

RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템 개발에 관한 연구

조병완* · 이윤성** · 김 현*** · 이동운****

Jo, Byung-Wan*, Lee, Yun-Sung**, Kim, Heon***, Lee, Dong-Woon****

A Study on Development of the Intelligent Bridge Maintenance System Using RFID

ABSTRACT

The inspections that are being done on current bridges in our country are made to go through a process of being recorded on the management system and then converted by the computer. This has deteriorated the credibility of manual-analog types of data, inefficient care of information, and produced potential problems of the structures of bridges through subjective evaluations. In order to solve these troubles, this research has aimed at effectiveness, management, and convenience so that the inspector at the actual scene of the bridge structures will be able to achieve the primary purpose of infrastructure safety through precise supervision. To assist this, this study has suggested a state of the art IT intellectual management system that has applied RFID. This system has been designed to decrease the inspecting time on the actual scene, which will provide more time for efficient inspection and by using the converted DB, managing and utilizing high quality data will come naturally and through the objective evaluation, it will be possible to make exact judgments of the structures of the bridge. Also, regardless of the location, it has been found that the work performance was excellent through highly effective management.

Key words : Ubiquitous, Intelligent, Bridge, RFID, Maintenance

초 록

현재 국내의 교량 구조물에 대한 점검은 관리대장에 기록하여 컴퓨터로 전산화시키는 과정으로 이루어져 있다. 이는 수동-아날로그 형태로 자료의 신뢰성 저하, 비효율적 관리자료, 주관적인 평가로 인하여 교량 구조물에 대한 잠재적인 문제점이 발생하였다. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하기 위하여 효율화, 관리화, 편리화를 목표로 점검자가 현장에서 교량 구조물의 정확한 유지관리를 통해 사회기반시설로서의 주목적인 안정성을 달성하도록 첨단 IT 기술인 RFID를 적용한 지능형 교량 유지관리 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 현장에서 점검시간의 단축으로 효율적인 점검과 전산화된 DB를 이용하여 신뢰성 높은 자료의 관리 및 활용이 용이하고, 평가의 객관화로 교량 구조물의 정확한 판단이 가능하다. 또한 장소에 상관없이 효과적인 유지관리를 통한 업무수행을 확인하였다.

검색어 : 유비쿼터스, 지능형, 교량, RFID, 유지관리

1. 서론

현재 국내 교량은 2010년 기준으로 27,381개교가 있으며, 앞으로 계속 증가하는 추세이다. 국가 기간시설인 도로에 있어서 가장

* 정희원 · 한양대학교 건설환경공학과 정교수 (joycon@hanmail.net)

** 교신저자 · 한양대학교 건설환경공학과 (Corresponding Author · Hanyang University · nikesshoo@nate.com)

*** 한양대학교 건설환경공학과 (military744@nate.com)

**** 정희원 · 한양대학교 건설환경공학과 (idisi12@nate.com)

Received November 14, 2012/ revised February 11, 2013/ accepted June 12, 2013

중요한 구조물인 교량은 주요부위 손상으로 제 기능을 다하지 못하는 경우 교통안전사고 및 수명 단축 요인이 되어 교통두절 및 통제제한 등 사회 경제적으로 미치는 영향이 매우 크고, 시간이 경과함에 따라 노후화되는 정도가 다르기 때문에 체계적인 유지관리가 필요하다.

일반적으로 교량의 유지관리는 외관조사, 내구성조사, 시설물의 상태평가 및 안전성평가와 이에 따른 보수·보강의 순서로 이루어지고 있으며, 안전점검을 통해 획득한 교량의 손상자료는 교량을 관리하는데 있어서 중점 관리부위의 설정, 손상의 발전경향 분석, 보수·보강 등을 위한 기초자료로 활용되므로 이러한 손상이력 관리는 매우 중요하므로 효율적으로 데이터를 획득하고, 정확한 데이터를 축적해 가는 것이 중요하다.

현재 교량에 대한 안전점검은 조사에 활용할 Paper도면을 작성하고, 작성한 Paper도면을 이용하여 현장에서 결합정보, 통계분석 등을 실시하여 관리대장에 수기로 기록하고, 점검 후에는 사무실에서 다시 정리하여 컴퓨터에 입력하는 방식으로 진행되고 있다. 이러한 방식의 안전점검은 입력의 오류 가능성과 자료의 효과적인 활용을 기대하기 어려우며, 실무자들에게 매우 번거롭고, 평가를 위해 많은 시간과 인력이 소요되어 매우 비효율적이다. 최근에는 이러한 문제점을 보완하기 위하여 기존의 아날로그 방식의 점검체계를 디지털 방식으로 전환하고자 하는 경향이 높아지고 있다

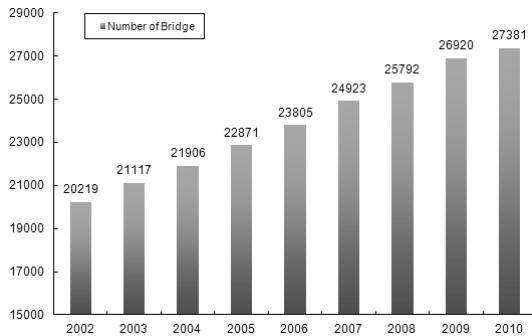


Fig. 1. Bridge Statistics in Korea (Ministry of Construction & Transportation, 2010)

(MOCT, 2007; Bae et al., 2007).

따라서 본 연구에서는 기존의 아날로그 형식으로 이루어지던 교량안전점검의 비효율성을 극복하고, 교량의 유지관리 중 손상자료 관리의 편의를 극대화하고, 유지관리 업무 전체의 효율화를 꾀하기 위해서 첨단무선정보통신기술인 RFID(Radio Frequency Identification)와 WLAN(Wireless Local Area Network), Tablet PC를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템을 구축하기 위하여 연구를 수행하였다.

2. 국내외 RFID 기술동향

2.1 국내외 RFID 기술동향

RFID는 일반적으로 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 정보를 담은 태그(Tag)를 제품에 부착하고, 제품 자체에 장착된 안테나(Antenna)를 통해, 판독기(Reader)로 하여금 이 정보를 읽고, 인공위성이나 이동통신망 등의 정보시스템과 연계하여 판독기가 이 정보를 항상 파악하고 사용하는 기술을 말하며, 인식률이 높고, 비접촉식 기술이기 때문에 한 번에 다양한 물품의 정보를 동시에 읽을 수 있으며, 다른 통신망과의 연계가 쉽기 때문에 확장성이 높은 장점이 있다. 이러한 RFID기술은 반도체 기술의 지속적인 발전에 의한 컴퓨팅 능력의 급성장과 통신망 인프라의 융합화를 기반으로 이제까지의 사람 중심 정보화에서 사물을 중심으로 정보화의 지평을 확대시킬 수 있는 핵심기술로서 부각되고 있다(Lee et al., 2008; Pyo et al., 2004).

일반적으로 RFID 시스템은 태그, 리더기, 미들웨어, 어플리케이션으로 구성되어 있으며 주요 시스템의 구성요소 및 동작은 Table 1과 같으며, 이중 가장 핵심 기능을 담당하는 RFID 태그는 전원공급 방식과 사용 주파수에 따라 Table 2와 같이 분류된다(Kim et al., 2004; Pyo et al., 2004).

최근 RFID는 미국과 유럽을 중심으로 세계 각국에서 여러 가지 응용을 목적으로 개발되어 적용되고 있다. 미국에서는 국방부 산하 DARPA와 NIST가 주도하고 HP, IBM, MS 등의 민간 기업과 MIT, 워싱턴 대학 등이 참여하는 유비쿼터스 컴퓨팅 프로젝트를

Table 1. Configuration of RFID System





Tag	Reader	Middleware	Application
			
<ul style="list-style-type: none"> Item attached to each product Identified by the reader Transfer data 	<ul style="list-style-type: none"> Device used to read and write data to the tag using wireless frequency 	<ul style="list-style-type: none"> Acquire information from the reader Data Filter 	<ul style="list-style-type: none"> Provide service by connecting with the existing system

Table 2. Classification of RFID tag

Classification		Remarks
Power Supply	Passive	· a passive tag is cheaper and smaller because it has no battery. · semi-permanent(more than ten years)
	Active	· an active tag has an on board battery and periodically transmits its ID signal. · limited battery life(approximately 1-3 years)
Using Frequency	LF(120 - 150 KHz)	· data speed : low, range : 10 cm · animal identification, factory data collection
	HF(13.56MHz)	· data speed : low to moderate, range : 1 m · IC cards, smart cards(MIFARE, ISO/IEC 14443)
	UHF(433MHz)	· data speed : moderate, range : 1-100 m · defence applications, with active tags
	Europe (865-868MHz) North America (902-928MHz) UHF	· data speed : moderate to high, range : 1-2 m · EAN, various standards · \$.15(passive tags)
	Microwave (2450-5800GHz)	· data speed : high, range : 1-2 m · 802.11 WLAN, Bluetooth standards

Table 3. RFID Application of Domestic and Foreign(Kim et al., 2005; Lee et al., 2005)

Classification	Institute/Country	RFID Development Condition
Domestic	Ministry of Commerce	Logistics support program and importing and exporting countries Validation test for food compliance
	Korea Airports Corporation	Airport baggage tracking control system
	Ministry of National Defense	Army ammunition management system
	Public Procurement Service	Inventory management system
	Ministry of Maritime Affairs and Fisheries	Project to increase efficiency of port logistics
Foreign	USA	Container security system
	Denmark	Bus terminal management system
	England	Mobile phone tracking system
	China	Traffic and vehicle management system
	Japan	Baggage handling system

진행 물류/운송, 소매업, 금융업, 군사부분 등 전 산업부분에 RFID 적용서비스를 확대하기 위하여 2006년부터 세계 1위의 소매유통업체인 월마트를 비롯하여 납품 상위 300대 기업에 RFID 적용을 의무화하였다(Park, J. S., 2006). 유럽에서는 Tesco, Metro, BMW 등이 RFID 도입을 추진하였으며, 미국과 마찬가지로 물류/운송, 보안, 소매업, SI, 금융업 등 여러 산업분야에서 RFID를 적용하고 있다(Park, J. S., 2006).

국내에서도 2000년대 중반부터 RFID기술에 대한 관심이 늘어나면서 관련기술의 표준화 및 적용을 위한 연구를 시작하였고, 주로 유통/물류부분을 중심으로 정부 및 기술연구기관을 중심으로 실증 실험 위주의 RFID 연구개발 사업이 추진되어왔다(Kim et al., 2005; Oh et al., 2010).

2.2. 건설산업의 RFID 관련 국내·외 연구동향

미래 유비쿼터스 사회에서 중요한 핵심기반 기술로 여겨지는 RFID 기술은 물류·교통·의료 등 다양한 분야에 활용된 사례는 많으나 아직 건설공사의 특성상 건설 분야의 적용은 많지 않은 실정이다(Kim, C. G., 2008; Bae et al., 2007; Lee et al., 2008). 국내의 경우 건설 산업과 RFID 적용기술과 관련된 연구로는 건설공사 마감재를 대상으로 한 RFID 인식실험(Han et al., 2004)과 일부 건설산업체에서 노무관리와 커튼월 공사, 레미콘 공사, 토사반출 공사 등에 RFID의 적용성 검토(Lee et al., 2006; Jang et al., 2004)와 RFID 시스템의 만족도 및 중요도를 평가한 연구(Jang et al., 2009)가 진행된 바 있다. 국외의 경우 미국 카네기 멜론 대학(Carnegie Mellon University)에서 RFID를 이용한 자재관리

시스템을 제시하였고(Han et al., 2004), 미국 텍사스대학교내의 건설 산업연구원(CII)에서 벡텔사의 Red Hills 건설공사를 대상으로 자재의 위치 파악 및 추적관리에 RFID 기술을 적용하는 현장실험을 실시하였다(Ju et al., 2007). 일본의 경우 (재)일본건설정보종합센터에 RFID 연구회가 발족되어 RFID의 건설분야에서의 활용에 관한 활발한 연구가 진행되고 있으며, 물류 및 자재관리·조식측량·시공·유지관리·교통 분야 등 다양한 분야에서 폭넓게 연구 및 활용되고 있다(Bae et al., 2007). Table 4는 본 연구와 유사한

일본 건설산업에서의 유지관리 분야에서의 RFID 연구 동향을 나타낸 것이다.

비접촉식 기술인 RFID는 장거리 정보 송수신이 가능하여 한번에 많은 태그의 정보를 동시에 읽을 수 있으며, 인식속도도 매우 뛰어나기 때문에 건설 현장이라는 특수한 외부공간에서 작업 효율성 측면에서 상당한 우위를 확보할 수 있기 때문에 최근에 와서 국내·외에서 이러한 기술을 건설 산업에 접목하기 위한 기술 개발을 대학이나 연구기관에서 주도적으로 진행시키고 있다(Bae et al.,

Table 4. RFID Research Trend of Maintenance Field in Japan(Bae et al., 2007)

Classification	Details
Bridge Monitoring System	Attach various sensors to bridges to monitor the status, thereby enabling efficient maintenance and quick action in case of accidents
Identification of Buried Items	Identify the location of buried items by reading the RFID tag attached to the items using the reader device
Detection of Concrete Debonding	Verify debonding by reading the RFID tag attached to the concrete using a sensor
Maintenance Support System	Management of maintenance information Recording of notes for future maintenance
slope stability Information Management	Constant monitoring of ground collapsing using nanoproductors installed under the sloped ground

Table 5. Domestic and Foreign Research Trend

Classification	Researcher	Research Content
Domestic	Choi, C. H.(2004)	Develop RFID system appropriate for construction site, evaluate its performance through tests, and provide directions for improvements
	Han, J. G.(2004)	A preliminary step for developing a system for applying RFID to finish materials and monitoring it. Conduct RFID recognition performance test on ceiling finish materials.
	Jin, S. Y.(2005)	Propose a strategy for applying RFID to curtain wall construction and considerations involved
	Park, H. J.(2005)	Overview the mechanism of RFID and its applications, and describe the potential of RFID for managing facilities and the procedure for facility management
	Kwon, S. O.(2005)	Analyze domestic and international RFID-related technical trends and the market forecast, survey projects that employed RFID, and analyze construction projects that employed RFID
	Jo, C. Y.(2006)	Apply RFID technology to management of manpower, export of sediments, ready-mixed concrete, steel frame, and curtain wall at the actual construction sit
	Yu, H. C.(2008)	Identify factors for activating RFID at construction sites in the southeastern distribution complex to propose solutions and improvements to problem and deactivation of RFID in construction sites
	Jang, S. W.(2009)	Evaluate satisfaction and importance of the RFID using the satisfaction-importance matrix created by site managers, who are the end users of the RFID system
Foreign	CII(2000)	Refer to Workshop (1998) to propose applications in the following subfields: engineering/design resource management, maintenance, and site work
	Cawly(2003)	Identify the status of concrete curing in highway construction sites by measuring the temperature of the concrete using RFID
	Jaselskis(2003)	Provide a RFID technology selection model during the process of Bechtel Red Hills Project and Baytown pilot test
	Goodrum(2005)	Attach active RFID tags to construction tools for their management, and conduct recognition performance test for improving their utility
	u-Frontier of S Company(2006)	Suggest wide applicability of RFID with focus on main materials and labor management in construction works

2007; Jang et al., 2009; Ju et al., 2007; Pyo et al., 2004). Table 5는최근 건설 산업에서 RFID 적용 관련 연구현황을 정리한 것으로서 연구내용을 살펴보면 건설자재 및 공정관리를 중심으로 한 적용사례가 대부분을 차지하고 있다는 것을 알 수 있다(Park et al., 2007; Yu et al., 2008; Jang et al., 2009; Ju et al., 2007; Han et al., 2004).

3. RFID기반 지능형 교량 유지관리 시스템

3.1. 개요

현재 국내 유지관리의 업무는 Fig. 2의 업무 흐름도 순서로 이루어지고 있으며, 점검자가 교량의 손상정보를 획득하여 손상정보가 관리되는 절차는 다음과 같다.

- ① 교량의 손상을 조사하기 위한 Paper를 기존 설계도면을 확인하여 CAD와 같은 프로그램을 활용하여 작성.

- ② 작성된 Paper를 이용하여 현장 점검 후 데이터를 관리대장에 수기로 기록.
- ③ 사무실에 복귀하여 현장에서 관리대장에 기록한 데이터를 PC에 입력.
- ④ 점검이나 진단보고서 작성.
- ⑤ 위탁기관은 보고서를 관리주체에 제출.
- ⑥ 관리주체는 제출된 보고서를 자료실에 보관하고, 점검데이터 베이스에 데이터 입력.
- ⑦ 점검결과를 시설안전기술공단의 시설물통합관리시스템(FMS)에 재입력.

이처럼 기존의 아날로그 방식에서는 현장에서 획득한 점검 데이터가 시설물통합관리시스템(FMS)의 DB서버에 입력될 때까지 유사작업이 여러 번 반복되고 있으며, 이로 인한 작업 효율의 저하, 점검 데이터의 입력오류 가능성, 효율적인 데이터 관리 및 축적된 데이터의 효과적인 활용을 기대하기 어렵다. 기존 아날로그 방식의

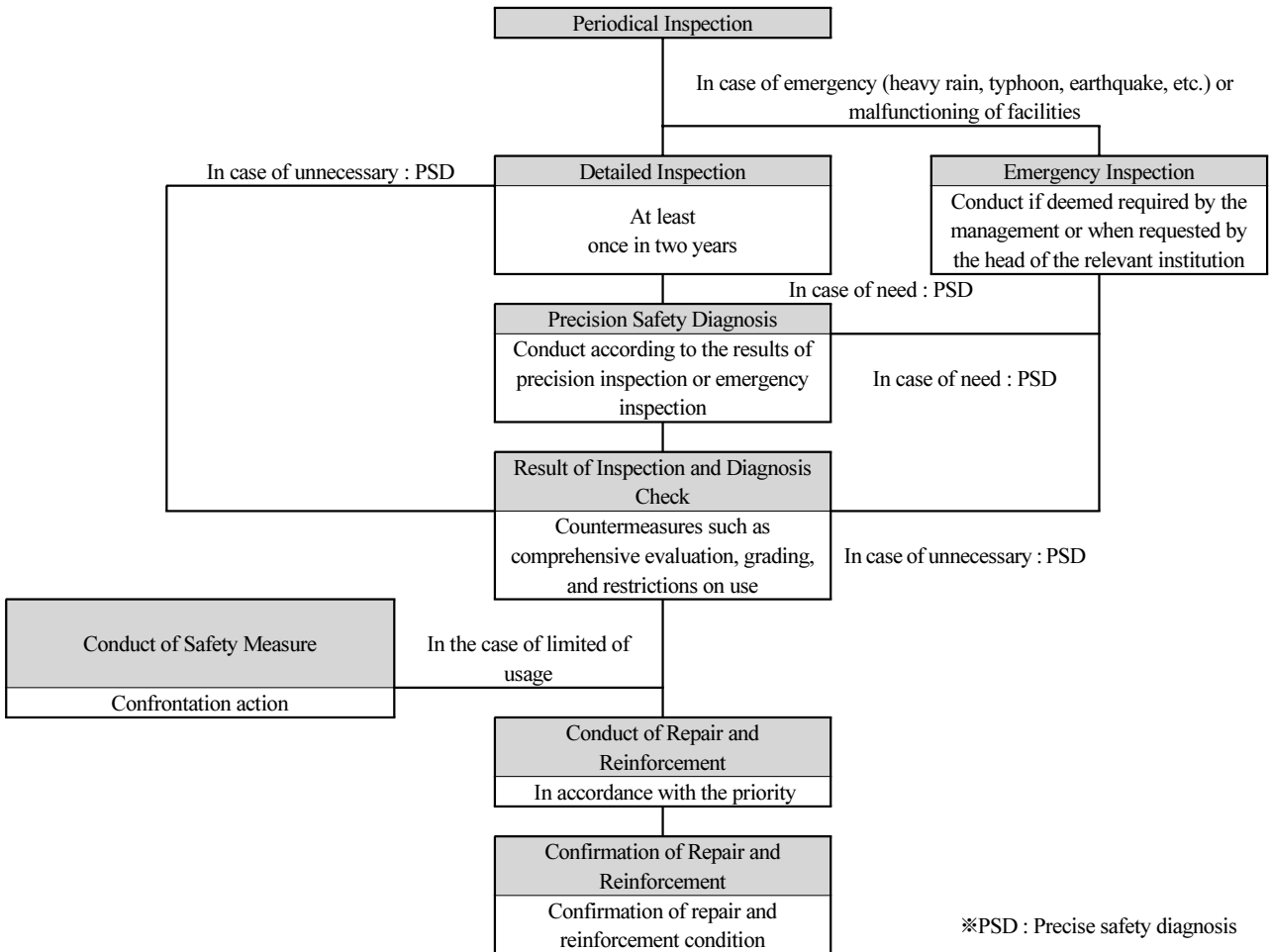


Fig. 2. Flow Chart of Maintenance Management Task(KISTEC, 2010)

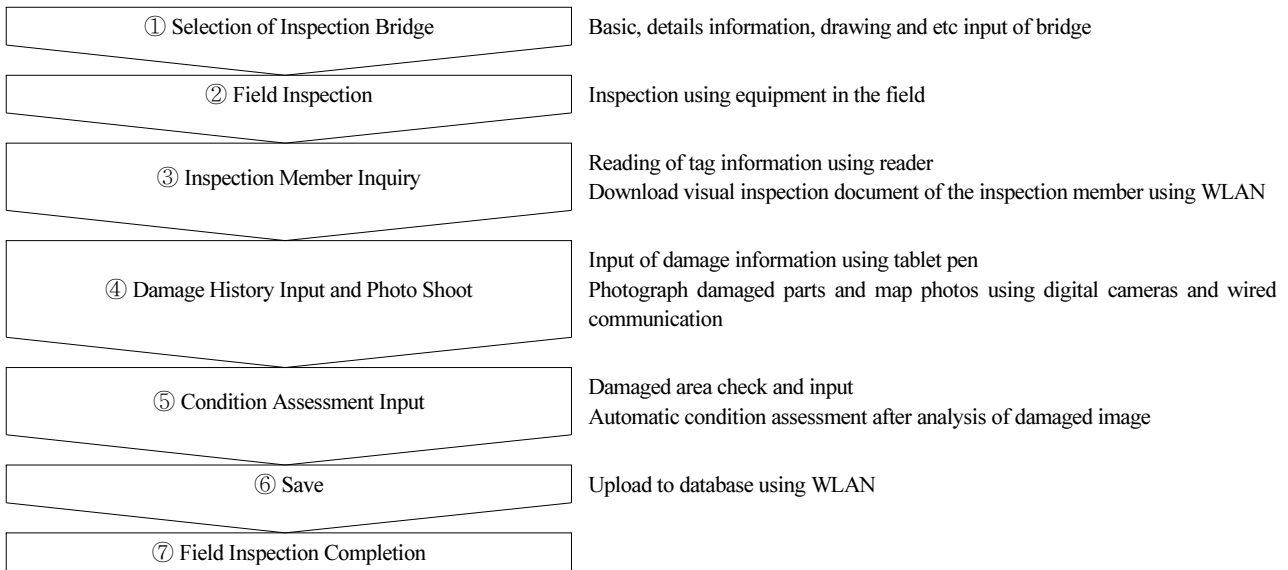


Fig. 3. Flow Chart(Intelligent Bridge Maintenance System Using RFID)

단점을 보완하기 위해 본 연구에서 개발한 RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템은 점검에서 저장 및 보수·보강·평가까지 ONE-STOP 방식으로 교량 유지관리에 있어 매우 효율적인 시스템이다. 또한 본 프로그램은 시설안전기술공단의 ‘안전점검 및 정밀안전진단 세부지침’의 내용을 준수하고, 프로그램의 단순화로 실무자들이 간단한 교육만으로도 쉽게 사용할 수 있다.

본 연구에서 개발한 시스템은 교량 구조물의 점검항목별로 부착한 태그를 RFID Reader기를 통하여 태그ID를 호출한다. 호출된 태그의 ID를 통하여 중계서버에 WLAN으로 접속을 하여 호출한 부재의 외관조사 이미지를 해당 유지관리 사무소의 메인서버로부터 불러온다. 사용자는 Tablet펜을 이용하여 손상을 표시하고 디지털카메라로 사진촬영을 한 후 손상과 사진이미지를 맵핑시킨다. 외관조사시 점검부재별 상태평가를 입력하면 최종 교량의 등급을 자동으로 산정하여 A-E의 등급이 매겨진다. 본 시스템은 현장 Network 상에서 직접 데이터 입력까지 마무리함으로써 기존 방식에 비해 보다 효율적이며 데이터입력의 반복작업을 줄임으로써 입력 오류가능성을 배제하였다.

3.2 시스템 구성

교량 구조물의 유지관리에 있어 기존 수동-아날로그 형태의 비효율성을 개선하고 RFID를 이용하여 지능적인 유지관리를 하기 위한 본 시스템의 기본 구성은 Fig. 4와 같으며 본 시스템의 업무프로세스는 Fig. 5와 같다.

본 시스템의 메인서버에는 Table 6과 같은 시설물 관리자료들을 저장하여 시설물 DB를 구축·관리할 수 있으며 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단의 점검내용과 방향을 정하며, 시설물 유지관리시

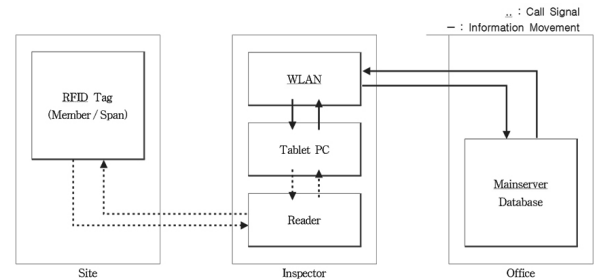


Fig. 4. Basic Configuration(Intelligent Bridge Maintenance System Using RFID)

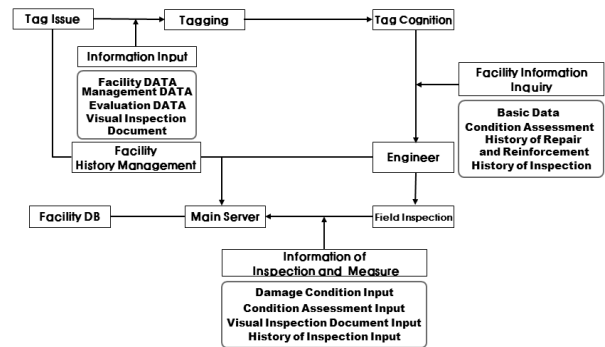


Fig. 5. Work Process(Intelligent Bridge Maintenance System Using RFID)

단계별로 유용하게 이용될 수 있도록 하였다.

또한 본 시스템에서는 시설물의 점검 및 유지관리의 효율성을 위하여 Table 7과 같이 교량 구조물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설에 대하여 RFID Tag코드를 경간별로 부여하며, 각 경간의 부재별(교량받침·신축이음·정착구 등)로 RFID Tag를 부착

Table 6. Management Data List of Facility Database

Classification	Facility Management Data	
Design and Execution of Works Related Data	Design Documents	Design Documents
		Shop and Drawing
		As-Built Drawing
		Specification
	Picture	Front and Side
		Major Defect Part
		Major construction Picture
	Quality Control Related Data	Certificate of Material
		Quality Test Folios, Loading Test Data, Monitoring Data
	Facilities Management Resister	
History of Repair and Reinforcement		
Inspection and Diagnosis Data	Result of Safety Inspection and Precision Safety Diagnosis	
	Limit of Usage Content	
	Subsidiary Facilities, Environmental Condition	
	History of Repair and Reinforcement	
	Etc	
Condition and Stability Assessment Data	Damage Condition Assessment Data	
	Load Carrying Capacity Assessment Data	
	Monitoring Results Assessment Data	
	Load Carrying Capacity Reappraisal Data by Change of Condition	

Table 7. Object Facility of Safety Diagnosis and Precision Safety Diagnosis(KISTEC, 2010)

Classification	The Name of a Member	
Primary Member	Superstructure	Floor Slab, Girder
	Substructure	Abutment, Pier, Pylon, Footing
	Support	Bridge Bearing
	Cable	Cable, Anchorage Device, Saddle
	Member	Expansion Joint, Drainage, Handrail, Curb, Bridge-Decks Surfacing
Additional Member	Secondary Member	Cross Beam, Stringer

또는 매설하고, 교대·교각·주탑과 같이 규모가 큰 부재의 경우 각 부재별 길이방향으로 10m간격으로 RFID Tag를 부착 또는 매설하여 관리한다.

3.2.1 RFID Tag와 User PC

점검자는 Tablet PC에 부착 되어있는 RFID Reader기를 이용하여 교량 구조물의 경간·부재별로 부착되어있는 RFID Tag에 전파를 발신하고 태그에 입력된 정보를 Tablet PC로 전송하게 된다.

3.2.2 User PC와 DB

Tablet PC에 전송된 Tag의 정보를 기초로 WLAN를 이용하여

Database에 저장되어 있는 교량 구조물의 유지관리에 필요한 자료들이 Tablet PC로 전송된다. 전송된 자료는 점검자가 교량 구조물에 대한 기초 정보를 확인하고 현장 점검시 외관조사도에 기록을 한 후 점검이 완료되면 Database에 관리 자료를 저장(upload)하게 된다.

4. RFID기반 지능형 교량 유지관리 시스템 개발을 위한 선 행연구

4.1 RFID 코드선정

4.1.1 RFID 코드체계

현재 전 세계적으로 사용되고 있는 RFID 코드체계(KISA, 2006)

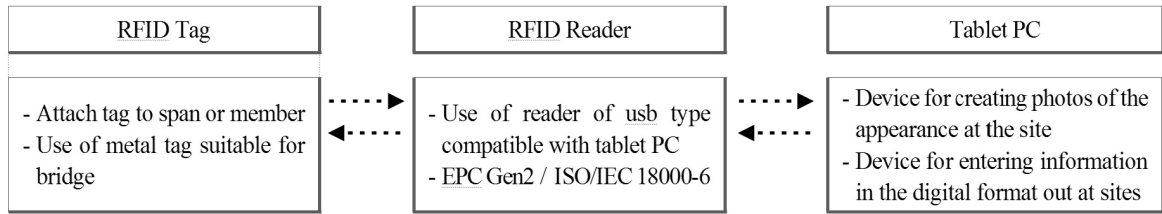


Fig. 6. RFID Tag and User PC

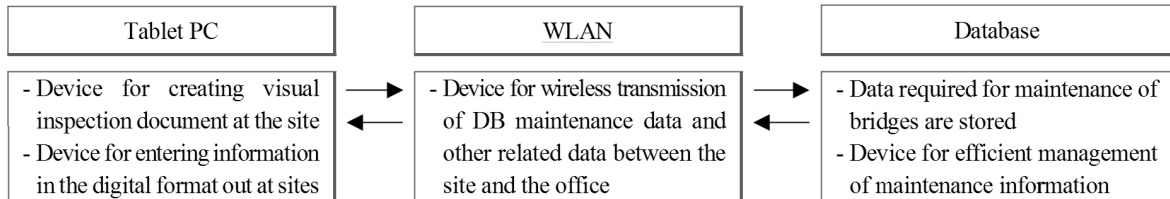


Fig. 7. User PC and DB

Table 8. Major Code System of RFID

Classification	Supervision	Note
ISO/IEC 15459	ISO/IEC	Definition by Application
Mobile RFID Code	MRF	Online Content · Service
EPC	EPC global	Distribution
ucode	uID Center	Object

에는 Table 8과 같이 ISO/IEC 15459, ISO/IEC 15963, ISO/IEC 11784(동물코드), ISO/IEC 10374(컨테이너코드), EPC, ucode 등이 있으며, 국내의 모바일 환경에서의 RFID 서비스 제공을 위하여 모바일 RFID 포럼에서 도출된 모바일 RFID 코드 등이 있다.(TTA, 2006)

4.1.2 모바일 RFID 코드 종류(3)

(1) mCode - mCode는 모바일 RFID 서비스를 위해 설계된 국내 고유의 코드체계이다. 기존 ISO 코드체계는 모바일 용도로는 사용하기 어렵고, EPC 코드체계를 도입하기 위해서는 코드를 사용하는 각 회사마다 EPCglobal에 등록하여 비용을 지불해야하는 부담이 있었다. 때문에 모바일 RFID 포럼에서는 모바일 응용 환경에 적용하기 용이하고 다른 RFID 코드체계와 충돌이 일어나지 않는 새로운 코드체계인 mCode를 정의하게 되었다.(TTA, 2006) Fig. 8과 Table 9는 mCode의 개념구조 및 체계이다.

12 bits의 TLC(Top Level Code)는 최상위 기관에 할당된다. 000H와 F00H부터 FFFH는 특수 목적 및 확장을 위해 예약되어 있다. F00H부터 FFFH까지의 영역을 이용하여 EPC나 다른 ISO 코드, IPv6 주소를 포함할 수 있다. 4bits의 Class는 TLC를 할당 받은 최상위 기관이 하부 기관에 코드를 할당 할 때 하부 기관의

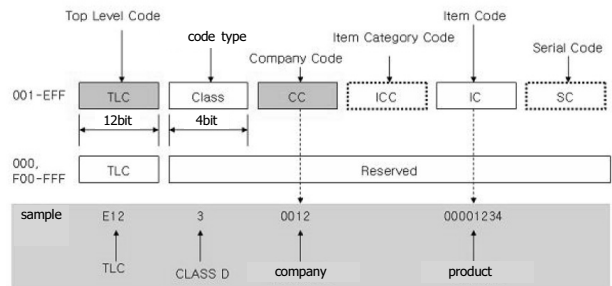


Fig. 8. mCode Structure

규모 및 콘텐츠의 수를 고려하여 여러구조의 코드를 할당하기 위해 사용된다. CC(Company Code), ICC(Item Category Code), IC(Item Code), SC(Serial Code)는 Class에 따라 각각 다른 길이와 구성을 갖는다.

(2) micro-mCode - 32 bits 전용 모바일 RFID 코드체계인 micro-mCode의 구조(TTA, 2006)는 Table 10과 같다. micro-mCode는 현재 서비스 중인 2차원 바코드와 같이 작은 코드 사이즈를 필요로 하는 서비스나 망 사업자가 직접 관리하는 서비스 용도로 사용될 수 있다. 즉 micro-mCode는 Local ODS에서 모든 처리가 가능한 경우에 사용할 수 있다. 3bits의 TLC는 최상위 기관에서 할당되며, TLC를 할당 받은 최상위 기관이 독자적으로 서비스를 제공하기 위해 29 bits의 코드를 직접 할당하여 사용한다.

4.1.3 모바일 RFID 코드 선정

모바일 RFID 서비스의 코드는 해당 코드에 대한 온라인 상의 콘텐츠나 서비스의 위치를 찾기 위해 필요한 정보를 제공한다. 기존의 ISO와 EPC의 코드체계는 태그가 부착된 사물의 식별을

Table 9. mCode Structure

		mCode							Explanation		
TLC (12 bits)	Class (4 bits)	CC + ICC + IC + SC							Length (bits)	Class Designation	
		16bits	16bits	16bits	16bits	16bits	16bits	16bits			
000H		Reserved							N/A		
001H~ EFFH	0H	IC							48	A	
	1H	CC	IC						64	B	
	2H~ 3H	Reserved							64	C	
	4H	CC		IC	SC					96	D
	5H	CC	IC	SC						96	E
	6H	CC	ICC	IC						96	G
	7H~ EH	Reserved							N/A		
	FH	Reserved for class extension							N/A		
F00H~ FFFH	Reserved for other code structure							N/A			

Table 10. Micro-mCode Structure

micro-mCode	
TLC(3 bits)	IC(29 bits)
0002	Reserved
0012 ~ 1102	IC
1112	Reserved

Table 11. Tag Performance

	Label tag	Metal tag
Protocol	Gen 2	Gen 2
Total memory	96bit	96bit
Size	97×27mm	150×25×4mm
Operating frequency	860~960MHz	860~960MHz

주 목적으로 하고 있어 모바일 RFID 서비스의 주요 대상인 온라인 콘텐츠 및 서비스의 위치를 표현하기에는 적합하지 않다. 따라서 모바일 RFID 서비스의 주 서비스 대상인 온라인 콘텐츠 및 서비스 등의 위치를 찾을 수 있는 모바일 RFID 코드를 선정하였다.

mCode 및 micro-mCode를 사용함으로써 EPC 등의 코드를 사용하기 위해 필요한 비용을 줄일 수 있다(TTA, 2006;Choi et al., 2004).

모바일 RFID 코드는 모바일 RFID 포럼(MRF)이 개발(MRFS-3-08)한 코드체계로 2005년 12월 22일 한국정보통신기술협회(TTA) 정보통신단체표준(TTAS.KO-06.0105)으로 채택되었으며 한국인터넷진흥원(KISA)에서 관리하고 있는 상태이다. 본 논문에서는 부록 2와 같이 mCode를 한국인터넷진흥원(KISA)에서 할당 받았으며 구성요소로는 TCL : EFFH(12 bits), Class : 5H(4 bits), CC : 0327H(16 bits)와 사용자가 지정하는 공간인 IC(16bits)와 SC(48 bits)로 총 96 bits이며, 교량구조물 뿐만 아니라 추후 u-city 시설의 서비스 구현을 위해 건설교통부령 제542호의 “도시 계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙”과 “건축법시행령 제3조의 4관련”에 근거하여 부록 1과 같이 기반시설의 종류에 따라 코드를 분류하였다.

4.2 RFID태그의 인식거리 실험

본 실험은 RFID기반 지능형 유지관리 시스템에 적용할 태그의

인식거리실험으로써 모바일 RFID 리더기를 이용하여 재료별, 환경별 RFID태그의 인식거리에 미치는 영향을 알아보기 위함이다.

본 연구에 사용된 Handheld형 RFID는 국내의 휴대용 리더기중 Slim하고 Simple한 디자인과 산업환경에 적합하게 설계되어 있으며, CDMA, 무선랜을 내장하고 있어 무선 데이터 통신이 가능하고 RFID 리더기를 겸용으로 사용할 수 있다. ISO-18000-6B, EPC Class0/1, GEN2 등의 국제표준규격에 인증을 받은 멀티프로토콜을 지원하는 제품으로 AT-700을 선정하였다. Table 11은 본 실험에서 사용된 태그의 사양이다.

4.2.1 시험방법 및 결과

(1) 인식거리챔버 - 무반사(Anechoic)환경에서의 인식거리를 측정하는 시험으로 이상적 실험환경 구축을 위해 모바일 RFID 리더기를 이용하여 0~60°까지 각각 15°씩 각도변화를 주어 수신거리를 측정하였다. 알루미늄, 목재, 유리, 아크릴에 각각의 태그를 부착한 후 모바일 RFID 리더기를 고정시켜 재료별 수신유무 및 각도변화에 따른 거리변화를 측정하였다. 사용재료는 알루미늄, 목재, 유리, 아크릴을 재료로 선정하였으며, 사용태그는 메탈태그, 일반라벨태그 2종을 선정하여 시험하였다. Table 12와 Fig. 9는 인식거리챔버의 사양과 챔버 내부의 모습을 나타낸 것이다.

Table 12. Apparatus for Measurement of Read Range

Maximum Recognition Distance	4m
Range of Reader Antenna	-37cm ~ +37cm
Range of Azimuth Angle	-90° ~ +90°
Range of Tag Azimuth Angle	-90° ~ +90°
Range of Elevation Angle	-90° ~ +90°
ETRI Reader(2005), Matrics Antenna	

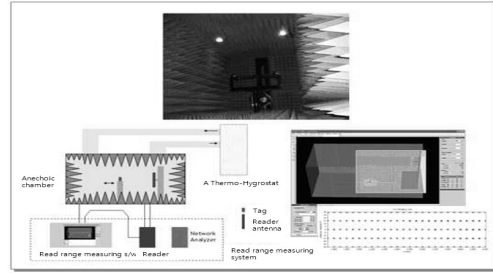


Fig. 9. Apparatus for Measurement of Read Range

1) Aluminium

Table 13. Result of Tag Recognition(Aluminium)

angle \ type	label(H)	label(V)	metal(H)	metal(V)
0°	X	X	1.9	2.1
15°	X	X	1.7	2.0
30°	X	X	1.4	1.5
45°	X	X	1.2	1.3
60°	X	X	1.2	X

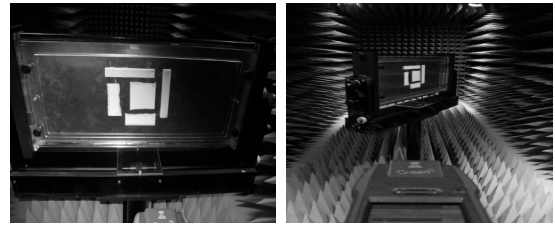


Fig. 10. Distance Experiment by Angle(Aluminium)

2) Wood

Table 14. Result of Tag Recognition(Wood)

angle \ type	label(H)	label(V)	metal(H)	metal(V)
0°	1.7	1.5	1.8	1.9
15°	1.4	1.6	1.7	1.8
30°	1.5	1.7	1.7	1.8
45°	1.4	1.2	1.2	1.6
60°	X	1.2	1	1

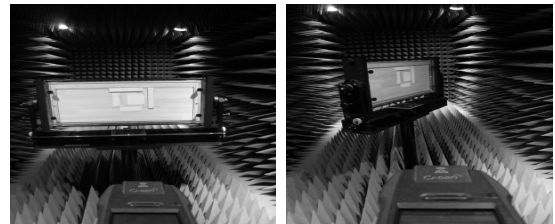


Fig. 11. Distance Experiment by Angle(Wood)

3) Glass

Table 15. Result of Tag Recognition(Glass)

angle \ type	label(H)	label(V)	metal(H)	metal(V)
0°	1.5	1.5	1.6	1.9
15°	X	1.6	1.6	1.8
30°	X	1.5	1.2	1.9
45°	X	1.2	1.2	1.9
60°	X	1	1.2	1.2

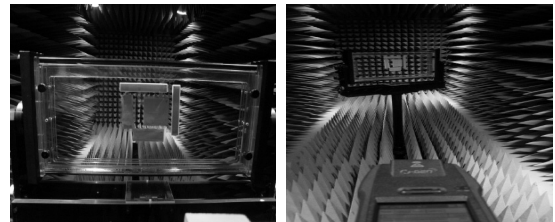


Fig. 12. Distance Experiment by Angle(Glass)

4) Acrylic

Table 16. Result of Tag Recognition(Acrylic)

angle \ type	label(H)	label(V)	metal(H)	metal(V)
0°	1.9	1.9	1.9	2.0
15°	1.8	1.9	1.8	1.9
30°	1.6	1.9	1.8	1.9
45°	1.2	1.4	1.2	1.7
60°	X	1.4	1.1	1.2

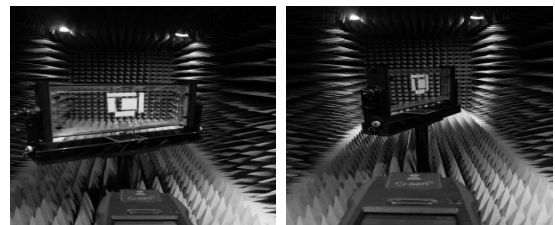


Fig. 13. Distance Experiment by Angle(Acrylic)

5) Result of Experiment

※ V : Vertical, H : horizontal

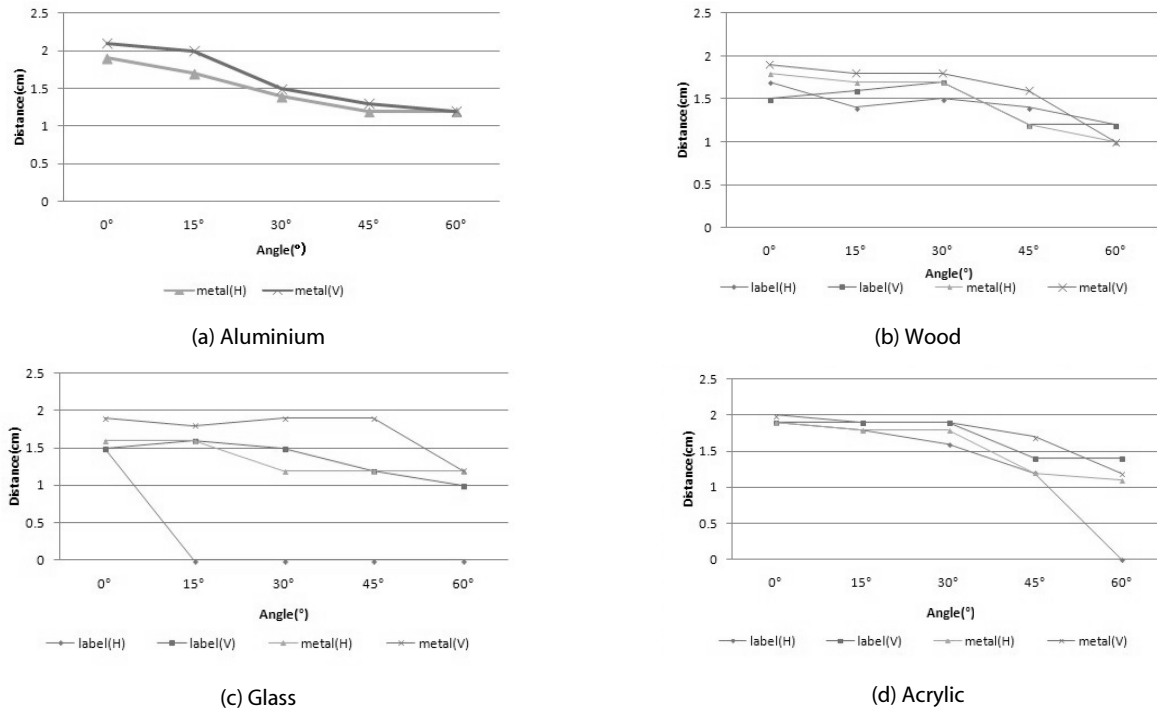


Fig. 14. Comparative Analysis of Distance by Angle

Table 17. Tagging Range by Material

angle \ type	label(H)	label(V)	metal(H)	metal(V)
0°	1.9	1.9	1.9	2.0
15°	1.8	1.9	1.8	1.9
30°	1.6	1.9	1.8	1.9
45°	1.2	1.4	1.2	1.7
60°	X	1.4	1.1	1.2

알루미늄에 태그를 부착시 메탈태그를 제외한 일반라벨태그는 수신이 불가 한 것으로 나타났으며, 일반라벨태그와 메탈태그의 경우 인식거리는 각도에 따라 반비례하는 형태를 보였다. 실험에 사용한 일반라벨태그와 메탈태그의 경우 직사각형 형태의 안테나 패턴을 가지고 있기 때문에 각도에 따라 수신거리의 차이가 나는 것으로 나타났다. 또한 일반라벨태그 및 메탈태그 모두 가로로 부착한 경우 보다 세로로 부착한 경우 수신거리 및 수신율이 높은 것으로 나타났다. 강제를 제외한 목재, 유리, 아크릴에 태그를 부착한 경우 일반라벨태그의 경우 수신거리가 재료별로 차이가 낮으나 메탈태그의 경우 큰 차이 없이 수신율이 높게 나왔다. Fig. 14의 경우 Table 13~16의 실험결과를 바탕으로 태그부착 재료별 각도에 대한 거리를 비교한 그래프로서 이론상으론 Fig. 14의 그래프는 선형으로 나타나야 하지만 고정형 RFID 리더기에 비해 안테나



Fig. 15. Gate Environment Experiment

성능이 낮은 모바일 RFID 리더기로 측정된 결과 약간의 오차가 발생하였으며 태그내부 안테나의 전파방사형태가 각도에 따라 변하기 때문이다.

재료별, 각도에 따른 수신거리 측정결과 일반라벨태그보다 메탈태그의 성능이 우수한 것으로 나타났으며 세로로 부착한 경우가 가로로 부착한 경우보다 수신거리 및 수신율이 높은 결과를 바탕으로 RFID기반 지능형 유지관리 시스템에는 메탈태그를 세로로 부착하는 것이 가장 바람직하다고 판단된다.

(2) 게이트환경시험 - 인식거리챔버로 실행하지 못한 재료별 수신거리에 대한 실험으로 국내 교량 대부분의 재료가 콘크리트로 이루어져 있기 때문에 태그의 수신에 대한 콘크리트와 콘크리트 내부 스틸의 영향을 알아보기 위한 실험이다. 실험재료에는 대리석과 대리석+스틸, 콘크리트기둥에 대하여 실험을 수행하였다. 위

인식거리캡처의 실험과 마찬가지로 메탈태그가 일반라벨태그에 비해 인식거리가 길게 나왔으며 콘크리트기둥에 태그를 부착한 결과 메탈태그를 제외한 일반라벨태그는 콘크리트 내부의 철근의 영향을 받는 것으로 나타났다. Table 17은 재료별 인식거리를 나타낸 것이며 Fig. 15는 재료별 실험 모습이다.

4.3 현장적용성 실험

4.3.1 실험개요

현재 RFID를 교량에 접목한 사례가 부족하기 때문에 RF전파가 교량구조물의 수신에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 일반라벨태그와 메탈태그 2종류의 태그를 이용하여 교량 구조물의 주요부재에 대한 재료별, 변수별 현장적용을 위한 기초실험을 수행하였다. 서울시 성동구에 위치한 성동교(구교)를 대상교량으로 실험을 진행하였다.



Fig. 16. Field Experiment

4.3.2 실험방법 및 장치

교량재료별 4개의 부재를 선정하여 각각의 태그를 부착하여 리더와의 수신유무, 수신거리, 방수유무, 각도에 대한 인식거리등을 알아보았다.

4.3.3 실험결과

부재별 실험을 한 결과 일반라벨태그의 경우 고무와 알루미늄같이 전파를 흡수하거나 방해하는 재료에 대해서는 사용이 불가능하였다. 교각이나 주형부위는 표면은 콘크리트로 이루어 졌으나 내부의 철근의 영향으로 일반라벨태그의 인식거리 또한 메탈태그에 미치지 못하였다. 그러나 일반라벨태그의 경우 부재와 태그사이의 공간확보 시에는 1m이상의 인식거리를 나타내었다. 모든 태그는 완전 방수인 상태였고 태그와 리더기간의 각도는 인식거리에 반비례하였다. 따라서 교량과 같이 콘크리트 내부의 철근의 영향을 받는 구조물은 메탈태그를 사용하는 것이 적당하다고 판단된다.

5. RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템 개발

본 시스템의 메뉴 구성은 Fig 17과 같이 조회, 입력, 점검 업무를 중심으로 구성하였고, 정보 조회에는 원하는 시설물의 제원을 간편하게 조회할 수 있게 구성하였다. 정보입력 메뉴를 통해 등록하고자 하는 시설물을 등록할 수 있고, 시설물 등록 시 해당 부재에 할당된

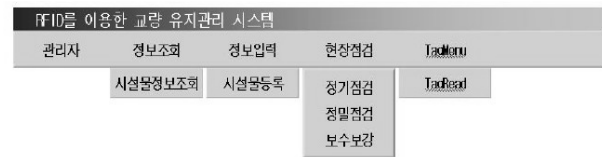


Fig. 17. Menu of Intelligent Bridge Maintenance System Using RFID

Table 18. Result of Field Applicability Test

Type of Tag	Pier(Concrete)		Shoe(Rubber)		Girder(Concrete)		Handrail(Aluminium)		Plain Concrete	
	Label	Metal	Label	Metal	Label	Metal	Label	Metal	Label	Metal
Receive	O	O	X	O	O	O	X	O	O	O
RECEIVING RANGE	0.5	2.2	-	1.5	0.3	2.3	-	2.0	1.0	2.8
Angle(45°)	0.3	1.3	-	-	-	-	-	-	-	-
Waterproof	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-
Waterproof Distance	0.4	2.1	-	-	-	-	-	-	-	-
Security Space of 1cm	1.5	2.2	-	-	-	-	-	-	-	-

태그ID를 입력할 수 있게 구성하였다. 현장 점검메뉴에서는 안전진단 및 정밀안전진단 세부지침에 의거하여 정기점검, 정밀점검, 보수보강 등을 점검자가 쉽게 선택하여 점검할 수 있도록 구성하였다. TagMenu는 점검하고자하는 해당 부재의 태그ID를 읽을 때 사용하는 메뉴이다.

5.1 시설물 등록

초기점검 시 교량 구조물의 기본제원과 상세제원, 점검부재의 도면이미지를 Main server의 Database에 저장하는 과정이다.

(1) 기본제원 : 교량 구조물의 관리정보, 사공정보, 교량의 전경사진 등의 교량의 기본이 되는 제원으로 교량 전경사진과 일자를 제외하고 텍스트로 입력하게 되어있다.

(2) 상세제원 : 교량의 세부제원인 설계정보, 구조형식, 부재정보 등이 있다. 설계정보 및 부재정보는 텍스트 입력으로 구성되어 있고 구조형식은 경간구성을 제외한 입력부분은 선택하여 입력



Fig. 18. Basic Data Input(Initial Inspection)

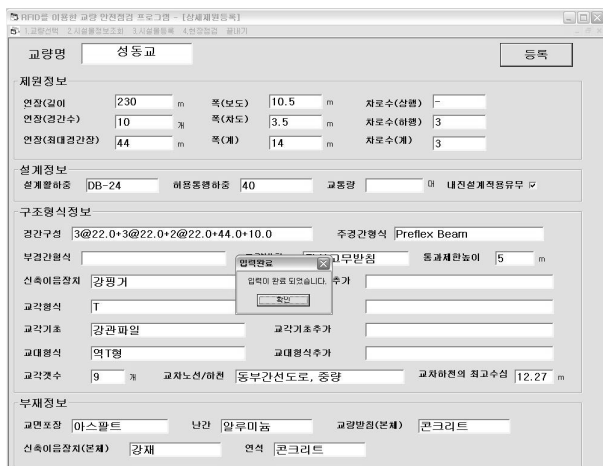


Fig. 19. Detailed Data Input(Initial Inspection)

할 수 있게 구성되었다.

(3) 도면이미지 : 외관조사도에 사용하는 부재별 이미지를 경간별 부재별로 저장하여 현장점검시 외관조사도에 손상 이미지를 표시할 때 사용한다.

5.2 현장 점검

정기점검, 정밀점검시 점검자가 간편하게 사용할 수 있는 현장사용용 Tablet PC로 부재별 외관조사도를 Main server의 DB에서 로딩하여 정기점검, 정밀점검 시 손상을 입력하고 사진촬영을 통하여 손상도면이미지와 손상사진과의 맵핑을 시키고, 이미지 프로세싱을 통하여 객관적인 상태평가를 실시한다.

5.2.1 정기 점검

현장에서 정기적인 점검을 실시할 때 사용한다. 기본정보 입력 탭에서 일자를 탭으로 처리하여 쉽게 입력할 수 있고, 나머지는 텍스트처리하여 기록하게 되어있다. 손상사진 촬영 및 맵핑 탭에서는 손상된 부분을 촬영하여 해당 경간과 맵핑한다.

5.2.2 정밀 점검

현장에서 정밀점검을 실시할 때 사용한다. 기본정보 입력 탭에서는 간단한 기본정보를 조회할 수 있게 구성하였다. 손상사진 촬영 및 맵핑 탭에서는 등록시 일정 패턴에 의하여 그려진 도면을 이용하여 디지털 카메라로 촬영된 손상사진을 해당 위치에 정확히 입력할 수 있도록 구성되었다.

5.2.3 상태 평가

상태평가는 손상의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5단계로 등급을 구분하여야 하며, 부재별 상태평가등급과 전체에

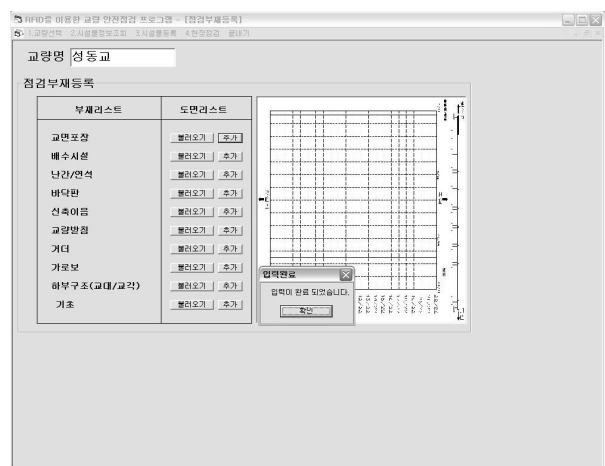


Fig. 20. Drawing Input(Initial Inspection)

RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템 개발에 관한 연구

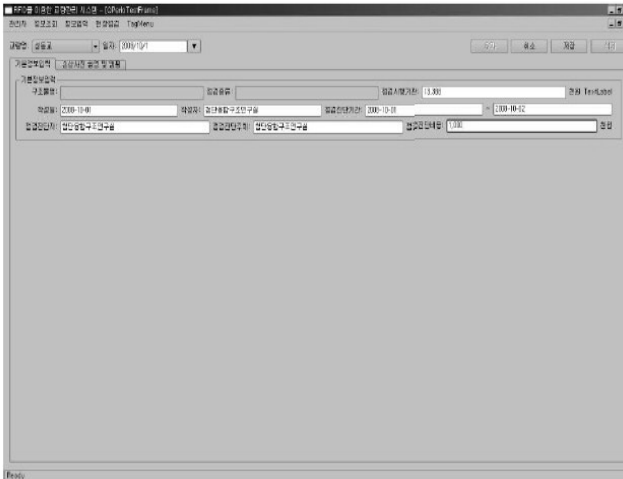


Fig. 21. Basic Data Input(Periodical Inspection)

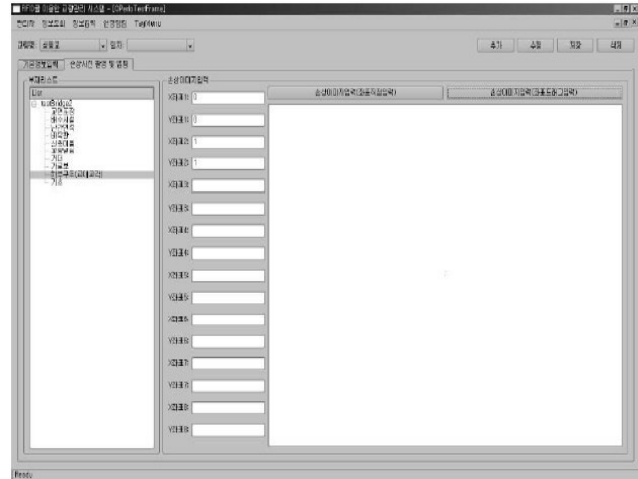


Fig. 22. Photographing and Editing(Periodical Inspection)

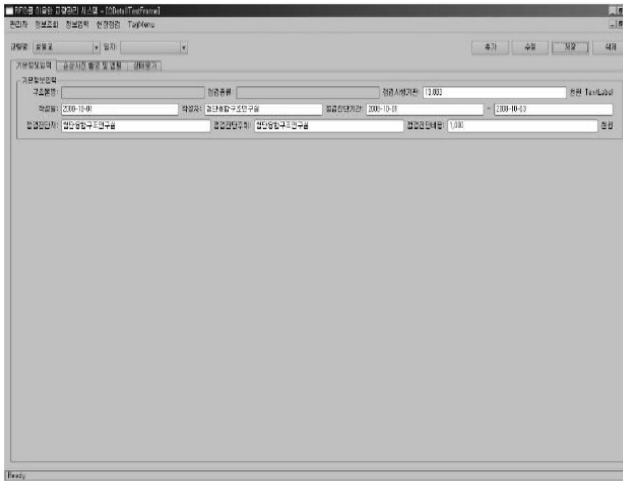


Fig. 23. Basic Data Input(Detailed Inspection)

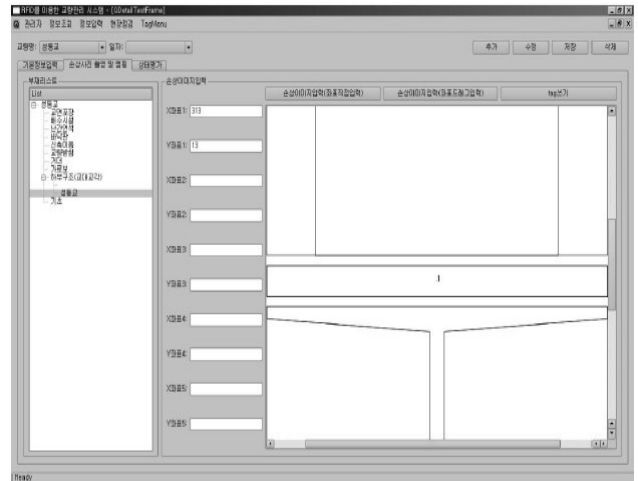


Fig. 24. Photographing and Mapping(Detailed Inspection)

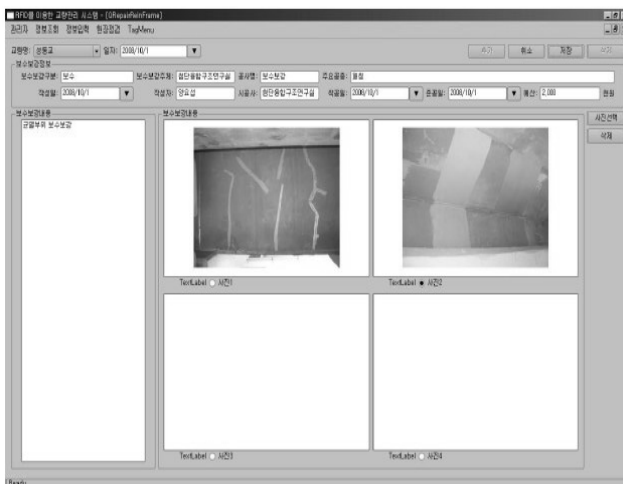


Fig. 25. Repair and Reinforcement(Site Inspection)

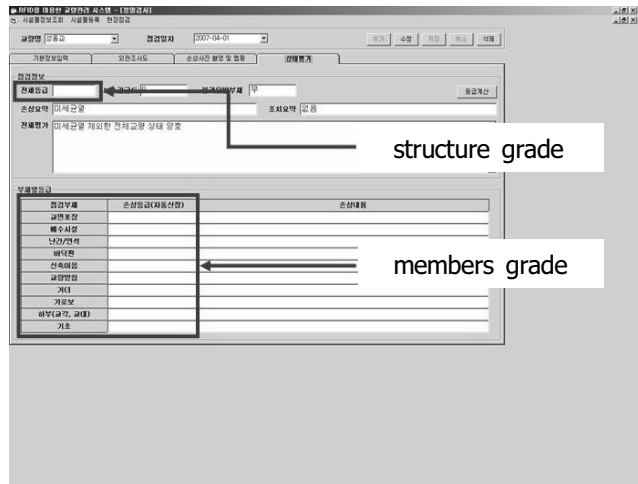


Fig. 26. Damage Condition Assessment



Fig. 27. Basic Data Inquiry



Fig. 28. Detailed Data Inquiry

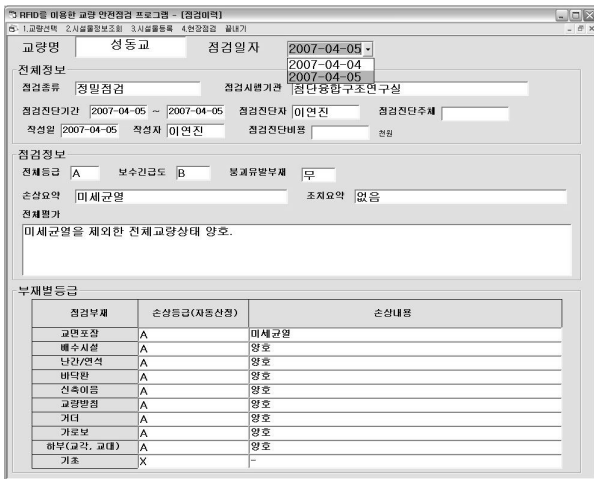


Fig. 29. Damage Condition Assessment Inquiry

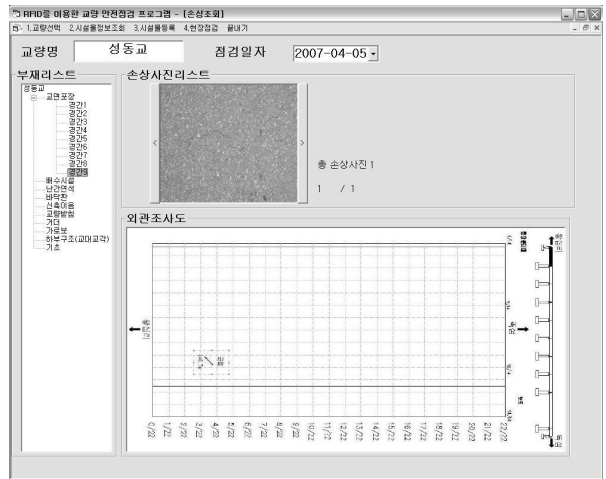


Fig. 30. Site Inspection Inquiry

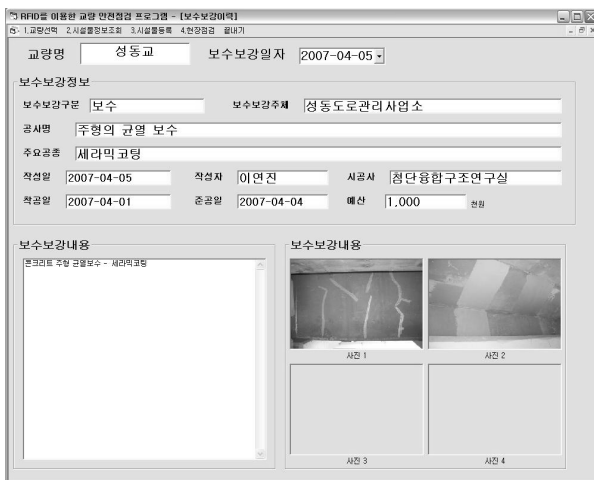


Fig. 31. History of Repair and Reinforcement Inquiry

대한상태평가등급을 사용하는데 혼란을 방지하기 위하여 부재별 상태평가등급은 소문자(a~e)를 사용하고, 전체 상태평가등급은 대문자(A~E)를 사용하여 기록한다. 상태평가기준 및 절차는 안전 점검 및 정밀안전진단 세부지침(KISTEC, 2010)에 제시된 내용에 따라 실시한다.

5.2.4 보수·보강

해당 부재에 대한 보수보강에 대한 간단한 이력을 조회할 수 있으며 탭 또는 텍스트 형식으로 보수·보강 내용을 입력할 수 있도록 구성하였다.

5.3 시설물 정보 조회

교량의 기본 및 상세제원조회, 점검이력, 보수보강이력, 손상

등의 조회가 가능하며 현장점검 시에는 Main server의 Database에서 기존 점검에 관한 상태평가와 손상 이미지 사진이 로딩되어 현장에서 곧바로 확인할 수 있는 등 부재별 손상조회를 통한 손상진행추이를 판단 가능하다.

(1) 기본제원 : 시설물 기본제원에 등록되어 있는 교량의 관리정보, 시공정보, 교량의 전경사진 등의 교량의 기본이 되는 제원조회가 가능하다.

(2) 상세제원 : 세부제원 등록에 있는 교량의 설계정보, 구조형식, 부재정보 등을 조회 할 수 있다.

(3) 상태평가 : 현장점검시 기록한 구조물의 상태평가 및 손상내용 등을 조회 할 수 있고 점검종류, 점검기간 등의 점검관련 정보 조회가 가능하다.

(4) 현장점검조회 : 경간별 부재별로 기록된 손상 이미지 및 부재별 손상정보를 조회할 수 있고 조회된 정보로부터 손상 추이 파악이 가능하다.

(5) 보수보강 이력조회 : 공종명, 보수보강 주체 등의 보수보강과 관련된 정보를 조회하고 보수보강 내용 등을 확인할 수 있다.

6. 결론

본 논문에서는 기존 아날로그형태의 유지관리 문제점을 해결하고 교량 구조물의 유지관리의 효율성 증가를 위한 RFID기반 지능형 유지관리 시스템 개발에 관한 연구를 수행하였고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 논문에서는 지능형 유지관리 시스템에 적용할 RFID 코드를 선정하기 위하여 기존의 RFID 코드체계를 연구하였으며, EPC 등의 코드를 사용하기 위해 필요한 비용을 줄일 수 있고, ISO에 기반한 코드체계가 수립되기까지 기다릴 필요 없이 바로 모바일 RFID 서비스를 제공할 수 있는 mCode를 채택하였으며, 본 시스템과 같이 RFID기반의 시설물 유지관리 시스템에 활용할 RFID코드 기준을 제시하였다. 또한 부록 1과 같이 기반시설의 종류에 따른 코드를 분류하여 RFID 기술을 U-CITY내의 모든 사회기반시설에 활용할 수 있도록 하였다.

둘째, 재료별, 각도별 태그 인식거리실험결과 일반라벨태그의 경우 수신거리가 재료별로 차이가 있으나 메탈태그의 경우 큰 차이 없이 수신율이 높았으며, 일반라벨태그와 메탈태그 모두 가로로 부착한경우보다 세로로 부착한 경우 수신거리 및 수신율이 높았다. 또한, 성동교를 대상교량으로 하여 각부재별 라벨태그와 메탈태그를 부착하여 현장 적용성 실험을 한 결과 라벨태그의 경우 고무와 알루미늄같은 전파를 흡수하거나 방해하는 재료에 대해서는 사용이 불가능하며, 표면은 콘크리트로 이루어 졌으나 내부가 철근으로 이루어진 재료의 경우 내부 철근의 영향으로

인식거리 또한 메탈태그에 미치지 못하였다. 따라서 RFID 기반의 시설물 유지관리 시스템에서는 수많은 부재에 폭넓게 활용하기 위해서는 일반라벨태그보다 메탈태그를 사용하는 것이 더욱 효과적이다.

마지막으로 본 논문에서는 RFID를 이용한 지능형 교량 유지관리 시스템을 개발하였다. 기존의 수작업에 의한 유지관리 업무에서는 점검 자료가 DB서버에 저장되기까지 유사작업의 반복적인 수행으로 인해 작업 효율의 저하, 점검 데이터의 입력오류 가능성, 효율적인 데이터 관리 및 축적된 데이터의 효과적인 활용을 기대하기 어려웠다. 본 논문에서 개발한 시스템은 점검에서 저장 및 보수·보강·평가까지 One-Stop 방식으로 데이터 입력오류 문제점을 개선하였으며, 능동-디지털 형식으로 외관조사에서 보수보강이력까지 전 과정에 대해 현장에서 데이터베이스(DB)를 구축하여 유지관리업무를 효율적으로 할 수 있다.

Reference

- Ministry of Construction & Transportation. (2007). *General planning for safety and maintenance of the infrastructure*, Research Report (2007-660), MOCT (in Korean).
- Kim, K. U., Jeong, T. G., Lee, S. C., Kim, C. S., Hwang, H. S. and Jeong, S. H. (2005). "The implementation of the real-time product control system using RFID tag." *Proceedings of the Annual Conference of KSII*, Korean Society for Internet Information, Vol. 6, pp. 331-334 (in Korean).
- Kim, C. G. (2008). "Policy of RFID/USN for ubiquitous society." *Information & Communications Magazine*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 25, No. 1, pp. 52-58 (in Korean).
- Kim, H. C. and Hong, C. P. (2004). "Technology analysis and prospect of RFID/USN." *Information & Communications Magazine*, The Korean Institute of Communications and Information Sciences, Vol. 21, No. 6, pp. 39-52 (in Korean).
- Telecommunications Technology Association. (2006). *A guideline for management of mobile RFID code*, TTA (in Korean).
- Moon, H. S. (2006). *Frameworks of advanced model for bridge maintenance information system by using ubiquitous information technology*, Master's Degree, Gyeongsang National University (in Korean).
- Park, S. H., Song, J. H. and Oh, K. S. (2008). "Systematization of construction information management using RFID." *infoDesign Issue*, Society of Design Convergence, No. 13, pp. 53-62 (in Korean).
- Park, J. S. (2006). *Technology trend and application prospect of RFID*, Research Report (in Korean).
- Park, C. W., Kwon, O. C. and Yun, S. H. (2007). "A case study on the resource management of the steel structure construction project using RFID technology." *Proceedings of the Annual Conference of KIC*, The Korea Institute of Building Construction,

- Vol. 7, pp. 93-96 (in Korean).
- Bae, K. S. and Lee, S. B. (2007). "Status of practical use of RFID/USN in construction industry." *Proceedings of the Annual Conference of AIK*, Architectural Institute of Korea, Vol. 27, pp. 423-426 (in Korean).
- Lee, G. W., Won, D. H. and Kim, S. J. (2008). "Present condition and protection of RFID." *Review of KIISC*, Korea Institute of Information Security and Cryptology, Vol. 18, No. 2, pp. 12-22 (in Korean).
- Lee, M. W., Park, H. P., Shin, E. Y., Kim, K. H., Lee, K. S. and Kang, T. K. (2006). "A basic study on the application possibility of the RFID system in re-bar work." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 10, pp. 129-136 (in Korean).
- Lee, S. B. (2004). "A study on optimal lead time selection measures of the construction materials." *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, The Korea Institute of Building Construction, Vol. 4, No. 1, pp. 105-110 (in Korean).
- Lee, Y. J. (2007). *A study on development of RFID bridge safety check system*, Doctor's Degree, Hanyang University (in Korean).
- Lee, J. H., Song, J. H. and Oh, K. S. (2008). "A study on the RFID technology application for the information lifecycle management of construction material." *infoDesign Issue*, Society of Design Convergence, No. 15, pp. 101-111 (in Korean).
- Lee, J. H., Song, J. H. and Oh, K. S. (2009). "A study on developing a context-aware scenario for the RFID application of the information management on the construction materials." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Vol. 25, No. 3, pp. 111-118 (in Korean).
- Lee, J. Y., Kim, S. W. and Choi, S. Y. (2005). "A study on the implementation of RFID for Korean defense." *Journal of the Military Operations Research Society of Korea*, Military Operations Research Society of Korea, Vol. 31, No. 1, pp. 58-72 (in Korean).
- Lee, M. H. and Park, Y. J. (2008). "Market prospect and applications analysis on RFID/USN." *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 19, No. 6, pp. 3-12 (in Korean).
- Oh, S. W., Chae, J. S. and Pyo, C. S. (2010). *RFID technology standardization trends*, Electronics and Telecommunications Trends, Electronics and Telecommunications Research Institute, Vol. 25, No. 4, pp. 1-10 (in Korean).
- Yang, Y. S. (2009). *A basic study on bridge maintenance using RFID*, Master's Degree, Hanyang University (in Korean).
- Yu, H. C., Kim, C. R., Lee, J. S., Lee, Y. S., Kim, J. H. and Kim, J. J. (2008). "Analyzing impact factors for improving the use of RFID in construction site." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Vol. 24, No. 12, pp. 151-158 (in Korean).
- Jang, M. S., Yoon, S. W., Chin, S. Y. and Kim, Y. S. (2004). "Implementing radio frequency identification in the curtain wall process management." *Proceedings of the Annual Conference of AIK*, Architectural Institute of Korea, Vol. 24, pp. 491-494 (in Korean).
- Jang, S. W., Yu, H. C. and Kim, J. J. (2009). "A study on the improvement direction of RFID using satisfaction-importance matrix in construction fields." *Journal of The Korea Institute of Building Construction*, The Korea Institute of Building Construction, Vol. 9, No. 2, pp. 47-54 (in Korean).
- Ju, H. T., Kim, K. H., Kim, K. W. and Kim, J. J. (2007). "A study on application of RFID technology in construction field." *Proceedings of the Annual Conference of KIC*, The Korea Institute of Building Construction, Vol. 7, pp. 97-100 (in Korean).
- Choi, M. S. (2007). "An estimation of input units of construction materials by construction work types." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Vol. 23, No. 4, pp. 149-156 (in Korean).
- Pyo, C. S., Chae, J. S. and Kim, C. J. (2004). "RFID system technology." *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 15, No. 2, pp. 21-31 (in Korean).
- Han, J. G., Kwon, S. W. and Cho, M. Y. (2006). "Development of material management system and field tests using RFID technology on high-rise building construction." *Journal of Architectural Institute of Korea*, Architectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 10, pp. 121-128 (in Korean).
- Han, J. G., Lee, M. W., Kwon, S. W. and Cho, M. Y. (2004). "Readability tests of RFID for development of the finishing material monitoring systems in construction project." *Proceedings of the Annual Conference of AIK*, Architectural Institute of Korea, Vol. 24, pp. 587-590 (in Korean).
- Korea Infrastructure Safety Corporation. (2010). *A guidelines on safety inspection and precision safety diagnosis*, KISTEC (in Korean).
- Korea Internet & Security Agency. (2006). *A guidelines on encoding of RFID Code(V1.0)*, Institute for Information Technology Advancement (News Story), KISA (in Korean).


Appendix 1. Code Classification of U-CITY RFID

Mobile Code(TLC + Class + CC + IC + SC)		
IC(0000) 16bits		SC(0000000000) 48bits
Major Categories	Sub- Categories	
Transportation Facilities 01	Road (01)	00000000001~001000000000
	Bridge (02)	00100000001~002000000000
	Tunnel (03)	00200000001~003000000000
	Railroad (04)	00300000001~004000000000
	Port (05)	00400000001~005000000000
	Airport (06)	00500000001~006000000000
	Parking Lot (07)	00600000001~007000000000
	Subway Station (08)	00700000001~008000000000
	Train Station (09)	00800000001~009000000000
	Automobile Stops (10)	00900000001~00A000000000
	Track (11)	00A00000001~00B000000000
	Ropeway (12)	00B00000001~00C000000000
	Canal (13)	00C00000001~00D000000000
	Automobile/Construction machine inspection facilities (14)	00D00000001~00E000000000
	Automobile/Construction machine driving academy (15)	00E00000001~00F000000000
(Reserved)	~100000000000	
Space Facilities 02	Square (01)	10100000001~102000000000
	Green space (02)	10200000001~103000000000
	Park (03)	10300000001~104000000000
	Amusement park (04)	10400000001~105000000000
	Public open space (05)	10500000001~106000000000
(Reserved)	~200000000000	
Eco-Facilities 03	Mountain (01)	20000000001~201000000000
	Park (02)	20100000001~202000000000
	River (03)	20200000001~203000000000
	Lake (04)	20300000001~204000000000
	Shore (05)	20400000001~205000000000
	Stream (06)	20500000001~206000000000
	Atmosphere (07)	20600000001~207000000000
(Reserved)	~300000000000	

Environment basic facilities 08	Waterworks (01)	70000000001~701000000000
	Drainage system (02)	70100000001~702000000000
	Waste treatment facility (03)	70200000001~703000000000
	Water-pollution prevention facilities (04)	70300000001~704000000000
	Junkyard (05)	70400000001~705000000000
(Reserved)	~800000000000	
Commercial facility 09	Department store (01)	80000000001~801000000000
	Mart (02)	80100000001~802000000000
	Bank (03)	80200000001~803000000000
	Private educational institute (04)	80300000001~804000000000
	Restaurant (05)	80400000001~805000000000
	Accommodations (06)	80500000001~806000000000
(Reserved)	~900000000000	
Industrial facilities 0A	Manufacturing plant (01)	90000000001~901000000000
	Farm (02)	90100000001~902000000000
	Livestock farm (03)	90200000001~903000000000
	Fish farm (04)	90300000001~904000000000
	Mine (05)	90400000001~905000000000
(Reserved)	~A00000000000	
Housing facility (0B)	Detached house (01)	A0000000001~A01000000000
	Apartment house (02)	A0100000001~A02000000000
	Residential and commercial complex (03)	A0200000001~A03000000000
(Reserved)	~B00000000000	
Recreational facilities (0C)	Karaoke bar (01)	B0000000001~B01000000000
	Bar (02)	B0100000001~B02000000000
	Casino (03)	B0200000001~B03000000000
	Dance hall (04)	B0300000001~B04000000000
(Reserved)	~C00000000000	
Correctional/ Military facility (0D)	Prison (01)	C0000000001~C01000000000
	Training school (02)	C0100000001~C02000000000
	Military facilities (03)	C0200000001~C03000000000
	(Reserved)	~D00000000000
0B00~FFFF		A01000000000~FFFFFFF.FFFFFF

Appendix 2. Temporary Registration of Mobile RFID Code

Distribution/ Supply facilities 04	Distribution industry facility (01)	30000000001~301000000000
	Piped water facility (02)	30100000001~302000000000
	Electric installation (03)	30200000001~303000000000
	Gas supplying facility (04)	30300000001~304000000000
	Heat supply facility (05)	30400000001~305000000000
	Broadcasting communication facility (06)	30500000001~306000000000
	Common ditch (07)	30600000001~307000000000
	Marketplace (08)	30700000001~308000000000
	Oil storage cavern/Oil pipeline (09)	30800000001~309000000000
(Reserved)	~400000000000	
Public establishment/ Physical plant/ Cultural facilities 05	School (01)	40000000001~401000000000
	Public stadium (02)	40100000001~402000000000
	Public office building (03)	40200000001~403000000000
	Cultural facilities (04)	40300000001~404000000000
	Physical training facilities (05)	40400000001~405000000000
	Library (06)	40500000001~406000000000
	Research facilities (07)	40600000001~407000000000
	Social welfare facility (08)	40700000001~408000000000
	Public vocational training facility (09)	40800000001~409000000000
	Teenagers training facilities (10)	40900000001~40A000000000
(Reserved)	~500000000000	
Facilities for damage prevention 06	Stream (01)	50000000001~501000000000
	Retarding basin (02)	50100000001~502000000000
	Reservoir (03)	50200000001~503000000000
	Fire prevention equipment (04)	50300000001~504000000000
	Wind protection facility (05)	50400000001~505000000000
	Protective facilities against floods (06)	50500000001~506000000000
	Wild batherbaung facility (07)	50600000001~507000000000
	Tide weir facility (08)	50700000001~508000000000
(Reserved)	~600000000000	
Health facilities 07	Crematorium (01)	60000000001~601000000000
	Public burial ground (02)	60100000001~602000000000
	Charnel facilities (03)	60200000001~603000000000
	Funeral hall (04)	60300000001~604000000000
	Slaughter house (05)	60400000001~605000000000
	Medical facility (06)	60500000001~606000000000
(Reserved)	~700000000000	



IT839로 U-KOREA 실현
한국인터넷진흥원

수신자 한양대학교 토목공학과
(경유) 조병환 교수

제목 모바일 RFID 코드 임시등록 완료 통보

- 귀 교의 우공한 발전을 기원합니다.
- '토목 제2007-11(2007.05.21) : mCode 발급 요청의 건' 관련입니다.
- 귀 교에서 신청하신 모바일 RFID 코드가 아래와 같이 임시등록이 완료 되었음을 알려 드립니다.

임시 등록내역	
등록기관	한양대학교 토목공학과
등록인	조병환 교수
임시등록코드	코드종류 mCode (TLC : EFF4) Class/CC 5_/03274

4. 향후 모바일 RFID 코드 정식 등록 서비스 추진시 임시등록된 코드가 우선 등록될 수 있도록 할 예정이며, 추후 자세한 사항은 이메일로 안내해 드리겠습니다. 끝.

한국인터넷진흥원

