

Protégé를 이용한 기업 온톨로지 기반 구축 및 활용 - 조선 건조공정 표현과 분석 -

박지현*, 양재군**, 배재학***

A Building and Application of Enterprise Ontology with Protégé - Representation and Analysis of Shipbuilding Process -

Ji-Hyun Park*, Jae-Gun Yang**, Jae-Hak J. Bae***

요약

본 논문에서는 기업 온톨로지(EO: Enterprise Ontology)를 기반으로 한 조선소 건조 공정의 표현 및 분석 사례를 기술한다. 조선소 건조 공정은 가공, 조립, 탑재, 진수, 시운전, 명명, 인도의 과정을 거친다. 본 논문에서는 그 중 가공공정과 조립공정의 배관설계 업무를 표현하고 분석하였다. 우선, 조선 가공공정과 조립공정의 배관설계 업무를 대상으로 온톨로지를 구축하고 기존의 기업 온톨로지와 병합(Merge)하여 조선소 건조 공정에서의 기업 온톨로지를 생성하였다. 병합된 온톨로지와 프로테제의 플러그인을 활용하여 각 프로세스를 표현할 수 있었고 건조 공정의 현재 상태를 분석하고 프로세스 상의 여러 요소들 간의 의존성도 분석할 수 있었다. 이를 통해 조선과 같은 복잡한 프로세스를 가지는 산업에서도 기업 경영과 프로세스 관리에 기업 온톨로지가 유용함을 검증하였다.

Abstract

This paper describes a case study on an enterprise ontology(EO) based analysis and representation of the production operation in shipbuilding. The production operation consists of steel fabrication, assembly, erection, launching, sea trial and delivery process. We represent and analyze the steel fabrication process and the piping design business of the assembly process among them. First, we build an ontology on concepts of steel fabrication process and the piping design business of assembly process. And then we merge it with the original EO. We represent each process and analyze current state of production process with the merged EO and Protégé plug-ins. Moreover, we can analyze dependency relations among the workflow elements. Through the case study, we have found the effectiveness of EO in business management and process management in complex heavy industries.

- ▶ Keyword : 기업 온톨로지(Enterprise Ontology), 온톨로지 병합(Ontology Merge), 프로세스 관리(Process Management), 의존성 분석(Dependency Analysis), 프로테제(Protégé), 조선 건조공정(Shipbuilding Process)

• 제1저자 : 박지현 교신저자 : 배재학

• 투고일 : 2008. 12. 29, 심사일 : 2009. 1. 20, 게재확정일 : 2009. 3. 23.

* 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 박사과정 ** 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 박사

*** 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수

※ 이 논문은 2007년 울산대학교 연구비에 의하여 연구되었음

I. 서론

우리나라의 조선 산업은 1990년대 말부터 업계 세계 1위를 지키고 있지만 최근 글로벌 경쟁상황에 직면해 있다. 경쟁적인 경영 환경 속에서 강제의 확보 및 안정적인 조달은 업계의 수익성과 건조공정의 안정화에 많은 영향을 미친다(1). 효율적인 강재 및 강재 적치장 관리 방안은 세계 1위의 조선 강국의 위치를 고수하고 국제 경쟁력을 제고하기 위해서 그 필요성이 대두되고 있다.

한편, 최근에 들어서야 국내의 조선소들은 ERP를 도입하여 가동하기 시작했다. ERP 시스템은 표준화된 단일 시스템을 통해 기업 내 모든 데이터의 통합 관리가 가능해 진다는 장점이 있다. 그러나 도입 비용이 비싸고 사전에 철저한 프로세스 분석이나 사후의 지속적인 프로세스 관리가 없이는 성공하기 힘들다는 위험 부담을 안고 있다. 전통적으로 프로세스 관리는 기업 경영에서 매우 중요한 일이었다. 또한 유연하고 융통성 있는 프로세스 관리 기법은 기업 경쟁력을 확보하기 위한 중요한 방법이 된다.

비즈니스 프로세스를 관리하기 위해서는 기업 고유의 지식 및 프로세스를 표현하고 관리할 수 있는 기술이 필요하다. 이를 위해 온톨로지를 활용할 수 있다. 조선 산업에서 온톨로지를 구축하고 적용하는 연구는 상당히 미약한 편이다. 선박 거래를 위해 선박매매 관련 온톨로지를 구축하고(2) 내용 기반 검색을 통해 선박매매 정보를 추출한 사례나 최근 협업을 위해 조선 설계 지식을 온톨로지로 표현하거나(3) 해양 환경 온톨로지를 구축한(4) 연구사례가 있지만 실제 조선소의 생산 공정을 대상으로 프로세스 관리를 위해 온톨로지를 구축한 경우는 없었다.

이에 본 논문에서는 조선 건조공정 온톨로지를 구축하고 이를 기업 온톨로지(5,6)와 병합하여 기업 온톨로지를 확장하고 이를 기반으로 조선 건조공정을 표현하고 분석함으로써 조선 산업과 같은 복잡한 프로세스를 가지는 산업에서도 기업 경영과 작업흐름 관리에 기업 온톨로지가 유용함을 확인하고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서 관련 연구에 대해 살펴보고 3장에서는 조선 건조공정 온톨로지의 구축 및 기업 온톨로지의 확장 과정을 살펴본다. 4장에서는 확장된 온톨로지를 기반으로 조선 건조공정의 현재 상태 및 의존성 분석을 살펴본다. 마지막으로 5장에서 결론에 대해 살펴본다.

II. 관련연구

1. 프로세스 관리

최근 급변하는 업무 환경에 유연하게 대처하고 기업의 경쟁력을 강화하기 위해 프로세스 관리의 중요성이 부각되고 있다. 이러한 프로세스 관리 기술은 1980년대 말 미국을 중심으로 적용되었던 BPR/PI를 시작하여 급격하게 발전하였다. ERP, SCM, CRM 등과 같은 대단위 패키지 소프트웨어가 개발되고 1990년도 말부터는 프로세스에 대한 자동화를 추구하는 워크플로우 관리 시스템이 등장하였다. 또한 프로세스 시뮬레이션 등 프로세스를 도식적으로 관리할 수 있는 프로세스 매핑 도구의 출현과 비즈니스 프로세스 관리 시스템(Business Process Management System: BPMS)으로 더욱 발전되었다(7).

생산을 주된 활동으로 하는 대부분의 기업에서는 일반적인 업무 프로세스뿐만 아니라 생산 공정 프로세스에 대한 관리도 필요하다. 현재 많은 생산 기업에서는 G2(8)와 같은 공정 프로세스 관리 도구를 활용하고 있다. G2는 현재 운영되고 있는 시스템들과 협력하여 동작하는 실시간 비즈니스 룰 엔진이다. 룰, 작업흐름, 객체 모델링, 시뮬레이션 등을 통하여 BPEL를 구현하고 실시간 추론을 통하여 기업에 자동화된 의사결정 및 활동을 지원한다는 점에서 장점을 가지고 있는 도구이다. 그러나 운영되는 시스템마다 사용하는 용어 및 개념이 불일치할 경우 올바른 결과를 기대하기 힘든 부분이 있다. 따라서 G2와 같은 기존의 공정 프로세스 관리 도구들도 그 기반에 기업 내에서 사용되는 용어, 프로세스 정의에 필요한 개념 및 관련성들을 관리하기 위한 기술이 필요하다. 본 논문에서는 기업의 프로세스 지식을 표현하고 관리하기 위한 기반 기술로 기업 온톨로지를 활용하고자 한다.

2. 기업 온톨로지

온톨로지(Ontology)는 인지체에 의해 개별화된 실체들에 대하여 논의나 분류를 가능하게 하는 범주 시스템으로 본다(9). 한편 정보기술에서의 온톨로지는 각 업무 분야 또는 업무 행위에 대한 어휘의 집합과 구조적인 체계를 포함하고 있다(10). 현재 온톨로지는 정보 검색, 의료 정보, 인공 지능, 전자상거래 등 다양한 기술 분야에서 적용되고 있다.

기업 온톨로지(EO: Enterprise Ontology)는 기업 고유의 용어(Term)와 정의(Definition)의 모음으로 Edinburgh

대학에서 수행한 Enterprise Project를 통해 개발되었다. EO는 다음과 같이 크게 다섯 부류로 구성되었다.: (1) Meta-Ontology와 Time은 온톨로지 자체를 정의하기 위해 사용되는 용어와 개념을 정의한다. (2) Activity, Plan, Capability와 Resource는 업무절차와 계획에 관련된 것이다. (3) Organization은 조직이 어떻게 구성되었는가에 대한 것이다. (4) Strategy는 기업의 전략에 관련된 것이며 (5) Marketing은 제품과 서비스의 판매와 마케팅에 관련된 것이다. 따라서, 기업 온톨로지는 기업 고유의 지식을 정의하고 있는 기업의 인지적 모델이라고 할 수 있다.

기업 온톨로지는 서로 다른 기업 간, 서로 다른 시스템 간의 의사소통 매체로서 역할을 하고 지식을 획득, 표현, 조작하여 지식 라이브러리를 구성하고 조직하는데 큰 역할을 한다. 객체지향 데이터베이스 또는 XML을 기반으로 하는 대부분의 프로세스 관리 기법은 새로운 정보가 발생하면 이를 데이터베이스에 추가해야 하지만 온톨로지를 기반으로 하는 경우 온톨로지 추론을 통해 이미 정의된 규칙을 바탕으로 새로운 정보 및 지식을 자동으로 이끌어낼 수 있다는 장점을 가진다. 또한 이러한 온톨로지는 모든 시스템에서 사용되는 용어 및 개념에 대한 표준으로서 역할하며 일관된 시스템 성능을 제공할 수 있을 것이다.

선행 연구[11,12]에서 온톨로지 편집도구인 Protégé[13]를 활용하여 기업 온톨로지의 기반을 구축하고 이를 확장하였다. Top-level 온톨로지로서 Edinburgh 대학에서 개발한 Enterprise Ontology(이하 Edinburgh EO)의 체계를 활용하고 기업구조[14] 사례를 통합하여 구체적인 기업 개념들을 추가하였고 비즈니스 프로세스 모델[15]을 추가함으로써 프로세스를 직접 표현할 수 있게 하였다.

III. 조선 건조공정 온톨로지

1. 조선 건조공정

조선 산업의 건조 공정은 크게 가공, 조립, 탑재, 진수, 안벽의장, 시운전, 명명/인도로 나눌 수 있다(그림 1).

가공공정은 건조공정 중 첫 번째 공정으로 강재를 크고 작은 부재(Piece)로 만들기까지 강재관리, 전처리, 절단, 성형 등의 상당히 복잡한 과정을 거친다. 강재를 관리하는 강제적 치장 프로세스는 하나의 자재관리 프로세스라 할 수 있다. A 조선소의 경우 하루에 처리되는 강재의 양은 800매 이상이 되며 지속적으로 증가하는 물량을 소화하기 위해서 도급 또는 사급을 통해서 사외에서 블록을 만들어 제공받는 등 가공공정은 프로세스의 분석과 개선이 필요한 공정으로 인식되고 있다 [1].

조선 건조공정 중 두 번째 단계인 조립/탑재 공정은 기계 장비, 배관설계, 전계장으로 구분한다. 이 중에서 선박의 배관 설계 업무는 배관계통설계, 배관배치설계 및 배관제작/설치설계로 구성된다. 배관설계는 통상 호선 초기에 수행하는 작업으로서 상세 설계 단계인 배관 배치도를 작성하기 전에 설계자는 기본 설계 단계로서 선박 내에서 포함하는 선박의 운용상 필요한 모든 장치 및 시스템에 대한 개략적인 구성을 나타내는 배관 계통도를 작성한다[16]. 본 논문에서는 배관설계의 자재관리 업무를 기업 온톨로지를 기반으로 표현하고 분석하였다.



그림 1. 조선 건조공정
Fig. 1. Shipbuilding Process

2. 조선 건조공정 온톨로지

가공공정과 배관설계 업무에서 사용하는 고유의 용어 (Term)와 정의(Definition) 그리고 그것들의 관계 (Relation), 속성(Attribute)을 모아서 조선 건조공정 온톨로지를 구축하였다. 이 과정에서는 온톨로지 편집도구인 Protégé를 이용하였고, Top-level 온톨로지는 Edinburgh EO의 체계를 활용하였다.

건조공정에서 사용하는 용어들을 정리하여 같은 개념에 서로 다른 용어를 사용하거나, 다른 개념에 한 용어를 사용하는 경우를 조사하였다. 그리고 나서, 가공공정과 배관설계 업무를 작업 단위로 분석하고 공정 내에서 사용하는 용어와 용어들 간의 관계를 정의하였다. 업무를 분석한 내용에는 작업물량, 작

업조직, 작업자, 사용 및 투입되는 자원 등 작업 관련 정보를 포함하고 있다. 다음으로, 업무 분석에서 나타나는 용어 및 작업 관련 정보에 대해 ‘국어사전’, ‘조선표준용어집’, ‘배관 관련 약어 및 용어집’, ‘배관 설계업무 흐름 및 개요 설명서’, ‘배관 PDM 사용자 MANUAL’ 그리고 ‘조선입문기초’라는 A조선소의 신입사원 교육용 책자를 참고하여 용어 정리를 하였다. 이렇게 정의한 용어들을 Edinburgh EO의 5가지 상위 체계로 분류하고 각 개념들 간의 상관관계를 정의하였다.

그림 2는 가공공정에서 사용하는 용어의 정의와 그것들의 관계도이다. 대부분의 용어들은 클래스로 정의하였고 개념의 특성을 나타내는 용어들은 속성으로 정의하였다. 다른 용어들과의 관련성을 나타내는 개념들은 관계 속성으로 정의하였다.

표 1은 배관설계 업무에서 사용하는 용어들을 조사하고 중

용어 정의 1

- ship_no (호선 [號船]): 조선 Project No.
- 조선 배를 만들
- LOT: 인접 BLOCK내의 작업 방법이 유사한 강재별로 구매하고, 작업하기 위한 묶음.
- BLOCK: 인접 Building Dock의 Crane Capacity에 따라 그 중앙으로 여러 개의 Block Parts로 구분하여 이들을 지상 작업장에서 조립한 다음 Building Dock 내에 이동형채하에 신조하는 근대화된 건조방식 (조선업용 기초)
- steel(강재 [鋼材]): 공업, 건설 따위의 재료로 쓰기 위하여 압연(壓延) 따위의 방법으로 가공을 한 강철. 크게 조강(條鋼), 강판(鋼板), 강관(鋼管)의 세 가지로 나눈다. (강판 + 횡강)
- 압연(壓延): 회전하는 압연기의 롤러 사이에서 압축을 넣어 띠나 또는 판자 모양으로 만드는 일
- 조강(條鋼): 강철(鋼材)의 한 부류. 평조(平條), 평강(平鋼), 강재(鋼材) 따위를 이른다.
- 강판(鋼板): 강철로 만든 판. 강철판
- stock(입고 [入庫]): 물건을 창고에 넣음.
- 강재 입고: 강업체로부터 이송된 강재가 시내에 도착하면 강재 적치장에 적치하기 전 강재정보를 확인한 후 적산입고 처리하는 작업.
- work(작업): 일정한 계획과 목표를 세워 일함.
- unloading(하역): 짐을 싣고 내리는 일.
- steel unloading(강재 하역): 강재를 배에서 내리는 일.
- Pile: 쌓아올린 것, 더미.
- piling-up(적치): 높이 겹쳐서 쌓음.
- steel piling-up(강재 적치): ① 재장 소로부터 들어온 강재를 언백에서 CRANE으로 하역하고 적치(BAY)별로 강판과 횡강을 구분하여 적치한다. (조선업용 기초)
② 입고된 강재를 생산 착수시점에 투입하기 용이하도록 강재를 분류하고, 보관하는 작업
- PDA(personal digital assistants): 휴대용 컴퓨터의 일종으로, 손으로 쓴 정보를 입력하거나 개인 정보관리, 컴퓨터와의 정보교류 등이 가능한 휴대용 개인정보 단말기
- PDA 키: 강재를 쌓아올린 곳(DIM)의 고유키만
- creation(생성 [生成]): 사물이 생겨남. 생겨 어우러지게 함.
- class(번 [班]): 『일부명사 뒤에 붙어』 작은 집단의 뜻을 나타내는 말. 단속반/적업반.

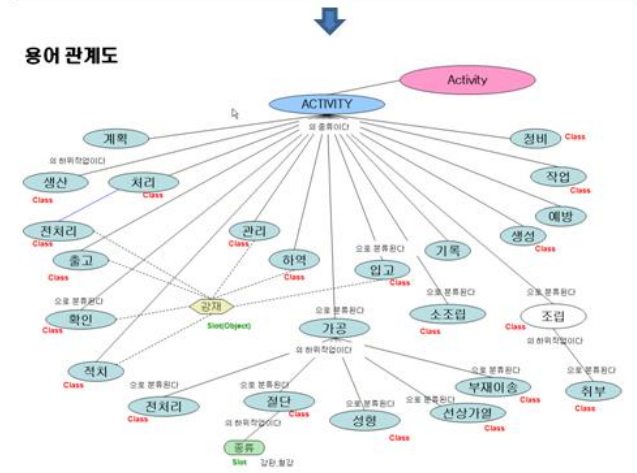


그림 2. 조선 가공공정 용어 및 관계도
Fig. 2. Terms and Relationship Diagram of Shipbuilding Fabrication Process

복성을 제거한 후 온톨로지를 구축하기 직전의 모습이다. 이들 개념도 각각 클래스, 속성, 관계속성으로 정의하여 배관설계 온톨로지를 구축하였다.

표 1. 배관 설계 용어 정의
Table 1. Definition of Piping Design Terms

No.	용어	설명
1	Project no.	① 신규 공사의 일련의 번호를 부여하여 공사가 끝날 때까지 가지는 고유번호.
2	MRP	① MRP (Material Requirement Planning) 자재 소요계획.
3	PIPING MATERIALS	① 배관 Material Specification 자재 사양서로 SPEC 별로 정의 되어있다.
4	Materials	① Material Specification 자재 사양서(仕様書)
5	Carbon Steel	① 철과 탄소의 합금으로 0.05~2.1%의 탄소를 함유한 강을 말한다. 용도에 따라 적당한 탄소량의 것을 선택하여 사용한다. ② 내식성, 내구성이 우수하고 수도, 가스, 배수 등의 매설용 파이프로 사용하며 가격이 싸다.
...
83	MR NO.	① MATERIALS REFERENCE NO.의 약어.

3. 기업 온톨로지 확장

본 논문에서는 선행 연구에서 구축한 기존의 기업 온톨로지에 조선 가공공정 및 배관설계 온톨로지를 포함하여 기업 온톨로지를 확장하였다.

3.1 가공공정 온톨로지 병합

표 2. 추가 또는 통합된 클래스(가공공정)
Table 2. Added or Integrated Classes(Fabrication Process)

소스 온톨로지	확장된 온톨로지
O ₁ : PLANNING(어떤 계획을 산출하려는 의도된 목적을 가지고 있는 활동) O ₂ : Plan(어떤 일을 함에 있어 미리 그 방법이나 절차 등을 생각하여 안(案)을 세우는 일)	O _E : PLANNING
O ₁ : MANAGE(목적을 할당하거나 그 성취를 모니터링하는 활동), O ₂ : Management(① 사무를 맡아 처리함. , ② 물건의 보존, 이용, 생산 등의 일을 맡아 함.)	O _E : MANAGE
O ₂ : Fabrication(가공작업은 강판(PLATE)이나 형강(SECTION)을 조립에서 필요한 형상으로절단하고 곡가공하는 것을 말하며 강재의 효율적 사용과 절단 효율 증가를 위해 다양한 가공계열로 구분하여 작업한다.)	O _E : Fabrication
O ₂ : Steel(공업, 건설 따위의 재료로 쓰기 위하여 압연(壓延) 따위의 방법으로 가공을 한 강철. 크게 조강(條鋼), 강판(鋼板), 강관(鋼管)의 세 가지로 나눈다.)	O _E : Steel
O ₁ : Documentation(문서 자료, 문서화), O ₂ : Drawing(토목, 건축, 기계 따위의 구조나 설계 또는 토지, 임야 따위를 제도기를 써서 기하학적으로 나타낸 그림)	O _E : Document (문서, 서류)

기존의 기업 온톨로지의 개념 및 체계를 우선으로 가공공정 온톨로지를 서로 대조하여 수작업으로 이를 병합하였다. 표 2는 가공공정 온톨로지 병합과정에서 추가되거나 통합된 클래스의 일부를 보여준다. 기존의 기업 온톨로지는 O₁, 조선 가공공정 온톨로지는 O₂, 확장된 온톨로지는 O_E 라고 하였다 [17].

3.2 배관설계 온톨로지 병합

본 논문에서는 조선 건조공정의 배관설계 온톨로지를 추가하여 기업 온톨로지의 범위를 더욱 확장하였다. 가공공정 온톨로지를 병합한 것과 같은 방법으로 앞 절에서 확장 과정을 거친 기업 온톨로지와 배관설계 온톨로지를 다시 병합하였다. 기업 온톨로지는 O₁, 배관설계 온톨로지는 O₃, 확장된 온톨로지는 O_E 라고 한다. 표 3은 온톨로지 확장 과정에서 통합되거나 추가된 클래스의 일부이다.

그림 3은 배관설계 온톨로지와 병합 과정을 거치기 전과 후의 기업 온톨로지의 모습이다. 표 3에서 예로 제시한 'PRE MTO LIST'와 'PIPING MATERIALS'가 추가된 것을 확인할 수 있다.

4. 조선 건조공정 프로세스 표현

앞 장에서 구축한 기업 온톨로지를 이용하여 실제 업무의 프로세스 사례를 표현하였다. 그림 4는 강제 입고, 적치, 출고, 전처리, 절단의 가공 공정 프로세스를 거쳐서 배관설계까지의 실제 건조공정의 사례를 다이어그램으로 간략하게 나타낸 것이다. 각 작업에서는 반장이 작업자에게 작업 지시를 내리고 작업자가 실제로 작업을 처리한다. 작업의 결과물은 순차적으로 다음 작업에 투입되어 다음 작업의 결과물을 만들기

표 3. 추가 또는 통합된 클래스(배관설계)
Table 3. Added or Integrated Classes(Piping Design)

소스 온톨로지	확장된 온톨로지
<p>O₁ : VENDOR(요구하는 가격으로 상품을 제공하거나 판매에서 특정 판매 가격으로 제품을 교환하는 일에 동의하는 법적인 개체)</p> <p>O₃ : Vendor(일반적으로 판매인 또는 판매업자를 가리키는데, 특히 컴퓨터 시스템의 하드웨어나 소프트웨어 제품을 사용자에게 판매하였을 때 그 제품의 브랜드에 대해 책임을 지는 기업. 벤더는 제조업체일 수도 있고 판매 회사일 수도 있다.)</p>	O _E : VENDOR
<p>O₁ : LOT(인접 BLOCK내의 작업 방법이 유사한 강재별로 구매하고, 작업하기 위한 묶음)</p> <p>O₃ : Pallet(LOT)(인접 BLOCK내의 작업 방법이 유사한 강재별로 구매하고, 작업하기 위한 묶음.)</p>	O _E : LOT
<p>O₃ : PRE MTO LIST(설계팀에서 작성한 BOM을 합쳐서 물량을 산출한 LIST를 말한다.)</p>	O _E : PRE MTO LIST
<p>O₃ : PIPING MATERIALS(배관 Material Specification 자재 사양서로 SPEC 별로 정의 되어있다.)</p>	O _E : PIPING MATERIALS

위해 사용한다.

배관설계의 자재 관리 업무는 공사번호 등록, SPEC MASTER 생성(Short Code), PRE_MTO 산출, POR 발행, 설계 LINE, ISO, SPOOL MTO 등록, 부족자재비교, 부족자재 POR 발행, 가상 TABBING, W/O 등록, 미착시 미입고 POR관리 및 부족 POR 발행, TABBING 작업 등 11단계의 프로세스로 구성되어 있다.

Protégé의 OntoViz 플러그인을 사용하여 가공공정 및 배관 설계 프로세스를 도식적으로 표현하였다. 그림 5는 강제 적치 장치에서의 강제 입고, 강제 적치, 강제 출고 작업과 전처리작업,

절단 작업으로 이어지는 작업 과정 및 각 작업의 작업자, 작업 관리자, 작업 할당 부서, 사용하는 자원 및 출력물과 같은 정보를 포함하여 전체 가공공정을 보여준다.

그림 6은 배관설계 업무의 11단계 프로세스와 각 프로세스에서 사용되는 자원 및 생산되는 자원의 정보를 보여준다. 기업 온톨로지를 활용하여 프로세스를 표현하면 그림 5, 6,에서 나타나는 정보 뿐 아니라 온톨로지에 정의되어 있는 모든 작업흐름 요소들을 표현할 수 있고 때에 따라서는 필요한 요소들만 확인할 수도 있다.

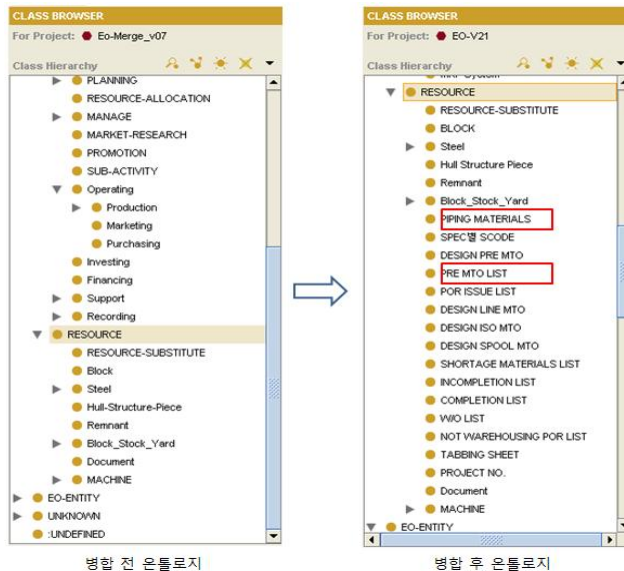


그림 3. 배관설계 온톨로지 병합 전과 후의 기업 온톨로지
Fig. 3. Enterprise Ontology before and after merging piping design ontology

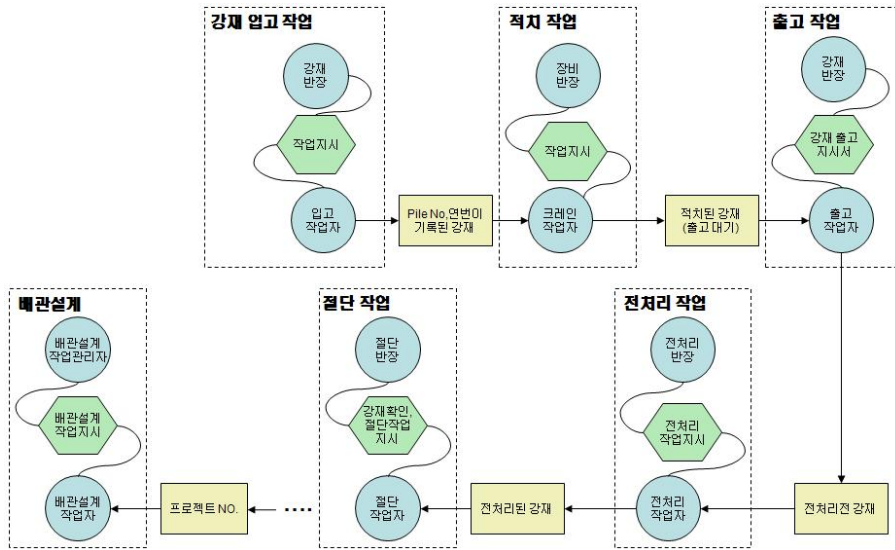


그림 4. 조선 건조공정 프로세스 다이어그램
Fig. 4. Shipbuilding Process Diagram

IV. 기업 온톨로지 기반의 조선 건조공정 분석

프로세스의 지속적인 관리를 위해서는 현재 프로세스를 정확하게 분석하여 문제점 및 개선이 필요한 프로세스를 선별할 필요가 있다. 온톨로지 추론을 통해 기업 온톨로지의 지식을 탐색하여 현재 건조공정 프로세스의 상태를 분석하고 프로세

스의 작업흐름 구성요소들 간의 의존관계를 분석해 본다.

1. 프롤로그 추론기

온톨로지 추론을 위해 기존에 만들어진 추론기를 별개로 가동하지 않고 Protégé에 프롤로그 탭[18]을 플러그인으로 추가하여 기업 온톨로지 내에서 자체적으로 추론이 가능하도록 하였다. TBox 추론, ABox 추론, SWRL 추론을 모두 사

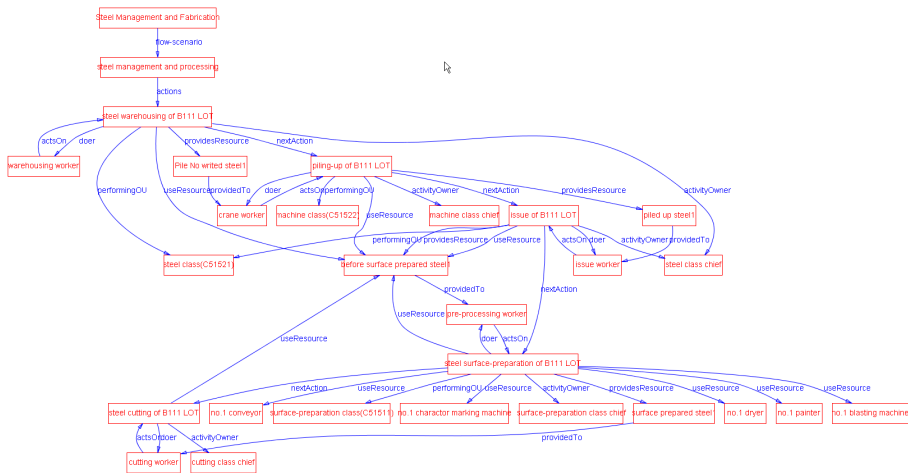


그림 5. 조선 가공공정(OntoViz Plug-ins을 통한 출력)
Fig. 5. Shipbuilding Fabrication Process(Representation by OntoViz Plug-ins)

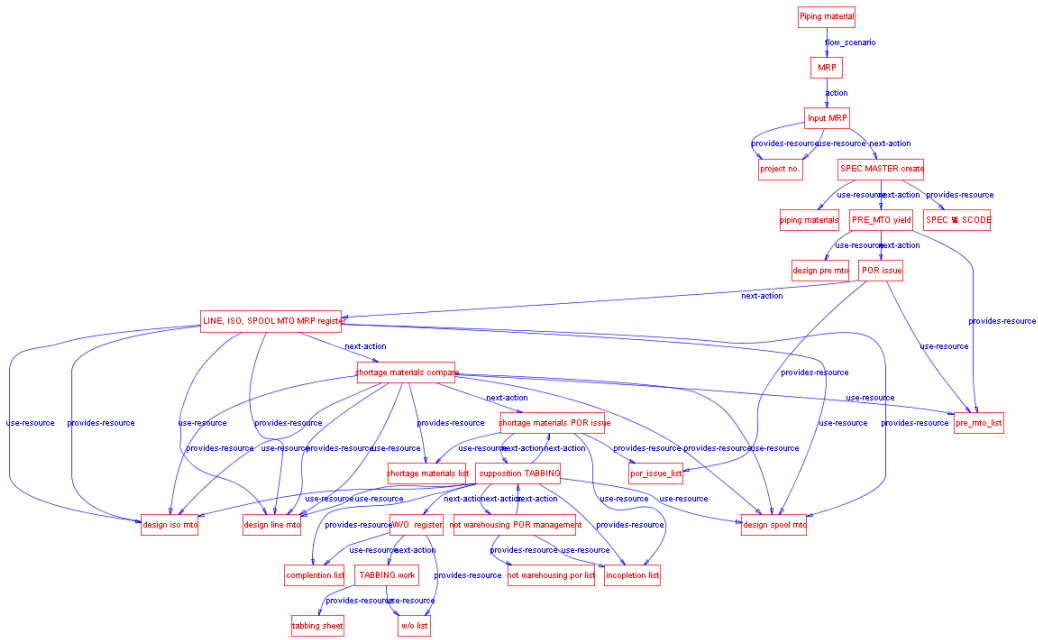


그림 6. 조선 배관설계 프로세스(OntoViz Plug-ins를 통한 출력)
Fig. 6. Shipbuilding Piping Design Process(Representation by OntoViz Plug-ins)

용할 수 있도록 하였고 추론 규칙 정의에는 프롤로그 프로그램 랩을 사용하였다[19].

로지 추론을 통하여 이들을 확인하고 가공공정 및 배관설계 프로세스의 현재 상태를 분석하였다.

2. 온톨로지 추론을 통한 건조공정 분석

2.1 가공공정 분석

앞 장의 그림 5, 6에서 보는 것처럼 건조공정 프로세스는 다양한 기업 요소와 작업흐름 실체들을 포함하고 있다. 온톨

그림 7, 8, 9, 10은 가공공정의 현재 상태를 분석하기 [17] 위해 온톨로지 추론 시 사용한 프롤로그 질의 및 질의 결과이다.

```

?-Consulting module: Process-Analysis2..._Done
processElement. 질의①
process?
frame(Steel Management and Fabrication).

===== Process elements =====
Process = frame(Steel Management and Fabrication) 결과②
Activity =>
[frame(steel management),frame(steel warehousing of B111 LOT),frame(profile surface-preparation of
B111 LOT),frame(forming of B111 LOT),frame(profile cutting of B111 LOT),frame(issue of B111
LOT),frame(unloading of B112 LOT),frame(piling-up of B111 LOT),frame(unit assembly of B11P
BLOCK),frame(surface-preparation of B111 LOT),frame(unit assembly of B11S
BLOCK),frame(steel cutting of B111 LOT)]

Actor =>
[frame(warehousing worker),frame(surface-preparation class chief),frame(pre-processing
worker),frame(unloading worker),frame(transfer worker),frame(cutting class chief),frame(profile team
chief),frame(machine class chief),frame(issue worker),frame(cutting worker),frame(transfer class
chief),frame(surface-preparation team chief),frame(profile class chief),frame(steel team
chief),frame(crane worker),frame(cutting team chief),frame(steel class chief)]

Resource =>
[frame(surface prepared steel1),frame(Plate No writed steel2),frame(profile of B112 LOT),frame(before
surface prepared steel1),frame(Plate No writed steel1),frame(piled up steel2),frame(profile of B111
LOT),frame(steel piece B111 LOT),frame(surface prepared steel2),frame(before surface prepared
steel2),frame(piled up steel1)]
    
```

- 질의1) 조선 가공공정의 작업흐름 구성요소를 확인할 수 있는가?
 => 현재 가공공정 내에는 'steel management', 'seel warehousing of B111 LOT'부터 'steel cutting of B111 LOT'까지 총 12개의 ACTIVITY가 있다는 것을 보여준다.
 => 현재 가공공정 프로세스를 수행하는 ACTOR는 'warehousing worker', 'surface-preparation class chief'부터 'steel class chief'까지 총 17명임을 알 수 있다.
 => 'surface prepared steel1'부터 'piled up steel1'까지 현재 가공공정 프로세스에서 사용되는 자원을 확인할 수 있다.

질의결과1) 가공공정 프로세스 내의 ACTIVITY, ACTOR, RESOURCE 정보를 확인할 수 있다.

그림 7. 작업흐름 구성요소 확인
Fig. 7. Identification of Workflow Elements

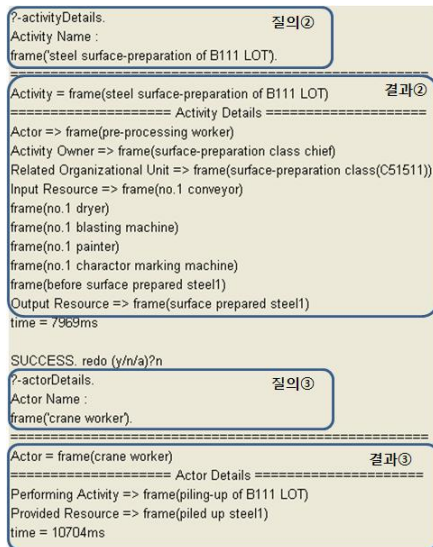


그림 8. 특정 인스턴스 정보 확인
Fig. 8. Identification of Specific Instance Information

그림 7은 가공공정 프로세스의 작업흐름 구성요소를 확인한 내용이다. 현재 가공공정 내에 있는 모든 Activity, Actor, Resource의 실제 인스턴스를 확인할 수 있다. 그림 8은 가공공정 프로세스 내의 구체적인 인스턴스에 대한 정보를 확인하기 위한 질의이다. 전처리(steel surface-preparation of B111 LOT) 작업 및 크레인 작업자(crane worker)에 대한 구체적인 정보를 보여준다. 그림 9는 현재 가공공정과 관련된 조직을 확인하기 위한 질의로 가공공정 작업과 관련된 조직은 강재반, 장비반, 전처리반임을 보여주고 있다. 그림 10은 가공공정의 업무 처리 비용을 확인한 것이다. 현재 가공공정에 투입된 자원의 총 소비 비용 및 인건비를

질의2) 작업흐름 구성요소 중 특정 Activity에 대한 정보를 확인할 수 있는가?(steel surface-preparation of B111 LOT 작업 경우)
=> 'steel surface-preparation of B111 LOT'(B111 LOT의 전처리) 작업의 작업자는 'pre-processing worker', 책임자는 'surface-preparation class chief'이고 해당 작업은 'surface-preparation class (C51511)'반에서 담당하고 작업에 사용되는 자원은 'no. 1 conveyor', 'no. 1 dryer' 등의 기계와 'before surface prepared steel'이고 작업 후에는 'surface prepared steel'을 생산한다는 것을 보여준다.

질의결과2) 전처리 작업에 대한 구체적인 정보를 확인할 수 있다.

질의3) 작업흐름 구성요소 중 특정 Actor에 대한 정보를 확인할 수 있는가? (crane worker의 경우)

=> crane worker는 'piling-up of B111 LOT'작업을 수행하고 사용하는 자원은 'piled up steel'이라는 것을 알 수 있다.

질의결과3) 크레인 작업자에 대한 구체적인 정보를 확인할 수 있다.

를 통하여 가공공정에 대한 전체 소요경비를 알 수 있다.

2.2 배관설계 업무 분석

그림 11은 배관설계의 자재관리 업무 프로세스를 온톨로지 추론을 통해 분석한 결과의 일부이다. 기업 온톨로지 내에 정의된 정보를 탐색하여 현재 배관설계 업무의 11단계 작업 각각에 대해 작업담당자와 입력 및 출력 자료에 대한 정보를 확인할 수 있다.

3. 프롤로그 질의 규칙을 이용한 의존성 분석

작업흐름은 활동(Activity), 이벤트(Event), 업무 참여



질의4) 가공공정 프로세스를 처리하는데 관련된 단위 조직은 몇 개인가?
=> 현재 가공공정의 작업을 담당하고 있는 조직은 'steel class (C51521)', 'machine class (C51522)', 'surface-preparation class (C51511)' 3개의 조직이라는 것을 알 수 있다.

질의결과4) 가공공정 전체에 관련된 조직은 강재반, 장비반, 전처리반이라는 것을 확인할 수 있다.

그림 9. 관련 조직 확인
Fig. 9. Identification of Related Organization



그림 10. 가공공정 프로세스 처리비용 확인
Fig. 10. Identification of Fabrication Process Cost

자(Actor), 역할(Role), 자원(Resource), 컨트롤 데이터(Control Data), 응용 프로그램(Application) 등 여러 종류의 실체들로 구성되어 있고 이들은 작업흐름 내에서 다른 실체들과 상호작용 하면서 서로 영향을 주고받는다[19,20]. 이러한 실체들 간에 의존관계를 분석함으로써 작업흐름 변화에 서로 영향을 받는 요소를 확인할 수 있다. 본 논문에서는 라우팅과 자료의 관점에서 건조공정의 의존성을 분석하였다.

3.1 라우팅 의존성 분석

질의5-1) 가공공정 프로세스의 업무 처리에 소요되는 자원의 비용은 얼마인가?

=> 온톨로지의 정보를 탐색하여 현재 가공공정에서 사용되는 입력자원의 소요비용(임의의 값으로 등록되어 있음)을 계산하여 총비용이 2000이라는 것을 알려준다.

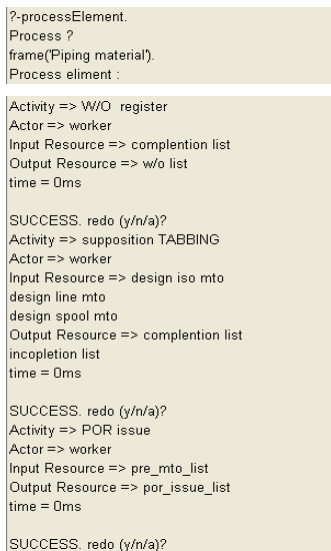
질의5-2) 가공공정 프로세스의 업무 처리에 소요되는 인건비는 얼마인가?

=> 온톨로지에서의 가공공정 내의 작업을 수행하는 작업자들의 인건비 정보(임의의 값으로 등록되어 있음)를 확인하고 총 인건비가 218이라는 것을 알려준다.

질의결과5) 가공공정에 투입된 인력 및 자원에 대한 비용을 산출해 낼 수 있다.

라우팅(Routing)은 활동들 사이의 트랜잭션 형태 또는 제어 흐름을 나타내는 것으로 주로 활동과 프로세스의 실행 순서를 나타낸다. 라우팅 의존성은 특정 프로세스 내 활동들의 실행 순서를 설명하고 정의한다. 라우팅 의존관계는 라우팅의 형태에 의해 결정되고 라우팅 의존성은 서로 이웃하고 있는 활동 사이의 의존 관계만을 나타낸다[19,20].

다음은 서로 이웃하는 활동 PreActivity와 PostActivity간의 라우팅 의존 관계를 정의한 것이다. 여기서 PreProcess와 PostProcess는 각각 PreActivity와 PostActivity가 속한 프로



질의) 배관설계 자재관리 업무 프로세스의 작업흐름 구성요소를 확인할 수 있는가?(질의결과와 일부)

=> 'W/O register' 작업에 대한 정보이다. 작업을 수행하는 ACTOR는 'worker'이고 작업을 위해 필요한 자원은 'completion list'이다. 작업 후에는 'w/o list'를 생성한다는 것을 알 수 있다.

=> 'supposition TABBING' 작업에 대해 작업을 수행하는 ACTOR는 'worker'이고 'design iso mto', 'design line mto', 'design spool mto'를 입력으로 받아서 'completion list'와 'incompletion list'를 생성한다.

=> 'POR issue' 작업은 작업을 수행하는 ACTOR는 'worker'이고 'pre_mto_list'가 입력자원이고 'por_issue_list'가 작업을 통해 생산된 출력자원이라는 것을 알 수 있다.

질의결과) 배관설계 자재관리 업무의 11단계 작업에 대해 각각 작업흐름 구성요소를 확인할 수 있다.

그림 11. 배관설계 프로세스 확인
Fig. 11. Identification of Piping Design Process

```
?-Consulting module: Dependency-Analysis...Done
postActivityRouting(frame('steel surface-preparation of B111
LOT), frame('Steel Management and Fabrication'), Results).
time = 547ms
Results = [activity(frame(steel cutting of B111
LOT),frame('Steel Management and
Fabrication'),frame(sequential_surfacePreparation));
SUCCESS LAST
?-preActivityRouting(frame('steel surface-preparation of B111
LOT), frame('Steel Management and Fabrication'), Results).
time = 547ms
Results = [activity(frame(issue of B111 LOT),frame('Steel
Management and Fabrication'),frame(sequential_issue));
SUCCESS LAST
```

질의 'steel surface-preparation of B111 LOT'의 이후활동과 라우팅 관계는 무엇인가?

=> 질의 규칙 ①에 따라 'steel surface-preparation of B111 LOT' 작업의 이후 활동은 'steel cutting of B111 LOT'이고 두 활동 사이에 라우팅 관계는 'sequential_surfacePreparation' 이라는 것을 알려준다.

질의 'steel surface-preparation of B111 LOT'의 이전활동과 라우팅 관계는 무엇인가?

=> 질의 규칙 ②에 따라 이전 활동은 'issue of B111 LOT'이고 두 활동 사이에 'sequential_surfacePreparation' 라우팅 관계가 있다는 것을 알려준다.

그림 12. 라우팅 의존성 분석 결과
Fig. 12. Analysis Results of Routing Dependency

세스이다[19,20].

• 라우팅 의존관계 술어

routingDep(PreActivity, PreProcess, [Routing], PostActivity, PostProcess).

정의된 라우팅 의존관계 술어를 사용하여 기업 온톨로지 지식을 탐색하여 작업흐름 요소들 간의 의존관계를 추론해 낼 수 있는 질의 규칙[19,20]을 정의하였다. 아래 내용은 라우팅 의존성을 분석하기 위한 질의 규칙의 일부이다.

- postActivityRouting(PreActivity, PreProcess, Results) 이후의 활동정보와 주어진 활동과 이후 활동 사이에 관련된 라우팅 관계를 모두 반환한다(질의규칙 ①).
- preActivityRouting(PostActivity, PostProcess, Results) 이전의 활동정보와 주어진 활동과 이전 활동 사이에 관련된 라우팅 관계를 모두 반환한다(질의규칙 ②).

그림 12는 라우팅 의존성 분석의 한 예로 전처리 작업 (steel surface-preparation of B111 LOT)의 라우팅을 분석한 결과이다. 전처리 작업과 라우팅 의존관계를 가지는 활동은 절단작업(steel cutting of B111 LOT)과 출고 작업(issue of B111 LOT)이고 두 작업 모두 전처리 작업과 순차적 라우팅 관계를 가진다는 것을 알 수 있다.

3.2 자료 의존성 분석

자료 의존성이란 한 활동의 입력 자료는 다른 활동들의 출력 자료에 의존한다는 것이다. 다음은 PostP 프로세스에 있

는 활동 PostA는 PreP 프로세스에 있는 활동 PreA의 출력 Data에 의존한다는 관계를 정의한 것이다[19,20].

• 자료 의존관계 술어

dataDep(PostA, PostP, input(Data, PreA, PreP)).

정의된 자료 의존관계 술어를 사용하여 작업흐름 요소들 간의 자료 의존관계를 추론해 낼 수 있는 질의 규칙[19,20]을 정의하였다. 아래 내용은 자료 의존성을 분석하기 위한 질의 규칙의 일부이다.

- postActivityData(A, P, Results) 특정 자료가 주어지지 않을 경우, 주어진 활동의 모든 출력 자료에 의존적인 모든 활동정보를 반환한다(질의규칙 ③).
- preActivityData(A, P, Results) 특정 자료가 주어지지 않을 경우, 주어진 활동의 입력자료를 출력 자료로 생산하는 모든 활동정보를 반환한다(질의규칙 ④).
- preActivityData(A, P, D, Results) 특정 자료가 주어지는 경우, 주어진 활동의 특정 입력자료를 출력자료로 생산하는 모든 활동정보를 반환한다(질의 규칙 ⑤).

그림 13은 자료 의존성 분석의 한 예로 강제 적치 작업 (piling-up of B111 LOT)의 입력 및 출력 자료와 의존관계를 가지는 활동 정보를 보여준다. 강제 적치 작업의 입력 자료를 생산하는 작업은 강제 입고 작업(steel warehousing of B111 LOT)이고 강제 적치 작업의 출력 자료에 의존적인 활동은 강제 출고 작업(issue of of B111 LOT)이라는 것을 알 수 있다. 또한 강제 적치 작업의 입력 자료 중 'Pile No writed steel1'자원을 생산하는 활동은 강제 입고 작업(steel

```
?-postActivityData(frame('piling-up of B111 LOT'),
frame('Steel Management and Fabrication'), Results).
time = 0ms
Results = [activity(frame(issue of B111 LOT),frame(Steel
Management and Fabrication))];
SUCCESS LAST
?-preActivityData(frame('piling-up of B111 LOT'),
frame('Steel Management and Fabrication'), Results).
time = 531ms
Results = [activity(frame(steel warehousing of B111
LOT),frame(Steel Management and Fabrication))];
SUCCESS LAST
?-preActivityData(frame('piling-up of B111 LOT'),
frame('Steel Management and Fabrication'), frame('Pile No
writed steel1'), Results).
time = 516ms
Results = [activity(frame(steel warehousing of B111
LOT),frame(Steel Management and Fabrication))];
SUCCESS LAST
```

질의 'piling-up of B111 LOT'의 출력물을 입력 자료로 사용하는 활동은 무엇인가?
=> 질의 규칙 ③에 따라 'piling-up of B111 LOT' 작업의 모든 출력자료를 입력 자료로 사용하는 작업은 'issue of B111 LOT' 작업이라는 것을 알려준다.

질의 'piling-up of B111 LOT'의 입력 자료를 생산하는 활동은 무엇인가?
=> 질의 규칙 ④에 따라 'piling-up of B111 LOT' 작업의 모든 입력 자료를 생산하는 작업은 'steel warehousing of B111 LOT' 작업이라는 것을 알려준다.

질의 'piling-up of B111 LOT'의 입력 자료 중 특정 출력물을 생산하는 활동은 무엇인가?
=> 질의 규칙 ⑤에 따라 'piling-up of B111 LOT' 작업에서 사용되는 자원 중 'Pile No writed steel1'을 생산하는 작업은 'steel warehousing of B111 LOT' 작업이라는 것을 알려준다.

그림 13. 자료 의존성 분석 결과
Fig. 13. Analysis Results of Data Dependency

warehousing of B111 LOT)이라는 것을 알 수 있다.

업 온톨로지가 유용함을 보여주는 것이라 할 수 있다.

V. 결론

오늘날 기업은 급변하는 세계시장의 추세와 업무 환경 변화에 적응하기 위해 많은 노력을 기울이고 있다. 이를 위해 민첩하고 신속한 비즈니스 프로세스 도입과 관리가 요구되고 있다. 특히 조선해양산업은 특성상 많은 인원과 자재가 투입되는 복잡한 프로세스를 가지는 산업이다. 따라서 고객의 요구와 정보기술의 급격한 진보 등의 환경변화에 대응하기 위해서는 프로젝트 기간 단축과 비용 절감, 품질 향상, 고객 요구 사항의 신속한 반영 등을 효율적으로 수행하고 정보의 통합과 공유를 지원하는 시스템 구축이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 조선 건조공정의 효율적인 관리를 위해 기업의 인지적 모델인 기업 온톨로지를 활용하였다. 조선 가공공정과 배관설계 업무에서 사용하는 용어를 정의하였고, Protégé를 활용하여 조선 건조공정 온톨로지를 구축하고 선행 연구 결과인 기업 온톨로지와 병합하였다. 병합한 기업 온톨로지와 프롤로그 추론기를 활용하여 조선소 건조공정을 표현하고 공정의 현 상태를 분석하였다. 또한 프롤로그 질의 규칙을 이용하여 작업흐름 요소들 간의 의존관계도 분석할 수 있었다. 이 결과를 활용하면 가공공정과 배관설계의 지속적인 관리 및 개선을 통해 우리나라 조선 산업의 국제 경쟁력을 제고시킬 수 있을 것이다. 또한 이는 조선과 같은 복잡한 프로세스를 가지는 산업에서도 기업 경영과 작업흐름의 관리에 기

참고문헌

- [1] 김경훈, "조선 가공공정에서의 기업 온톨로지 기반 구축 및 활용" 석사학위논문, 울산대학교자동차전산대학원, 2008년.
- [2] 하창승, 정이상, "내용기반 검색을 이용한 선박매매 정보 추출 에이전트의 구현에 관한 연구," 한국컴퓨터정보학회논문지, 제 12권, 제 1호, 47-55쪽, 2007년 3월.
- [3] Y. Luo (Ed.), CDVE 2008, LNCS 5220, Springer Berlin/Heidelberg, pp. 249-252, 2008.
- [4] L. Bermudez, J. Graybeal, and R. Arko. "A marine platforms ontology: Experiences and lessons," In Proceedings of the ISWC 2006 Workshop on Semantic Sensor Networks, Athens GA, USA, 2006.
- [5] Uschold, M., King, M., Moralee, S., Zorgios, Y., "The Enterprise Ontology," The Knowledge Engineering Review, Vol. 13, No. 1, pp. 31-89, 1998.
- [6] Enterprise Project: The Enterprise Ontology, <http://www.aiai.ed.ac.uk/project/enterprise/enterprise/ontology.html>.
- [7] 하워드 스미스, "BPM: 프로세스 경영과 정보 기술의 미래," 시그마인사이드컴, 2004.
- [8] G2, <http://www.gensym.com/>.

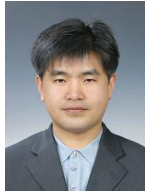
- [9] 양재군, 배재학, 이종혁, “온톨로지 재사용을 위한 범주 재분류,” 정보처리학회논문지 B, 제 12-B권, 제 1호, 69-80쪽, 2005년 2월.
- [10] Ontology Works, Inc. <http://www.ontologyworks.com>.
- [11] 박지현, “기업 온톨로지 기반의 워크플로우 변화 예측 및 검증” 석사학위논문, 울산대학교, 2007년.
- [12] 박지현, 김경훈, 김민찬, 배재학, “기업 온톨로지 기반의 작업흐름 변화 예상,” 2007 한국산업경영시스템학회 추계학술대회 발표논문집, 88-91쪽, 대구, 대한민국, 2007년 12월.
- [13] Protégé, <http://protege.stanford.edu/>.
- [14] Administrative Computing Services, UC Irvine, Enterprise Architecture, <http://apps.adcom.uci.edu/EnterpriseArch/>.
- [15] Software Process Modeling with Protege, <http://www.ics.uci.edu/>.
- [16] 박영중, “배관배치 모델링 기법,” [KOSEF] 특정연구개발사업/원자력연구개발사업 학술기사, 한국과학재단.
- [17] 박지현, 김경훈, 양재군, 배재학, “기업 온톨로지 기반의 조선 가공공정 표현과 분석,” 2008년 한국산업경영시스템학회 학회지발간 30주년 기념 하계워크숍 및 논문발표대회 논문집, 93-99쪽, 부산, 대한민국, 2008년 8월.
- [18] GNU Prolog for Java, <http://gnuprologjava.sourceforge.net/>.
- [19] 박지현, 양재군, 배재학, “기업 온톨로지를 활용한 작업 흐름 변화 영향 분석,” 한국산업경영시스템학회지, 제 31권, 제 2호, 61-70쪽, 2008년 6월.
- [20] Dai, Weizhen and Covey, H. Dominic, “Query-Based Approach to Workflow Process Dependency Analysis” 2005 Technical Reports, David R. Cheriton School of Computer Science, University of Waterloo, 2005.

저 자 소개



박 지 현

2008년 울산대학교 일반대학원 컴퓨터정보통신공학과 졸업(석사)
2008년~현재 울산대학교 일반대학원 컴퓨터정보통신공학과 박사 과정



양 재 군

2001년 울산대학교 정보통신대학원 정보통신공학전공 졸업(석사)
2009년 울산대학교 일반대학원 컴퓨터정보통신공학과 졸업(박사)



배 재 학

1983년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사)
2003년 포항공과대학교 컴퓨터공학과 졸업(박사)
1985년~현재 울산대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수