

건설 프로젝트 공정표 생성을 위한 사례기반 전문가시스템의 설계

김현우, 이경전, 이재규

한국과학기술원 테크노경영대학원 지능정보시스템 연구실

서울시 동대문구 청량리동 207-43

e-mail : {kimhw, leekj, jklee}@msd.kaist.ac.kr

Tel: 02-964-6987

Abstract

Generating a project network of a specific construction project is very time consuming and difficult task in the field. To effectively automate and support the planning process, we design a case-based project planning expert system inspired by the fact a human expert project planner uses previous cases for planning a new project. A construction project case consists of its specific characteristics and the corresponding project network (i.e. project plan). Using frame based representation, we represent the project features affecting the progress network and the entities composing the project plan such as the buildings, construction methods, WBS (work breakdown structure), activities, and resources. The project planning process runs through most similar case retrieval, case adaptation, and user requirement satisfaction. We represent the construction domain knowledge for each procedure using constraints and rules. We develop the methodology for constraint-based case adaptation. Case adaptation process mainly consists of activity generation/deletion and precedence constraint satisfaction, for which we develop the dynamic constraint generation, for which we develop the dynamic constraint generation method and connect user-level requirement representation with the system-level network modification knowledge. The methodology is being applied to the prototype for apartment construction project planning.

1. 서론

기존의 공정계획 시스템 및 공사관리 시스템의 개발 현황을 살펴보면, 학계에서 기본적인 방법론에 대한 연구가 이루어지고 이러한 연구를 바탕으로 실제 업계 주도로 실제

적인 시스템이 개발되어 왔다.[Ory S, 1995] 공정계획 시스템에 대한 연구의 시작은 1950 년대에 시작한 PERT 와 CPM 으로 대표되어 지는 여러 수학적 계획 기법에서 찾을 수 있다. 1988 년 레이몬드는 그의 논문에서 수리적인 기법에 대한 다음과 같은 한계점을 지적하였다.

1. 수리적 기법 그 자체로는 각 적용 영역의 특성을 반영할 수 없다.
2. PERT 기법에서는 미약하나마 일부분 불확실성에 대한 고려를 할 수 있으나, 기존의 수리적 기법으로는 현실에서의 불확실성에 대한 고려를 할 수 없다.
3. 수리적 기법은 새로운 계획을 작성 못한다.
4. 수리적 기법은 실제적으로 자세한 문제에 대해서 사용된 경우가 많지 않다. [Laymond 1988]

위와 같은 문제를 해결하기 위해 인공지능 기법중의 하나인 사례 기반 추론 방법이 공정계획 문제에 적용되었다. 경험과 지식이 풍부한 전문가라도 아파트 공정계획을 수립하기 위해서는 기존의 전문 소프트웨어를 사용하더라도 많은 시간이 소요되고 있다. 또한 새로운 공정계획을 수립하고자 할 때 완전히 새로이 작성하는 것은 비능률적일 뿐만 아니라 과거 사례에 포함되어 있는 함축되어 있는 지식을 활용하지 못하는 결과를 낳는다. 그러므로 과거에 수립한 모범적인 공정계획의 경험적 지식을 새로운 공사의 공정계획에 자동 반영하여, 보다 신속하게 신뢰성이 높은 초기 공사 계획을 수립할 수 있는 사례 기반 전문가 시스템을 설계하고, 및 초기 공정표 생성에 대한 프로토타입을 구현하였다.

2. 시스템 개요

과거의 경험을 함축하고 있는 하나의 건설 공정 계획 사례는 공사 특정 정보와 공정표로 구성되어 있다. 객체 지향 표현 기법인 프레임틀을 이용하여 공사 특정 정보를 입력하고, 공정표의 빌딩, 공법, 작업과 같은 구성요소를 표현하여 사례 베이스를 구축한다. 이러한 구성요소간의 관계는 <그림 1>과 같다. 공정표 작성시에 필요한 지식은 제약식과 규칙으로 표현하여 지식 베이스를 구축한다.

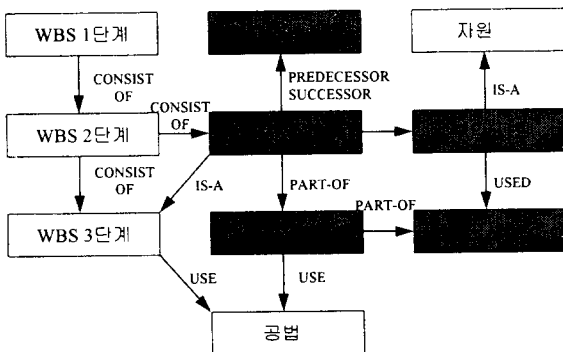


그림 1 건설 공정 계획의 클래스간의 관계

이렇게 구축된 사례와 지식을 바탕으로 새로운 공정표를 작성하기 위해서는 공사 특정 정보를 이용하여 가장 유사한 공정표를 추출하는 유사사례 추출을 한다. 공사의 특정 정보를 해석하여 선택된 공정표에서 필요작업을 추가하고 불필요 작업을 삭제한다. 이렇게 작업의 침삭이 끝난 후 추론에 필요한 여러 지식들을 새로이 구성 또는 선택한다. 이 작업에서 클래스 차원으로 구축되어 있는 메타 선후관계 제약식에서 실제 시스템에 필요한 수준의 인스턴스 차원의 제약식을 발생시킨다. 이렇게 발생한 선후관계 제약식을 바탕으로 작업의 선후관계를 조정, 제약식을 만족시킨다. 생성된 새로운 공정표는 작성자의 판단에 따른 전략이나 요구를 만족시키는 단계를 거치게 된다.

시스템의 구조를 살펴보면<그림 2> 사용자가 작성하고자 하는 공사의 특정 정보를 입력하면 그에 맞는 공정표를 작성하기 위한 전략 분석기와 공정표 생성기가 있다. 공정표 작성기에서 작성된 공정표를 사용자가 판단하여 추가적인 요구사항을 입력하게 되면 그에 적절하게 공정표를 수정하게 된다. 공정표 작성기에 의해 생성된 공정표는 계획

작성기에서 일정계획이 세워진다. 사용자는 이를 근거로 현재 공정표를 평가하여 추가적인 요구사항을 입력한다. 입력된 사용자의 요구를 수용하기 위한 공정표 분석기와 공정표 수정기 모듈이 있다.

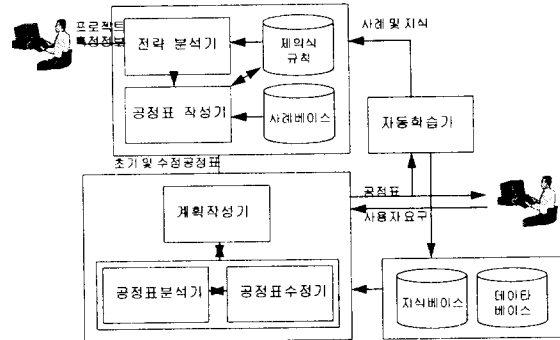


그림 2 시스템 구조도

3. 지식의 종류

초기 공정표를 작성하기 위해서는 많은 지식이 필요하다. 이러한 지식을 지식의 성격에 따라 프레임, 제약식 또는 규칙으로 표현하였다. <표 1>

지식의 종류		지식의 형태
공정표수정지식	공정표세부분류체계	FRAME
	세부공정표수정지식	Rule
초기공정표 작성 지식	선후 관계 제약식	Constraint
	동간공정표연결지식	Rule
	공구간공정표연결지식	Rule
	필요 공정 지식	Constraint
공사 현장 지식	공사 현장 지식	Rule
물량 산출 지식	물량 산출 지식	Rule
공기 관련 지식	토공사 공기 지식	Constraint/Rule
	WBS 공량 지식	FRAME
도면정보연계지식	도면 연계 지식	FRAME

표 1 지식의 종류와 형태

4. 사례와 지식의 수집과 표현

현재 10, 15, 20, 25, 30 층에 대한 평지, 산악지, 매립지에 대한 15 개의 사례가 축적되어 있다. 이들 사례는 그림 1에서 볼 수 있듯이 공사, 빌딩, 공정, 선후관계, 투입자원에 대한 정보로 구성되어 있으나, 데이터가 입력되어 있는 것은 공사, 빌딩, 공정, 선후관계에 대한 정보이다. 사례는 아래와 같이 프레임으로 표현하였다.

새로운 공정표 작성시에 유사 사례 추출에 이용되는 공사 특정 정보는 공사장의 위치, 시작일, 준공일, 지질, 계약금액등을 담고 있다.

```

{{P1
IS-A: HOUSING
IS-A+INV: PIB1
NAME: 고양중산
ADDRESS: 경기도 고양시
START-DATE: 1994/08/01
DUE-DATE: 1996/03/20
END-DATE:
ORDER:
WHERE: 경기도
GROUND-TYPE: 평지
TOPOGRAPHY-CLAY: 100
TOPOGRAPHY-FRAGILE-ROCK: 0
TOPOGRAPHY-SOFT-ROCK: 0
TOPOGRAPHY-SOLID-ROCK: 0
NUM-BUILDING: 1
SPACE-UNIT: M2
SPACE: 3539.6
CONSTRUCTION-SPACE-UNIT: M2
CONSTRUCTION-SPACE: 711.47
BUILDING-SPACE-UNIT: M2
BUILDING-SPACE: 7328.11
BUDGET: 4128713243
CONTRACT-BUGET: 4460807853
HOUSEHOLD: (47 40)
}}

```

빌딩정보는 공사정보에 저장되어 있는 정보를 상속으로 공유하면서 건물 하나 하나의 특정정보를 담고 있다. 건물에 사용되는 공법, 층수, 면적, 사용되는 공법등에 대한 정보를 저장한다

```

{{P1B1
PART-OF: P1
IS-A: APT
APT-TYPE: 계단실형
BASE-FIRST: 1
BASE-LAST: 1
GROUND-FIRST: 1
GROUND-LAST: 10
PH-LAST: 2
PHASE-LAST: 1
WORK-SECTION:
BLD-START-DATE: 1994/08/01
BLD-DUE-DATE: 1996/03/20
END-DATE:
HOUSEHOLD: (47 40)
FLOOR-SPACE:
CONSTRUCTION-METHOD: ex-c10 ex-c18 ex-c1

```

ex-c3 ex-c8 ex-c11 ex-c15 ex-c14

}}

액티비티 정보는 액티비티명, 공기등의 액티비티 고유 특정 정보와 스케줄된 결과값을 가지고 있다. 액티비티 정보는 가장 공정표에서 가장 기본이 되는 정보를 담고 있다.

```

{{P2B1-BBA
IS-A: ACTIVITY BBA
FLOOR:
BUILDING: P2B1
DURATION: 18
BUDGET: 0
INPUT-BUDGET: 0
PROGRESSRATE: 0.000000
DESCRIPTION: 기초 CON`C
WORK-QUANTITY:
MAKE-WITH:
INIT-ES: 95-06-10
INIT-EF: 95-06-27
INIT-LS: 95-06-10
INIT-LF: 95-06-27
FLOAT: 0
ES: 40
EF: 58
LS: 95-06-10
LF: 95-06-27
ROW: 3
}}

```

액티비티간의 선후관계에서는 어느 액티비티가 선행 액티비티이며, 어느 액티비티가 후행 액티비티인가를 밝혀두고 있다. 여기에서 사용되는 관계타입으로는 SS, SF, FS, FF 와 같이 네 가지가 있다.

```

{{DCB20DCE-591
IS-A: ACT-REL
PREDECESSOR: P2B1-DCB20
SUCCESSOR: P2B1-DCE
REL-TYPE: FS
REL-VALUE: 0
GIVEN-VALUE
}}

```

규칙의 표현은 한국과학기술원 지능정보 연구실에서 개발한 UNIK의 규칙의 형태로 표현한다. 선후관계 제약식은 아래와 같이 선행작업, 후행작업과 둘 간의 관계의 종류와 관계 값을 명시하여 프레임으로 표현한다. 이는 전문가 수준에서의 지식 표현이며, 시스템 수준에서의 표현은 공사 정보가 입력이 되면 이를 바탕으로 자동 생성한다.

```

{{ pcl-a
  is-a: precedence_constraint
  relation-type: ss
  relation-operator: >=
  relation-value: 0
  value-type: day
  precedence-wbs: bcb
  precedence-floor: 4
  successor-wbs: bda
  successor-floor: <base_first>
  index-name:
  index-start-point:
  index-end-point:
  index-step:
  relaxed-form:
}}

```

위와 같이 프레임을 이용하여 필요공정 지식, 분류체계와 같은 다른 지식들을 표현하였다.

5. 시스템 흐름도

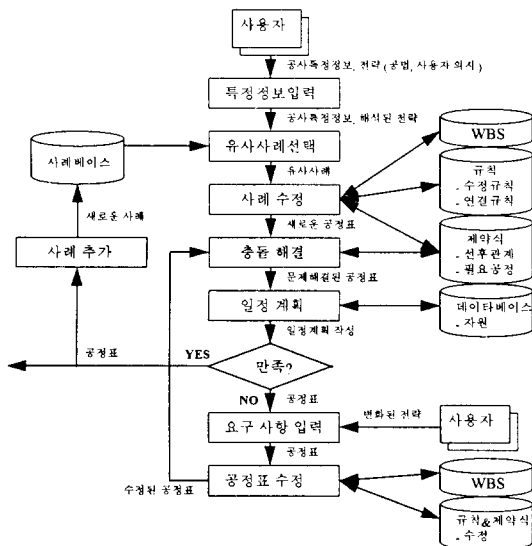


그림 3 시스템 흐름도

<그림 3>에서 보는 바와 같이 사용자가 공사 특정 정보를 입력하면, 입력된 새로운 공사의 특정 정보를 이용해서 유사성 척도를 계산하여 유사한 사례를 추출한다. 현재의 사례에 맞게 수정하기 위해서는 필요한 공종 선택, 필요한 액티비티 검색 과정을 거쳐, 액티비티간의 관계를 변경시킨다. 이렇게 변경된 공정표가 주어진 제약식을 만족하는가를 확인하고, 만족하지 않는 것이 있다면 만족하도록 공정표를 수정한다. 이런 과정을 거친 후 스케줄링을 하여 작성자가 만족하는 지를

확인한다. 여기에서 만족하게 되면, 이렇게 생성된 새로운 사례는 사례 베이스에 저장되게 된다. 그러나 만족하지 않고 변경된 특정 정보를 입력하게 되면 공정표는 다시 변경되어, 제약식을 만족하는 가를 다시 확인하게 된다.

6. 시스템의 구현

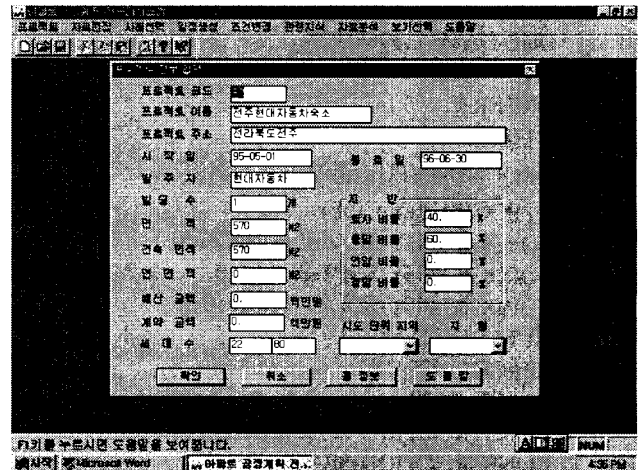


그림 4 시스템 화면

지금까지의 설계에서 가장 중요한 기능인 초기 공정표를 작성하는 프로토타입<그림 4>을 구현하였다. 이를 위해서는 동적 제약식 생성기법 구현, 제약식 확인 및 기본적인 충돌 제거 기법 구현, 필요공정 제약식을 통한 공정의 적절한 검색 기능 구현이 필요하다. 결과물은 기존의 틀과 텍스트 파일로 인터페이스할 수 있도록 개발하여, 기존의 틀에서 결과를 확인한다.

참고문헌

- [1] 김현우, "제약식과 규칙을 이용한 사례 기반 건설 공정 계획 전문가시스템 개발", KAIST MIS 석사학위논문, 1996
- [2] Raymond E. L., et al, "Artificial Intelligence Techniques for generating construction project plan", J. Construction Engrg. and Mgmt., Vol. 114, No. 3, pp. 329-343, 1988
- [3] Y. Huang, R.Miles, "Combining Case Based and Constraint Based Techniques in Travel Reservation Systems", Proc. the 11th Conference on AI for Applications, Feb 20-23, 1995
- [4] Ory S., Abraham W., "Knowledge based system for construction planning of high-rise buildings", J. Construction Engrg. and Mgmt., Vol. 121, No. 2, pp. 172-182, 1995