

교차영향분석을 활용한 건설 업무기능 및 공종 별 주요 IT기술 도출

Elicitation of Potential Information Technologies for Construction Process and Tasks
- Using Cross-Impact Analysis

박 성 훈* 권 순 욱** 김 영 석***
Park, Sung-Hoon Kwon, Soon-Wook Kim, Young-Suk

Abstract

Domestic construction industry, which has recently had difficulty in market saturation and slowing growth, is trying to resolve this situation by incorporation with IT technology. However, there was less choice and has simply used IT technology as required in construction field. In other word, IT technology has applied to not all processes but some parts. Therefore, in this paper, we find out suitable and promising IT technology to each step of construction process, analyzing IT convergence technology related to whole process comprehensively in order to suggest fundamental directions for effective construction · IT convergence in the field.

Keywords : Scenario planning, Cross-Impact, IPA Analysis, Construction-IT Convergence

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 국내 건설시장은 단기간의 급성장으로 포화상태에 이르렀으며 건설경기는 국내 건설수주와 투자가 감소하는 등 하락 추세에 있다. 이에 건설 산업은 디지털 컨버전스 시대에 맞춰 건설기술보다 상대적으로 빠른 IT기술의 활용 과 융합을 통해 생산성 제고 및 신사업 창출로 당면한 상황을 타개 하려는 움직임을 흔히 볼 수 있다(유현선 2010). 건설과 같은 전통산업과 IT 융합의 성장전망과 기대효과는 점차 커지고 있으며, 시장 규모 면에서 2018년에 이르면 약 3,736억 달러 규모이자 연평균 4.5% 성장을 이룰 것이며, 부가가치 및 고용효과는 약 3~4배

증가할 것으로 전망되고 있다(이윤철 2009).

하지만 건설은 전통적인 아날로그 산업으로 R&D투자가 미흡할 뿐 아니라 현재까지 IT융합의 여지가 타(他) 산업에 비해 상대적으로 많지 않아 단순히 IT기술을 필요에 따라 적용해 온 실정이다(전황수 2008). 다시 말해 건설 전(全) 프로세스 상에서 보았을 때, 단지 국소적으로 일부 공정 · 공종에만 IT기술이 한정적으로 사용 되어 왔으며 실질적으로 전체 건설산업에 미치는 영향과 효과는 미비한 수준에 그치고 있다. 이는 제한적인 성능 향상만을 위한 기존 연구방식의 한계와 전체 프로세스 관점에서 IT기술 융합에 대한 종합적 연구의 부재에서 비롯된 것이다(김영민 2008).

따라서 본 연구에서는 건설 전 프로세스와 관련하여 포괄적 관점에서 융합기술을 분석하여, 건설 · IT융합의 종합적 근거 및

* 일반회원, 성균관대학교 대학원 u-City공학과 석사과정, airings@naver.com

** 중신회원, 성균관대학교 건축공학과, u-City공학과 교수, 공학박사(교신지자), swkwon@skku.edu

*** 중신회원, 인하대학교 건축학부 교수, 공학박사, youngsuk@inha.ac.kr

기초자료를 제공함으로써 모델 개발 및 활용방향의 지표가 될 수 있는 건설 사업관리업무기능 별 및 공종별 적합한 유망 IT기술을 도출하였다.

나아가 효과적인 타 산업과 IT융합 연구방법의 기본방향을 제시하고자 한다. 또한, 전반적인 고려로써 특정 분야 또는 특정 기술의 보다 폭 넓은 확장·호환 등으로 건설 산업에 IT융합의 활성화에 기여하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

건설 프로젝트는 관리 업무로 '건설 사업관리업무기능' 과 시공 업무인 '공종요소' 로서 건설 일련의 과정을 통상적으로 두 가지로 세분화 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 건설 전 프로세스를 종합적으로 분석하기 위해 '건설 사업관리업무' 와 '공종요소' 두 가지로 분류하여 연구의 내용적 범위를 한정하였다.

건설 사업관리업무는 정영수(2005)의 건설업무기능 분류를 활용하였으며 공종요소는 통합건설정보분류체계(건설교통부 2006), 주택건설전문시방서(대한주택공사 2009), 미국 공사시방서 Masterformat(CSI 2010)을 비교 분석하였다. IT기술은 유비쿼터스 도시기술 가이드라인(국토해양부 2010)을 기준으로 정보수집기술, 정보공기기술, 정보활용기술로 분류하여 한정하였다.

연구방법으로는 시나리오 플래닝 기법을 활용하였다. 그 내용은 다음과 같다.

첫째, 사전분석 과정으로 기존의 관련문헌 고찰, 기술고찰, 사례를 비교·분석하여 최근 경향 및 미래 건설·IT융합 산업의 유망한 건설 전 프로세스와 IT기술요소를 선정하였다.

둘째, 수요조사 및 트렌드 조사로서 선정된 건설프로세스와 IT기술요소 토대로 전문가 1차 설문조사를 실시하였다. 우선적으로 IT기술 융합 시 효과가 클 것으로 예상되는 건설 프로세스에 대한 수요 조사 및 기술통계분석을 하였다. 이를 토대로 중요도·만족도 분석(IPA : Importance-Performance Analysis)을 실시하였다.

셋째, 분석 과정으로서 앞서 수요조사 및 트렌드 조사에서 파악된 요소를 바탕으로 2차 설문을 실시하고 이를 교차영향분석을 통해 건설 프로세스와 IT기술의 상호 연관성을 연결 지었다. 즉, 건설 프로세스 단계 별 적합한 IT기술을 도출하기 위해 교차영향분석을 실시하였다. 이는 향후 건설·IT 융합에 효과적으로 활용되기에 적합하고 유망한 IT기술을 도출 하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 미래 연구 방법론

건설과 IT기술의 융합은 향후 미래 신사업을 창출하는 일환으로 발전하고 있다. 이는 과학, 기술, 사회의 관계가 서로 연관되어 발달하는 것으로서 미래가 어떻게 될 것인지를 예측을 하고 미래가 어떻게 되어야 할지, 어떻게 만들 수 있는지에 대한 전략적 사고를 가지고 미래를 예측하는 미래 연구(김성태 2007)라 할 수 있다. 이러한 미래 연구 방법론은 다양한 분야에서 활용되고 있으며 그 중 박성훈(2011)은 건설·IT융합의 연구로 미래 예측 기법 중 시나리오 플래닝(Scenario planning) 및 교차영향분석(Cross-Impact Analysis)이 가장 효과적이며 적합한 연구 방법으로 제시하였다. 따라서 본 연구에서는 미래 연구 방법론 중 시나리오 플래닝 기법과 교차영향분석을 혼합한 형태의 연구 방법을 채택하였다.

세부적으로 살펴보면 세계적으로 많이 통용되고 그 틀이 진화되고 있는 미래연구 방법론 중의 하나가 시나리오 기법이다. 이 기법은 불확실한 미래를 타당성과 신뢰성 있는 근거로 가능한 예상할 수 있는 미래에 접근을 목표로 하는 방법론이라고 할 수 있다.

흔히 사용되는 시나리오기법은 Schwartz(1991)가 언급한 “현재에서 미래시점까지의 경로를 서술하는 이야기(narration), 이미지(image), 또는 지도(map)를 의미하는 것으로 미래에 결정을 하기 위한 사안에 대해 미래에 나타날 여러 가지 상황들이 어떻게 펼쳐질지를 알게 해주는 도구이다.”라고 정의하고 있다. Porter(1996)는 시나리오는 예측(forecast)이 아니라 하나의 가능한 미래, 즉 미래가 어떻게 될 것 인가에 대한 견해라 하였다. 또한, Shoemaker(1995)는 발생 가능한 미래의 모습들을 가능하게 하는 전문적 방법론이라 정의 하였다.

교차영향분석은 미래에 가능성이 높은 요인들 간의 상호관계성과 영향관계를 설명하려는 시도로 개발 되었다.* 사건 A가 사건 B에 영향을 미친다고 하면 사건 B의 초기 발생가능성은 사건 A의 발생에 따라 변하게 되며 이처럼 초기 발생가능성이 사건들 간의 영향 관계에 따라 수정될 수 있다는 것이 교차영향분석의 기본개념이다.

2.2 건설·IT기술 관련 연구 고찰

건설·IT 융합은 IT산업의 빠른 성장과 새로운 기술 등장에 따

* Brauers, J. and M. Weber, “A New Method of Scenario Analysis for Strategic Planning.” Journal of Forecasting

라 건설공사에도 IT기술의 접목이 시도되어 왔다. 하지만 아래 [표1]에서 보는바와 같이 건설 프로세스 중 특히 자재관리, 인사관리, 철근콘크리트 공사 등 일부 공정·공종에만 IT기술 접목 연구가 국한되어 진행되어 왔다. 또한, 적용 IT기술은 RFID, GPS 등 제한적으로 시도되었으며, 새로운 IT기술 등장과 함께 QR코드와 스마트폰 기술은 필요에 따라 부분적으로 적용 또는 기존의 기술을 발전시키는 수준에서 연구가 진행되어온 실정이다.

표 1. 건설 과정(Process)의 IT기술 융합 관련 연구 동향

분야	IT 기술	연구 내용	사전 연구 방법
자재관리	스마트폰 QR코드	건설자재관리 기능을 구현하는 스마트폰 어플리케이션 개발 (이광표 2011)	스마트폰의 건설현장 적용성 검토를 위한 설문조사 및 요구사항 분석
	RFID GPS	RFID와 GPS기술을 활용한 자재 위치 파악 방안 제시 (Jongchul Song 2006)	문헌고찰과 RFID와 GPS기술 검토
	RFID 무선 네트워크 기술	RFID 출역관리 시스템의 인식도 및 만족도에 대한 설문조사를 통한 RFID시스템의 보완사항 제시 (이남수 2006)	문헌고찰 및 무선네트워크 유사 기술의 검토와 비교분석
콘크리트 공사	RFID	RFID기술 접목으로 콘크리트타설작업을 모니터링하여 생산과 품질관리 향상 방안 제시 (문성우 2006)	기존 콘크리트 타설 프로세스 분석
	RFID	RFID기술한 콘크리트 타설 작업 모니터링 시스템의 현장적용 시 프로세스 제시 (문성우 2007)	모니터링의 국·내외 사례분석
인사관리	RFID QR코드	기존 RFID출역관리시스템에 QR코드 접목을 통한 인사관리 개선방안 제안 (최윤길 2011)	문헌고찰 통한 RFID기술의 한계점 검토
	RFID	건설현장에서의 RFID 출역관리시스템의 보완 및 개선점 제시 (박창욱 2008, 조현욱 2008)	RFID시스템을 통한 인사관리 인식도, 만족도 설문조사를 통한 보안사항 제시

또한 기존의 연구 방법은 건설사와 IT 두 산업 간의 수요조사 및 요구사항 분석이 부족하며, 특히 정량적 분석을 통한 상호연관성을 조사한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 건설공사 전(全) 과정에 생산성 향상 및 신사업 창출을 위해 정량적 분석기법을 활용하여 효과적인 건설 프로세스 단계 별 유망 IT기술들을 도출하고자 한다.

3. 건설프로세스 및 IT기술 선정

3.1 건설사업관리 업무기능 선정

건설 사업관리 업무기능의 명칭 및 단계는 조직에 따라 다양한 형태를 가지고 있다. 본 연구에서는 정영수(2005)의 건설업무기능 분류를 활용하였고 국내 자료는 갱신 또는 추가하여 정리하였다.

선정 절차는 정부기관, 협회·학회 및 논문의 분류체계를 단계 순서별로 정리하여 명칭은 다르나 비슷한 의미를 지니는 과정을 하나로 통합하였다. 그리고 빈도별로 단계를 형성하여 2가지 이상, 즉 빈도수 20%이상의 공통된 업무기능들을 다음 설문을 위한 기초 자료로써 선정하였다.

그 과정 및 선정된 업무기능들은 다음 [표2]과 같다.

표 2. 건설사업관리 업무기능 선정 (사전조사)

공통 공정	건기연/건교부 -2006	국토해양부 -2009	이복남/정영수 -1999	JUNG/Gibson -1999	PMI -1993	CMAA -1993	CII -1990
사업 관리	●	사업 관리	사업 관리	사업 계획	기획	Scope 관리	조직 관리
↓							
자재 관리	●			영업* 자재 관리			
↓							
계약 관리	●	계약 관리	계약 관리	계약 관리	프로젝트 계약조정	계약 관리	
↓							
공정 관리	●	공정 관리	공정 관리	공정 관리	원가 관리	비용 관리	원가 관리
↓							
품질 관리	●	품질 관리	품질 관리	품질 관리	품질 관리	품질 관리	품질 관리
↓							
안전·환경 관리	●	안전·환경 관리	안전·환경 관리	안전 관리	인사 관리	안전 관리	안전 관리
↓							
인사 관리	○			인사 관리	통합 관리*		인사 관리
↓							
정보 관리	○		정보 관리	관리* 재무 관리	정보 관리		
↓							
프로젝트 관리	○	사업정보 관리	최종사업 관리	관리* 일반 관리	리스크 관리	프로젝트관리	프로젝트관리

주 : ● - 빈도수 50% 이상,
○ - 빈도수 20% 이하
* - 빈도수 20% 미만

(건설업무기능 분류 정영수(2005) 표 재구성)

본 연구에서는 사업관리일반, 자재관리, 계약관리, 비용관리, 공정관리, 설계관리, 품질관리, 안전·환경관리, 인사관리, 정보관리, 프로젝트 관리 총 11가지 업무기능을 건설프로세스 단계로 선정하였다.

3.2 공종 요소 선정

공종요소는 국내의 국토해양부의 '통합건설정보분류체계'와 대한주택공사의 '주택건설전문시방서'를 비교하였으며 국외의 미국 CSI의 'Masterformat 2010'을 활용하였다. 선정절차는 건설사업업무기능과 동일하게 실시하였다.

최종 선정된 공종요소로는 1.공통일반사항 및 공사비, 2.가설

공사, 3.토공사·흙막이 공사, 4.지반공사, 5.철근콘크리트공사, 6.철골공사, 7.조적공사, 8.석재공사, 9.목공사, 10.방수공사, 11.단열·방음공사, 12.커튼월공사, 13.금속공사, 14.창호공사, 15.미장공사, 16.도장공사, 17.타일공사, 18.수장공사, 19.설치물공사, 20.가구 및 집기, 21.조경공사, 22.열원기기·공기조화설비공사, 23.위생설비공사, 24.가스설비공사, 25전기공사, 26 정보통신설비공사와 같이 총 26가지로 선정하였다.

3.3 융합 IT 기술 선정

표 3. IT기술 요소선정 (사전조사)

구분	유비쿼터스 도시기술 가이드라인 (국토부 2009)	IT적용기술 (지경부 2011)	향후유망기술 (지경부 2011)	u-City 활용기술 (해외 사례분석)
정보 수집	센서	센서	센서	
	RFID	RFID	RFID	RFID
	스마트카드	USN	USN	USN
	GPS	GPS		GPS
	CCTV	Barcode	QR-code **	CCTV
	WiBEE	Blackboxes		키오스크
	ZigBee	ZigBee		
	xDSL			
	HFC			
	MSPP			
	LAN			LAN
	VoIP *			VoIP *
	WiBro		유무선통신	
	CDMA			
	EV-DO			
	HSD(U)PA			
	무선메시 네트워크			무선네트워크
	Ad-Hoc			
	Wi-Fi			Wi-Fi
	Bluetooth			
Femto Cell				
PON				
정보 가공	CRM		AR	AR
	SCM		BIM **	
	Firewall		3D Scanner **	
	SOA *		SOA *	
	웹서비스		3D monitor **	
정보 활용	GIS	PDA	GIS	
	LBS		4D CAD **	
	Telematics		스마트폰(모바일) **	
	미디어보드		Tablet PC **	로봇·자동화 기술
공통	센서, RFID, USN, CCTV, Zigbee, LAN, VoIP, 무선네트워크, Wi-Fi, AR, SOA, GIS, 로봇·자동화기술			

주 : * - 수요자의 기술인자부족으로 1차 설문 시 제외된 IT기술
 ** - 전문가자문결과 추가된 IT기술

건설산업에 현재 활용되고 있는 기술들과 앞으로 가능성 높은 IT기술을 파악하기 위해 ‘유비쿼터스 도시기술 가이드라인(국토해양부 고시 제2009-441호)’ 과 건설·IT융합 지원센터 보고서(지식경제부 2010)의 ‘IT 적용기술 및 유망기술 후보군’ 을 참고하였다. 또한, 해외 u-City 사례를 분석하여 활용된 기술을 추가항목으로 사용하였다.

기술요소는 정보수집기술, 정보가공기술, 정보활용기술 등으로 분류하여 조사하였다. 공통기술 선정은 기존 자료에서 추출한 IT기술요소가 서로 50%이상 중복되는 기술들을 우선적으로 선정하였다.

공통되는 IT 기술의 종류로는 센서(Sensor), RFID, USN, CCTV, Zigbee, LAN, VoIP, 무선네트워크, Wi-Fi, AR, SOA, GIS, 로봇·자동화기술로 나타났다. 또한, 향후 유망기술(지식경제부 2011)의 경우 최근 새롭게 등장하여 융합산업에 가능성 높은 기술로써 전문가 집단의 의견 수렴하여 QR-Code, BIM, 3D Scanner, 3D Monitor, 4D CAD, 스마트폰(모바일), Tablet PC, Web camera, LBS, Smart Grid를 추가로 선정하였다. 그리고 무선네트워크, Wi-Fi의 경우 WNS(Wireless Network System)로 통합하였다.

4. 건설·IT융합에 대한 수요조사 및 트렌드 파악

4.1 설문문의 개요

건설·IT 융합 수요조사를 파악하기 위해 총 2회에 걸친 설문조사를 실시하였다. 1차 조사는 융합 IT기술에 효과적인 건설프로세스를 파악하기 위함으로 중요도·만족도 분석(IPA : Importance Performance Analysis)을 실시하여 건설에 활용되기 적합한 IT기술을 파악하였다. 그리고 2차 조사에서는 파악된 수요 및 트렌드가 파악된 건설 프로세스와 IT기술의 상호 연관성을 알아보기 위해 교차영향분석을 실시하였다. 아울러 기술통계분석에는 SPSS 10.0을 교차영향분석에는 엑셀 프로그램이 활용되었다.

설문결과의 신뢰도를 높이기 위해 최소 5년 이상의 실무 및 연구 경험을 가진 건설인, IT 및 융합 분야 전문가를 대상으로 설문을 실시하였으며 2011년 1월 3일부터 2월 11일까지 설문조사한 결과 총 64부의 설문지 가운데 31부가 회수 되었다. 설문 대상은 건설사·설계사·CM사(건축), SI업체(IT), 국가연구기관, 대학교 등 산·학·연으로 이뤄졌으며, 다음 [그림]과 같은 분포를 나타내고 있다.

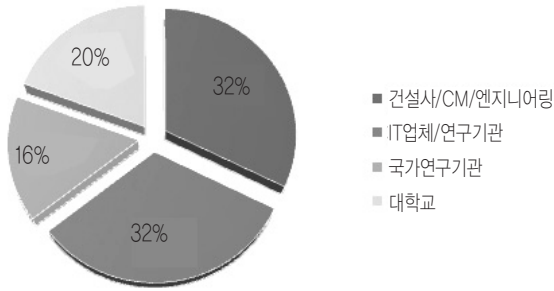


그림 1. 전문가 집단(설문대상) 분포

4.2 융합 IT기술 수요조사 및 트렌드 파악 결과

4.2.1 융합 IT 기술과 건설프로세스 인지도 분석

건설프로세스 및 IT 기술 선정에서 조사된 총 11개의 업무기능과 26개의 공중요소에 대한 인지도분석을 실시하였다. 각 분야에서 IT 기술이 필요하다고 판단되는 항목, 즉 기능(Function)과 요소(Work)를 전문가 설문을 통해 도출하였다.

표 4. 건설사업관리 업무 기능 인지도 분석 결과 (1차설문)

항목 (건설사업관리 업무 기능)	평균값	표준편차	비고
사업계획관리	4.093	0.830	고려
설계관리	4.290	0.863	필요
공정관리	4.193	0.749	필요
계약관리	2.903	1.193	불필요
자재관리	4.483	0.676	필요
원가관리	3.709	1.070	불필요
품질관리	3.838	1.067	불필요
안전관리	4.225	0.883	필요
인사관리	3.000	1.154	불필요
정보관리	4.548	0.850	필요
프로젝트관리	4.354	0.660	필요
전체 필요도	4.161	-	-

주 : 5점 척도 평균값 비교를 통해 전체필요도 이상인 값만을 취한다.

기술통계 분석 결과 전체 필요도 평균값을 기준으로 평균값보다 높은 항목을 최종 분석 항목으로 선정하였다. 총 11가지 건설사업관리 업무 기능 중 설계관리, 공정관리, 자재관리, 안전관리, 정보관리, 프로젝트 관리가 도출되었으며, 사업계획관리는 전체필요도 보다 작은 값이지만 그 차이가 미비함으로 전문가 집단의 자문에 따라 필요한 항목으로 도출되었다. 또한, 전문가 설문에서 기타의견으로 나타난 유지 보수관리 업무기능을 추가하였다.

공중 요소(Part)도출도 이와 동일한 방법으로 분석하였으며 그 내용은 [표 5]과 같다.

표 5. 공중요소 인지도 분석 결과 (1차설문)

항목(공중 요소)	평균값	표준편차	비고
가설공사	3.258	1.182	불필요
토공사 · 흙막이공사	3.709	0.863	필요
철근콘크리트공사	3.645	0.984	고려
철골공사	3.806	0.833	필요
방수공사	2.645	1.112	불필요
조적공사	2.580	0.922	불필요
미장공사	2.580	1.057	불필요
타일공사	2.580	0.885	불필요
커튼월공사	3.935	0.813	필요
설비공사	4.161	0.820	필요
전체 필요도	3.645	-	-

주 : 5점 척도 평균값 비교를 통해 전체필요도 이상인 값만을 취한다

기술통계 분석 결과 총 10가지 공중요소 가운데 토공사 및 흙막이 공사, 철골 공사, 커튼월 공사, 설비공사가 도출되었고, 철근 콘크리트 공사의 경우 전체필요도와 값이 동일하고 일반적으로 건설공사에 중추적인 과정중 하나임으로 인식하여 IT기술 융합이 필요한 요소로 추가하였다.

4.2.2 건설 분야의 융합 IT기술 도출에 따른 IPA 분석

선정된 IT 기술 중 건설 프로세스에 필요한 기술을 도출하기 위해 중요도 · 만족도 분석(IPA : Importance-Performance Analysis)을 실시하였다. 기술과 건설 프로세스의 중요성을 파악하기 위해 상대적인 중요도와 활용도를 동시에 비교 및 분석하여 건설 프로세스에 따른 IT 기술에 대한 평가 및 개선점을 파악하기 위해 실시하였다.



그림 2. 중요도-만족도 (IPA) 분석 개념 모형

먼저 만족도(P)를 수평축(X축), 중요도(I)를 수직축(Y축)의 실행격자(Action grid)를 2차원 도면상에 표시하고 그 위치에 따라 의미를 부여하며 점점을 기준으로 4분면에 영역을 표시한다. I 사분면은 유지(Keep up the Good Work), II 사분면은 과잉(Possible Overkill), III 사분면은 저순위(Low Priority), IV 사분면은 집중(Concentrate)으로 분류된다 (Martilla & James 1977).

본 연구에서는 기존의 IPA 개념을 응용하여 건설·융합 IT 기술 분석에 적합한 새로운 IPA 모형으로 분석을 실시하였다.



그림 3. IPA 분석 개념도
(본 연구에서 제안하는 IPA 분석 개념)

본 연구의 5점 척도로 이루어진 중요도-활용도 응답에 대한 기술 통계량은 [표6], [표7]와 같으며 이를 토대로 IPA 분석을 실시하였다.

표 6. 융합 IT기술 중요도 설문 통계량 결과(1차설문)

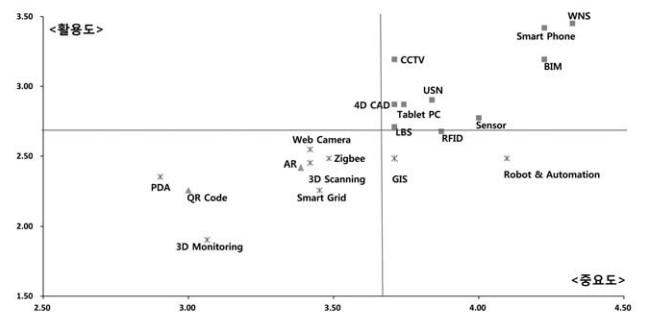
항목 (융합 IT기술)	최소값	최대값	평균	표준 편차
스마트폰	1.00	5.00	4.2258	0.95602
RFID	1.00	5.00	3.8710	1.11779
Web camera	1.00	5.00	3.4194	1.05749
USN	1.00	5.00	3.8387	1.26746
센서	1.00	5.00	4.0000	1.15470
Zigbee	1.00	5.00	3.4839	1.12163
BIM	1.00	5.00	4.2258	0.95602
LBS	1.00	5.00	3.7097	1.27000
3D Scanner	1.00	5.00	3.4194	1.05749
QR Code	1.00	5.00	3.0000	1.15470
PDA	1.00	5.00	2.9032	1.07563
GIS	2.00	5.00	3.7097	0.82436
WNS	2.00	5.00	4.3226	0.83215

표 6. 융합 IT기술 중요도 설문 통계량 결과(1차설문)(계속)

항목 (융합 IT기술)	최소값	최대값	평균	표준 편차
3D Monitor	1.00	5.00	3.0645	1.12355
4D CAD	1.00	5.00	3.7097	1.10132
Tablet PC	2.00	5.00	3.7419	0.96498
Smart Grid	1.00	5.00	3.4516	1.36232
CCTV	1.00	5.00	3.7097	1.07062
AR	1.00	5.00	3.3871	1.30837
로봇 및 자동화기술	2.00	5.00	4.0968	0.94357
전체	-	-	3.6645	-

표 7. 융합 IT기술 활용도 설문 통계량 결과 (1차설문)

항목 (융합 IT기술)	최소값	최대값	평균	표준 편차
스마트폰	1.00	5.00	3.4194	1.50054
RFID	1.00	5.00	2.6774	1.46940
Web camera	1.00	5.00	2.5484	1.33763
USN	1.00	5.00	2.9032	1.30012
센서	1.00	5.00	2.7742	1.38347
Zigbee	1.00	5.00	2.4839	1.26151
BIM	1.00	5.00	3.1935	1.27591
LBS	1.00	5.00	2.7097	1.55335
3D Scanner	1.00	5.00	2.4516	1.38657
QR Code	1.00	5.00	2.2581	1.18231
PDA	1.00	5.00	2.3548	1.27928
GIS	1.00	5.00	2.4839	1.26151
WNS	1.00	5.00	3.4516	1.38657
3D Monitor	1.00	4.00	1.9032	1.04419
4D CAD	1.00	5.00	2.8710	1.43159
Tablet PC	1.00	5.00	2.8710	1.40812
Smart Grid	1.00	5.00	2.2581	1.36547
CCTV	1.00	5.00	3.1935	1.42406
AR	1.00	5.00	2.4194	1.54433
로봇 및 자동화기술	1.00	5.00	2.4839	1.38735
전체	-	-	2.6855	-



주 : QR Code, AR은 건설산업에 최근 상용화가 되지 않았고, 인지도가 떨어지는 점을 감안하여 추가 시킨다.

그림 4. 건설 프로세스에 필요한 융합 IT기술 도출

IPA 분석결과 [그림 4]과 같이 제1사분면(기술강화)에 속하는 WNS, Smart Phone, BIM, CCTV, USN, Tablet PC, 4D CAD, LBS, Sensor, RFID 건설프로세스에 필요성이 높은 융합

IT기술로 도출되었다. 제3사분면(기술축소)에 포함된 기술들은 불필요한 것으로 보았으나 그 중 QR Code, AR경우 점수는 낮지만 기술 인지부족 및 전문가자문 결과, 필요성이 높은 기술로 판단되어 추가 도출 하였다. 따라서 본 연구에서는 제 1사분면(기술개발)에 도출된 융합 IT기술들과 추가도출된 QR Code, AR을 건설프로세스에 필요한 주된 융합 IT기술로 교차영향분석에 활용하였다.

5. 교차영향분석을 통한 건설 · IT기술 융합 매칭(Matching)

5.1 분석 방법

본 연구는 E. J. Honton et al.(1985)에서 제시한 [표 8]과 같은 교차영향분석의 척도를 활용하였다. 이는 각 사건 쌍의 영향 관계를 묻는 설문에서 영향의 방향과 강도를 -3 ~ +3의 척도를

표 8. 교차영향분석 척도

-3	Decrease significantly	3	Increase significantly
-2	Decrease moderately	2	Increase moderately
-1	Decrease slightly	1	Increase slightly
0 No effect			

사용하여 쉬운 형태의 항목 접근법으로 실시되었다.

수요조사 및 트렌드 파악에서 도출된 건설프로세스와 IT기술을 토대로 2차 설문을 실시하였다. 건설프로세스와 IT기술 간의 상호 연관성, 즉 결합가능성과 관계성이 높은 항목요소를 도출해 내기 위해 교차영향분석을 활용하였다.

5.2 교차영향분석 결과

건설프로세스와 IT기술의 상호연관성의 결과는 다음 [표 9], [표 10]와 같다. 결과 값에 대한 해석은 (+) 1~3까지 관계성이 높은 값을 대상으로 보았다. 즉, 관계성이 높다는 것은 건설 프로세스와 IT 기술의 결합가능성이 높은 것으로 향후 건설 · IT융합 산업에 활용기에 효과적이며 유효한 것으로 판단 할 수 있다.

BIM은 건설사업관리 전(全) 프로세스에 걸쳐 적합하며 필요한 기술로 나타났다. 또한, 4D CAD는 사업계획관리, 설계관리, 공정관리에 걸쳐 중점적으로 적용하여 건설산업에 활용하기에 적합한 기술로 나타났다. 또한, RFID, USN기술은 자재관리 프로세스에서 가장 높은 점수로 나타났으며, 공정관리, 안전관리에서도 적합한 기술임을 알 수 있었다. 그리고 Tablet PC는 정보관리, 프로젝트 관리 단계에 결합하기 좋으며, 스마트폰,

CCTV, WNS는 사업관리 전 과정에서 걸쳐 적용 가능한 기술로 도출되었다.

표 9. 건설사업관리 업무 기능과 IT기술 간 교차영향 분석표 (2차설문)

구분	사업 계획 관리	설계 관리	공정 관리	자재 관리	안전 관리	정보 관리	프로젝트 관리	유지 보수 관리
CCTV	1	3	1	2	3	3	2	1
USN	0	-3	-1	1	2	1	-2	1
Sensor	0	0	-2	-2	1	-2	-2	-1
RFID	-3	-3	2	3	1	-1	-1	1
WNS	2	2	2	2	2	1	2	1
스마트폰	2	3	2	1	2	1	1	1
Tablet PC	-1	-2	-1	-1	-1	1	1	1
4D CAD	1	2	2	-1	-2	-1	1	-1
LBS	-3	-3	-2	-1	1	-2	-2	-2
BIM	2	3	3	2	1	2	3	2
AR	-3	-3	-1	-3	-2	-2	-2	-3
QR코드	-3	-2	-2	-1	-3	-2	-1	-2

표 10. 공중 요소와 IT기술 간 교차영향 분석표 (2차설문)

구분	토공사 흙막이공사	철근 콘크리트 공사	철골 공사	커튼월 공사	설비 공사
CCTV	2	-2	-2	-3	-2
USN	2	-1	-2	-1	-2
Sensor	-1	-1	-1	-3	-1
RFID	-2	-1	1	3	2
WNS	2	2	3	3	3
스마트폰	2	1	1	1	1
Tablet PC	1	1	1	1	1
4D CAD	1	2	1	1	1
LBS	-1	-3	-3	-3	-3
BIM	1	3	3	3	3
AR	1	-2	-1	-2	-1
QR코드	0	-3	-2	-2	-2

공중 요소의 교차영향분석 결과 BIM은 시공 상 공중 요소에서도 건설사업관리 업무기능과 마찬가지로 전 과정에 걸쳐 필요한 것으로 나타났다. 특히, 4D CAD와 Tablet PC도 공중요소 전 과정에 걸쳐 필요한 것으로 결과가 도출되었다. RFID기술은 커튼월과 설비공사 공중에 필요한 것으로 나타났으며 CCTV, USN 및 AR기술의 경우 토공사에서 활용하기에 적합한 기술로 나타났다. 또한, 스마트폰, WNS는 공중요소 전 과정에 적용 가능한 기술로 도출 되었다.

교차영향분석을 통해 나온 결과를 종합하여 건설 프로세스와 IT기술들의 영향관계를 전체적으로 조망해 볼 수 있도록 다음 [그림 5], [그림 6]와 같은 인과 다이어그램으로 나타내었으며 화살표는 추세들 사이의 의존관계를 나타내는 것이다.

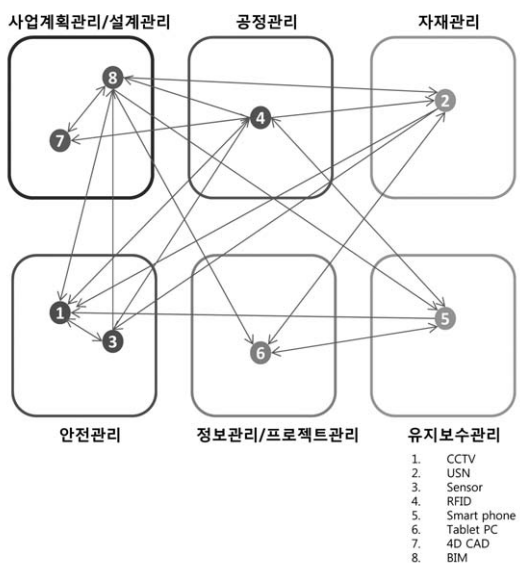


그림 5. 건설 사업관리업무 기능과 IT기술 간의 인과다이어그램

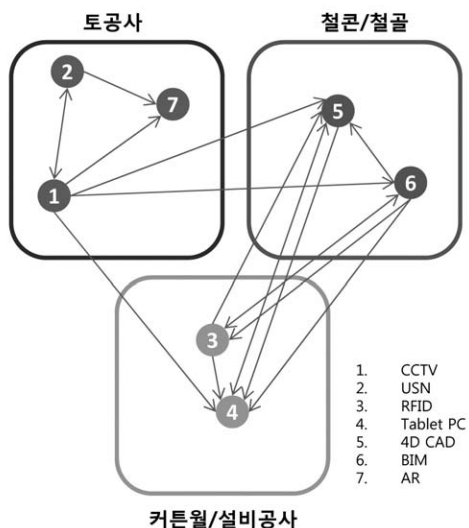


그림 6. 공중요소와 IT기술 간의 인과다이어그램

6. 결론

본 연구에서는 미래 연구 방법론 중 하나인 시나리오 플래닝 기법(Scenario planning)과 교차영향분석을 통해 건설 프로젝트 전(全)프로세스, 즉 건설사업관리 업무기능 및 공중 요소에서 효과적으로 융합하여 활용될 수 있는 IT기술을 세 가지 과정을 거쳐 도출하였다. 각 과정에서 나온 결과 및 내용은 다음과 같다.

1) 사전조사

최근 건설 프로세스 및 IT기술에 대한 현황분석을 실시하여, 건설사업관리 업무 기능으로는 사업관리일반, 자재관리, 계약관

리, 비용관리, 공정관리, 설계관리, 품질관리, 안전·환경관리, 인사관리, 정보관리, 프로젝트 관리 총 11가지로 조사되었고, 공중요소로는 1.공통일반사항 및 공사비, 2.가설공사, 3.토공사·흙막이 공사, 4.지반공사, 5.철근콘크리트공사, 6.철골공사, 7.조적공사, 8.석재공사, 9.목공사, 10.방수공사, 11.단열·방음공사, 12.커튼월공사, 13.금속공사, 14.창호공사, 15.미장공사, 16.도장공사, 17.타일공사, 18.수장공사, 19.설치물공사, 20.가구 및 집기, 21.조경공사, 22.열원기기·공기조화설비공사, 23.위생설비공사, 24.가스설비공사, 25전기공사, 26정보통신설비공사와 같이 총 26가지로 선정되었다.

2) 수요조사 및 트렌드 파악

전문가 집단을 대상으로 1차 설문을 실시하여 기술통계분석과 IPA분석을 통해 건설·IT융합으로서 활용성과 필요성, 발전가능성이 높은 건설프로세스와 IT기술을 파악하였다.

건설사업관리 업무 기능은 사업계획관리, 설계관리, 공정관리, 자재관리, 안전관리, 정보관리, 프로젝트관리가 선택되었으며 유지보수관리는 전문가의 기타의견에 따라 추가하여 8가지로 수렴되었다. 또한, 공중 요소는 토공·흙막이공사, 철근콘크리트공사, 철골공사, 커튼월공사, 설비공사 총 5가지 공중 절차로 함축되었다. IT 기술은 WNS, Smart phone, BIM, CCTV, USN, Tablet PC, 4D CAD, LBS, Sensor, RFID, QR Code, AR 총 12가지 기술이 도출되었다.

3) 교차영향분석

수요조사 및 트렌드 파악의 결과 값을 토대로 2차 설문을 실시, 교차영향분석을 통해 건설프로세스 단계 별로 상호 연관성, 결합가능성 및 관계성이 높은 IT기술을 도출하였다.

우선 건설 전 프로세스 상에서 WNS, CCTV인프라 구축과 스마트폰 기기의 사용이 일반화 되어야 할 것으로 사료되었다. 세부적으로는 건설사업관리 업무기능에서는 BIM은 전체 프로세스에 걸쳐 활용될 수 있는 방안 모색이 필요 할 것으로 보여진다. 또한, 4D CAD의 경우 건설 초기단계인 사업계획관리, 설계관리, 공정관리에 활용을 집중하여 BIM과 시너지효과로써 건설 프로젝트 전체에 긍정적 효과를 기대할 수 있을 것으로 사료된다. RFID, USN기술은 현재 자재관리에서 많이 이용됨으로 기술을 강화, 개선시키거나 새로운 기술도입을 고려해 볼 수 있다. Sensor, CCTV기술은 안전관리에서 정보수집 용도로 이용하고, 스마트폰을 수집된 자료를 활용하는 방안을 생각해 볼 수 있다.

공중요소의 분석결과, BIM은 건설사업관리 업무기능과 마찬가지로 전 과정에 활용 되어야 효과가 클 것으로 나타났다. 특히, 4D CAD, Tablet PC 또한 전 과정에 걸쳐 융합하여 적용할 방안이 필요할 것으로 보여 졌다. RFID는 커튼월과 설비공사의

자재 운반 및 설치에 활용 가능 할 것으로 사료된다. 그리고 CCTV, USN 및 AR기술의 경우 토공사에서 발생하는 다양한 정보를 수집하여 공사에 활용되어진다면 좋은 품질과 안전한 시공이 가능 할 것이다.

이와 같이 도출된 건설프로세스 단계 별 IT기술은 향후 건설·IT융합의 종합적 근거 및 기초자료를 제공함으로써 모델 개발 및 활용방향의 지표로 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 본 연구에서 실행한 연구 방법론 및 진행방법은 타 산업에서의 IT융합 시장의 사업 추진계획의 가이드라인을 제안 하였다고 판단된다. 나아가 프로젝트 전반에 걸친 본 연구의 포괄적 관점의 고려는 특정 분야 또는 기술의 활용을 보다 폭 넓은 확장·호환 등으로 건설 산업에 IT융합의 활성화에 기여할 것으로 기대하는 바이다.

끝으로, 본 연구에서 도출된 결과에 대한 검증에 위해 현재 상용화되고 있는 건설·IT 융합 수익 모델 또는 IT기술들에 대한 비교·평가를 통한 심층 분석이 추가 연구로 필요 할 것으로 판단된다. 그리고 검증된 결과를 토대로 실효성 높고 수익성·생산성 향상을 이룰 수 있는 새로운 비즈니스 모델 발굴에 관한 연구가 진행 될 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 건설·IT융합지원센터 사업으로 지원되었습니다.

이 논문은 국토해양부의 u-City 석·박사 과정 지원 사업으로 지원되었습니다.

참고문헌

- 유현선 (2010). “건설-IT융합 시장 및 기술동향과 정책적 시사점.” 산업연구원.
- 이윤철, 이장우, 조성선, 어윤봉, 문형돈, 이성휘 (2009). “IT기반 융합사례 분석 및 시사점”. 정보통신연구진흥원.
- 김영민 (2009). “건설산업과 IT의 융합.” 한국정보산업연합회 학술발표대회 논문집, Vol. 250, pp. 70~73
- 전황수, 박기식 (2010). “2010년 건설경기 동향 및 2011년 건설경기 전망.” 국토연구원, 건설경제 2010.12, pp2~102
- 정영수, 강승희, 이규현 (2005). “건설지식의 전략적 계획과 활용.” 한국건설관리학회지, 제6권 제5호, pp. 166~177.
- 손영석, 김억 (2008). “T.A.I.D.A 시나리오 플래닝 방법과 교차영향분석을 이용한 U-Eco City개발과 미래유망기술의 R&D 전략 수립에 관한 연구.” 대한건축학회지, 제24권 제11호 통권 제241호, 대한건축학회, pp. 146~152.
- 서현식, 이종면, 오재인 (2009). “시나리오 경영기법을 적용한 U-City 서비스 시나리오 개발 방안 연구: u-수질 모니터링 서비스를 중심으로.” 한국경영정보학회지, 제11권 제2호, 한국경영학회, pp. 23~44.
- 김진한, 김성홍 (2004). “교차영향분석의 적용을 통한 국내 IT 환경 시나리오에 대한 연구.” 경영과학학회지, 제 21권 3호, pp. 129~147
- 하지철, 이동한 (2010). “마케팅조사 실무노트3-분석편.” 이담북스.
- 서근술 (2007). “건설 프로젝트의 DAT(Data Acquisition Technology) 활용 현황 및 개선방향.” 명지대학교, 석사학위논문.
- 서근술, 박종순, 정영수 (2010), “건설 사업관리 DAT 활용분야 및 적용방법 분석” 한국건설관리학회지, 제11권 제2호, pp. 15~54
- 이남수, 송제홍, 윤수원, 진상윤, 권순욱, 김예상 (2006). “RFID와 무선네트워크 기술을 이용한 자재위치파악방안.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 523~528.
- 문성우, 홍승문 (2007). “RFID를 응용한 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 적용방안.” 한국건설관리학회지, 제8권 제3호 통권 제37호, 한국건설관리학회, pp. 142~149.
- 문성우, 홍승문 (2006). “RFID 기반의 콘크리트 타설 모니터링 시스템의 구현.” 한국건설관리학회 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 529~532.
- 최윤길, 윤수원, 진상윤 (2011). “RFID와 QR-코드를 활용한 건설현장 통합노무정보관리 효율화 체계 구축.” 한국건설관리학회지, 제12권 4호, 한국건설관리학회, pp. 106~116.
- 조현욱, 박종현, 이찬식 (2008). “RFID기술에 대한 인식도 및 문제점.” 전국 대학생 학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회.
- 박창욱, 윤석현 (2008). “RFID를 이용한 인력관리의 문제점과 해결방안.” 대한건축학회지회연합회 학술발표대회논문집, n.2008 v.01, 대한건축학회, pp. 459~464.
- 하용호 (2002). “IT기반의 건설노무관리시스템 개발에 관한 연구.” 인하대학교 석사학위논문.
- 한재구, 권순욱, 조문영 (2007). “RFID기술을 활용한 건설현장의 노무관리시스템 프로토타입구축.” 한국건설관리학회 2007년도 정기학술발표대회 논문집, 한국건설관리학회, pp. 853~858.

- 이윤철, 이장우, 조성선, 어운봉, 문형돈, 이성휘 (2009) “IT기반 융합사례 분석 및 시사점.” 정보통신연구진흥원 정보서비스 단 정보조사분석팀
- 건설교통부 (2006). “건설정보분류체계적용기준.” 공고 제2006 - 28호.
- 대한주택공사(現 한국토지주택공사) (2009). “주택건설전문시방서.” <<http://itis.lh.or.kr/>>
- 국토해양부 (2009). “유비쿼터스도시의 건설 등에 관한 법령집.”
- 지식경제부 (2010) “건설IT융합지원센터 연차보고서-기술로드맵”
- 한국전산원 (2006) “유비쿼터스 사회를 읽는 시나리오기법 현황과 과제” 유비쿼터스 사회 연구 시리즈 제12호
- Brauers, J. and M. Weber (1998). “A New Method of Scenario Analysis for Strategic planning.” *Journal of Forecasting*, Vol.7.
- Lee, K. P., Lee, H. S. and Park, M. S. (2011). “CONSTRUCTION MATERIAL MANAGEMENT USING SMART MOBILE COMPUTING.” *국제건설관리학술대회, Program & Proceedings*, v.4, 한국건설관리학회, pp. 229~236.
- Park, S. H., Kwon, S. W. and Lee, M. N. (2010). “Business models for convergence of construction and information technology – A scenario planning – based approach,” *International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, pp 955~956.
- Song, J. C., Hass, C. T. and Caldas, C. H. (2006). “Tracking the Location of Materials on Construction Job Sites,” *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, 132(9), pp. 911~918.
- Schwartz, P. (1991). “The Art of the Long View : Planning for the Future in an uncertain world.” New York Currency Doubleday.
- Porter M. E. (1996). “What is Strategy”, *Havard Business Review* Nov/Dec.
- Shoemaker Paul, J. H (1995) “Scenario Planning: A Tool for Strategic thinking” *Sloan Management Review* Winter.
- Huss, W. R. and Honton, E. J. (1987) “Scenario Planning: What Style Should You Use?” *Long Range Planning*, Vol.20, pp21~29.
- Honton, E. J., Stacey G. S. and Millet S.M. (1985) “Future scenarios : The BASICS Computational Method” Battelle, Columbus Division, Ohio
- Martilla, J. & James, J. (1977) “Importance-Performance Analysis” *Journal of Marketing*, 41(1), pp. 77~79
- Construction Specification Institute (2010) “CSI MasterFormat”

논문제출일: 2011.10.17
 논문심사일: 2011.10.21
 심사완료일: 2011.11.30

요 약

최근 국내 건설 시장은 포화 및 성장률 둔화 등의 어려움을 겪고 있다. 이에 디지털 컨버전스 시대에 맞춰 IT기술을 융합함으로써 당면한 상황을 타개하려는 움직임을 흔히 볼 수 있다. 하지만, 건설산업은 IT융합의 여지가 매우 적었으며 단순히 IT기술을 필요에 따라 사용해 왔다. 다시 말해 건설 프로세스 전체가 아닌 일부 공정·공종으로 한정적으로 적용해 왔다. 따라서 본 논문에서는 건설 전(全) 프로세스와 관련하여 포괄적 관점에서 융합기술을 분석하여, 건설·IT융합 모델 개발 및 활용방향의 지표가 될 수 있는 프로세스 단계 별 적합한 유망 IT기술을 도출하고 나아가 효과적인 건설·IT융합의 기본방향을 제시하고자 한다.

키워드 : 시나리오 기법(Scenario planning), 교차영향분석(Cross-Impact), 중요도-만족도 분석, 건설-IT융합