

# Smart City 시공단계 시설물 통합품질관리 프로세스 제안

## Suggestion for Integrated Process Quality Control for Facility Management of Smart City at Construction Stage

박 인 우<sup>1\*</sup>

김 인 한<sup>2</sup>

최 중 식<sup>3</sup>

Park, In-Woo<sup>1\*</sup>

Kim, In-Han<sup>2</sup>

Choi, Jung-Sik<sup>3</sup>

*Graduate School, KyungHee University, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104, Korea <sup>1</sup>*

*Department of Architecture, KyungHee University, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104, Korea <sup>2</sup>*

*College of Engineering, KyungHee University, Yongin-si, Gyeonggi-do, 17104, Korea <sup>3</sup>*

### Abstract

Korean government is promoting “K-Smart City” to overseas market which is an integrated solution of construction industry with ICT(Information and Communciations Technologies) industry. Due to nature of Smart City, construction quality and the development quality of the facilities need to be established to improve the overall quality. However, guidelines and regulations to initiate quality control for Smart City are behind the actual demand. This deficiency is bringing quality control for construction and ICT to be controlled separately causing lack of synergy and resulting in overall quality degradation. This research is designed to improve the construction quality of Smart City during its establishment stage by integrating ICT system with on-site construction (Integrated control center and on-site equipment). The adoption of this research to a real Smart City case had resulted in 22% reduction of construction inspection failure (Audit), and also allowed Construction Company to pre-align quality control of all purchased items of ICT Infra that resulted in 18% reduction of nonconformity, thus contributing to an overall quality improvement. This research is expected to be used widely among all construction industry of Smart City.

Keywords : smart city, construction quality, inspection

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

최근 ICT(Information and Communications Technologies) 기술의 발달과 도시정보화 개념이 보편화 되고 있어 전 세계적으로 국민의 안전하고 편리한 생활에 대한 요구가 증대되고 있다. 전세계 Smart City 관련 시장은 '11년 한화 530조원에서 '16년에는 1,300조원으로 성장할 전망이다(연평균

성장률 14%)이다[1]. 우리나라는 ‘창조경제 실현을 위한 K-ICT 전략’을 공표하고 국가기관(국토교통부, 미래부) 및 공공기관을 중심으로 인천 송도신도시, 서울시 마곡 택지개발 지구, 부산 해운대 센텀시티 등 신도시 및 도시재생 사업에 Smart City확산과 보급에 노력을 기울이고 있다. Smart City사업의 가장 큰 특징은 건축공사와 ICT기술이 융복합된 형태로 사업이 전개된다는 점이다. 즉, Smart City사업은 건축부분(통합운영센터, 현장설비)과 ICT부분(ICT시스템, ICT인프라)이 통합된 형태로 사업이 발주되고 있다. 이에 따라 Smart City사업의 공종은 통합운영센터(건축, 현장설비, ICT시스템 및 ICT인프라) 부분으로 구성되어 있으며, 사업추진 절차는 사업계획, 기본설계, 설계단계를 거쳐 시공/감리, 운영 및 평가 단계로 구분된다. 현재 Smart City사업은 활성화를 위한 초기단계로 사업실행 단계에 있어 각 공종별 시공

Received : June 12, 2016

Revision received : July 19, 2016

Accepted : September 8, 2016

\* Corresponding author : Park, In-Woo

[Tel: 82-31-201-3114, E-mail: leapblue@naver.com]

©2016 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

기준이 불명확하고, 공정관리 및 품질관리 절차가 현장의 현실과 맞지 않아 여러가지 문제점이 발생되고 있다. 즉, Smart City 사업을 ICT(정보시스템 및 정보통신) 사업자가 주도가 되어 추진하다 보니 ICT SW 개발 방법론 중심의 프로젝트 관리기법을 통합운영센터(건축) 및 현장설비 시공에 확대 적용하고, 자재관리, 품질관리, 안전 및 환경관리 등 일부 필요한 건축공사 관리업무만 선택적으로 적용하여 Smart City 현장 상황에 맞지 않은 프로젝트 관리가 되고 있어 시공공정과 ICT시스템 개발공정이 결합된 융복합적인 Smart City 사업관리의 필요성이 현장으로부터 대두되고 있다. Smart City 품질관리 측면에 있어서는 하나의 Smart City 시설물을 완성하기 위해서는 통합운영센터(건축) 및 현장설비의 시공공정과 ICT시스템 개발공정이 상호 일치되어야 하고 현장설비와 ICT시스템 상호간 인터페이스가 잘 이루어져야 하는 특성을 갖고 있다. 예를 들면, 통합운영센터의 전산실 향온습도 설비의 시공품질이 확보되지 못하면 향온습도기의 온도 및 On/Off 등을 제어하는 ICT 시설물관리 시스템의 개발품질 확보가 어렵게 된다. 분수설비의 시공품질이 제대로 확보되지 않는다면 분수설비의 On/Off 및 동작을 제어하는 ICT 시스템의 연계테스트 수행이 불가능하여 시스템의 개발품질을 확보할 수 없다. 따라서 시공 품질관리와 ICT시스템 개발 품질관리를 통합하는 연구가 필요하다.

본 연구에서는 Smart City 사업의 ICT시스템 개발, 통합운영센터(건축), 현장설비 및 ICT인프라 공종의 품질관리 프로세스를 통합하여 Smart City 사업 특성에 맞는 융복합 형태의 통합품질관리 프로세스를 제시하고자 한다.

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 범위는 Smart City 사업에 특화된 통합품질관리 프로세스를 개발한 후 사례분석을 토대로 그 효용성을 검증하는 것으로 다음과 같은 방법으로 진행하였다.

첫째, 이론적 고찰을 통해 Smart City 사업과 관련된 품질관리 선행연구를 분석하였다. 둘째, 실제 현장에서의 건축공사 품질관리와 ICT시스템 품질관리의 절차적 특성을 비교분석 하였다. 셋째, Smart City 사업의 시공단계에 적용가능한 통합품질관리 프로세스를 개발하였다. 넷째, 사례현장 ‘A Smart City’ 프로젝트에 개발한 통합품질관리 프로세스를 통합운영센터(건축), 현장설비, ICT시스템 개발공정에 적용하여 검증하였다.

## 2. 기존 연구의 고찰

시공 품질관리 및 ICT시스템 개발 품질관리 각 각에 관한 다양한 연구가 수행되었음을 확인할 수 있었으나, Smart City 구축(시공/개발)단계 복합공정에 대한 품질관리 업무를 통합하는 측면에서의 조사연구는 많지 않았다. 구축(시공/개발) 단계에 적용 가능한 현장 프로세스 중심의 융복합적인 통합품질관리 프로세스 수립이 필요함을 알 수 있다. 이에 따라 본 연구에서는 Smart City 사업의 프로젝트 프로세스 중심으로 구축(시공/개발)단계에 적용하기 위한 품질관리 체계를 실제 사례로 분석하여 추후 유사 Smart City 프로젝트에 적용할 합리적인 통합품질관리 프로세스를 제시하고자 한다.

Table 1. Major research on building construction and ICT system development in quality management

Classification	Author	Contents
Integrated operations center(Building), field equipment	Hong et al. [2]	“Quality Control Based on Customer Need in Construction Phase”, Journal of the Architectural Institute of Korea → Quality control method to solve the problems of current quality control method which is not suitable to mass customization
	Baik [3]	“A Case Study on the Quality Management of Construction Site through PDCA Cycle”, Journal of the Korea Institute of Building Construction → It presented a method and field quality control procedures applicable to the construction phase of the PDCA Cycle
	Kim and Han [4]	“The Development of Structure of Construction-Information Converged Technology Criteria on U-City by analyzing Domestic Construction Criteria”, Journal of the Korea Institute of Building Construction → Developing Structure of Construction -Information converged technology criteria on u-City
	Park and Ahn [5]	“A Study on the Impact from Cost of Quality Control in the Construction Site”, Architectural Institute of Korea → Cost reduction measures through quality management
	Lee and Lee [6]	“A Study on Service Quality Oriented U-service Reference Model for U-eco City Integrated Operations Center(IOC-UC)”, Journal of the Korea knowledge information technology society → Developing a reference model for u-City service-oriented service quality
	ICT technologies, Telecommunications	Hwang et al. [7]
Kwak and Hwang [8]		“A Study on the Effects of Quality of u-City Service on Customer Satisfaction in the Korea : Focusing on Public Services”, Korea Institute of Electronic Communication Science → Propose a model for assessing customer's satisfaction on u-City public services. The model comprises of information system (IS) quality, information quality, service quality and publicity

### 3. Smart City 품질관리의 예비적 고찰

ISO/IEC 8402(1994)에서는 품질의 정의를 “명시된 그리고 묵시적 요구사항(Stated and Implied Needs)을 만족시킬수 있는 특성들의 집합”이라고 하였다. PMBOK<sup>1)</sup>에서는 “품질은 고유한 특성의 집합이 요구사항을 완수하는 정도로 정의할 수 있으며, 프로젝트의 제반 요구사항이 충족될수 있도록 지속적인 프로세스 개선 활동과 함께 품질계획, 품질보증, 품질통제에 관한 방침, 절차 및 프로세스를 통하여 품질관리를 구현한다.”라고 정의하였다[9]. 품질관리는 이와 같이 보편적인 품질관리 이론에서 시작하고 산업분야 특성에 맞게 품질관리 절차를 정의하여 적용하게 된다.

#### 3.1 Smart City 개념

스마트시티(Smart City)는 텔레커뮤니케이션을 위한 기반 시설이 인간의 신경망처럼 도시 구석구석까지 연결된 도시를 말하며, 미래학자들이 예측한 21C의 새로운 도시 유형으로서, 컴퓨터 기술의 발달로 도시 구성원들 간의 네트워크가 완벽하게 갖춰져 있고 교통망이 거미줄 처럼 잘 짜여진 것이 특징이다 [10]. Smart City의 핵심 인프라는 Built Environment, Energy, Telecommunications, Transportation, Water and Wastewater, Waste Management, Health and Human Services, Public Safety, Smart Payments and Finance 등으로 구성되어 있다[11].

#### 3.2 ICT시스템 개발단계 품질관리 프로세스 분석

PMBOK에서는 SW품질관리 프로세스는 품질계획(Quality Planning), 품질보증(Quality Assurance), 품질통제(Quality Control) 활동으로 구성된다고 보았다 [11]. 품질계획 프로세스는 프로젝트에 적합한 품질 표준을 식별하고 문서화 하는 프로세스이다. SW기능, 성능 등 품질 요구사항을 정의하고 테스트, 동료검토 등 품질활동 프로세스를 정의한다. 품질보증 프로세스는 요구사항 충족을 위해 필요한 프로세스를 수행한다. 계획적, 체계적으로 보증하는 프로세스로 프로세스 심사 및 개선 활동을 포함한다. 품질통제 활동 프로세스는 요구사항을 달성하였는지 확인하고, 미흡한 경우 필요한 시정조치 활동을 수행하는 프로세스를 말

하며 SW 테스트 활동수행 및 SW오류 수정, 오류원인을 분석하는 프로세스이다.

#### 3.3 건축공사 시공검측 품질관리 프로세스 분석

건축공사 현장에서의 시공검측 품질관리 프로세스는 한 단계씩 공정이 완료될때 마다 시공자에 의해 확인한 보고 자료를 바탕으로 설계도, 시공상세도, 시방서 등에 명시한 조건에 적합한지 검사하는 프로세스 이다. 시공검측 품질관리를 위해서는 해당 공사의 규모와 현장 조건을 감안한 ‘검측업무지침’을 현장별로 작성·수립하여 발주청의 승인을 득한 후 이를 근거로 시공검측 품질관리 업무를 수행한다. ‘검측업무지침’은 검측하여야 할 세부공종, 검측절차, 검측시기 또는 검측빈도, 검측 체크리스트 등의 내용을 포함하도록 하고있다[12]. 시공검측 절차는 현장시공완료, 시공자담당기술자 점검, 검측요청서 제출, 감리원 현장검측, 검측결과보고(감독관)의 순서로 이루어 진다. 상세한 검측절차는 Figure 1과 같다.

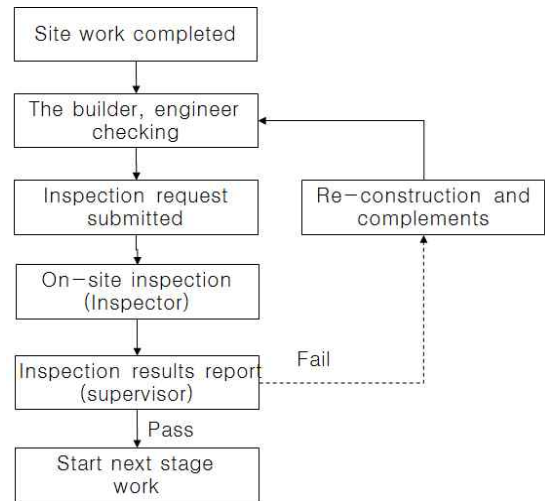


Figure 1. Flowchart of construction quality management

#### 3.4 건축공사 자재 품질관리 프로세스

실무적인 차원에서 국내 대형건설 업체의 자재관리 프로세스는 조달계획, 구매계약, 제작 및 운송, 현장반입, 보관, 사용, 유지관리 단계로 구분되며 각 프로세스 별로 아래와 같은 업무내용을 관리하도록 하고있다[13].

- 1) 자재사용 계획 : 설계도서를 기준으로 선정공법과 작업 공정 검토에 의한 소요자재의 선정 및 사용계획에 따른 조달계획을 병행하여 수립한다.

1) PMBOK(PMI, Project Management Institute) : 프로젝트의 요구사항을 충족시키기 위한 지식, 기술, 도구, 기법의 응용을 다루는 국제적으로 인정받은 표준(IEEE, ANSI)이다.

Table 2. Smart city activities in step-by-step methodology

Project phase Work classification	Starts	Design complements	Construction / Development		Testing / Completion		
			Material orders / Production	Coding/ Unit test Construction	Commissioning	Trial operation	Termination
ICT system		Requirements Analysis, Screen Design, Program Design, Equipment Interface Design(PLC), Data Design, Test Design	Request for use material, Declaration using material, Material Orders, Material Production, Material Inspection Plan, Material Quality Test Plan, Material Plant Inspection	Program source code, Unit test, Code Inspection	Commissioning Plan, Data Conversion, System Release, On-site facilities, Combined test, System test, Performance Test, Integration Test, Completion of the preliminary examination, Trial operation Plan	Acceptance Test Plan, Operators Manual, User Manual	Completion of inspection, As built drawings (Including a review and approval), Facilities Acquisition/ Takeover, Installation Completed Cover, Completed submission system, Completion Report
Integrated operations center(building)	Construction Plan	Site Situation Report, Calculated statement, Specification, Drawings, Equipment Interface Design(PLC), Test Design	Material Inspection Request, Material Quality Test, Material Inspection, Material Plant Inspection	Construction Plan, Equipment Installation Plan, Field test Plan, Inspection Plan, Request Inspection, On-Site Inspection			
On-site facilities							
ICT infrastructure							
Project management	Process management, Subcontract management, Performance control, License management, Complaint management, Quality management, Materials management, Safety and Environmental management, Configuration management, Security management						

- 2) 자재 청구 및 조달 : 충분한 사전검토에 의해 품목, 규격, 수량을 명기하고 적절한 조달방법 등의 대안 제시
- 3) 구매관리 : 시장조사, 구매계획, 절차, 방법대안 준비 및 자재가격, 계약조건의 협상 및 결정한다.
- 4) 사용 및 재고관리 : 반입자재의 점검, 현장 소요자재의 지급 및 전용, 재고 자재의 보관, 훼손 및 손실자재의 추가 발주, 보험처리 등 을 수행한다.

자재의 품질관리는 시설물 자체의 품질을 확보하고 시공 성과 안정성을 위하여 설계도서 및 시방서에서 규정하고 있는 품질기준에 부합하여야 하는데[14], 자재의 현장 반입시 납품서와 주문서를 상호 대조하고 납품된 자재의 규격, 재질, 수량 등을 공급자 및 현장 관계 자의 입회하에 품질검사 및 확인을 해야 한다. 설계도서 및 시방서 등에 특기가 있는 경우 품질시험을 현장 감리 및 공사 감독자의 입회하에 실시 하여야 하고, 필요시 지정된 시험기관의 검사서가 첨부되었는지 확인해야 한다. 자재가 현장에 반입되면 송장 또는 납품서를 확인하고 수량, 치수 등을 검사하여야 하며, 공사현장이 아닌 장소에서 가공 또는 조립되어 반입되는 자재가 있는 경우 반입 자재의 가공 또는 조립에 사용된 각각의 재료 또는 부품 등이 설계도서 및 시방서의 관련 규정에 적합한지 여부를 확인해야 한다.

#### 4. Smart City 시공 품질관리 프로세스 제안

##### 4.1 Smart City 적용 방법론

SW개발 방법론은 프로젝트 성격, 현장상황, 필요한 산출물 유형에 따라 방법론을 테일러링(Tailoring)<sup>2)</sup> 한 후 수정하여 사용한다[15]. Smart City 방법론은 한국정보화사회진흥원에서 제정한 CBD SW표준 산출물 관리 가이드[16]를 Smart City 프로젝트 성격, 현장 상황, 필요한 산출물 유형에 따라 테일러링 하여 Table 2와 같이 Smart City 방법론을 수립 하였다. 방법론은 프로젝트 착공, 설계보완, 구축(시공/개발), 시운전/준공 단계로 구분 하였으며, 단계 전환시 이전 단계에 대한 피드백을 통하여 다음 단계로 진행되도록 구성 하였다. 공종은 ICT시스템, 통합운영센터(건축), 현장설비, ICT인프라로 구분하였다. ICT시스템 공종의 설계단계의 클래스설계, 아키텍처설계, 컴포넌트설계 활동

(Activity)은 Smart City 사업과 특성이 달라 삭제하였다. ICT system, ICT infrastructure 공종의 SW/HW 구매 및 조달부분에도 통합운영센터(건축), 현장설비 공종과 같이 자재관리 프로세스를 적용하였다. 구축(시공/개발) 단계의 ICT시스템 공종은 코딩 및 단위테스트 단계로 수행되고, 시공부분은 자재의 발주 및 제작, 설치 및 시공 활동으로

2) Tailoring : 프로젝트 상황에 맞도록 이미 정의된 SW개발 절차, 기법, 산출물 등을 수정하여 적용하는 것

분리되어 수행한다. 시운전/준공 단계의 Commissioning 활동은 ICT system, ICT infrastructure, 통합운영센터(건축), 현장설비 공중에 시공 품질관리와 SW개발 품질관리가 통합된 품질관리 프로세스를 동일하게 적용하였다. Smart City 사업 특성에 맞지 않는 활동은 삭제하고, 필요한 활동을 추가하여 ICT시스템의 SW개발 방법론과 건축공사의 공사관리 기법을 채용하는 융복합 공종의 Smart City 방법론을 수립하였다.

#### 4.2 Smart City SW개발 품질관리 프로세스

Smart City 사업의 ICT시스템 SW 개발단계 품질관리는 품질통제 활동을 중심으로 적용하였다. 즉, 품질통제는 동료 및 업무팀 리더의 검토(Inspection)을 통하여 부적합(Defect) 내용을 식별하고 수정하는 활동이다[11]. 개발단계 품질활동 프로그램 개발, Code Inspection, 동료검토, 테스트 수행, 개발진척 승인활동을 수행하였다. 각 활동에 대한 상세 내용은 아래와 같다.

- 1) ‘프로그램 개발’은 개발자가 설계서에 따라 단위 프로그램에 대한 코딩(Coding) 및 단위테스트를 실시한다.
- 2) ‘Code Inspection’ 활동은 개발자가 소스코드에 대해 검토를 수행하여 결함을 발견하고 소스코드를 수정한다.
- 3) ‘동료검토’ 활동은 동료가 개발한 프로그램에 대하여 SW에러, 규격위배 사항에 대한 수정 및 개선을 한다.
- 4) ‘테스트수행’ 활동은 제3자의 관점에서 품질관리자가 개발자가 개발한 단위 프로그램에 대하여 기능 오류 및 요구된 기능구현 누락이 없는지 확인한다.
- 5) ‘개발진척승인’ 활동은 테스트 수행이 끝나고 발생된 오류에 대하여 수정 조치가 완료된 단위 프로그램에 대하여 품질관리자가 개발진척을 승인한다.

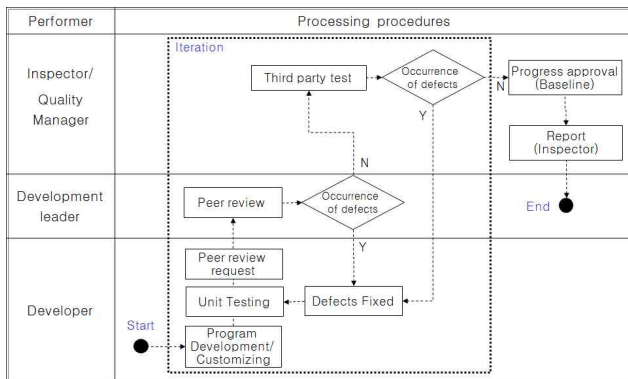


Figure 2. QC procedures of system development phase

개발자가 ‘프로그램 개발’ 후 개발 리더에게 ‘동료검토 요청’을 한다. 개발리더는 ‘동료검토’를 수행하고 결함이 발생하는 개발자에게 수정으로 요청하고, 결함이 없으면 개발담당자가 진척을 승인한다. 품질관리자는 개발리더가 진척으로 승인한 프로그램을 테스트하여 결함이 없는 경우 개발 Baseline 진척을 최종 승인한다.

#### 4.3 Smart City 시공검측 품질관리 프로세스

Smart City 사업의 통합운영센터(건축) 및 현장설비 공사의 품질관리는 일반적인 건축공사와 마찬가지로 공정관리, 안전관리, 원가관리와 함께 4가지 중요한 관리업무 중에 하나이다. 시공 품질관리의 목표는 통합운영센터(건축) 및 현장설비를 계약서 및 약관, 설계서, 시방서 등에 나타난 기준을 만족시킴과 동시에 가장 경제적으로 시공하는 것이어서 주도면밀한 시공계획 수립과 충실한 실행관리가 되어야 효과를 나타낼 수 있다. 따라서 효과적인 시공 품질관리를 위해서는 Smart City 방법론에 정의된 구축(시공/개발) 단계의 검측 계획 수립 및 검측요청 활동을 기준과 절차에 맞게 실행하는 것이 중요하다. Figure 3과 같이 검측계획의 수립 및 검측요청 프로세스를 Smart City 사업에 적용하였다. 먼저 공종별 시공팀에서 현장 시공이 완료된 통합운영센터(건축) 및 현장설비에 대하여 ‘시공사의 품질관리전담자 현장검측’과 ‘감리단 현장검측’으로 분리하여 검측활동을 수립한다. 감리단 검측은 품질관리 전담자의 검측확인 활동이 완료되고 검측된 결과가 ‘적합’인 통합운영센터 및 현장설비 공정에서만 수행한다. Figure 3과 같이 검측확인 활동 결과물로서는 검측 확인서를 시공팀에 공정 단계별로 통보해야 한다. 불합격된 항목에 대하여는 부적합보고서(NCR, Non Conformance Report)를 발행하여 하자 및 결함에 대하여 관리한다.

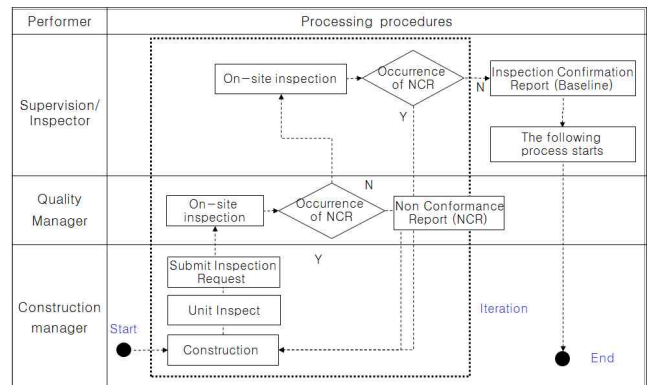


Figure 3. Construction inspection procedures in smart city

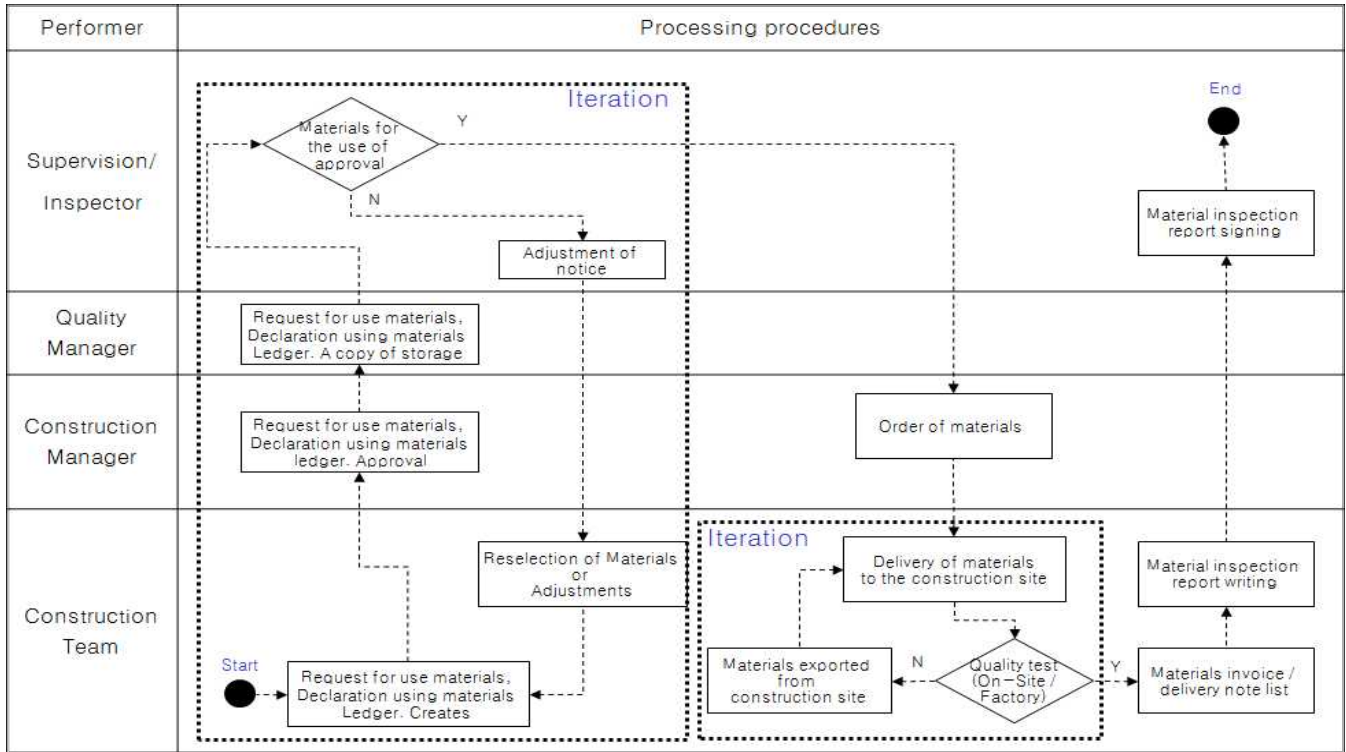


Figure 4. Procedures of materials quality control in smart city

감리단 검측에서 ‘적합’ 판정을 받은 공정단계에 대해서는 다음 공정단계를 착수하게 하였다. 시공팀은 부적합 사항이 발생한 공정의 검측항목에 대한 선 하자보수를 실시하게 하였고, 하자보수가 완료된 후 재검측 확인을 받았다.

**4.4 Smart City 자재 품질관리 프로세스**

자재의 품질관리는 통합운영센터(건축) 및 현장설비의 공정일정 준수 및 시공품질과 직접 연관되어 Smart City 사업의 중요한 관리요소 중에 하나이다. Smart City 사업의 자재관리는 Figure 4와 같이 감독기관 및 감리단으로 부터의 ‘자재사용승인’, 시공사의 ‘자재의 발주’, 감리단의 ‘반입자재 검수(품질시험)’ 프로세스로 크게 구분된다. ‘자재사용승인’ 프로세스는 시공전에 설계도서 및 산출내역서를 분석하여 자재 요구사항 및 성능, 품질규격 내용을 기록한 공인 시험성적서, 카달로그 및 수량을 파악하고 시공에 적합한 자재를 선정한다. ‘자재발주’ 프로세스는 구축공정에 따른 자재구매 소요기간을 고려하여 자재조달 계획을 수립하여야 하는데 자재가 시공일정에 맞게 현장에 반입되도록 감독기관 및 감리단의 승인을 득한후 공종별 시공 담당자에게 통보한다. 자재의 발주는 승인된 자재에 대해서만 구매 발주

가 될수 있도록 한다. ‘반입자재 검수(품질시험)’ 프로세스는 감독기관 및 감리단의 승인을 받은 자재에 대하여 공사현장 반입시 품질시험을 실시해야 한다. 품질시험 기준은 Smart City 구축시방서 및 특기시방서를 기준으로 해야하며, 시방서에 언급되지 않은 기준에 대해서는 건축표준시방서, 정보통신공사 표준시방서를 기준으로 실시한다. 통합운영센터 건축자재의 KS, 친환경인증 ICT인프라(Hardware)의 EMI<sup>3)</sup> 및 EMC<sup>4)</sup>, 국가전파인증(KCC<sup>5)</sup>), 국제보안인증(FCC<sup>6)</sup>), ICT시스템(Software)의 GS(Good Software)<sup>7)</sup> 인증과 같이 공인기관의 검사결과 또는 시험성적서가 있는 경우 자재의 현장 입고시 품질시험을 검사증명서 또는 시험성적서(물리적, 화학적, 역학적, 전기적 특성)로 대체한다.

3) EMI(Electro-Magnetic Interference) : 방사 또는 전도되는 전자파가 다른 기기의 기능에 장애를 주는 현상  
 4) EMC(Electro-Magnetic Compatibility) : 전자파를 주는 측과 받는 측의 양쪽에 적용하여 성능을 확보할 수 있는 기기의 능력  
 5) KCC(Korea) Certificate : 무선기기의 신뢰성(성능, 품질)을 확보하여 국내의 전파질서 유지를 위한 인증  
 6) FCC(USA) Certificate : 미국연방통신위원회(Federal Communications Commission)의 약자로 전파자원의 효율적인 이용관리를 위해 주요 전기, 전자제품에서 발생하는 불요 전자파를 규제하기 위한제품  
 7) GS(Good Software) Certificate : 한국정보통신기술협회 (TTA)가 SW의 품질(기능성, 신뢰성, 상호 호환성) 평가하여 일정수준 이상인 제품에 부여하는 국가인증

자재의 품질시험은 공장시험(Factory Acceptance Test)과 현장시험(Field Test)로 나누어 수행 하는데 품질시험의 객관성 및 독립성을 확보하기 위해 감리원이 현장에 입회한 후 품질관리 전담자가 시험을 실시한다.

공장시험은 통합운영센터(건축), ICT인프라(HW/SW), ICT시스템으로 나누어 제작품을 선별적으로 Sampling검사를 실시하는데 공장 검수계획서에 검사계획 및 출하방법을 명시해야 한다. 납품자재 품질시험 절차를 개선하는 순환과정을 반복수행 하는데, 자재의 품질특성에 따른 품질시험 결과치가 설계서 및 시방서에서 요구하는 조건에 만족하지 못한 경우 불만족한 자재를 절차에 따라 보완(반품 또는 자재 재선정)하고, 자재 품질시험 절차를 개선하고 이 절차에 따라 품질시험을 다시 실시하고 불만족한 요인을 찾아내어 재발방지를 위한 조치를 해야한다. 품질시험결과, 구축 시방서에서 제시한 기준에 부합된 경우만 현장에 시공해야 한다. 현장 품질시험은 통합운영센터(건축)의 경우 슬럼프시험, 염화물 시험, 압축강도 시험과 제작된 기초 PC콘크리트 제품, 항온항습기 등 건축설비 및 현장설비는 설계서 및 시방서에서 요구하는 측정치를 만족하는지 시험을 실시한다. ICT인프라 부분은 광케이블 선로설비에 대하여 OTDR 측정시험을 실시해야 한다. Table 3의 품질시험을 통과하여 반입한 자재에 대하여 송장, 납품확인서를 첨부한 자재검수 조서를 작성하여 감독기관 및 감리단 의 최종 확인을 득해야 한다.

Table 3. Test cases of ready-made delivery quality in smart city

Division	Classification	Contents	Remarks
Certificate of quality verification	Integrated operations center	KS mark Green Building Certification	
	ICT infrastructure (H/W)	EMI/ EMC KCC(Korea), FCC(USA) CE-making(EU) <sup>8)</sup>	
		CC(Common Criteria) <sup>9)</sup> International Security Certification	Security equipment
Factory Acceptance Test	ICT system (S/W)	GS Certificate	Performance, Load testing
Field test	Manufactured	Manufacturing process inspection	
	Integrated operations center (building)	Surface smoothness test, Structure stability review, Slump test, Test for chloride ion content in hardened concrete, Compressive strength test	Architectural standard specification
	Telecommunications	OTDR <sup>10)</sup> measurement (Optic cable line facilities), Information appliances certification	

#### 4.5 Smart City 구축단계 통합품질관리 프로세스 제시

Smart City 방법론의 구축(시공/개발) 단계에서 ICT시스템, 통합운영센터(건축), 현장설비/ICT 인프라 공종의 특성을 고려하여 통합품질관리 프로세스를 수립하여 제시 하였다. 먼저 Smart City 방법론에서 제시하는 ICT시스템의 ‘코딩 및 단위테스트’ 품질관리 프로세스를 기준으로 Figure 5와 같이 개발자가 프로그램 개발 및 단위테스트를 수행한 후 업무팀(개발) 리더의 동료검토를 진행한다. 발생된 결함 조치후 제3자의 관점에서 품질관리 전담자와 감리단이 Sampling하여 검증(Inspection)을 수행한다. ICT시스템, 통합운영센터(건축), 현장설비 및 ICT인프라 공종의 공통부분인 자재관리 부분은 공종별 업무팀(시공/개발)에서 ‘자재 조달계획’을 수립하고, ‘자재사용승인’을 감리단에 요청해야 한다. 감리단은 자재조달 계획 및 ‘자재사용승인’ 여부를 검토하여 그 결과를 업무팀(시공/개발)에 피드백 하게한다. 업무팀(시공/개발)은 자재사용승인서 대로 자재를 발주하고, 발주된 자재가 현장에 입고시 감리단 입회하여 품질관리 전담자가 자재품질 체크리스트 대로 품질시험을 실시한다. 통합운영센터(건축), 현장설비 및 ICT인프라공사 부분은 시공팀별 현장시공, 자체검측 및 하자보수를 실시한 후 품질관리 전담자와 감리단이 시공단계별로 검증확인(Inspection)을 실시한다. 부적합사항 발생시 조치를 완료한 후 시공팀과 개발팀이 협업하여 통합운영센터 시스템과 현장 설비간의 동작 시험인 ‘현장설비 연계시험’을 실시한다. 최종적으로 감리단 현장 입회하여 품질관리 전담자가 Site별로 현장설비에 대하여 ‘현장설비 연계시험’을 검증확인(Inspection)을 한다. ICT시스템, 통합운영센터(건축), 현장설비 및 ICT인프라 공종이 융합된 형태로 현장에 맞는 구축(시공/개발)단계 통합품질관리 프로세스를 수립하였다.

#### 5. 사례 연구

Smart City 구축(시공/개발)단계 통합품질관리 프로세스 검증을 위하여 ‘A Smart City사업’에 적용하여 보았다. ‘A Smart City사업’은 총면적 1,964㎡(1단계 367㎡, 2단계 1,765㎡)에 공동주택 57,800세대, 인구 17만명이 거

8) CE-making(EU) : 유럽연합 내에서 유통되는 소비자 안전 관련 제품에 의무적으로 부착하는 통합규격 인증마크  
9) 국가정보원에서 수행하는 보안 적합성 검증  
10) OTDR(Optical Time Domain Reflectometers) 측정은 시간에 의한 광파이버의 평가하는 시험

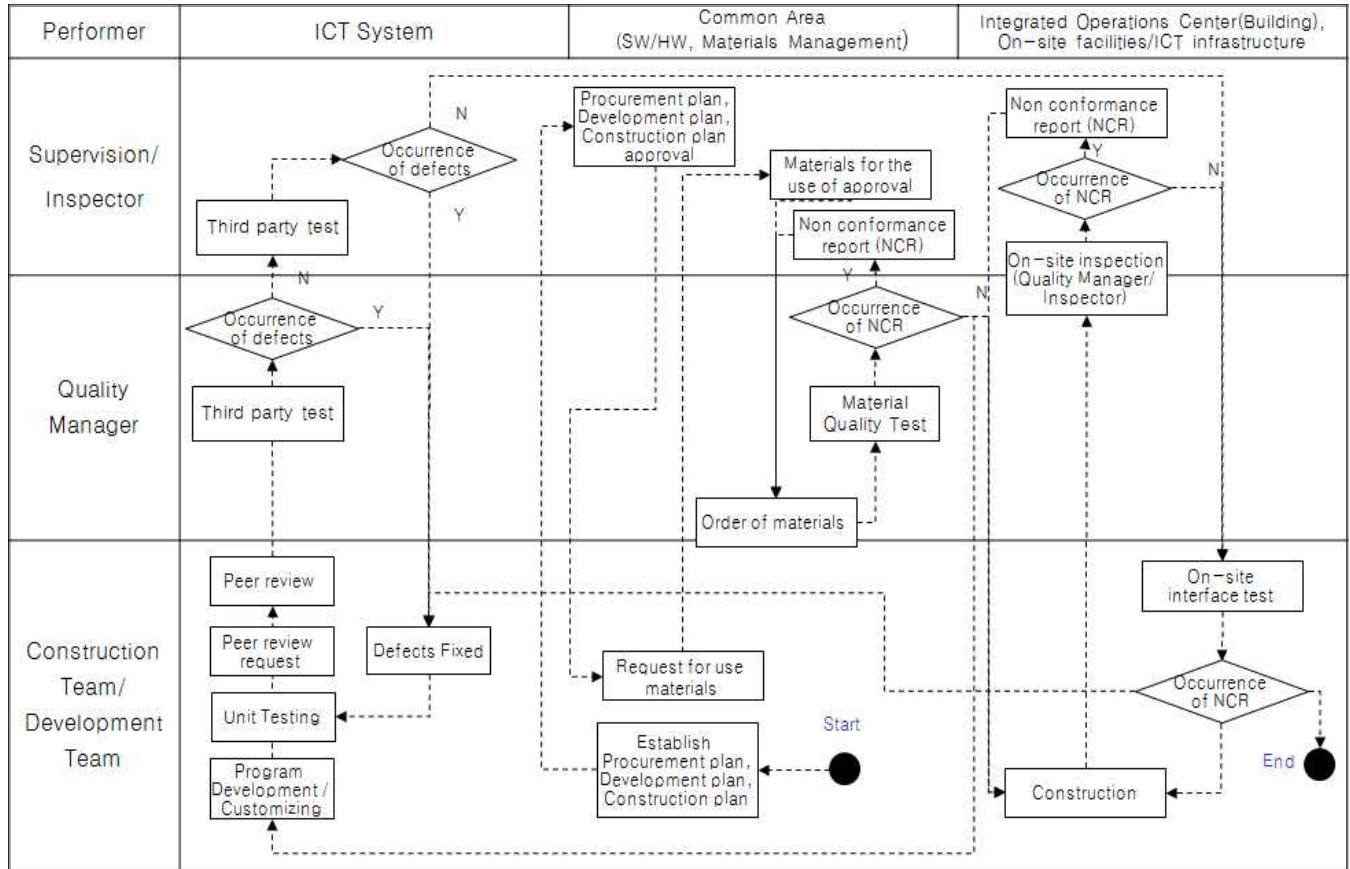


Figure 5. Quality management process of combined process in construction phase

주하는 신도시에 Smart City를 구축하는 사업으로 통합운 영센터(건축 연면적 589m<sup>2</sup>, 현장설비 603개, 시설물관리, 하천모니터링, 불법주정차단속, 체험광장 등 12개 Smart City 서비스 시스템을 구축하는 사업이다.

본 연구에서는 ‘A Smart City사업’의 과업 범위중 통합 품질관리 프로세스가 적용된 공종과 적용되지 않은 공종으 로 구분하였다. 통합운영센터(건축), 미디어행정, 교통정보, 하천모니터링, U-Bike 현장설비 및 이와 관련된 ICT시스 템에 통합품질관리 프로세스를 적용하였으나 컨소시엄 사업 으로 수행 주체가 다른 불법주정차, 공공지역방범 부분은 적용하지 못하였다. 구축(시공/개발)단계 통합품질관리 프 로세스의 효과를 검증하기 위하여 공종별로 구축(시공/ 개발)단계와 시운전단계에서 발생한 부적합보고서(Non Conrmance Report) 발생건의 감소율로 비교하였다.

적용결과, 통합품질관리 프로세스가 적용되지 않은 공종 의 부적합 발생건은 구축(시공/개발)단계 57건, 시운전단계 33건이 발생되어 42%(24건)가 감소되는데 그쳤으나, 통합

품질관리 프로세스를 적용한 공종의 부적합건은 구축(시공/ 개발) 단계에서 47건, 시운전단계에서 17건이 발생되어 64%(30건)가 줄어들었다.

Table 4. Not applied for case integrated quality management process

Cassification	Number of equipment	Number of NCR		Rate of reduction (%)
		Construction phase	Testing phase	
Illegal parking	17	4	2	-50%
crime prevention	176	53	31	-42%
Sum	193	57	33	-42%

또한, 본 연구에서는 이전 Smart City 사업에서 없었던 ICT인프라 공종에 통합품질관리 자재관리 프로세스를 통합 운영센터와 같이 적용하였는데, 구축(시공/개발) 단계에서 조달되는 ICT인프라 납품자재(HW/SW)에 대하여 본 연구 에서 제시한 Table 3 기준으로 품질시험을 수행한 결과, 5건의 부적합건이 발생하였다. 따라서 시공단계에서 통합품



질관리 프로세스를 적용하면 시운전 단계에서 발생하는 부적합 발생건을 22% 감소시킬 수 있었고, ICT인프라 납품자재(HW/SW)에 대한 품질시험 실시로 적합한 품질의 자재(HW/SW)를 조달할 수 있었다. 이는 본 연구에서 제시하는 통합품질관리 프로세스를 시공단계에 적용하여 ICT시스템 개발자와 통합운영센터 및 현장설비 시공자의 협업을 가능하게 하였기 때문에 부적합 사항을 조기에 식별하여 조치할 수 있었다.

Table 5. Applied for case integrated quality management process

Cassification	Number of equipment	Number of NCR		Rate of reduction (%)
		Construction phase	Testing phase	
Integated operations center	11	27	8	-70%
Media administration	8	2	1	-50%
Traffic information	77	13	4	-69%
River monitoring	7	3	2	-33%
U-bike	11	2	2	0%
Sum	176	41	17	-64%



Figure 6. NCR case in smart city construction phase

Table 6. Quality test results

Cassification	Number of quality test	Number of NCR
Integated operations center	17	3
Media administration	8	1
Traffic information	1	1
River monitoring	1	0
U-bike	1	0
Sum	28	5

이에 따라 구축(시공/개발)단계에서 통합품질관리 프로세스를 적용하면 시공품질 향상된다는 것을 알 수 있었다.

## 6. 결 론

국내·외 Smart City사업이 건설과 ICT기술이 융합된 형태로 본격적으로 진행되고 있으며, 이에 따라서 국가적 차원에서도 창조경제 실현을 위한 'K-ICT 전략'을 제정하고 이를 기반으로 Smart City사업이 적극 추진되고 있다.

그러나 Smart City 사업이 ICT시스템 개발, 통합운영센터(건축) 및 ICT인프라 구축공정이 복합적인 형태로 추진되다 보니 Smart City사업에 특화된 통합된 품질관리 프로세스가 없는 실정이다. 본 연구에서는 실제 현장에서의 건축공사 시공단계의 시공검측 및 자재 품질관리와 ICT시스템의 SW개발 품질관리 프로세스를 고찰하고 비교분석 하였다. Smart City사업 성격에 맞게 현장적용이 가능한 Smart City방법론을 수립하였고, 최종적으로 Smart City사업에 특화된 구축(시공/개발)단계의 통합품질관리 프로세스를 제시하였다. 사례현장 'A Smart City' 프로젝트에 본 연구에서 개발한 구축(시공/개발)단계 통합품질관리 프로세스를 적용한 결과, 통합운영센터(건축), 현장설비 시공 및 ICT시스템 개발측면에서의 품질확보를 위한 상호협업이 가능하였고, 이에따라 시공 부적합 사항의 조기발견 및 발생원인 파악으로 시운전 단계에서의 부적합건 발생이 22% 감소하였고, ICT인프라의 납품자재(HW/SW)도 통합품질관리 프로세스에 포함시켜 각종 품질시험을 실시하여 18%의 부적합 사항을 설치전에 조치하여 설계서에서 요구하는 품질수준에 적합한 자재(HW/SW)를 설치할 수 있었다.

본 연구에서는 Smart City 사업 구축(시공/개발) 단계의 통합품질관리 프로세스를 제시하고 사례를 통해 검증하였으나, 구축(시공/개발)단계 품질관리 프로세스의 Smart City 사업수행 및 프로젝트 관리기법에 대한 추가 연구가 필요하다.

## 요 약

정부차원에서 한국형 'K-Smart City' 모델을 활용하여 건설과 ICT산업의 융합사업인 해외 Smart City시장 진출을 적극 추진하고 있다. Smart City사업의 특성상 시설물 시공 품질과 ICT시스템 개발품질이 동시에 확보되어야 Smart

City시설물의 품질향상이 가능하다. 그러나 Smart City사업 특성에 맞는 통합된 품질관리 프로세스 및 가이드가 미흡한 실정이다. 이로인해 국내 실증 프로젝트에서는 건설 품질관리와 ICT 품질관리가 분리된 형태로 관리되어 Smart City시공품질이 저하되는 문제점이 발생되고 있다.

본 연구에서는 Smart City프로젝트 구축단계의 시공품질 향상을 위하여 현장시공(통합운영센터 및 현장설비)과 ICT시스템 개발공정이 융합된 통합품질관리 프로세스를 연구하였다. Smart City사례 프로젝트에 본 연구에서 제안한 통합품질관리 프로세스를 적용한 결과, 시공검측시 시설물 부적합건 발생이 22% 감소하였고, ICT인프라 납품자재의 품질시험을 추가로 실시하여 18%의 부적합 사항을 설치전에 조치하여 시공품질이 향상되는 것을 확인하였다. 본 연구에서 제안한 통합품질관리 프로세스는 향후 Smart City 현장에 활용이 가능할 것으로 기대한다.

**키워드** : smart city, 시공품질, 검측

## Acknowledgement

This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government(MSIP)(No.2015R1A2A2A01008315).

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning(NRF-2016R1C1B1014915)

## References

1. National Information Society Agency, SmartCity International frenzy and Implications, Seoul (Korea): National Information Society Agency (Korea); 2013 Dec, 23 p. Report No.: IT & Future Strategy 2013-11.
2. Hong YT, Song SH, Chae YT, Lee HS, Quality Control Based on Customer Need in Construction Phase, Journal of the Architectural Institute of Korea, 2004 Oct;20(10):175-9.
3. Baik IW, A Case Study on the Quality Management of Construction Site through PDCA Cycle, Journal of the Korean Institute of Building Construction, 2008 Feb;8(1):49-56.
4. Kim CH, Han JG, Kim KT. The Development of Structure of Construction-Information Converged Technology Criteria on U-City by analyzing Domestic Construction Criteria, Journal of the Korean Institute of Building Construction, 2009 May;9(1):137-41.
5. Park ZS, Ahn YS. A Study on the Impact from Cost of Quality Control in the Construction Site, Journal of the Architectural Institute of Korea, 2012 Jan;14(1):237-42.
6. Lee MJ, Lee JW. A Study on Service Quality Oriented U-service Reference Model for U-eco City Integrated Operations Center(IOC-UC), Journal of the Korea Knowledge Information Technology Society, 2012 Feb;7(1):1-10.
7. Hwang BJ, Kim BS, Lee JY. Proposes on Essential Ubiquitous City Service to Guarantee Minimum Quality of Ubiquitous City, Journal of the Korean Society for Geospatial Information System, 2013 Mar;21(1):53-64.
8. Kwak JJ, Hwang CG. A Study on the Effects of Quality of u-City Service on Customer Satisfaction in the Korea : Focusing on Public Services, Journal of the Korea Institute of Electronic Communication Science 2013 Sep;8(9):1351-8.
9. Project Management Institute Inc, Project Management Body of Knowledge(PMBOK), 4th ed, Newtown Square(PA): Project Management Institute Inc; 2008, 189-91,206-13 p.
10. National Information Society Agency. The future city with Smart City, Seoul(Korea): National Information Society Agency (Korea); 2010 Dec, 17 p. Report No.: IT & Future Strategy 2010-13.
11. Smart Cities Council, Introduction to Smart Cities[Internet], Redmond(WA):Smart Cities Council LLC;2012 Apr[updated 2013 Nov 19;cited 2016 May 26]. Available from: <http://readinessguide.smartcitiescouncil.com/readiness-guide/introduction-smart-cities>.
12. Ministry of Land, Infrastructure and Transport. Participants work on-site inspection supervision guidelines, 1st ed, Seoul(Korea): Ministry of Land, Infrastructure and Transport; 2010, 184 p.
13. Lee JY. Building construction, Supervision Practice(detailed), 2nd ed, Seoul(Korea): kimoondang; 2004, 97-9 p.
14. Mun SH. Building Construction Technology, 1st ed, Seoul(Korea): kimoondang; 2006, 113-4 p.
15. National Information Society Agency, e-government project Quality Management Methodology, 1st ed, Seoul(Korea): National Information Society Agency; 2013, 30 p.
16. National Information Society Agency, CBD SW standard output management guides, 1st ed, Seoul(Korea); 2011, 154 p.