능을 가진 컴퓨터들은 단독으로 활용되거나 또는 크레인, 불도저등 건설장비나 시공로봇등에 부착되어 현장자동화에 폭넓게 활용될 수 있을 것이다.

통신기술

Work Station 및 개인용컴퓨터들은 각 프로젝트 팀이나 부서별로 근거리통신망(LAN : Local Area Network)에 연결이 되고 각 LAN들은 각 프로젝트 팀이나 부서간에 정보를 공유할 수 있도록 상호연결되거나 혹은 광역통신망(WAN : Wide Area Network)에 연결되며 각 통신망들의 정보전달 속도는 위치에 관계없이 데이터의 검색이나 수정이 On-Line, 실시간 처리(Real Time

Processing)가 가능한 수준까지 향상될 것이다. 특히 광역통신망은 인공위성을 통하여 해외와도 필요한 정보를 수시로 교환할 수 있는 수준까지 확장될 전망이다.

데이터베이스 및 지식기반(Knowledge Base)

데이터베이스 및 지식기반은 규모 및 영역에 따라 프로젝트 내에서 공유되거나 동일기업체, 또는 산업계 내에서 공유되는 3가지 그룹으로 분류하게 되는데 각 그룹의 데이터베이스 및 지식기반은 그룹내의 정보전달장치(Data Base Server)에 의해 관리된다. 건설분야의 각 그룹에 필요로 하는 데이터 베이스 혹은 지식기반을 개발 공급하는 VAN(Value-Added-Network) 업자도 등장하게 된다. 예를 들어 건축법규, 물가정보, 건설자재규격, 국제건설시장정보 등 건설관련 정보제공업체도 건설산업의 새로운 구성원으로 된다. 현재 프랑스에는 이러한 VAN 업자가 1만개 회사를 상회하고 있다.

그래픽스

그래픽기법이 컴퓨터의 활용에 전반적으로 적용될 것이다. 특히 그래픽을 이용한 입·출력을 함으로써 데이터베이스의 이용에 있어 시간과 노력을 감소시킬 뿐아니라 사용자와 운영체제(OS)와의 접근이 용이해지므로 사용자의 편의성이 향상될 전망이다. 또한 3D 그래픽 모델들을 실시간내에 처리할 수 있도록 충분한 해상도(최소 1028*1028 이상) 및 Display 속도를 가진 그래픽단말기와 이에 적합한 3D 그래픽 S/W의 보급이 예상되고 더불어 Color Display가 보편화 될 것이다. 또한 Stereo 3D 형상의 인식기술도 형상의 원근감을 완전하게 인식할 수 있는 수준까지 발전할 것이다.

인공지능기술

객체지향적인 지식표현기법(Object-Oriented Knowledge Representation) 및 규칙(Rule)을 위주인 지식표현기법들과 더불어 문제해결방법 등 인공지능의 기초기술들이 발전함에 따라 인공지능의 응용기술인 지식기반시스템기술, 인식

기술(도면, 문자, 음성), 자연어처리기술, ROBOT 기술 등이 발전하여 각 구조물의 건설계획은 물론 개념설계, 상세설계, 시공자동화 등 건설의 각 단계에서 폭넓게 활용될 것이다.

3. 핵심기술의 발전 전망

건설산업의 통합화 및 자동화에 핵심이 되는 요소기술로는 AI를 이용한 지식기반시스템기술, 통합데이터베이스구축 및 관리기술, 시공자동화 및 로봇 응용기술등을 들 수 있다. 따라서 이 분야에 대한 연구개발이 지속적으로 추진될 것으로 전망되며 각 분야별로 요약하면 다음과 같다.

AI를 이용한 지식기반시스템(전문가시스템)기술

1970년대 이후 급속히 발전한 AI 응용기술은 구조물의 설계 및 시공, 관리등 전문분야에 걸쳐 다양하게 적용될 것이다. 구조물의 개념설계에 있어서는 구조시스템의 선택이나 선택된 시스템의 평가를 위한 지식기반시스템이, 상세설계에서는 구조해석지원 및 각종 기준검토, 견적을 위한 지식기반시스템들이 개발되어 활용될 전망이다. 특히 시공 및 관리분야에 논리(Logic)에 기초를 둔 지식표현기법 및 추론기법들이 폭넓게 활용될 것이며 지식기반을 이용한 공사현장의 설계(Site Layout) 또는 지식기반을 이용한 프로젝트의 계획 및 관리시스템들 뿐아니라 유지 및 보수, 손상진단을 위한 지식기반시스템들도 널리 활용될 전망이다.

통합데이터베이스 구축 및 관리기술

구조물의 설계과정에 컴퓨터가 응용되면서 설계의 전과정을 통하여 데이터베이스가 구축되어 도면에 의한 정보전달을 대신하게 되었으나 현재까지는 설계, 시공, 관리등 각 분야별로 데이터가 공유되지 못하여 생산성향상에 지장을 초래해 왔다. 예를 들면 설계자들은 강력한 CAD 시스템을 이용하여 설계용 데이터베이스를 구축하고 설계의 전과정에서 활용하는 반면 설계과

정이 종료되면 설계결과를 도면으로 출력하고 견적전문가들은 도면으로 부터 Digitizer를 이용하여 다시 견적용전산시스템에 필요한 자료를 재입력하게 된다면 효율성 및 정확도 측면에서 문제가 될 것이다. 따라서 구조물의 계획 및 설계, 시공, 관리등 전과정에 걸쳐서 공유하게 되는 통합 데이터베이스가 필요하며 이를 위해서 구조물의 계획, 설계, 시공 및 관리 등 전체영역에 걸쳐 필요한 데이터, 지식, 설계결정사항등을 효율적으로 표현하거나 관리 또는 전달하는 방식에 대한 연구가 진행될 것이다. 이러한 통합데이터베이스는 3D-Object Model을 기초로 한 공간적인 데이터, 그래픽데이터, 시방서 규준등 비공간적인 데이터, 공사계획 등 시간적인 데이터 뿐아니라 각 분야별로 고유한 지식들이 포함될 것이며 각 단계에서 즉각적인 데이터의 검색 및 수정이 가능하게 될 것이다.

시공자동화 및 로봇응용기술

공사현장에서 각종시공장비나 로봇트를 효과적으로 제어하기 위해서는 시공장비나 로봇트에 작업임무에 의기하여 현장상황을 파악, 스스로 제어하거나 작업계획을 세울 수 있도록 적절한 지식이 입력되어야 하는데 현재로서는 시공장비나 로봇트에게 현장작업 및 작업을 위한 계획(설계)에 관한 지식을 효율적으로 정의하거나 전달하는 데 필요한 기본기술이 정립되어 있지 않다. 따라서 장차 로봇트 및 자동화된 시공장비들로 하여금 특수목적의 작업을 효율적으로 수행하게 할 뿐아니라 변화하는 현장조건, 초기입력지식의 불완전성 및 예기치 못한 상황의 발생에도 대처할 수 있도록 하는데 적합한 지식표현 기법 및 추론기법, 제어S/W를 개발하는데 연구가 집중된 전망이다. 더불어 시공장비 및 로봇트에 부착될 각종 Sensor들로 부터 감지된 현장정보들의 효과적인 전달방식에 대한 연구도 활발해질 것이다.

4. 구조설계 및 시공에서의 전산응용 전망

구조설계 및 시공분야는 건설산업의 생산성향

상에 직결되는 분야로서 궁극적인 건설산업의 정보통합화 및 자동화를 위한 중요단계로 인식되고 있으며 AI를 이용한 지식기반시스템, 통합데이터베이스, 시공자동화 및 로봇트응용 등 핵심기술의 발전 및 활용을 통하여 아래와 같이 통합화, 자동화된 설계 및 시공이 가능할 것으로 전망된다.

구조설계

개념설계 또는 기본설계단계에서 전문가시스템 및 컴퓨터를 이용한 Simulation이 널리 활용될 것이다. 즉 설계자의 경험이나 지식에 근거하여 초기 모델을 설계하거나 아니면 플랜트설계와 같이 비교적 설계과정이 잘 정의된 경우는 개념설계용 전문가시스템을 활용하여 설계제한 조건을 만족하는 초기모델을 생성하게 되며 이 초기모델들을 대상으로 안전성, 경제성 또는 시공성(Constructability) 측면에서 타당성이 있는지 혹은 구조물이 주위환경에 어떠한 영향을 미칠 것인지 등을 컴퓨터를 활용하여 Simulation 함으로써 효율적인 설계가 가능해진다.

상세설계에 있어서는 단순부재설계 및 도면제작 등 비교적 하위의 설계기능을 최대한 자동화한 CAD/CAE 시스템을 활용함으로써 적은 인력으로 고품질의 설계가 가능해질 것이다. 구조해석을 포함하여 냉난방해석 등 각종 공학해석과 설계는 하나의 통합된 과정으로서 해석 및 설계 변경의 과정이 자동적으로 반복수행될 뿐 아니라 모든 작업을 대화식으로 하게 된다. 지식기반 전문가시스템을 활용하여 각종 기준이나 시공성 등을 검토할 수 있게 되고 나아가 각 단위구조물의 상세설계를 자동화하게 된다. 상세설계의 결과는 3D 그래픽데이터베이스 및 단위구조물들에 대한 Object 데이터(Material Code, 크기, 무게 등)와 해당 프로젝트와 관련된 지식기반으로 이루어지며, 이 정보로부터 전용목적으로 개발된 전문가시스템(예를들면 고층빌딩, 발전소용)을 이용하여 견적을 하거나 일정계획을 하게 된다.

시공 및 관리

설계과정에서 생성된 설계데이터베이스 및 지

식기반들이 견적 및 프로젝트관리, 현장작업, 사후관리에 직접 이용된다. 견적은 설계데이터베이스로부터 프로젝트의 유형에 따라 각각 개발되어 있는 전문가시스템을 이용함으로써 단시간내에 가능해지며 시공현장설계(Site Layout)는 물론 시공계획, 일정관리를 위한 지식기반전문가시스템을 활용함으로써 시공의 생산성향상이 가능하게 된다. 한편 프로젝트의 설계데이터베이스 및 지식기반들을 이용하여 원가, 일정, 자재, 구매관리 등 총합적인 프로젝트관리가 이루어지며 이 과정에서 도면대신에 그래픽 출력결과들이 활용될 것이다. 이들 3D 그래픽데이터들은 자재의 이동, 조립 및 Painting 등 시공로봇 및 자동화된 시공장비들의 작업을 제어하는데도 적용된다. 현장작업에 있어서는 Sensor 및 컴퓨터를 장비하여 원격제어나 자동제어가 가능한 건설장비 및 시공 Robot를 활용함으로써 현장 자동화를 이룩하여 인력의 절감 및 안전도, 품질의 향상이 가능해진다.

설계 및 시공과정에서 생성된 데이터들은 이후 구조물의 보수 및 유지, 관리에도 활용이 된다. 즉 구조물의 수명내에 발생하는 개조, 보완 및 보수사항들은 데이터베이스에 즉시 기록이 되고 구조물의 유지, 관리 등은 이 데이터베이스를 기준으로 이루어질 것이다.

5. 결론

건설산업은 제조업에 비해 노동집약적인 산업으로서 생산성이 상대적으로 낮으므로 첨단전산기술의 응용을 통한 생산성의 향상이 중요한 과제라 하겠다.

계획, 설계, 시공, 관리 등 건설산업의 전 단계에서 공유되는 통합데이터베이스(Integrated Data Base)를 근간으로 각 단계를 유기적으로 연결, 통합함으로써 인력과 시간의 감소 및 정확도의 증가가 가능하며 또한 계획, 설계, 공사관리, 유지 및 보수 등 각 단계의 전산화를 포함하여 자동화된 시공장비 및 로봇트를 활용하게 되는 시공자동화를 통하여 인력절감, 공기단축 및 품질향상이 가능해지므로 결국 건설산업은 정보의

통합화 및 자동화의 기본방향아래 생산성 향상이 가능할 것으로 보인다.

건설산업의 정보 통합화 및 자동화의 기술적 배경으로서는 기반기술인 컴퓨터기술, 통신(정보 전달)기술, 데이터베이스기술, 그래픽기술, 인공지능기술의 발전을 들 수 있으며 이 분야기술들의 발전속도는 더욱 가속화될 전망이다.

향후 건설산업은 정보의 통합화 및 자동화의 기본방향아래 핵심요소기술로서 AI를 이용한 지식기반시스템기술, 통합데이터베이스 구축 및 관리기술, 시공자동화 및 로봇응용기술에 대한 연구개발이 집중될 것으로 전망된다. 한편 구조물의 설계 및 시공은 건설산업의 핵심부분으로 이 분야의 생산성 향상이 건설산업의 전체적인 생산성향상에 중요한 영향을 미칠 것이며, 따라서 통합화 및 자동화의 핵심대상이 될 것이다.

참 고 문 헌

1. C. B. Tatum, "Integration: the Emerging Management Challenge", 1989 Symposium Proceedings, CIFE Technical Report No 10, Stanford Univ.
2. Toshio Ishii, "CIM Implementation in the Construction Industry, -Case Studies at Takenaka Corporation-", 1989 Symposium Proceedings, CIFE Technical Report No 10., Stanford Univ.
3. Mary Lou Maher, "Expert Systems for Civil Engineers", ASCE, New York, 1987.
4. Waugh L. M., and R. E. Levitt, "Computerized Construction Scheduling", Proceedings of the 1989 Annual Conference of the Canadian Society for Civil Engineers, St. John's, Newfoundland, June 1989.
5. Adnan Darwiche, R. E. Levitt, and B. Hayes-Roth", OARPLAN : Generating Project Plans by Reasoning about Objects, Actions and Resources", AI EDAM 2(3), 169-181, 1988.
6. Paulson, Boyad C. Jr., "Automation and Robotics for Management, ASCE Vol 111, No 3, 1985. 9.
7. Paulson, Boyd C., Jr., Thomas Froese, "Simulating the Knowledge Environment for Autonomous Construction Robot Agents", Proceedings of the 6th International Symposium on Automation and Robotics in Constructions, Burlingame, California, 1989. 6.
8. Kincho H. Law, and Helmut Krawinkler, "Knowledge Representation with Logic", CIFE Technical Report No 13, Stanford Univ.
9. H. Craig Howard, and Daniel Rehak, "KADBASE : A Prototype Expert System-Database Interface for Engineering System", to appear in IEEE Expert, Fall 1989.
10. R. E. Levitt, and B. Hayes-Roth, "SIGHTPLAN : An Artificial Intelligence Tool to assist Construction Managers with Site Layout", 6th Int. Symposium on Automation and Robotics in Construction, Burlingame, California, 1989. 6.