

ICT 적용 추적성 개선을 위한 시공관리 프로세스 모델링

고태용¹ · 임태경¹ · 이동은*
¹경북대학교 지능형건설자동화연구센터

Construction Process Modelling Method Improving the Traceability of ICT Applications

Go, Taeyong¹, Lim, Taekyung¹, Lee, Dong-Eun*
¹Intelligent Construction Automation Center, Kyungpook National University

Abstract : Tracking ICT applications on construction business processes is critical to the success of ICT-applied construction projects. Existing IDEF0 is a representative modeling method for visualizing and analyzing business processes. It defines a construction production process into a visual information model, hence, encouraging the project participant to understand the activities, their deliverable, and control flow of the process. However, IDEF0 does not lend itself to ICT-applied construction processes, because it does not provide a mean to define how, in what order, by which each and every activity that ICT applied implements. This paper presents a new business modeling method that improves the traceability of ICT application (IAMB: ICT Application tracking Model for Business process) for construction management. The IAMB contributes to handle the sophisticated features of construction management processes to which ICT are applied. The method categorizes the process into three types: management, construction, and information exchange. The validity of IAMB was confirmed by analyzing the performance when it is used for tracking each modeling step of lift reservation process which making use of ICT. The test case provides an admissible evidence that the method encourage to define who, what, how, which order, and by which ICT tools the construction process exchanges production information.

Keywords : ICT, Business Process Model, Construction Process, ICT Application Tracking Model

1. 서론

1.1 연구의 배경

현대의 복잡하고 대규모화 된 건축물을 건설하는 사업은 기획, 설계 및 시공에 이르는 건설시공 및 관리 프로세스(이하, 건설 프로세스) 상에 건축물의 성능 및 품질과 관계되는 정보(What to Build)와 시공계획 및 시공순서 등에 관계되는 정보(How to Build)를 면밀히 검토하고 사업관계자들 간 이 정보를 공유하는 것을 요구한다. 특히 시공단계에는 다양한 프로젝트 참여자들(예, 발주처, 설계사, 종합건설사, 전문건설업체 및 자재판매업체 등)이 상세한 기술적 의사결정에 관여할 뿐만 아니라, 관계자들 간의 상호관계가 매우 복잡하며, 장기간에 걸친 사업기간 중 결정되는 사항이 많고 중간에 유

통정보의 변경이 빈번하게 발생한다(Go, 2015). 따라서 건설 프로세스 정보를 관계자간 원활하게 유통 및 관리하는 것은 자원낭비를 최소화하며, 품질 및 생산성 향상에 기여할 수 있다. 하지만 정보의 생산 및 유통측면에서 다양한 비효율이 발생하여 품질과 생산성에 부정적인 영향을 미치는 경우가 많다(Go & Yashiro, 2011). 최근 정보통신기술(ICT)의 비약적인 발전은 정보처리과정(예, 입력, 수집, 집계, 분석, 출력, 전달 등)을 신속, 정확, 효율적으로 수행하는 체계를 제공하여 상기와 같은 문제를 해결하는 기회를 제공한다.

품질관리 프로세스의 경우, 전담인원의 부족, 스프레드 시트에 의존한 수작업 점검 및 관리, 과도한 문서발생, 작업 지시 및 업무절차의 복잡성 등으로 체계적인 관리가 어려웠으나, PDA 등의 ICT 활용은 기존 수작업에 의한 업무절차를 효율화하고 이력 정보를 실시간으로 수집 및 유통케 함으로써 품질관련 업무의 질적 향상을 도모하였다(Jo et al., 2008). 생산관리의 경우, 노무정보 및 안전정보를 현장수첩에 수기 후 PC를 사용하여 웹 응용시스템으로 입력하는 비효율적인 2중 작업이 이루어졌었으나, RFID 등의 정보기술을

* Corresponding author: : Lee, Dong-Eun, Ph D, Professor, Sch. of Arch & Civil Engrg, Kyungpook National University, 1370, Sangyegk-Dong, Buk-Gu, DaeGu, 702-701, KOREA,
E-mail:dolee@knu.ac.kr
Received October 8, 2018; revised -
accepted October 19, 2018

활용하여 정보누락의 방지, 실시간 정보이용, 2중작업의 최소화, 정보관리시간의 최소화 방향으로 발전해왔다(Choi et al., 2011). 기존 송장 기반의 물류 관리의 경우, 현장 관리자의 차량 정보 수집, 확인을 위한 대기 시간 및 낭비요소가 불필요하게 발생하였으나, RFID 및 센서를 활용한 데이터 자동 수집 기술의 도입으로 관리자의 생산성 향상 및 민원 발생 감소 등이 가능해지고, 실시간 정보 공유를 통해 자재 조달 및 물류관리 방식의 효율성을 증가시키는 방향으로 진화되었다(Yoon et al., 2010).

위와 같이 건설현장에는 고속처리 및 대용량 저장을 위한 하드웨어 및 다양한 업무 수행을 위한 소프트웨어의 발전에 힘입어 프로젝트 실행 정보는 언제 어디서든 간단히 저장 및 공유할 수 있는 클라우드 환경이 구비되고 있다. 그러나 급격히 발달된 ICT 환경구축에도 불구하고, 여전히 실제 건설현장에서는 페이퍼 기반 문서 및 기록, FAX 등 아날로그 체제가 선호되는 상황이 존재한다(Go, 2015). 현재 건설현장의 ICT 적용 및 환경구축이 아직 성장단계에 있으며, 해결해야 할 많은 문제가 산적해 있는 상황임에는 이견의 여지가 없다.

건설현장에 ICT를 적용하려는 기존 연구는 건설현장정보 데이터베이스 구축과 같이 건설관리에 사용되는 데이터들을 하나로 취합하는 작업이나 기본적인 업무 기능분석 모델인 IDEF0를 이용하여 단순히 정보를 시각화하는 것에 중점을 두는 연구가 많으며, 건설업무 프로세스의 각 단계별 정보의 흐름보다는 원가관리, 회계관리, 자재관리, 노무관리 등의 특정 단위 기능에 대한 내용을 다루는 경우가 많다. 다시 말해서, 특정 단계나 기능을 위한 응용시스템들은 많이 개발되어 있으나, 언제 또는 누가 정보를 입수하고, 어떻게 가공되어 가며, 누가 가공된 정보를 사용하는지 등의 건설업무 프로세스 상에서 정보처리과정을 명시적으로 파악하기 위한 연구는 많지 않다. 이런 상황 속에서 ICT를 적용한 건설 프로세스의 정보처리 관점에서의 상황과 특징을 모델링하여, 효과나 문제점들을 사전에 예상하는 것은 ICT가 적용된 건설프로젝트를 성공적으로 수행하게 하는데 기여할 것이라 사료된다. 분명, 건설 프로세스를 정보모델로 명시화하는 것은 ICT가 깊게 관여하는 업무의 내용 및 흐름 등을 사업 참여자들이 명확하게 파악하게 하는데 기여한다.

1.2 연구의 목적 및 방법

본 연구는 ICT를 적용하여 실행하는 건설 프로세스의 특성을 프로젝트 참여자들이 정확하게 인식 및 추적할 수 있는 업무 모델링 방법을 제안한다. 특히, 프로젝트 생애주기 전체 중 시공단계에 중점을 둔다. 그 이유는 ① 작업현장을 중심으로 하는 시공업무와 현장사무소를 중심으로 하는 시공관리 업무가 병행되며, ② 원청업체, 하청업체 등 복잡한 관계자가

관여하기 때문에 ICT를 적용하여 그 효과를 얻기 위해 세밀한 프로세스 파악이 필요하기 때문이다.

본 연구의 진행 방법은 다음 <Fig. 1>과 같다.

1) 사례조사

ICT를 누가, 어떤 업무에, 언제, 어떻게 사용하는지 기술적용 특성을 파악하고, 적용 후 효과 및 표출되는 문제점 등을 규명하며, 본 연구가 제안하는 모델링 방법이 갖추어야 할 속성 및 구성요소 등을 고찰한다.

2) 프로세스 모델링 도구의 특징 분석

프로세스 모델링은 업무시스템을 구축 또는 재설계하기 위해 어떤 일이 그 업무에서 행해지고 있는지 또는 어떤 일을 그 업무에서 해야 하는지 분석하는 것으로서, FCD (Flow Chart Diagram), UML (Unified Modeling Language), IDEF0 (Integration DEFinition 0) 등이 대표적이다. 이 중에서 업무 프로세스 분석 시 가장 기본이 되며, 기업이나 조직의 업무 흐름을 기능적인 관점에서 그래픽 표현기법을 사용하는 IDEF0를 조사하여 장점 및 한계점을 고찰한다.

3) ICT를 적용하는 건설 프로세스의 추적성을 개선한 업무 프로세스 모델링(IAMB : ICT Application tracking Model for Business process)방법 제안 및 유효성 검토

사례조사 결과 및 선행연구의 한계점을 바탕으로 건설 프로세스로의 ICT 적용 특징을 규명하고 추적할 수 있는 업무 모델링 방법을 제안한다.

4) 유효성 검토

본 연구에서 제안한 모델링 방법으로 직접 건설 프로세스에 ICT를 적용한 사례를 분석하여 유효성을 검증한다.

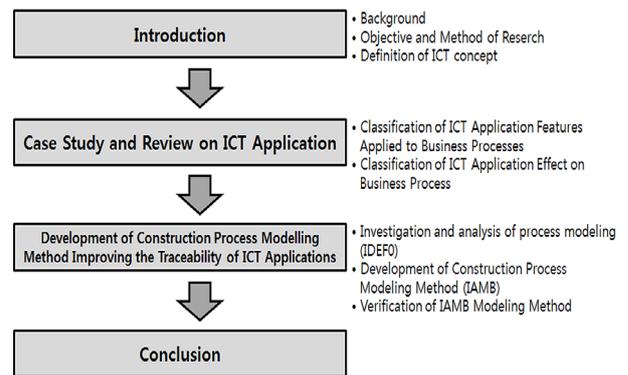


Fig. 1. Study flow diagram

1.3 본 연구에서 취급하는 ICT 개념 정의

본 연구는 건설 시공단계에서 업무 프로세스 실행 중 정보의 생산과 유통을 담당하는 정보처리기능(입력, 수집, 집계, 분석, 출력, 전달 등)을 지원하는 기술을 ICT로 정의한다. 예를 들어, GPS와 PC 및 센서를 이용한 크레인 충돌방지시스템의 경우(Kanba et al., 2009) 타워크레인에 설치된 센서와

GPS에 의해서 타워크레인의 가동상황 데이터가 자동적으로 입력되고, 그 데이터를 바탕으로 PC가 자동적으로 복수의 타워크레인들 사이의 위치 및 높이 정보를 해석하여, 충돌을 미연에 방지할 수 있었다. 여기서 ICT가 담당하는 정보처리기능은, 타워크레인의 가동상황 데이터를 자동으로 입력, 수집 및 해석하는 기능이며, 그 결과로서 타워크레인 작업의 안전 확보라는 업무효과를 발휘한다.

2. ICT 적용에 관한 사례조사 및 고찰

2.1 조사 대상 및 목적, 방법

건설 프로세스에 ICT를 적용한 상황 및 특징을 파악하기 위해 <Table 1>에 제시된 사례조사를 실시하였다. 대상 사례는 시공단계로 ICT를 적극 도입한 일본 사례 3건을 포함하여 총 13건 조사하였다.

ICT 적용사례에 관한 분석내용은 기본정보, 도입배경, 적용목적, 이용단계, 이용장소, 이용자, 디바이스구성, 기능 및 운용방법 등을 포함한다.

2.2 사례조사 결과

2.2.1 업무프로세스에 적용되는 특징

사례조사 결과에 따르면, ICT가 건설시공 및 관리업무프로세스에 적용 될 때 다음 3가지가 고려되어야 함을 알 수 있었다. 이 분류는 3장에서 ICT가 적용된 업무프로세스를 분석하기 위한 모델링 방법 구축의 기초 속성데이터가 되며, 각 사례는 분류된 속성의 어느 한 가지 속성에만 해당되는 것이 아니라 ICT가 업무프로세스에 적용되는 특성에 따라 다양한 형태를 나타낸다. 예를 들어, <Table 1-No.10>에서 적용된 양중관리시스템의 경우, 서브시스템인 양중예약관리시스템은 시공계획 및 시공준비 단계에서 원청업체 및 전문공사업체가 주관하여 관리정보인 양중예약정보를 취급하며, 다른 서브시스템인 양중실적파악시스템은 시공 단계에서 기계운전수에 의하여 기계설비 작업정보인 양중실적정보가 다루어진다. 이렇게 다음 3가지 분류대상은 각 사례의 ICT 적용 형태를 파악하기 위한 속성이며 이 속성의 구성에 따라 여러 가지 형태의 ICT 적용 사례를 파악할 수 있다.

1) ICT가 적용되는 대상 분류

우선 ICT가 적용되는 대상은 다음 2종류로 분류할 수 있다.

- ① 관리정보를 취급하는 ICT: 관리 업무에 사용되어 시공 계획, 시공상태, 현장상황 등의 정보를 취급하는 ICT의 유형에 해당된다. 예를 들면, <Table 1-No.2>에서 철근공사의 배근검사를 진행하기 위해 위치정보, 배근상태 정보, 담당협력업체 정보 등을 PDA에 입력하는 경우이다.

Table 1. Case studies of ICT application for Construction Process

No	Case name (year-nation)	ICT technology	Management	Researcher
1	Collection and Utilization of The Construction Labor Information Using PDA and Barcode (2004-Korea)	PC, PDA, bar-code	Quality & Labor	Oh, S. W.
2	Development of Building Site System of Administration with Personal Digital Assistants : Development of Reinforcement Quality Inspection System (2006-Japan)	PC, PDA	Quality	Kazuki, K.
3	Development of The Field Management System by Using PDA in Apartment Construction (2008-Korea)	PC, PDA	Quality	Jo, J. H.
4	A Construction Safety Management System Based on Building Information Modeling and Real-time Locating System (2009-Korea)	PC, Tag, Reader	safety	Lee, H. S.
5	Development of Collision Prevention System (Alarm System) of Crawler Crane Using GPS (2009-Japan)	GPS, PC, Sensor	safety	Kanba, K.
6	A GateSensor for Effective and Efficient Entering/Taking Management of Vehicles for Construction Logistics (2010-Korea)	PC, RFID Tag, Reader, Sensor	Vehicle & Logistics	Yoon, S. W.
7	Analysis of Operating Performance of Construction Lift Using Monitoring Sensor (2010-Korea)	PC, Sensor	Lift	Bae, J. H.
8	Integrated Manpower Information Systems on Construction Site - Using RFID and QR-Code (2011-Korea)	PC, RFID Card, Reader, QR-Code, Smart-Phone	Labor	Choi, Y. G.
9	A Study on the Construction of Defect Management Process Using Smart-Phone (2011-Korea)	PC, Smart-Phone	Quality	Kim, D. S.
10	Rationalization of Logistics for Super High-rise Building : Outline of Project and Control System for Construction Elevator (2013-Japan)	PC, IC Tag, Reader	Lift	Hamada, K.
11	A Study on the Applicability of Character Recognition Technology for Construction Supply Chain Management of Structural Steel Components and Precast Concrete Works (2014-Korea)	PC, Image acquisition devices	Logistics	Kim, J. S.
12	Trends and Prospects of Development of the Beacon Technology of Labor and Safety Management in Construction Site (2016-Korea)	PC, Beacon, Smart-Phone	Safety	Kim, I. C.
13	Vehicle Management System of Entrance and Exit of Construction Site Using QR-code (2017-Korea)	PC, QR-Code, Scanner	Vehicle	Choi, J. K.

② 기계설비 작업정보를 취급하는 ICT: 실제 작업이 수행되는 시공 업무에 사용되어, 직접 작업을 실시하면서 기계설비의 실적정보를 취급하는 ICT유형에 해당된다. 예를 들면, 〈Table 1-No.10〉에서 양중리프트 실적데이터를 확보하기 위해 리프트 가동 시 리프트 운전자의 데이터입력(가동시간, 층수, 하중 등)과 함께 업체의 정보가 담긴 IC태그를 사용하는 경우이다(Hamada et al., 2013).

사례조사 결과, 기계설비 작업정보를 취급하는 ICT의 경우(Kanba, 2009; Yoon, 2010; Bae, 2010; Hamada, 2013; Choi, 2017) 센서 및 계측기를 통한 정보수집의 자동화가능성이 높은 것으로 나타났으며, 관리정보를 취급하는 ICT의 경우(Oh, 2004; Kazuki, 2006; Jo, 2008; Choi, 2011; Kim, 2011)는 사람에 의한 입력에 의존하는 경향이 높은 것으로 규명되었다.

2) ICT를 사용하는 주체 분류

ICT의 적용은 건설 프로세스 상에서 누가 사용하고 실행하는가에 따라서 그 적용 대상이 달라진다. 이 분류로 누가 ICT 사용에 관여하고, 누구에게 긍정적 또는 부정적 효과가 미치는지 파악할 수 있다.

- ① 종합시공업체: 관리업무를 담당하며, 시공계획정보의 작성 및 입력, 시공단계 정보 수집을 위한 준비, 시공 실적 정보의 수집, 가공, 분석에 관여하는 주체이다.
- ② 전문공사업체: 실제 작업이 수행되는 시공업무에 관여하지만, 때때로 공사계획정보의 입력, 공사 실적정보의 수집 등의 관리 업무에도 관여하는 주체이다.
- ③ 기계운전수(오퍼레이터): 실제 작업이 수행되는 시공업무에 관여하지만, 간혹 관리업무 전반을 자체 관리하도록 위임받는 주체이다. 예를 들어, 일반적인 양중관리에서는 기계운전수가 실적정보를 수집하고, 종합시공업체가 계획정보와 비교하여 이후의 스케줄 관리를 진행한다. 하지만, 자체관리의 경우에는 기계운전수가 스케줄 관리까지 수행하는 경우도 있다.

한편, 본 연구에서는 시공단계에 투입되어 직접 현장에서 이용되는 ICT를 대상으로 하였다, 발주처, 감리자, 외주업체 등의 주체는 시공현장의 업무프로세스에 관여하지만, 현장에 적용된 ICT를 적극적으로 사용하지 않기 때문에 배제하였다.

3) ICT가 적용되는 단계 분류

건설 프로세스 상에서 ICT가 어느 단계에서 적용되는지에 따라 적용효과가 달라짐으로 ICT가 적용되는 시점과 업무단계를 규명할 필요가 있다.

- ① 시공계획 단계: 시공 착수 전에 공사계획에 관한 업무가 수행되며, 이에 수반하여 공사실행계획 정보가 생산된다.

② 시공준비 단계: 시공 단계에서 정보를 수집하기 위한 준비 업무가 수행된다.

③ 시공 단계: 실제 생산업무가 수행되며, 작업정보의 생산, 수집, 가공 및 분석 등의 업무가 병행된다.

PDA를 활용하여 현장품질관리 업무를 수행할 때, 〈Table 1-No.3〉에 제시된 것처럼 현장시공담당자는 시공계획 단계에서 공정진행에 따라 시공지침, 기준, 기술표준, 하자사례 및 안전사고 사례 등에 관한 정보를 프로젝트 데이터베이스(DB)에 입력하는 업무를 수행한다. 또한, 사전준비 단계에서는 PDA의 응용프로그램을 통해 DB에 시설물 위치정보, 품질점검 및 옵션 정보, 해당 도면 등을 입력하는 업무를 수행한다. 이후 시공단계에서는 하자항목 정보 및 담당 협력업체의 성과 정보 등이 수집되며, 협력업체에 작업 지시서 및 시정조치요구서를 발의하는 등의 업무가 수행된다(Jo et al., 2008). 본 논문이 제안하는 건설 프로세스에 특화된 모델링 방법은 ICT가 건설 프로세스에 적용되는 데이터 속성(예, 대상, 주체, 단계)에 관한 명확한 정보를 표현해야 할 필요가 있다.

2.2.2 업무프로세스에 미치는 효과

ICT가 건설 프로세스에 적용되었을 때 미치는 긍정 및 부정적 효과는 다음 2가지 측면에서 고려된다.

1) 정보 처리과정에 미치는 효과

ICT는 업무 프로세스 실행 시 정보의 입력, 수집, 집계, 분석, 해석, 출력 및 전달 등에 적용되어 데이터의 효과적인 관리를 지원하는데 활용된다. 정보처리과정은 업무목적에 따라서, 최하위의 1차 데이터를 가공하여 상위의 의미 있는 고급정보로 변환되어간다. ICT의 적용효과는 정보생산 시간의 단축, 정보수집에 요구되는 업무량 절감에 수반하는 정보생산성 향상 및 기존에 알려지지 않은 정보를 얻는 정보의 질(정보의 내용, 컨텐츠)에 관한 기여로 구분될 수 있다. 〈Table 1-No.2〉에 제시된 것처럼 기존 프로세스는 철근배근상태의 검사를 위해 배근 위치정보, 배근상태 점검 및 옵션정보와 해당 도면 등을 사전에 PDA에 입력해야 했다. 이는 ICT를 활용하는 프로세스이긴 하지만 현장을 순회하며 배근하자가 있는 위치를 도면에 체크하고 사무실로 돌아와 해당 협력업체에 작업을 지시하던 기존 방법에 비하여 정보수집에 요구되는 업무량이 많아지는 부정적 효과가 있음이 지적되었다(Kazuki et al., 2006).

2) 시공 업무에 미치는 효과

이 효과는 시공 업무프로세스의 실행에 수반하여 생성된 정보가, 실제로 업무에 관여하는 사람, 기자재 및 작업 등에 어떠한 효과를 미치는지에 관한 관점이다. 본 효과 중 하나는 업무프로세스에서 수정 혹은 보완작업이 절감되거나 없어진 경우로 시공에 관계하는 작업공정에 관한 효과가 있으

며, 두 번째는 부재조달의 신속성, 작업자의 안전성 향상 및 현장재고의 감소 등 시공에 투입되는 자원(사람, 기자재, 예산)에 관한 효과가 있다. <Table 1-No.11>의 경우처럼 철골 및 PC공사의 물류관리를 위해 현장에 바코드나 RFID를 적용할 경우에 기존 문서 위주의 관리 프로세스에서 사용되지 않던 장비(인식 리더 등)의 추가 투입으로 인한 추가 비용 발생, 태그 또는 바코드 부착 등의 추가 작업으로 인한 작업자의 적극적 참여 결여라는 부정적 효과가 지적되었다(Kim et al., 2014).

본 논문이 제안하는 모델링 방법은 ICT 적용이 위에서 언급한 업무프로세스에 미치는 효과들을 파악하는 것을 목적으로 한다. 이는 ICT를 누가, 어떤 업무에, 언제, 어떻게 적용하는지를 명시적으로 표현한다.

3. 모델링 방법론에 대한 고찰 및 제안

3.1 프로세스 모델링에 대한 연구 조사 (IDEF0)

3.1.1 IDEF0 모델링의 정의, 특성 및 구성요소

IDEF0 모델링 방법론은 기업이나 조직의 시스템이 어떤 일을 하는가에 대한 기능적인 관점에서 그래픽 표현기법을 사용하여 프로세스 모델을 작성하는 도구이다. 이는 기업이나 조직의 활동을 추상적인 단위의 기능으로 표현하고, 각 기능 간에 연관된 정보, 물류 및 자원 등을 기능 모델 안에 표현하는 절차와 언어를 제공한다(Ross, 1977; Yim et al., 1998).

IDEF0 모델 다이어그램의 기본 요소는 다음 <Fig. 2>와 같이 박스 형태로 표시되는 기능(Function)과 화살표로 표시되는 ICOM (Input, Output, Control, Mechanism)으로 구성된다. 기능은 시스템의 자원에 의해 수행되는 활동이나 행위를 표현하며, 어떠한 상황에서 무엇이 수행되는지를 명시한다. ICOM은 기능이 수행되는데 필요하거나, 혹은 기능 간에 연관된 정보, 물류 및 자원 등의 객체들이다.

IDEF0 모델링에서 각 기능은 ICOM 흐름들에 의해 상호 연결되며, 다음 <Fig. 3>과 같이 하위수준의 서브-기능들로 기능이 더욱 세분화된다. 이러한 세분화된 업무기능 분석과정은 어떤 특정 프로젝트에서 필요한 만큼의 기능들 및 문제 영역이 필요한 만큼 규명 및 분석될 때까지 반복된다.

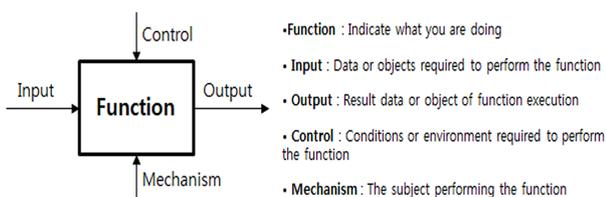


Fig. 2. The IDEF0 modeling component

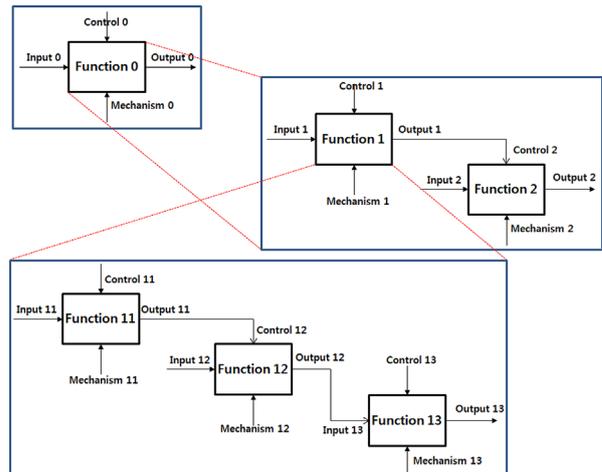


Fig. 3. Top-down function decomposition using IDEF0 model

3.1.2 IDEF0 모델링의 한계점

IDEF0 모델링은 초기에 명시적으로 프로세스를 규명하게 하고 기능의 수행에 필요한 조건이 무엇인지 상세하게 표현하게 하는 수단을 제공하지만 다음의 한계점을 지닌다.

첫째, IDEF0는 조직(혹은 기업)이 어떤 행위를 실행하는 지에 대해 표현하지만 그것이 어떻게, 어떤 순서로 실행되는 지 방법이나 프로세스에 관한 구체적 설명은 제공하지 않는다. 따라서 기능과 연관된 특정 시거나 논리에 대한 구체적인 설명을 필요로 한다(Lee et al., 2009). 그리고 모델 개발자가 정의함에 따라 Function박스를 순차적으로 표현하여 시간적인 흐름을 어느 정도 나타낼 수는 있지만 단지 시각적인 표현만 가능할 뿐 시스템에 직접적인 적용이 되는 것은 아니다.

둘째, IDEF0을 활용한 모델링에서 입력(Input)과 제어(Control)는 둘 다 기능 수행에 필요한 정보 및 객체들을 나타낸다. 그러나 입력은 기능에 의해 사용되거나 그 속성, 성질 또는 데이터 값 등이 변환되는데 반해서, 제어는 기능에 의해 변환되지 않고 단지 기능을 수행하는데 필요한 규정 또는 정책 등을 나타낸다는 점에서 차이가 있다(Kim, 1996). 분명, 제어정보를 포함하고 있는 문서 등도 입력과 마찬가지로 기능의 수행에 사용되는 입력정보이므로 실제로 현장에서 모델링을 할 때는 입력과 제어정보의 구분이 불분명한 경우가 많아서 혼돈을 일으킨다. 그 결과 동일한 시스템을 모델링하더라도 모델러에 따라 어떤 이는 입력으로 다른 사람은 제어정보로 분류하는 경우가 발생한다. 또한 입력정보가 기능에 의해 변환되는지, 변하지 않고 사용되는지 명시되지 않으므로 시스템을 구현하는 단계에서 다시 파악해야 되는 문제가 있다.

셋째, IDEF0는 소프트웨어의 정보처리관점에서 정보의 원천에 대한 파악에 어려움이 있다. 이는 시스템의 요구분석에 대한 방법론으로 사용되기 때문에 기능의 입력이나 제어데이

터의 근원을 파악하는데 제약이 따른다(Jung et al., 1998). 예를 들어 사용자가 키보드나 계측기기 등을 사용하여 상호 대응식으로 입력하는 데이터와 프로그램이 자동으로 처리하는 데이터의 구분이 힘들다.

넷째, IDEF0는 시스템 기능들을 하위수준의 서브-기능들로 하향식 분해한다. 이는 더 자세하고 상세한 기능들로 표현하여 기능 수행의 조건 및 문제점을 파악하는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 전체 시스템의 프로세스를 파악하려고 할 때는, 각 기능들의 하위 서브-기능들의 흐름에 대해서 한눈에 파악하기 어려워 각각의 서브 기능들에 대해서 다시 규명해야 하는 어려움이 있다. 이는 전체 시스템의 객체들의 흐름을 파악하여 문제영역을 개선하고자할 때 시간소모가 크다.

3.2 ICT 추적성을 개선한 업무프로세스 모델링 방법론

3.2.1 업무 프로세스의 구분

위에서 언급한 IDEF0 모델링의 한계점과 선행 사례조사를 바탕으로 건설생산업무 프로세스를 명시적으로 표현하고 ICT 적용 특징을 추적하기 용이한 프로세스 모델링 방법론(IAMB : ICT Application Tracking Model for Business Process)을 제안한다. 현장에서 콘크리트 타설, 자재 양중, 노무자 작업수행 등의 시공업무가 진행되고 동시에 품질검사, 양중 예약 및 조정, 자재 검수 등 관리업무가 수행된다. 이때, 병렬적으로 수행되는 프로세스 간에는 공정, 노무, 자재 등에 관한 기본정보, 계획 및 관리정보, 실적정보가 매개체로 유통된다. 즉, 관리프로세스에서 시공수행 전 계획정보

를 작성하면, 시공프로세스에서 작성된 계획정보를 바탕으로 공사를 진행하며, ICT를 사용하여 실적정보를 수집 및 가공하여 다시 관리프로세스로 환류한다. 본 논문이 제안하는 IAMB 모델링은 <Fig. 4>와 같이 이러한 시공단계 업무를 3가지 프로세스(예, 관리, 시공 및 정보)로 나누어 표현한다. IDEF0 모델링이 기능의 흐름에 중점을 둔 모델링이라면, 본 IAMB는 관리 및 시공업무의 실행과 그 사이에서 유통되는 정보 속성들에 주목한다. 각 프로세스에 대한 설명은 다음과 같다.

1) 관리 프로세스(Management Process)

목적에 부합하는 건축물을 생산하기 위해서 투입되는 자원(자재, 인원, 기계 등)의 관리에 관계된 활동의 흐름을 나타낸다.

2) 시공 프로세스(Construction Process)

작업현장에서 노무자 및 기계설비의 직접적인 작업에 관계된 활동의 흐름을 나타낸다.

3) 정보 프로세스(Information Process)

상기 관리 및 시공업무의 확인 및 제어를 위해 ICT가 담당하는 정보처리업무(예를 들어 수집, 집계, 분석 등)의 흐름을 정의한다.

3.2.2 IAMB 모델링의 특성

ICT 적용 형태와 효과를 파악할 수 있도록 상기 3종류의 프로세스를 사용하여 ICT가 적용되는 대상(Tool, Site), ICT를 사용하는 주체(Agent) 및 ICT가 적용되는 단계(Phase)를 정의하였다. 또한, 각 프로세스에서 수행되는 활동(Action) 및 기능(Function)을 박스로 표현하여, 상자와 상자사이를 각

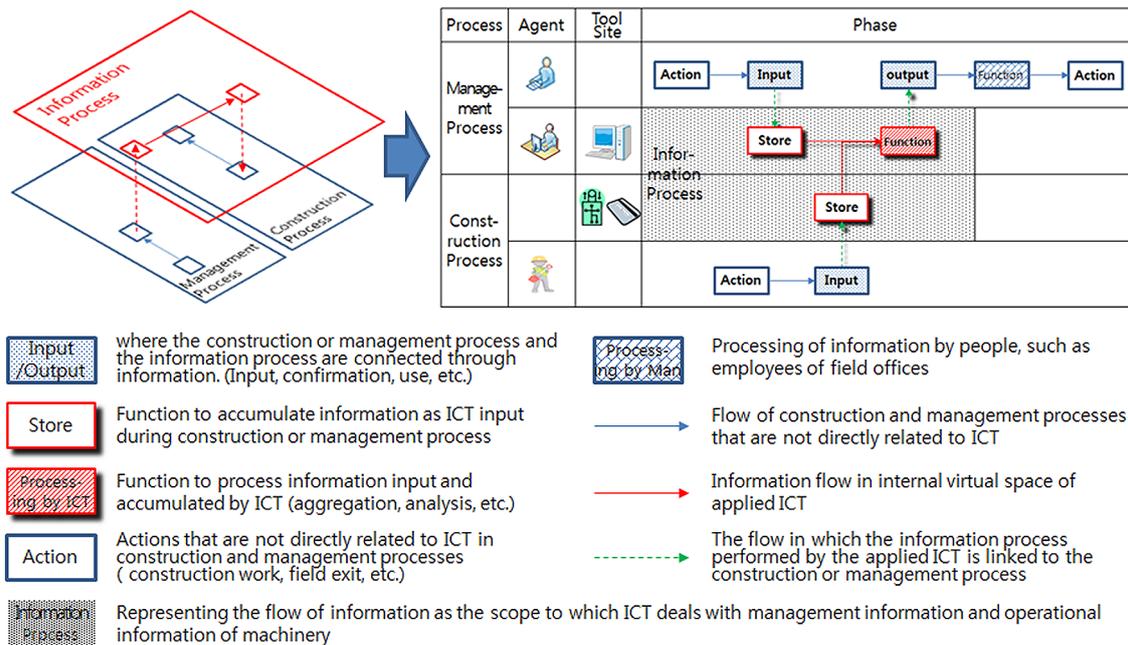


Fig. 4. The IAMB modeling component and definitions in process layers

상황에 맞는 화살표로 연결함으로써, 업무의 흐름뿐 아니라 정보 흐름도 표현하였다. 이 모델링 규약으로 인하여, IDEF0 기능 모델링으로는 파악하기 어려웠던 정보의 원천(누가, 어디에서) 및 정보의 흐름(언제, 어디로), 정보의 가공(어떻게)에 대하여 알 수 있을 뿐만 아니라, 전체 ICT 적용 상황에 대하여 일목요연하게 인식하고 ICT 적용 효과를 파악할 수 있다.

3.2.3 모델링의 상세한 표현 및 구성요소

본 IAMB 모델링의 상세한 표현 및 구성요소는 다음과 같다.

1) 활동단체/주체(Agent) 속성

시공 및 관리 프로세스에서 활동, 액티비티, 행위 등을 수행하는 단체 또는 주체(예, 원청업체 현장사무소 직원, 전문공사업체 관리자 및 노무자, 원청업체 직할 기계운전원 등)을 의미한다.

2) ICT가 적용되는 대상(Tool) 및 장소(Site) 속성

관리정보 및 기계설비 작업정보를 취급하는 ICT의 명칭, 기계설비(양중기, 타워크레인 등)의 명칭 및 장소 등에 관한 속성들이다. 장소 속성은 원청업체 현장사무소 직원이 사무소 안이 아닌 현장을 순시하면서 정보를 입력해야하는 경우 등을 명확하게 정의하기 위해 본 속성을 설정한다.

3) 작업 단계(Phase) 속성

수행되는 업무 및 ICT가 적용되는 단계를 정의하며, ICT가 건설시공 및 관리 프로세스 중에서 언제, 어떤 단계에서 적용되는지 명시하는 속성이다. 단계는 크게 시공계획, 시공준비, 시공의 3단계로 구분된다. 시공계획 단계는 양중예약업무 및 양중계획업무처럼 실제 현장에서 작업을 실시하기 전에 수행하는 공사계획에 관계된 업무들이다. 시공준비 단계는 IC카드의 작성 및 배포, 바코드 북의 작성 등과 같이 시공단계에서 정보를 수집, 집계, 분석 등의 업무를 수행하기 위해 사전에 준비하는 업무들이다.

4) 모델링 구성요소

- ① 입출력(Input/Output) 기호는 시공, 관리 및 정보 프로세스가 정보를 매개로 연결되는 부분이며, 이에 관계되는 활동(Action)상자는 주로 ICT로의 입력, ICT에서 확인, ICT의 사용이 해당된다. ICT에서 확인은 기본적으로 출력(모니터 출력, 인쇄 출력 등)이 동반된다.
- ② 저장(Store) 기호는 ICT가 담당하는 프로세스(주로 정보 프로세스)에 표현되며, 시공 및 관리 프로세스에서 정보가 ICT로 입력되어 축적되는 기능(Function)이 해당된다. 예외적으로 다른 ICT와 연결되어 디지털정보로 전달되어 축적되는 경우를 포함한다.
- ③ ICT에 의한 가공(Processing by ICT) 기호는 ICT에 의해서 입력되고 축적된 정보가 가공되는 기능이며, 주로 집계(Aggregation) 및 분석(Analysis)을 모델링한다.

- ④ 활동(Action) 기호는 시공 및 관리 프로세스에서 ICT와 직접적으로 관련이 없는 행위를 표현한다. 주로 작업자의 입장, 시공 작업, 현장 퇴장 등의 행위가 이에 해당된다.
- ⑤ 인적 가공(Processing by Man) 기호는 ICT에 의한 정보 가공이 아니라, 현장 사무소의 직원 등 사람에 의한 정보의 가공을 표현한다. 주로, 분석(Analysis) 행위가 이에 해당된다.
- ⑥ 정보 프로세스(Information Process) 범위 기호는, ICT 또는 기계설비가 적용되어 관리 프로세스 또는 시공 프로세스에서 입력된 정보에 관하여 어떠한 기능(Function)을 수행하는 범위를 표현한다.
- ⑦ 활동과 활동, 활동과 입출력을 연결하는 실선은 ICT와 직접적으로 관계없는 시공 및 관리 프로세스의 흐름을 표현하며 실제 공간에서 일어나는 프로세스를 나타낸다.
- ⑧ 정보프로세스안의 실선은 ICT(기계설비포함) 내부 가상공간의 정보흐름을 표현한다. 적용된 ICT의 종류가 2가지 이상일 경우 서로간의 정보 전달도 이 실선으로 표현한다.
- ⑨ 입출력과 저장을 연결하는 점선은 적용된 ICT가 수행하는 정보 프로세스와 시공 또는 관리 프로세스가 연결되는 흐름을 표현하며, ICT로의 정보 입출력을 명시한다.

3.3 IAMB 모델링의 유효성 검증

본 IAMB 모델링 기법을 ICT를 적용한 시공 및 관리 프로세스 사례를 사용하여 유효성을 검증하기 위해서 기존 IDEF0 모델링을 사용했을 때와 비교한다.

1) 대상 사례개요

- 사례명: 양중관리 시스템<Table 1-No.10>
- 목적: 양중작업의 효율화, 생력화 및 양중실태의 파악
- 이용 업무: 양중리프트의 예약 및 실적 관리
- 적용 ICT(서브시스템): 양중리프트 예약관리 시스템(양중예약조정 시스템, 양중실적분석 시스템, 양중리프트 장치, 양중실적파악 시스템)
- 긍정적 효과: 양중예약 조정업무 80% 시간삭감
- 업무 프로세스의 흐름:

본 사례연구는 양중예약조정 및 실적관리 시스템을 적용하였다. 시공계획 단계에서 하청업체 담당자가 양중예약 시스템으로 회사코드, 리프트 번호, 사용시간 등을 입력하면, 현장사무소 담당자가 각 업체들의 예약정보를 확인하고, 중복이 있을 경우에 업무의 우선순위를 고려하여 조정한다. 시공준비 단계에서 IC태그에 업체정보 등의 기본정보를 입력하고, 조정된 리프트 예약정보를 바탕으로 하청업체 및 리프트 운전수에게 전달하면 시공 단계에서 예약정보를 확인하고 그

정보에 따라서 업무를 수행한다. 이때, 리프트가동 시 사용하는 업체의 정보가 담긴 IC태그 및 리프트 운전수의 데이터입력(가동시간, 층수, 하중 등)으로 리프트 실적데이터를 확보한다. 이렇게 확보된 실적데이터는 실적데이터 분석시스템에 전달되어 실적집계 및 예약대비실적정보로 변환된다. 이 정보를 사용하여 현장관리자는 이후 리프트 사용업체의 우선순위를 고려한다.

2) IDEF0 모델링에 의한 프로세스 정의

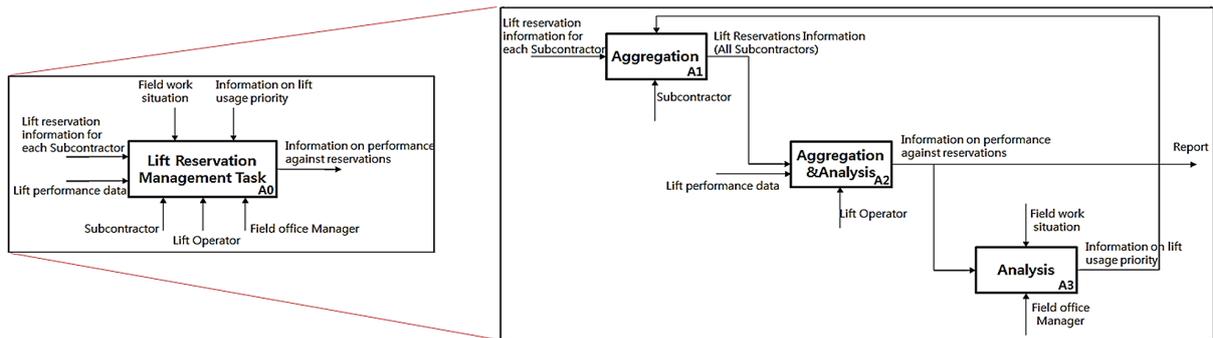
대상 사례는 기존 IDEF0 모델링으로 <Fig. 5-a)>와 같이 표현된다. 앞서 IDEF0 모델링의 한계점에서 언급하였다시피, 양중예약관리 업무에 관여하는 원청업체, 전문공사업체, 리프트 운전수 등의 주체들이 무엇을 수행하는지에 대한 행위(A0:양중기 예약 관리업무, A1:양중 예약정보수집, A2:양중 실적정보수집 및 분석, A3:계획대비실적 분석)만을 표현할 뿐 어떤 단계, 어디에서, 어떤 시스템을 사용하여 업무가 진행되는지에 대한 기술이 불명확하다. 또한, 각 기능들의 하위 서브-기능들의 흐름을 한눈에 파악할 수 없으며, 각각의

서브 기능들에 대해서 다시 규명해야하는 어려움이 있다. 양중기의 실적정보를 수집하고 분석하는 등의 기능 수행을 위해 양중기의 실적데이터를 어디에서 수집하는지 등의 정보원천에 대한 설명이 없으며, 어떻게 정보처리(입력, 가공, 출력 등)하는지, 또한 그때 사용되는 ICT가 무엇인지 등에 대한 파악이 어렵다.

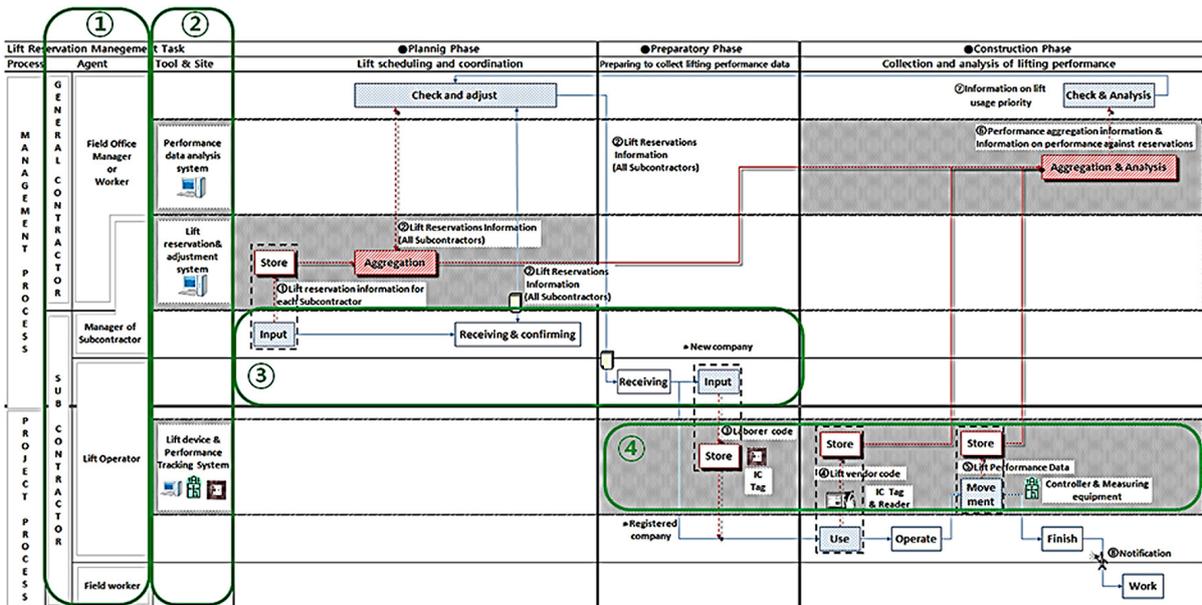
3) IAMB 모델링에 의한 프로세스 정의

본 IAMB 모델링을 사용하면 <Fig. 5-b)>와 같이 표현된다. 그 결과 다음 사항을 명확하게 파악할 수 있게 된다.

- ① 각 단계에서 누가 어떤 시공 및 관리 행위를 수행하는지 파악할 수 있다.
- ② ICT 및 기계설비를 어느 단계에, 누가 사용하는지 파악할 수 있다.
- ③ 누가 또는 무엇이 데이터 및 정보의 입출력에 관계하는지 파악할 수 있다.
- ④ ICT 및 기계설비 간의 데이터 및 정보의 흐름을 정의한다.



a) IDEF0 model



b) IAMB model

Fig. 5. Business processes for lift reservation and performance management using IDEF0 and IAMB modeling methods

4. 결론

ICT가 적용된 건설프로젝트를 성공적으로 수행하기 위해서는 건설생산프로세스를 가시적 정보모델로 변환하고, 프로젝트참여자들이 ICT가 담당하는 업무의 내용 및 흐름 등을 명확히 파악하는 것이 필요하다. 기존 IDEF0 프로세스 분석 및 모델링 도구는 여러 한계점이 있다. 본 연구는 문헌 및 사례조사를 토대로 ICT 적용 프로세스의 속성을 파악하고, 건설시공 및 관리 프로세스에 적용되는 ICT의 특성을 규명하였다. 이를 토대로 프로젝트참여자들이 프로세스 정보를 정확하게 규명하고 정보를 추적하며, 이를 모델링하는 새로운 업무 모델링 방법(IAMB 모델링)을 제안하여 유효성을 검증하였다.

본 연구는 건설시공 및 관리프로세스에 ICT 적용 시 정보 추적성을 개선하는 기여를 달성한다. 반면, 업무 프로세스 자동화에 보다 성숙된 방식으로 기여하기 위해 업무프로세스에 ICT가 적용될 때의 모든 특징, 효과 및 문제점과 관련하여 추가적으로 실제 실무에 참가했던 관계자 인터뷰를 실시하여, 완성도를 높이는 것이 추천되며, 제시된 ICT 업무프로세스 모델링 방법론을 실행하는 소프트웨어 구현이 추천된다. 이러한 업무 프로세스 설계 자동화 도구는 제4차 산업혁명의 시대적 요구에 수반하여 건설시공 및 관리 프로세스 자동화 분야에 ICT 채용을 증진시키는데 기여할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 성과는 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2018R1A5A1025137: ERC 선도연구센터 지원사업).

References

Choi, Y. G., Yoon, S. W., and Chin, S. Y. (2011). "Integrated Manpower Information Systems on Construction Site - Using RFID and QR-Code." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 12(4), pp. 106-116.

Go, T. Y., and Yashiro, T. (2011). "A study on understanding the impact by introduction the information technology tools." *Summaries of technical papers of Annual Meeting AIJ*, AIJ, pp. 1301-1302.

Go, T. Y. (2015). "Study on evaluation of IT application impact in construction management / implementation process." *Thesis of doctoral*, University of Tokyo.

Hamada, K., Suzuki, M., Kaneko, T., Omoto, E., Doi, S., Takizawa, H., and Kashiwa, T. (2013). "Rationalization of Logistics for Super High-rise Building : Outline of Project and Control System for Construction Elevator." *Summaries of technical papers of annual meeting 2013*, AIJ, pp. 1281-1282.

Jo, J. H., and Kwak, M. S. (2008). "Development of the Field Management System By Using PDA In Apartment Construction." *Review of Architecture and Building Science*, AIK, 52(5), pp. 83-86.

Jung, S. W., Woo, H. S., Yoon, S. H., Moon, H. C., and Kim, C. H. (1998). "A Study on Dynamic IDEF0 Methodology." *Proceeding of KIOIE 1998 Spring Conference*, KIOIE, pp. 614-618.

Kanba, K., and Watanabe, K. (2009). "Development of Collision Prevention System (Alarm System) of Crawler Crane Using GPS." *Construction machinery and equipment*, 45(9), pp. 33-35.

Kazuki, H., Handa, M., Mizukami, O., and Nakashima, T. (2006). "Development of Building Site System of Administration with Personal Digital Assistants : Development of Reinforcement Quality Inspection System." *Summaries of technical papers of annual meeting 2013*, AIJ, pp. 827-828.

Kim, J. I. (1996). "IDEF0 Models of the FCIM system for CALS Implementation." *The Journal of Society for e-Business Studies*, Society for e-Business Studies, 1(2), pp. 117-131.

Kim, J. S., Chin, S. Y., and Yoon, S. W. (2014). "A Study on the Applicability of Character Recognition Technology for Construction Supply Chain Management of Structural Steel Components and Precast Concrete Works." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 15(4), pp. 20-29.

Lee, H. S., Lee, K. P., Park, M. S., Kim, H. S., and Lee, S. B. (2009). "A Construction safety management system based on Building Information Modeling and Real-time Locating System." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 10(6), pp. 135-145.

- Lee, S. H., and Ryu, K. Y. (2009). "c-IDEF*:A comprehensive modeling methodology for collaborative processes of manufactures" *Proceeding of KORMS 2009 Fall Conference*, KORMS, pp. 1441-1448.
- Oh, S. W., Kim, Y. S., Lee, J. B., and Kim, H. S. (2004). "Collection and Utilization of the Construction Labor Information Using PDA and Barcode." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 5(5), pp. 65-75.
- Ross, D. T. (1977). "Structured Analysis(SA):A Language for Communicating Ideas," *IEEE Transactions on Software Engineering*, 3(1), pp 16-34.
- Yim, D. S., Kim, C. H., Woo, H. S., and Kim, J. I. (1998). "Integration od Business Process Modeling Methodologies : IDEF0, IDEF3, and Petri Net." *The Journal of Society for e-Business Studies*, Society for e-Business Studies, 3(2), pp. 141-160.
- Yoon, S. W., Song, J. H., Shin, T. H., and Chin, S. Y. (2010). "A Gate Sensor for Effective and Efficient Entering / Taking Management of Vehicles for Construction Logistics." *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, KICEM, 12(1), pp. 85-96.

요약 : ICT를 적용한 건설 프로젝트의 성공적 수행을 위해서는 건설 생산 프로세스를 시각정보모델로 정의하여 프로젝트 참여자들이 해당 프로세스 상에서 ICT가 담당(혹은 실행)하는 작업의 내용 및 절차를 이해할 수 있어야한다. 기존 IDEF0은 비즈니스 프로세스, 정보 시스템 등을 시각화 및 분석하는 대표적 모델링 방법이다. 반면, 조직(혹은 기업)이 수행하는 작업들에 대해서만 표현할 뿐 프로세스 상의 ICT가 적용되는 작업들 간의 순서, 정보전달 및 실행 방법에 대한 구체적 설계기법을 제공하지 않는다. 본 연구는 ICT 적용 추적가능성을 향상시킨 업무 모델링(IAMB) 기법을 개발하여, 업무프로세스에 적용되는 ICT의 특징을 명확하게 인식 및 정의할 수 있는 체계를 제공한다. IAMB 모델은 관리, 시공, 정보 등 3개 부분으로 구분되며, 육하원칙에 의거 누가, 언제, 어떤 ICT기법을 적용하여, 어떤 순서로 프로세스 정보를 처리하는지 규명하게 한다.

키워드 : ICT, 업무프로세스 모델, 시공 프로세스, ICT 적용 프로세스 정보추적 모델
