

4D 공정관리시스템의 개발현황 조사연구

Introducing and Surveying 4D Models in AEC Industry

강 인 석*
Kang, Leen-Seok

요 약

공정관리분야 전산 소프트웨어는 개발초기의 단순한 일정계산결과 제공에서 기성관리, 진도관리, 자원관리 등의 결과까지 제공하고 있으나, 여전히 2D 개념의 분석결과만을 제공하고 있다. 최근 국내외에서 개발되고 있는 공정관리시스템은 기존의 2D 공정표 (시간)와 3D 도면 (공간)을 연계한 4D 개념으로 발전되고 있다. 본 연구에서는 4D 시스템의 기본적 접근이론과 현재까지 개발된 대표적 4D 시스템들의 주요 기능분석을 통하여, 현재의 4D 공정관리시스템이 갖고 있는 활용상 문제점과 향후 개선방향을 분석하였다.

키워드: 4D 공정관리시스템, 일정 시뮬레이터, IFC, 3D 모델링

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건설공사관리에서 공사일정 계획은 다분히 수작업에 의하고 있으며, 품과 시간이 소요되는 작업들이다. 대다수의 건설현장에서 일정계획의 전산화를 위해 소프트웨어들을 사용하고 있으나, 설계변경시의 반복입력작업과 2차원적인 그래픽에 의해 단순히 공정표를 제시하는데 그치고 있다. 이러한 점은 공정관리의 전산화에 장애요인이 되고 있으며, 기존 시스템들이 계획대비 실행공정표의 해석을 위해서는 사용자 하여금 상당한 전문지식을 요하고 있는 점 또한 활용성을 저해하는 요인이 되고 있다.

또한 공정표는 궁극적으로 설계자의 설계도면에 근거하여 작성되나 설계자의 설계의도 및 공사시설물내의 주요 부위별 완성상태에 대한 검증은 기존시스템에서 불가능한 부분이다. 이러한 기존 공정표의 한계를 극복하기 위하여 최근에는 4D-CAD 기술이 활발히 연구 개발중에 있으며, 일부 상용화된 제품이 시판되고 있다.

본 연구에서는 현재 시판 또는 개발중인 4D 시스템의 기본적 구성이론과 각종 기능을 파악하여 4D 공정관리의 적용효과를 분석하며, 4D 시스템의 문제점과 향후 구성방향을 제시하고 있으며, 이러한 연구결과는 다양한 방식으로 고려되고 있는 국내의 4D 시스템 적용 및 개발시 활용이 가능할 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 4D 시스템의 기본적 이론을 살펴본 후 기존 시스템들의 기능분석을 위하여 Stanford 대학에서 개발된 시스템¹⁾과 VTT (Technical Research Center of Finland) 시스템²⁾, VCSRG 적용시스템³⁾, VirtualSTEP⁴⁾ 등을 시스템실행을 통하여 분석하고, 4D 와 연계적용이 가능한 Telepresence 기술의 적용성을 살펴본 후, 4D 시스템의 한계성과 개선방향을 분석한다.

2 4D 공정관리시스템의 구성

2.1 2D 공정표와 3D 도면의 연계

4D 공정관리시스템은 기존의 2차원공정표와 3차원 도면이 연계되어 공사경과기간에 따른 시설물의 완성상태를 VR(Virtual Reality) 기술 등으로 구현하는 기술로서, 공정표의 시간(Time)과 3D 설계도면(Space)이 통합 구현되는 체계이다. 그림 1은 4D 시스템의 개요로서, 기존 공정관리 소프트웨어의 일종인 P3 (Primavera)와 3D-CAD를 연계하는 모양을 나타내고 있다. 즉 P3에 의한 2차원적 공정표에 설계도면을 3차원화 한 CAD 가 연계되면 공사진행 일자별 (1주, 2주, 3주째)로 완성상태를 모의조작(Simulation) 할 수 있음을 나타내고 있다.

2.2 일정과 도면의 연계방법

공정표와 3차원도면의 연계를 위해서는 일반적으로 상호 정보를 연결해주는 별도의 도구가 요구되며, 이러한 도구로는 Bentley (www.bentley.com)의 Schedule Simulator,

* 정회원, 경상대학교 토목공학과 부교수, 공학박사

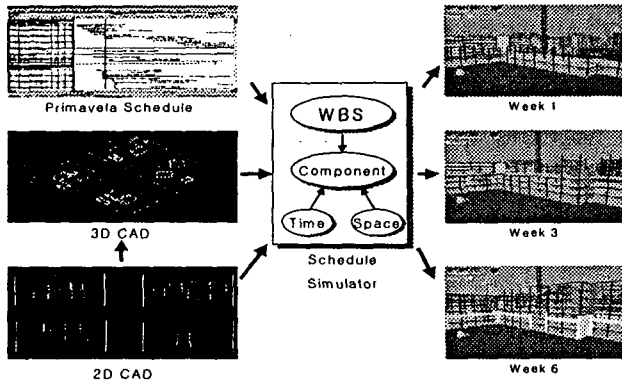


그림 1. 4D 공정관리시스템의 개요

EuroStep (www.eurostep.com)의 4D Linker, Intergraph (www.intergraph.com) 의 Schedule Review, VirtualSTEP(www.virtualstep.com) 의 4D Planner 등을 들 수 있다. 그림 2는 이러한 연계도구의 기능을 나타내고 있다.

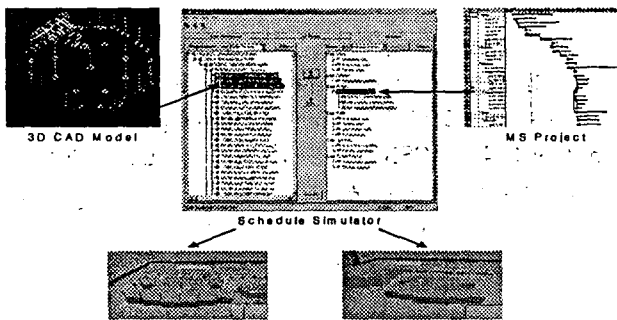


그림 2. 일정3D의 연계도구 역할

Schedule Simulator의 역할은 그림 2에서와 같이 기존 공정관리시스템의 일종인 P3의 공정표계산 결과에 맞추어 해당 활동(Activity)의 3D 도면정보를 연결하여 4D 화면을 생성시키는 역할을 한다. 즉 그림 2의 Schedule Simulator 좌측은 P3 수행결과인 활동별 일정정보이고, 우측은 설계도면의 CAD 정보로서, 좌측에서 선택된 임의 활동에 대한 도면 CAD파일들이 우측에 나타난 모양이다.

2.3 4D 시스템의 구현방법

4D 시스템의 구현을 위해서는 기본적으로 3D CAD 도구 (예로서, AutoCAD, MicroStation 또는 Jacobus 3D Model 등)와 공정분석을 위한 공정관리 도구 (예로서, MS Project, Primavera 등) 및 앞서 언급한 일정과 도면을 연계하기 위한 시뮬레이터 도구가 요구된다.

구현 방법으로는 기존의 CAD 및 공정관리 도구를 이용하거나 4D 모델링용으로 개발된 도구를 직접 이용하는 방

법이 있다. 4D 시스템의 구성시 필요로 하는 기능은 4D 구현 그래픽의 조작기능으로 다음의 기능들이 필요하다.

- ☑ 완성된 구조물의 다양한 표현을 위한 회전 (Rotate) 기능
- ☑ 완성된 시설물의 특정 부위 축소확대 (Zoom, Goto) 기능
- ☑ 다양한 각도의 조망 (Fly, Pan, Turn) 기능
- ☑ 구조물 내부표현 (Work-through) 기능
- ☑ 특정부위의 전체구조물내 위치도 표현을 위한 투시 (Transparent) 기능
- ☑ 각종 공정분석기능 (계획대비 지연공정의 시각적 표현, 주공정 표현 등) 등

이러한 기능들은 현재 4D시스템에 포함된 기능들도 있으나, 일부는 향후 개발단계에 포함되어야 할 기능들을 포함하고 있다.

2.4 건설제품정보표준(IFC)과 4D시스템의 연계

최근 건설관련 4D-CAD 연구에서는 기존 공정관리 공정표에 3차원 도면정보를 연계할 때 IAI (International Alliance for Interoperability, [//iaiweb.lbl.gov](http://iaiweb.lbl.gov))의 IFC (Industry Foundation Classes)⁶⁾에 의한 CAD 정보를 연계할 수 있도록 하고 있으며, 이를 위하여 건물의 각 부위 및 적용되는 주요 생산품별 클래스(Class)들을 IFC를 적용하여 표현 및 저장한 후, 공정표의 임의 활동들에 연계하고 있다.

이러한 IFC 정보의 적용은 4D의 활용이 CAD시스템과 밀접한 관계에 있고, 또한 각 사별, 계약자별 정보교환이 향후 필수적인 점에서 앞으로 계속적으로 확대 적용될 전망이다. IFC모델은 ISO 기술분과 소위원회(TC 184/SC 4, TC 184, www.nist.gov/sc4)에서 개발한 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data, 제품모델정보 호환기준) 기반으로 구성되어 STEP모델과 호환성을 갖고 있고, IFC 도면정보표현이 현실화되면서 최근에는 많은 CAD 소프트웨어사들이 자사의 제품내에 사용자의 명령어를 최소화한 IFC 호환기능들을 도입하고 있으며, 이것은 상호간 건설정보 공유차원에서 매우 고무적인 현상이다.

객체모델 (Object Model) 활용시 모델의 정확성은 사용자가 판단해야 할 부분으로서, 이러한 부분의 오류를 도울 수 있는 도구중의 하나로 Solibri사(www.solibri.com)에서 개발한 Solibri Model Checker (SMC)⁷⁾는 IFC 모델기반의 3D 정보구성시 도면정보의 오류파악과 가장 적절한 표현방법인지를 체크해주고, 해당 정보를 3차원화 하여 표현해 주는 일종의 IFC 기반 'Design Spell Checking' 도구이다.

2.5 4D 시스템의 적용효과

(1) 공정수준의 오류 조기판단

4D-CAD 의 실행은 공정표의 일정계획 순서대로 시설물의 완성상태 변화모습을 나타내므로 초기 일정계획이 잘

못되었을 때 잘못된 부분을 용이하게 파악할 수 있다. 그림 3은 시스템의 실행결과 공정수준이 잘못 계획되었음을 시각적으로 파악할 수 있음을 보여주고 있다.

즉 그림 3의 상단은 공정표를 나타내며, 하단은 공정표의 진행에 따른 완성상태를 표현하는 것으로, 하단 좌측과 중앙그림에서 HVAC 설비가 2층 바닥 슬래브공사의 완성이전에 먼저 설치되는 모습을 보여주고 있다. 즉 공정수준이 잘못되었음을 나타내는 것이며, 이러한 시스템의 실행으로 초기에 완성된 공정계획의 모순점을 손쉽게 파악할 수 있는 것이다.

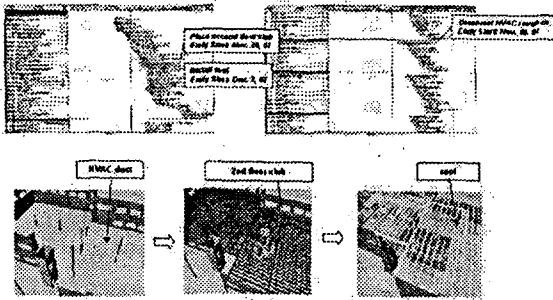


그림 3. 공정수준의 과오판단¹⁾

(2) 시공성 및 작업효율의 파악

4D-CAD의 실행은 실제 현장작업공간이 가상현실로 화면상에 제시되고, 제시된 작업공간내의 가상 작업상황이 시각적으로 표현되므로, 실제 작업시의 작업 시공성 및 작업효율의 파악이 가능해 진다.

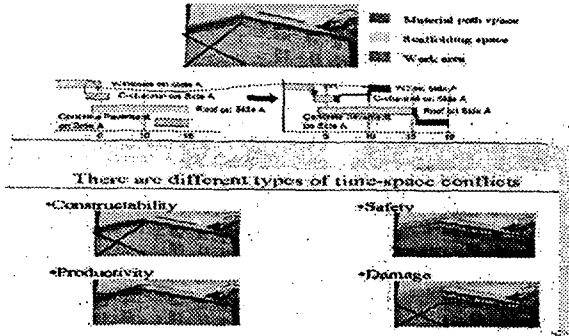


그림 4. 시공성, 작업효율 등의 파악¹⁾

초기 공정계획에 근거하여 4D를 실행한 결과 그림 4의 하단부에 있듯이 시공성 및 작업효율 (작업여건상 창호작업과 C-Channel 작업의 병행불가) 이 좋지 않음을 파악할 수 있고, 또한 안전성 및 손실가능성 (지붕작업과 콘크리트 타설 작업의 병행으로 인한 지붕재의 낙하 및 타설면 손상) 등을 파악할 수 있는 것이다. 이러한 공정계획의 사전모의조작으로 파악된 부적합한 공정계획은 실제 공사가 진행되기 전에 그림 4의 상단 우측공정표와 같이 조정이 가

능한 것이다.

(3) 공간 생산성의 파악

공간 생산성이란 일정한 작업 공간내에 동시에 다수의 작업이 진행됨으로 발생가능한 작업생산성의 상태를 표현하는 것으로, 4D-CAD 실행 결과 좁은 공간내에서 여러 활동들이 동시 진행됨으로 인한 생산성 저하를 사전 예측이 가능하고, 작업공간 충돌현상을 4D-CAD 의 실행으로 파악할 수 있다.

3. 4D 시스템의 기능분석

3.1 Stanford CIFE 4D 시스템

스탠포드대학 CIFE (Center for Integrated Facility Engineering)는 4D 시스템 (www.stanford.edu/group/4D)의 대표적 연구기관으로 CIFE에서 개발한 4D모델링 도구는 Walt Disney Imagineering (WDI)사를 통하여 제품으로 시판될 예정이다.

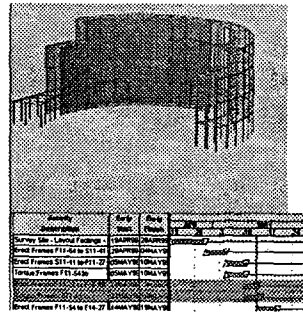


그림 5. 3D Model + P3

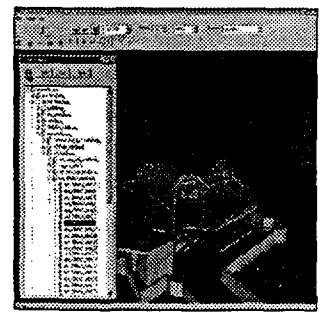


그림 6. 객체모델 연동

그림 6에 나타난 CIFE 4D 적용에는 그림 5의 P3 일정 대비 그래픽표현에서 일정, 객체모델, VR을 보다 용이하게 사용자가 인식할 수 있도록 구성하였으며, 그림 6에서 일정은 화면 상단에 스크롤바형태로 나타나 있다.

CIFE 4D 는 부지 위치도(지형도)의 시설물 배치계획이 연동된 구현사례도 나타내고 있으며, 4D시스템의 연구는 단순한 일정대비 3차원 그래픽표현에서 현재는 임의 시점의 완성된 3차원 시설물 내부에 특정부위의 완성상태를 work-through 화면과 다양한 VR기술로 구현하는 단계까지 발전되고 있다. 이러한 시스템에서는 공사계획단계에 임의 시점의 완성상태를 시설물 내외부확인으로 설계대비 실제 완성상태를 정밀하게 비교할 수 있으므로 보다 설계의도에 적합한 시설물로 완성할 수 있다.

3.2 IFC 연계시스템 (VTT)

VTT (Technical Research Center of Finland, www.vtt.fi) 에서는 4D시스템의 구현시 CAD 정보파일의

공유 및 호환성을 위해 앞서 언급한 IFC 객체모델기반으로 구성된 파일을 사용할 수 있는 일정-도면정보의 연계도구를 개발하였다. VTT 4D시스템에서 IFC 3D 모델은 VTT와 EuroStep에서 개발된 4D-Linker 시스템에 의해 MS Project의 공정과 3차원 도면정보가 연계된 시스템으로 구현된다.

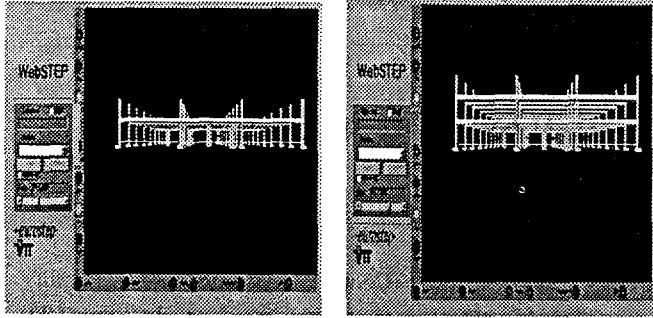


그림 7. VTT(2001-03-02) 그림 8. VTT(2001-03-15)

그림 7, 8은 각각 2001년 3월 2일 및 3월 15일자의 완성 상태를 표현하고 있으며, 화면상의 좌측 도구를 이용하여 특정부위만의 3D 모델링도 가능하다. 화면 좌측하단의 스크롤바로 원하는 일정을 표시하면 해당 일정까지의 완성상태는 순차적으로 모의조작이 시각적으로 진행되며, 모의조작되는 속도 역시 임의로 조절이 가능하다.

VTT 4D시스템은 완료된 상태의 전후, 좌우, 상하, 내외부 이동관찰 및 Work-Through 화면을 제공하여 공사완성물의 상태를 실제현장에서 관찰하듯이 세밀하게 파악할 수 있다. MS Project의 공정표 연계는 공정표상의 임의시점까지 완료상태가 순차적으로 상단화면에 표현된다⁸⁾. 이러한 공정표와의 연계는 공정표를 구성하는 해당 활동의 완성된 3D 도면이 4D-Linker로 연결되어 가능한 것이며, 이때 3D 도면은 앞서 표현한 IFC 내의 클래스들로 구성된 3D Object Model로 구현되어 있는 것이다.

3.3 진도관리기능의 연계시스템 (VCSRG)

스코틀랜드의 Strathclyde 대학 Virtual Construction Simulation Research Group (VCSRG, www.strath.ac.uk/Departments/Civeng/conman/vcsrg.html)에서는 건물공사외에 건물배치도 전체를 파악할수 있는 부지계획용 VR-Planner를 시험적으로 구현한바 있다. VCSRG의 VR-Planner 역시 VR 조작키로 원하는 부위의 확대, 축소, Work-through 화면을 자유스럽게 조작이 가능하다.

VCSRG의 VR-Planner는 기타 4D 시스템과 비교시 계획대비 일정의 진도관리상태를 4D로 연동시켜 시각적으로 표현해주는 기능을 갖고 있다. 즉 시스템내의 진도관리 기능에서 진도체크를 원하는 임의시점을 입력하면 해당시점까지의 진도를 계획대비 초과 (화면상에 붉은색으로 표

기)또는 지연 (화면상에 파란색으로 표기) 상태를 알려주고 초과 또는 지연된 물량을 주요 공종단위로 제공해준다.



그림 9. 진도초과(28주) 그림 10. 진도지연(44주)

그림 9는 28주 시점의 진도를 체크한 것으로 계획대비 초과된 상태로서 초과물량은 화면상에 파란색으로 표기된 건물 4개동의 2개층 물량이며, 그림 10은 44주시점의 진도 지연상태로서 붉은색으로 표기되어 있고, 지연물량은 4개동 건물의 1개층 공사물량이 지연되고 있음을 나타내고 있다.

3.4 자원, 비용관리 연계시스템 (VirtualSTEP)

VirtualSTEP (www.virtualstep.com)에서 개발한 4D Navigator는 공정기능과 비용관리 및 유지관리기능까지 접목한 4D 시스템으로 평가받고 있으며, 기존의 2D 공정관리 시스템에서 제공하는 각종 공정분석기능의 상당부분을 포함하고 있다. 그림 11, 12는 4D Navigator의 일정 경과기간별 공정진행현황을 표현한 그림이다. 적용된 사례프로젝트는 2001년 5월 24일에 시작되어 2002년 3월 18일까지의 298일 공기의 프로젝트이다.

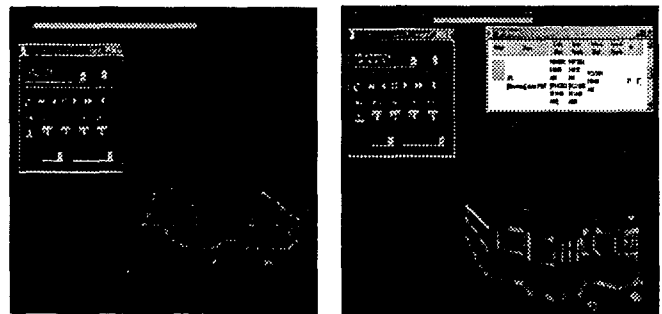


그림 11. 1층기동(07/01) 그림 12. 2층마감(10/10)

4D Navigator의 공정진행현황은 그림 11의 좌측상단에 현재시점까지의 종합진도율이 나타나 있으며 (2001년 7월 1일 현재 진도율은 13%임), 좌측의 제어판 (Control Pannel)에서 강제로 일정을 진행시키면 완성상태가 변화된다. 일정의 진행기간은 일(Day), 주(Week), 달(Month) 등으로 조정가능하고, 임의 시점의 완성상태는 VTT 4D 등

과 마찬가지로 Work-through 기능 등이 기본적으로 제공된다. 공정관리기능은 임의시점의 특정부위에 대한 개별 공정현황을 표현해 줄 수도 있으며, 그림 12의 우측상단 박스는 2001년 10월 10일 시점의 선택부위(빨간색상)의 상세 공정현황을 계획ES, 계획 EF, 실제 ES, 실제 EF 등과 함께, 진도율까지 표현하고 있다.

4D Navigator의 공정표는 MS Project의 공정분석결과와 Primavera의 P3 공정분석결과를 모두 연계할 수 있으며, 자원관리를 위한 자원산적도, 비용관리를 위한 비용분석기능 등을 포함하고 있다.

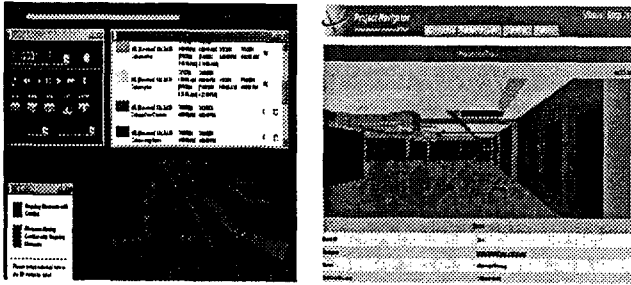


그림 13. 공정오류(07/01) 그림 14. 유지관리 4D표현

그림 13에서는 주요 공정간의 오류상태를 색상으로 표현하여 시각적으로 파악이 용이하도록 하고 있으며, 상단박스에는 상세한 오류 원인을 나타내고 있다. 기존의 4D 시스템은 공정진행현황 표현이 주요 기능이었던 반면에 VirtualSTEP에서는 유지관리기능을 추가하여 그림 14와 같이 현재시점부터 일정기간내의 유지관리항목들을 4D 상에서 색상으로 구분 표현하고 있고, 주요 점검사항, 담당부서 등과 함께 하단부에 나타내고 있으며, 이러한 유지관리기능은 공사일력화면에서 일자별로 파악이 가능하도록 구성되어 있다.

3.5. Telepresence 기술의 연계성

최근 국내 인터넷사이트에는 원격지의 동영상을 실시간으로 인터넷상에 제공해 주는 기관들이 다수 생겨나고 있다. Telepresence 기술은 이러한 원격지의 화상을 JavaCam 등에 의해 인터넷에서 구현하는 기술로서, 사용자는 해당 인터넷사이트의 전송화면에 접속하여 원격지의 모습을 자유자재로 카메라를 움직이면서 확인, 관찰할 수 있는 것이다. 이러한 Telepresence 기술은 건설현장에 적용시 원격지 현장모습을 온라인으로 실시간 확인이 가능하므로 본사, 현장간 또는 발주자, 계약자간의 인터넷상의 의사전달이 가능해 질 수 있으며, 위험 공종 또는 인력의 직접적인 감독이 곤란한 지역의 무선 감독이 가능한 것이다.

건설분야 적용 예로서 이미 VTT에서는 VR모델과 Telepresence기술의 조합으로, 실제건물의 완성상태 변화와 4D실행결과를 동시 비교할 수 있는 도구를 제공한다.

Telepresence 기술이 4D-CAD 기술과 연계되면 그림

15와 같이 실제공사모습과 가상공사모습의 실시간 비교를 가능하도록 할 수 있다.

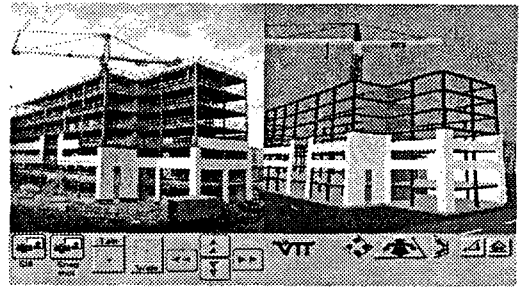


그림 15. Telepresence와 4D의 연계⁸⁾

이러한 기법은 설계 대비 시공잘못과 계획대비 실제공사의 진도차이 등을 시각적으로 표현하여, 결국 공사진도 파악과 설계도면대비 실제완성상태의 실시간 직접비교가 가능하고 공사참여자간의 회의 및 잔여공사계획시 매우 유용한 도구가 될 수 있다.

4. 4D시스템의 문제점 및 구성방향

기존에 개발된 4D 시스템의 기능분석을 통한 4D 구현상의 문제점과 향후 구성방향을 요약하면 다음과 같다:

(1) 4D 정보의 수정 간편화

설계변경 등의 작업내용 변동시 3D모델링 도구내에서 초기정보의 수정작업을 시행한 후 재 구현해야 하므로 실무적으로 많은 품과 시간을 요하고 있다. 이러한 점을 해소하기 위해서는 설계변경시 변경된 WBS에 의한 3D 모델링 작업과 일정의 연계가 4D 구현시스템내에서 동시에 진행이 가능하도록 일체화된 시스템의 구성이 요구되는 부분이다.

(2) 시각적 표현의 다양화

최근에 시도된 4D 시스템들은 완성된 시설물의 관찰을 다양한 각도에서 가능하도록 하고 있으나, Snap Shot 개념의 연결 4D 화면이외의 연속적 완성상태를 표현하기 위한 'avi' 또는 'mpg' 동영상 파일 변환기능의 보완이 필요하며, 또한 사용자가 요구하는 특정 부위만의 Simulation 기능도 필요하다. 이러한 기능은 공사 하도급시 하도급 부분의 별도관리 등을 가능하게 할 수 있고, 특별 관리가 요구되는 공종들의 집중관리시에도 유용한 기능이 될 수 있다.

(3) 웹기반의 표준화된 Product Model 적용

현재의 일부 4D 시스템은 작성된 4D 구현기능을 위해 특수 Viewer가 요구되어 실시간에 의한 4D 정보의 호환에 장애요인이 되고 있으며, 이 점의 해소를 위해서는 일반적인 컴퓨터체계에서 공용화된 도구(Browser)만으로 구현이 가능하도록 해야 한다. 또한 인터넷 기반으로 4D 시스템의

모든 정보호환기능의 강화를 위해서는 3D 모델링의 표준화가 요구되며, 상호간에 호환되는 표준화된 3D 제품정보의 적극적 활용이 필요한 부분이다.

(4) 일정정보와 3D의 연계 간편화

현재의 4D 시스템은 4D 구현을 위하여 각 부위별 3D와 일정정보를 대부분 수작업에 의한 개별적 연결방법으로 구현하고 있고, 하나의 부위를 4D로 표현하기 위해서는 구성활동들을 개별적으로 레이어(Layer)로 구성한 3D로 표현해야 하며, 이러한 작업 역시 많은 노력이 필요한 부분이다. 이를 해소하기 위해서는 계층화된 3D 모델내부에 일정정보를 통합하여 표현함으로써 설계변경시에 필요한 3D 모델만 추출하여 용이하게 4D를 구현할 수 있도록 하는 기능들이 요구된다.

(5) 일정의 기타정보와의 연계성 강화

4D 시스템의 가장 대표적 기능이 일정별 완성상태의 표현이나, 공정관리시스템으로의 활용성 강화를 위해서는 기존의 2D 공정관리에서 제공하는 진도관리, 자원관리, 비용관리 및 유지관리 정보들이 4D 완성도와 연결되어 4D 상태에서 부위를 선택함으로써 공정관련 정보를 동시에 표현하는 연계성이 강화되어야 실용적인 시스템이 될 수 있다.

5. 결론

본 연구에서는 현재까지 개발된 4D 공정관리시스템의 기능들을 분석하여 향후 구성방향을 제시하였으며, 문제점으로는 고가의 가격과 구현속도문제, 수정작업의 불편성, 3D모델링과 일정연계의 불편성 및 전문성이 요하는 부분 등이 대표적으로 분석되었다. 향후 4D-CAD 개념의 소프트웨어들이 일반화되면 4D 시스템의 현장적용도 일반화될 것으로 기대되며, 가격면에서 초기에는 기존 시스템과 비교 시 고가의 시스템이 될 것으로 예상되나 기능상의 차별성으로 기존 시스템들을 대체할 것으로 예상할 수 있다.

앞으로의 4D 시스템은 비용 및 유지관리기능 연계와 같이 더욱 다양한 기능의 추가와 함께 CAD 도면정보의 호환

성을 고려해야 할 것이다. 이를 위해서는 건설공사 시설물별 주요 공정에 대한 3D 부위의 표현방식이 공통적 DB 기반으로 구성될 필요가 있으며, 3D로 시설물의 주요부위를 표현하기 위한 부위들의 표준적 객체(Object)화가 구성되어야 한다. IFC가 이러한 건설 객체의 제품정보 표준화 개념으로 4D에 적용되고 있음은 건설CALS의 정보통합 및 공유가 시급한 국내 건설업계에서도 관심을 갖어야 할 부분이다.

참고문헌

1. Stanford 4D-CAD, <http://www.stanford.edu/group/4D>
2. VTT, <http://www.vtt.fi>, <http://cic.vtt.fi>
3. Strathclyde 대학 VCSRG 그룹, <http://www.strath.ac.uk/Departments/Civeng/conman/vcsrg.html>
4. VirtualSTEP, <http://www.virtualstep.com>
5. Martin Fisher, Paperless Design Project Team at WDI 외, "Wish List for 4D Environments: a WDI R&D Perspective", 2001
6. IAI, IFC Release 2X-Model Implementation Guide, 2001.
7. Solibri Marketing Material CD, Solibri, Inc., 2001
8. K. Kahkonen and J. Leinonen, "Advanced Communication Technology as an Enabler for Improved Construction Practice", Paper Ref. No. 234., VTT Building Tech.
9. 강인석, "건설관리(CM)의 정보화를 위한 기술정보내용 (4, 5) - 4D CAD 공정관리기술의 개념", "IFC 및 4D CAD 시스템의 활용 예", 대한토목학회지, 2001
10. Terrence Fernando and Kalle Kahkonen, etc., "Facilitation of Collaborative Communication for Building Construction with Virtual Reality Technology", University of Salford and VTT, 2000
11. 경상대학교 토목공학과 시공 및 정보관리실, <http://cm.gsnu.ac.kr>
12. Martin Fischer, "4D Applications and Technologies", CIFE Seminar in Finland, 2000

Abstract

The traditional schedule management system provides project manager with analysis reports, such as progress control, earned value management and resource management, including schedule chart. However, the reports and functions in the traditional system are still limited in 2D concept. Recently, the scheduling method is using 4D concept that time of construction schedule is linked to space of drawings. This study presents the limitation of those systems and an improved method for developing 4D system through the comparative analysis of representative 4D systems that are developed up to date.

Keywords : 4D Schedule Management System, Schedule Simulator, IFC, 3D Modeling