

# 4D 시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 개발 방향

- 공정 프로세스 중심으로 -

## A Study on the development of 4D based Architectural construction Simulation System

조진\*

JO, JIN

권기범\*\*

Kwon, Gi Bum

윤석현\*\*\*

Yun, Seok-Heon

백준홍\*\*\*\*

Paek, Joon-Hong

### Abstract

The purpose of this study is to propose development of Schedule based Architectural Construction Simulation System. In this study (or paper), It analyzes the simulation system concept and its characteristics, and analyze the main functions simulation system and the range of functions which are already used currently. Therefore, It could find the limit of the present simulation system, and propose more effective solutions to develop Schedule based Architectural Construction Simulation System.

키워드 : 시뮬레이션, 4D System, 3D 객체기반 모델  
Keywords: Simulation, four-dimensional CAD, 3D Object-Based

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

최근의 건설사업 분야에서 건설사업 관리는 건물이 대형화, 복잡화되면서 2D도면과 공정표만으로는 전체적인 상황파악이나 예측이 어렵다. 뿐만 아니라 건설프로젝트는 주문 생산적이고, 기간이 한정되어 있고, 특정장소에서 이루어진다. 그리고 비 반복적이라는 특성으로 인해 여전히 생산효율이 낮고, 작업 환경이 과거에 비해 큰 변화가 없이 경험에 의존적이다. 이러한 현실에 비추어 최근에는 건설프로젝트에도 IT도입을 통한 건설통합관리를 위한 시스템구축 노력이 다각도로 시도되고, 일부 활용되고 있다. 여러 가지 시도 중에서도 4D시스템 기반의 시뮬레이션을 구축하여 건설프로젝트 수행 이전에, 설계, 시공 및 유지관리영역까지 포함한 전체 생애주기를 컴퓨터상에서 사전 수행할 수 있는 통합전산화를 이루기 위해 본 연구를 수행하게 되었다.

본 연구에서는 4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 구축을 위한 포괄적인 개념과 시뮬레이션 구현까지의 2D-3D-4D로 이어지는 각 단계별 호환성 조건을 파악하고, 이미 일부 상용화되어 사용되어지고 있는 시뮬레이션 시스템 분석을 통해 건설 통합 관리를 지향하는 시스템 개발방향을 제시하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 첨단 융합 건설기술 개발 사업단의 한 부분으로서 연구범위는 건축시공 시뮬레이션의 개념 및 활용현황을 통해 시스템 개발을 위한 진행방향을 제시하는 것이다. 구체적인 프로그램 및 시스템개발 방법은 사업단의 진행에 따른 향후 일정에 따라 연구수행 될 예정이다.

본 연구의 방법은 다음과 같다.

- 1) 4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 시스템의 필요성을 고찰한다.
- 2) 관련 문헌을 통한 4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 시스템의 개념을 살펴보고, 현재 활용되고 있는 4D시뮬레이션 현황을 고찰한다.
- 3) 관련문헌을 통해서 활용중인 4D시뮬레이터를 분석한다.
- 4) 위의 과정으로부터 문제점을 도출하여 향후 진행될 연구의 개발 방향을 제시한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 시스템의 필요성

4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 시스템은 다음과 같다. 기존의 2D 프로그램을 통해 선과 점을 이용해 작성되던 2차원 도면을 3D 프로그램을 통해 입체적인 실제 형태와 똑같은 3차원 도면을 작성하게 된다. 그 다음 3차원 도면에 시간의

\* 연세대학교 건축공학과 석사과정, 정회원

\*\* 연세대학교 건축공학과 박사과정, 정회원

\*\*\* 경상대학교 건축공학과 부교수, 정회원

\*\*\*\* 연세대학교 건축공학과 교수, 정회원

개념을 더하여 (공정과 연계) 4D시스템이 구축되고, 시뮬레이터를 통해 3D의 각 부재들이 공정에 따라 순차적으로 구현되게 된다. 이러한 건축시공 시뮬레이션 시스템은 시각화를 통해 사전검토를 가능하게 함으로서 작업오류를 발견하고 수정 가능하도록 하며 건설프로젝트의 프로세스를 예측할 수 있도록 한다. 이로 인해 디자인 단계에서뿐만 아니라 시공단계에서도 설계변경을 줄일 수 있으며, 실제 공정 프로세스와 연계가 되므로 공정 단계별 진행정도를 체크할 수 있는 공정관리 전산화를 통해 작업효율을 높일 수 있다. 또한 건축시공 시뮬레이션의 축인 공정에 자재, 원가, 인력 등의 데이터와 연계를 통해서 공정에 따른 각 부분의 현황을 자동으로 체크하고 예측할 수 있는 확장가능성을 가지고 있기에 통합관리 시스템으로서의 중요한 요소라 할 수 있다. 즉 이러한 시뮬레이션 시스템은 시각화를 통한 커뮤니케이션의 활성화로 시행착오를 감소시키며 이로 인해 팀워크 증진 및 관리비용 감소와 품질의 향상이 이루어 질 뿐만 아니라 전체 프로젝트 비용 감소와 공기 감소로 인한 시공자 수익성 증가의 측면이 향상 될 것이다. 결과적으로 전산화를 통한 건설프로젝트 전 과정의 업무관리 효율성을 향상시킬 수 있기 때문에 국내 건설 산업의 발전과 경쟁력을 위해 꼭 필요하다.

## 2.2 4D시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 시스템의 개념 및 활용현황 고찰

건축시공 시뮬레이션 시스템의 개념은 다음 그림 1과 같다. 3D과정에서 부재자재를 하나의 데이터로 인식하는 객체기반 3D모델 (3D Data/Base)의 축과 기준에 따른 분류체제를 마련해 라이브러리를 구성한다. 이 후 공정프로그램을 통해서 공정 프로세스를 작성하여 객체기반 3D모델과 각 공정을 연계시킨다. 이러한 과정을 거친 데이터를 시뮬레이터를 이용해 건설프로젝트가 시뮬레이션 (모의조작)되게 된다.

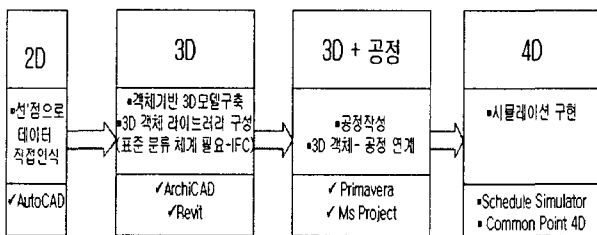


그림 1. 건축시공 시뮬레이션 시스템 개념도

현재 활용되는 건축시공 시뮬레이션 시스템의 대표적인 프로그램은 2D단계에서 Autodesk사의 AutoCAD와 3D단계에서 Autodesk사의 'Revit', GRAPHISOFT사의 'ArchiCAD' 가 있으며 공정프로그램으로는 Primavera사의 'P3' 와 Microsoft사의 'MS Project' 가 있다. 그리고 4D단계에서 시뮬레이션 구현을 위한 Bentley사의 'Schedule Simulator' 와 CommonPoint사의 'Common point 4D' 가 있다. 현재 활용되고 있는 건축시공 시뮬레이션 시스템에서의 해결해야할 문제점은 크게 3가지로 볼 수 있다.

- 1) 2D-3D의 데이터 구성방법 차이로 인한 호환성 문제

- 2) 각 단계에서 원활한 연결을 위한 데이터 표준화 구축문제
- 3) 각각의 3D 객체데이터와 공정프로세스 연계 시 수작업으로 인한 복잡한 과정과 오랜 시간소요의 문제

## 2.3 현재 활용중인 4D시뮬레이터 분석

다음 그림 2와 그림 3은 4D시뮬레이터 'Common Point 4D' 에 적용된 건설프로젝트 작업의 과정이다. 그림 2는 윈도우창을 통해 3D 객체모델과 공정을 연계시키는 4D 시뮬레이션 구현을 위한 사전작업을 보여주고 있다. 이를 통해 사용자가 객체모델과 일정의 연계를 용이하게 하며 공정검토를 위한 시간적 효율성을 증대시킨다. 이때 일정정보는 Microsoft Project or Primavera등의 외부도구에 의해 생성된 파일을 도구 내에 임포트 하여 사용하며 CAD제품군의 도면정보와의 연계를 통해 공사 진행일별 시뮬레이션이 윈도우창에 생성된다.

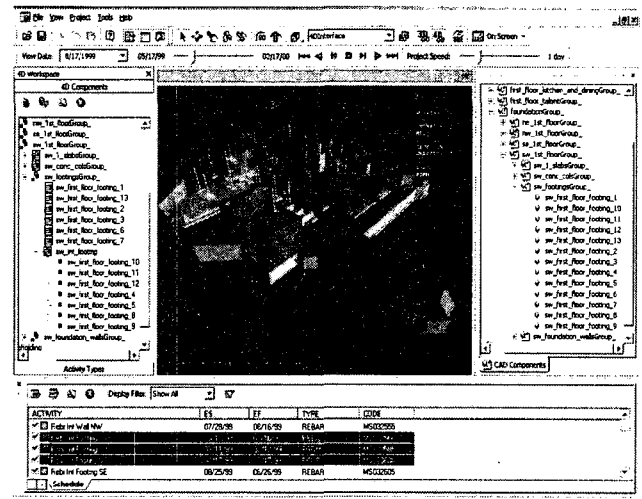


그림 2. 4D Model Interface, Common Point 4D<sup>1)</sup>

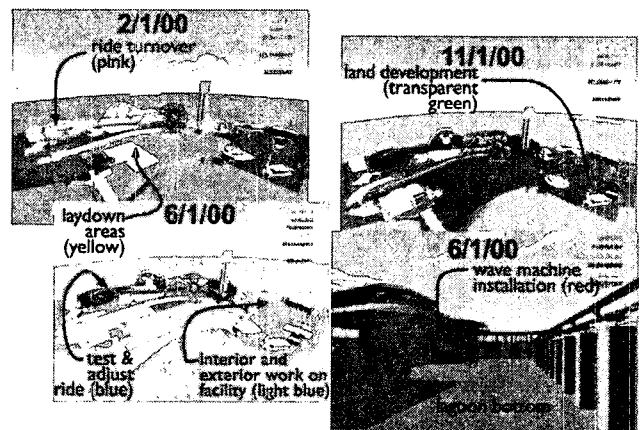


그림 3. 4D snapshots of Common Point 4D<sup>2)</sup>

그림 3은 월트디즈니 기획에 의해 디즈니 캘리포니아 어드벤처 파라다이스 피어 시설을 위한 프로젝트 Milestones 순서와 개발과정을 지원하는 작업을 보여주고 있다. 이와같이 4D snapshots 기능을 통해 주요단계별 각 과정을 시각화해 체크 할

1) Martin Fischer and John Kunz (2004) The Scope and Role of Information Technology in Construction  
2) Laurel M.Sheppard(2004) Virtual Building for Construction Projects

수도 있다. 마지막으로 그림 4는 각 단계별로 시뮬레이션이 구현되는 과정을 보여준다. 이러한 현재 활용중인 4D시뮬레이터는 대규모 건설프로젝트에 적용되어 성과를 거두고 있다.

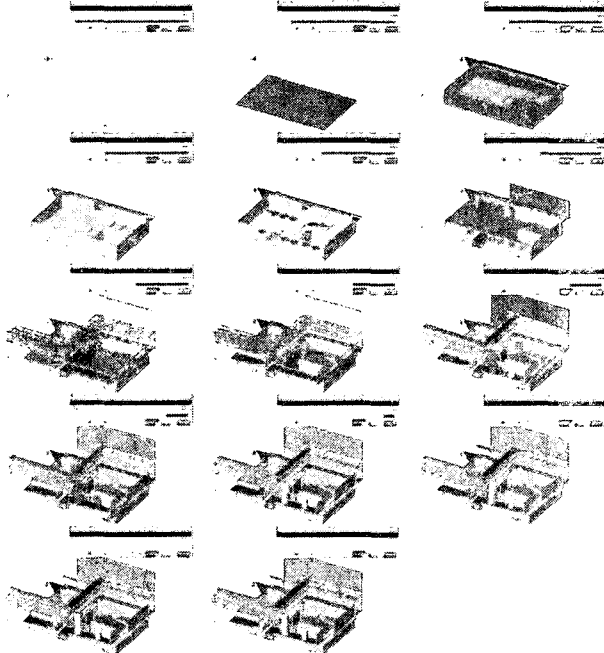


그림 4. 시뮬레이션 구현 과정<sup>3)</sup>

이러한 건축시공 시뮬레이션은 시각화를 통한 예측으로 공정 오류를 조기에 판단하고 공정계획의 최적화를 통해 시공성 및 작업효율을 증대시킨다. 특히 just-in-time fabrication 현장일 경우 사전검토를 통해 자재의 주문과 조립, 운반의 프로세스를 효율적으로 운영할 수 있으며 협력업체와의 커뮤니케이션에 있어서도 용이해진다.

하지만 일반적인 건설프로젝트에서 전반적으로 시뮬레이션 시스템을 적용하기에는 문제가 있는 것도 사실이다. 그 이유는 독립적이고 대규모인 건설프로젝트에는 하나의 프로젝트에 시뮬레이션 구현을 위한 일련의 작업이 의미를 가질 수 있다. 왜냐하면 프로젝트 자체가 워낙 대규모이고 복잡하기 때문에 시뮬레이션을 통한 이익 또한 크기 때문이다. 하지만 아파트나 일반 건설프로젝트에서는 시뮬레이션 구현을 위한 작업을 한다는 것이 오히려 작업의 증가를 가져와 이익에 비해 더 많은 업무량을 가져오는 것은 아닌가하는 비효율성을 제기하기도 한다. 이러한 의구심을 낳는 이유는 시뮬레이션 구현을 위한 건축시공 시뮬레이션 시스템 작업 그 자체가 인력에 의해 수작업으로 이루어지는 부분이 크기 때문이다.

### 3. 4D 시스템 기반의 건축시공 시뮬레이션 개발 방법 제안

#### 3.1 건축시공 시뮬레이션 시스템의 활용현황과 4D시뮬레이터 분석으로부터 도출된 문제점

4D-CAD 시스템에 대한 노력은 일찍이 1973년부터 시작되

었으며 1984년에서야 PM-VISION사를 통해 시뮬레이션 제품이 상용화되기 시작했다. 초기 제품은 3D를 시각화하는데 중점을 두었으며 90년대 들어서면서 CAD시스템과 공정프로그램의 연계가 시작되었다. 이후 Real-time 시각화 시스템인 Navigator로 발전을 이루어냈으며 이 시기에 Bentley의 Schedule Simulator와 Intergraph의 Schedule이 시판되었다.

이 두 시스템 뿐만 아니라 4D Simulation 시스템은 변동 시 3D모델링 도구 내에서 초기정보의 수정작업을 시행한 후 구현해야 하므로 실무적으로 많은 품과 시간을 요하며, 시설물의 관찰의 다각화는 가능하나 Snap Shot개념의 연결만 가능한 한계를 가지고 있다. 또한 현재의 4D 시스템은 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 하는 번거로움을 가지고 있다. 최근 Balfour Technologies, Common Point, Reality Capture Technologies가 이를 보완하기 위해 노력하고 있다. 위의 과정으로부터 도출된 주요 문제점은 다음과 같다.

- 1) 데이터 표준화에 관한 문제
- 2) 설계 변경 요구 시 수정 및 변경의 불편
- 3) 3D객체와 공정 프로세스의 연계 시 각각의 수작업을 통한 복잡한 과정과 오랜 시간의 소요

#### 3.2 4D 시스템 기반의 공정 프로세스 중심 건축시공 시뮬레이션 개발 방향

4D시스템 기반의 공정 프로세스 중심의 건축시공 시뮬레이션 개발 방향을 그림 5와 같이 제시하고자 한다.

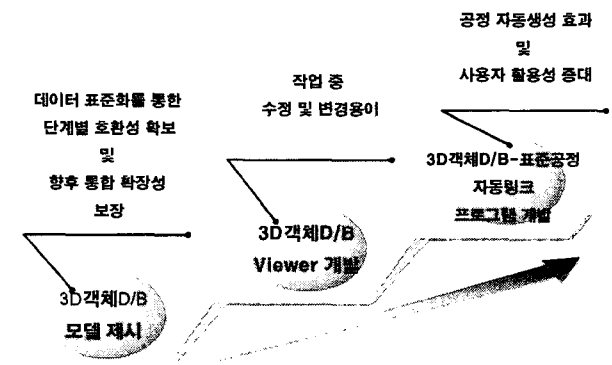


그림 5. 4D 시스템 기반의 공정 프로세스 중심 시뮬레이션 시스템 개발 방향

첫째, 데이터 표준화가 이루어졌을 때만 각 단계별 연결고리를 구성해 원활한 시스템의 작동이 가능하다. 이러한 노력은 IFC(건설제품정보표준)·STEP과 같이 국제적인 노력이 계속되고 있으나 국내 건설 현실과 맞지 않기에 재정립을 위한 과정이 필요하다. 이러한 국내 건설체계에 맞는 IFC의 재정립을 통해서 3D 객체 D/B 모델을 제시하여 데이터표준화의 기본을 마련해 단계별 호환성을 확보 및 향후 통합 확장성을 확보하고자 한다.

3) Laurel M.Sheppard(2004) Virtual Building for Construction Projects

둘째, 시물레이션 구현과정에서 문제점을 발견 시 설계 수정 및 변경의 불편함을 해결하기 위해 3D 객체 D/B Viewer를 개발한다.

셋째, 현재 건축 시물레이션 구현에 있어 사용자 편의성을 저해하고 시스템의 상용화를 이루어내는데 가장 큰 걸림돌은 3D객체와 공정 프로세스의 연계 시 각각의 수작업을 통한 복잡한 과정과 오랜 시간이 걸리는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법은 다음과 같다. 건설프로젝트가 독립적이거나 하나 반복되는 부분을 중심으로 표준공정을 마련할 것이다. 그렇게 마련된 표준공정을 일정한 기준으로 WBS(작업분류체계)를 적용하고 그에 따라 분류, 코드를 부여한다. 이를 바탕으로 자동으로 3D 객체D/B - 표준공정이 자동링크 되는 프로그램을 개발한다. 이러한 과정을 통해서 사용자 편의성을 한층 향상시켜 상용화 가능한, 공정프로세스 중심의 시물레이션 시스템 개발 방향을 제시하게 된다.

#### 4. 결론

본 연구는 이론적 고찰을 통해서 건축시공 시물레이션 시스템의 개념 및 필요성을 고찰하고 4D 시물레이터 활용현황을 통해 도출한 문제점을 바탕으로 좀 더 사용자 편의성을 고려하고, 상용화를 위한 4D 시스템 기반의 공정관리 프로세스 중심의 시물레이션 시스템 개발방향을 제시하고자 노력하였다. 데이터 및 표준공정 제시와 각 3D 객체데이터의 자동 연계 프로그램 개발을 통한 공정 자동생성 구현으로부터 현재 일부 활용 중인 건축시공 시물레이션시스템 문제점의 해결방안을 제시하고자 하였다. 이를 통해 좀 더 사용자 중심의 시스템 개발을 위해 향후 구체적인 계획 수립을 통해 상용화를 위한 연구를 진행할 것이다.

#### 참고 문헌

1. 이재철 (2004) 4D시물레이션 및 일정별 물량정보검색을 위한 3D 모델 정보활용, 한국건설관리학회논문집, 5(4), pp.107~114.
2. 강인석 (2006) 건설공사 4D CAD시스템의 일정 및 진도관리기능 개발 사례, 대한건축학회논문집, 22(8), pp. 141~148
3. 권오성 (2001) 초고층 복합시설물의 4D CAD 모델링 사례연구, 한국건설관리학회, pp. 187~192
4. DAVID HEESOM and LAMINE MAHDJOURB (2004) Trends of 4D CAD applications for construction, Construction Management and Economics 22, pp.171~182
5. Laurel M.Sheppard(2004) Virtual Building for Construction Projects, the IEEE Computer Society
6. Marcel Broekmaat and Bauke de Vries (2003) Implementation Scenarios for 4D CAD in Practice, Proceedings of the 20th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp393~398
7. Martin Fischer and John Kunz (2004) The Scope and Role of Information Technology in Construction, Center for Integrated Facility Engineering, #156

본 논문은 건설교통부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 첨단융합건설기술개발사업 (과제 번호: 06첨단융합C03)의 지원으로 이루어진 것으로, 본 연구를 가능케 한 건설교통부 및 한국건설교통기술평가원에 감사드립니다.

---

# 시설물유지관리

---

- 1. 점착형 도막·시트 일체형 방수재를 이용한 비노출용 복합 방수공법에  
관한 실험적 연구 ..... 125
- 2. 장기폭로실험에 의한 철근콘크리트 보수재료공법 시스템의 열화특성  
평가에 관한 연구..... 129
- 3. 자착식 부틸고무시트에 다발형 유리섬유직포를 적층한  
비노출방수공법에 관한 연구..... 133
- 4. 제설제의 염화물과 동결융해의 영향을 동시에 받는 교량구조물  
콘크리트 바닥판의 열화특성 ..... 137
- 5. 비노출 방수층에 작용하는 정하중과 동하중 작용 후의  
방수층 물성변화에 관한 연구 ..... 141
- 6. 고로슬래그 미분말에 내구성향상 혼화제를 첨가한 콘크리트의  
기초물성에 관한 실험적 연구 ..... 147
- 7. 옥상녹화 방수 및 방근 기술로서 동판재의 적합성 및 시공성에 관한 연구... 151
- 8. 철골조립공사 자동화를 위한 프로세스 분석 및 평가..... 155
- 9. 건축 구조물 외단열 시스템의 열화 및 누수현상이 구조물 노후화에 미치는  
영향 분석에 관한 연구 - 초고층 OO 아파트 외벽 누수 사례를 통하여 -.. 159

