韓國地形空間情報學會誌 第17卷 第2號 2009年 6月 pp. 101-112

연구논문

U-City기반시설물의 관리운영절차 및 적용기술에 관한 연구 : 교량 관리운영을 중심으로

A Study on the Process of U-City Based Facilities for Management : Case of Bridge

노도영* · 박경호** · 장우식***

Roh, Do Yeong · Park, Kyeong Ho · Jang, Woo Sik

要 旨

본 연구는 U-City기반시설을 효율적으로 관리운영할 수 있는 절차와 적용 가능한 기술 제시를 목적으로 하였다. 이를 위해서 기존 도시기반시설물의 관리운영 절차를 분석하고 이를 토대로 U-City기반시설의 관리운영의 절차를 제시하였으며, U-City기반시설의 관리운영 절차는 정기점검, 정밀 및 긴급점검, 정밀안전진단 그리고 일상업무와 긴급업무로 구분하였다. 또한 이러한 U-City기반의 시설물 관리운영에 필요한 기술들을 분석하고 적용 가능한 기술들을 제시하였다. 향후 본 연구를 토대로 U-City기반시설에 대한 관리운영 절차가 확립된다면 시설물 관리운영의 효율성과 안전성이 크게 개선될 것이다. U-City기반의 시설물의 관리는 결과적으로 대시민 서비스의 질 향상과 도시경쟁력 제고로 이어질 것이며, 이는 시민들이 안전하고 편리한 생활을 영위할 수 있는 환경 구축의 토대가 될 것이다.

핵심용어 : 유비쿼터스도시, U-City기반시설물, 시설물관리운영, 교량

Abstract

This Study is U-City based facilities analysis procedures and techniques of the effective management. We analyze the existing procedure of the management of urban based facilities. And U-City based facilities of management procedures were presented. U-City based facilities were classified regular inspection, safety inspection, emergency inspection, accurate safety diagnosis, routine work and emergency work. We analyze the skills required in the management of these facilities. The procedures for the management of U-City based facilities will improve efficiency of urban management and safety of citizen. As a result, the management of U-City based facilities will lead to improving the quality of services for citizens and competitiveness of the city. Furthermore, this will be the foundation of the environment that people can enjoy safe and convenient life.

Keywords : Ubiquitous City(U-City), U-City Based Facility, Facility Management, Bridge

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

"유비쿼터스도시(이하 U-City)"라는 새로운 도시패러다임이 생겨난 이후, 그 동안 많은 관련 기관에서 논의되어 온 U-City에 대한 정의는 미래기술, 고도화된 정보화 환경, 첨단 서비스 등의 의미를 공통적으로 포함한다. 따라서 U-City는 "첨단 정보기술이 융·복합된 인간 중심의 지능형 미래도시"로 정의할 수 있다. 새로운 도시패러다임 변화 속에서도 불변의 법칙이 있다면 인간은 안전성과 편리성을 추구한다는 점이다.

인간의 삶을 추구함에 있어서 안전성은 가장 중요한 항목 중 하나이다. 가장 기본적인 개념인 도시의 교통이나 치안뿐만 아니라 정치, 경제, 사회, 문화적인 모든 면에서 안전은 필수요소이다. 그리고 인간생활에 있어서 도시의 다양한 서비스 및 기능을 제공받아 생활의

2009년 5월 11일 접수, 2009년 6월 8일 채택

* 정회원 · (주)G608컨설팅그룹(droh1024@daum.net)

** (주)G608컨설팅그룹(khopark@gmail.com)

*** 교신저자 · (주)G608컨설팅그룹(jetli78@naver.com)

편리함을 유지할 수 있도록 만들어야 한다.

그러나 U-City를 계획하고 건설함에 있어서 삶의 질 향상과 주민 안전, 복지 측면에서 중요한 역할을 하는 u-도시기반시설의 관리 · 운영에 대한 구체적인 방안마련은 미진한 실정이다. 따라서 본 연구는 u-도시기반시설을 효율적으로 유지관리하고 운영하며, 서비스를 제공하는 방안 도출을 목적으로 한다. 세부적으로는 U-City기반시설물의 관리운영절차 및 적용기술을 제시하며, 특히 교량분야를 사례로 시설물 관리운영 절차를 제시한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 시간적 범위는 u-Eco City사업의 연구기간인 2007년부터 2013년까지이며, 공간적 범위는 U-City법에 따라 수립해야 하는 U-City계획의 관할 행정구역이다. 그리고 본연구의 내용적 범위는 u-Space 환경의 도시기반시설 관리 및 운영 방향을 제시하기 위한 관리 및 운영 유형, 적용기술 등을 분석하여 도출하고 이를 종합하여 도로분야에 적용하는 것이다.

연구방법으로는 u-도시기반시설 관리 및 운영절차을 도출하고 연구의 흐름과 u-도시기반시설의 관리 및 운영모델을 구상하기 위하여 도시기반시설 관리 및 운영과 관련된 이론 및 국내외 선행연구를 검토하였다. 또한 중앙부처와 지자체에서 추진중인 도시기반시설 관리 및 운영현황과 문제점을 도출하여 u-도시기반시설 관리 및 운영모델에 반영하였고, 외국의 성공사례를 검토하여 모델 구축에 필요한 시사점들을 도출하였다.

2. 선행연구 검토 및 개념정립

2.1 선행연구 검토

U-City기반시설물의 관리운영과 관련한 선행연구로서 김은형외(2009)는 유비쿼터스 환경에서 도시공간정보의 효율적 활용과 상호운용성 기반의 지능형 도시공간정보 연계통합을 위한 '지능형 도시공간정보 연계통합 모델'을 제시하였다[1]. 이용주외(2008)는 U-City 건설에 따른 도시기반시설물의 관리 중 특히 교통시설물의 관리를 위한 USN기반 서비스 모델을 구축하기 위하여 관련 현황을 분석하고 이에 대한 발전 방향을 제시하였다[2]. 김정훈외(2008)는 기존 상 · 하수도 단위시스템에서 제공하는 조회 및 편집기능이외에도 USN 및 RFID를 적용하여 활용할 수 있는 지능화된 지하시설물 관리업무를 도출하고, 기존 상 · 하수도 단위시스템과의 연계 모델을 제시하였다[3]. 김해명외(2007)는 지방자치단체에서 공통으로 관리하고 있는 도시기반시설물의 목록을 정의하고 표준항목을 정립하며 표준사양을 작성하여 "도시기반시설물전자라이브러리" 구축 방안을 제시하였다[4]. 편무욱외(2007)는 도시의 근간을 이루는 토목사업중 도로를 설계함에 있어 관련되는 유비쿼터스 요소기술을 도출하고, 이를 설계에 반영하므로 u-건설의 실질적인 접근방향을 모색하고 동시에 지속적인 u-건설이 가능할 수 있는 기반을 제시하였다[5]. 함성일외(2006)는 대표적 지하구조물인 지하철 승강장과 승강장으로 이어지는 통로에서 센서노드들간의 채널 상태, 패킷 수신율 동을 측정하고 측정 결과를 바탕으로 배치 전략을 제안하였다[6]. 남상관 · 구지희(2006)는 기 개발된 NGIS 사업 성과와 향후 유비쿼터스 관련 기술의 도입에 따른 GIS 기술의 활용에 초점을 맞추고, U-City 등 지능형 도시관리분야에서의 공간정보 활용 가능성과 이를 위해 개발해야 할 공간정보 기술에 대해 제시하였다[7]. 김태영외(2006)는 U-City를 위한 지능형 도시정보 컨버전스 시스템 개발 프로젝트의 일환으로 지하구조물에서의 재난 방지를 위한 사고 처리 모델(시나리오)를 제안하였다[8].

U-City기술과 관련한 선행연구로 이근우외(2008)는 RFID 기술의 현재 상황을 파악할 수 있도록 RFID의 활용 현황과 보호대책을 제시하였다[9]. 김호원외(2008)는 국내의 센서네트워크 산업 분야에서 특히 취약한 것으로 알려져 있는 보안 기술관점에서 센서네트워크 동향을 살펴보고, 센서네트워크 보안 기술 개발 현황을 제시하였다[10]. 이근호 · 민영훈(2005)은 U-City 표준모델에 따른 구현기술 정립을 위한 전략적 접근방법으로 기술의 적합성, 기술의 수용성, 기술의 유연성, 기술의 파급성 등을 검토하였다[11]. 전호인외(2005)는 U-City를 구현하는 데에 핵심적으로 필요한 BcN 기술과 무선 네트워킹 기술의 개요 및 표준화 동향에 대해 알아보고 이 기술들을 적용하여 U-City를 구현할 때 반드시 고려하여야 할 핵심이슈들을 논하였다[12].

이상과 같이 U-City기반시설물의 관리운영 및 U-City 기술과 관련한 선행연구들을 검토하였다. 검토결과 선행연구들은 U-City기반시설물의 관리운영의 필요성과 현황중심의 개념적 연구들이었다. 이에 반해 본 연구는 U-City기반시설물의 관리운영을 위한 구체적인 절차 및 적용기술을 제시하고 있다는 점에서 차별성이 있다.

2.2 개념정립

U-City기반시설은 U-City기술과 U-City서비스와 함께 U-City의 3대 구성요소이며, 건설 · 정보통신 융합기술이 적용된 지능화된 시설과 정보통신망이다. 즉, 사람과 사물로부터 발생하는 U-City정보를 취득, 전달, 저장, 제공하는 기본시설이다. 기존 도시기반시설이 도

시의 기능을 유지할 수 있게 해주는 시설들을 의미한다면, U-City기반시설은 기존의 도시기반시설 기능에 상황감지기능, 상황정보를 전달해주는 유무선 정보통신망, 그리고 시설과 정보를 관리할 수 있는 통합관리센터 등을 의미한다. 따라서 U-City기반시설의 관리・운영이라 함은 U-City기반시설을 통하여 U-City서비스를 제공하고 각 U-City기반시설에 대한 유지관리를 수행함을 의미한다.

본 연구에서는 U-City기반시설을 관리・운영하기 위한 구성요소를 크게 지능화 시설, 업무, 공간정보로 구분하였다. 먼저 지능화 시설은 “국토의 계획 및 이용에 관한 법률” 제2조6항과 13항에 제시되어 있는 도시기반시설에 건설・정보통신 융합기술이 적용하여 지능화한 시설을 의미하며, 시민에게 직접적으로 정보를 제공하기 위해 정보를 측정하는 기능을 담당하는 시설이기도 하다. 지능화 시설의 범주로는 교통시설, 공간시설, 유통・공급시설, 공공・문화체육시설, 방재시설, 보건위생시설, 환경기초시설, 공공용시설 등이다. 그리고 도시기반시설과 관련된 모든 업무는 도시기반시설에 관한 관리 및 운영에 관한 제도에 따라 적절한 시기와 행동요령 등의 규정을 통해 이루어진다. 도시기반시설 관리 및 운영에 관한 제도는 시설물 안전관리에 관한 특별법/령/지침, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률 등이 있으며 현재 국토해양부에서는 U-City기반시설 관리・운영 지침 등을 수립하고 있다. 또한 U-City기반시설에 대한 공간정보는 지적도, 지형도 등의 도면형태의 정보로 위치정보와 기본적인 속성정보로 구성된다. 현재 공간정보는 국가GIS사업을 통해 대부분의 지자체에서 구축이 완료된 상태이다.

3. U-City기반시설물 관리운영 절차

3.1 도시기반시설물의 관리운영 절차

도시기반시설물은 ‘시설물의 안전관리에 관한 특별법’에 따라 안전점검과 유지관리를 하고 있다. 안전점검은 정기점검, 정밀점검, 긴급점검으로 구분하여 실시한다. 그리고 정밀안전진단은 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정될 때 실시한다. 안전점검의 실시시기와 관련하여 정기점검은 6개월에 1회 이상 실시하며, 긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계 행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때 실시한다. 정밀점검 및 정밀안전진단 실시시기는 안전등급에 따라 다음 표 1과 같이 실시한다.

표 1. 정밀점검 및 정밀안전진단 실시시기

안전 등급	정밀점검		정밀안전진단
	건축물	그 외 시설물	
A등급	4년에 1회 이상	3년에 1회 이상	6년에 1회 이상
B・C 등급	3년 1회 이상	2년에 1회 이상	5년에 1회 이상
D・E 등급	2년에 1회 이상	1년에 1회 이상	4년에 1회 이상

도시기반시설물의 일반적인 정기점검 절차는 사전조사, 현장조사, 조사결과 검토 및 분석, 보고서 작성으로 이루어진다. 그리고 정밀점검 및 긴급점검의 일반적인 절차는 사전조사, 현장조사・시험・측정, 조사결과 검토 및 분석, 안전성평가(필요시), 상태평가, 종합평가, 보고서 작성의 과정으로 진행된다. 마지막으로 정밀안전진단의 일반적인 절차는 사전조사, 현장조사・시험・측정, 조사결과 검토 및 분석, 상태평가, 안전성 평가, 종합평가, 보수・보강방법 제시, 보고서 작성의 과정으로 진행된다.

3.2 U-City기반시설물 관리운영 절차

기존 도시기반시설물과 U-City기반시설물의 큰 차이점은 U-City기술의 적용유무이다. U-City기반시설물은 도시기반시설물에 상황인식 센서를 부착시키고, 여기서 얻어진 데이터를 USN 등을 통해 통합운영센터로 전송시켜서 관리 및 제어를 한다는 것이 가장 큰 차이점이다. U-City기반시설물의 관리・운영 절차를 정기점검, 정밀점검, 정밀안전진단, 긴급점검으로 구분하여 제시하였다.

3.2.1 정기점검

기존 도시기반시설물의 정기점검 과정은 인력이 직접 현장에 출동하여 육안으로 시설물의 외관 상태를 조사하고 결과를 정리하여 보고서를 작성하였다.

즉 관리자의 육안으로 시설물의 손상, 결함 등을 정기적으로 점검하였다. 반면에 U-City기술을 접목한 U-City기반시설물의 정기점검은 관리자의 현장 출동 없이 시설물의 안전점검이 가능하다. 즉 U-City기반시설물의 정기점검은 통합운영센터에서 시설물에 설치된 센서의 상태정보를 전송받고 센서모니터링을 통한 평가가 이루어진다. 특히 변경된 정보는 자동으로 갱신되므로 기존 점검방식보다 편리하고 효율적인 관리가 가능하다. 그리고 기존 정기점검의 경우 6개월에 1회에 한하여 실시하는 반면 U-City기반시설의 정기점검은 센서를 통한 실시간 관리가 가능하다(그림 1참조).

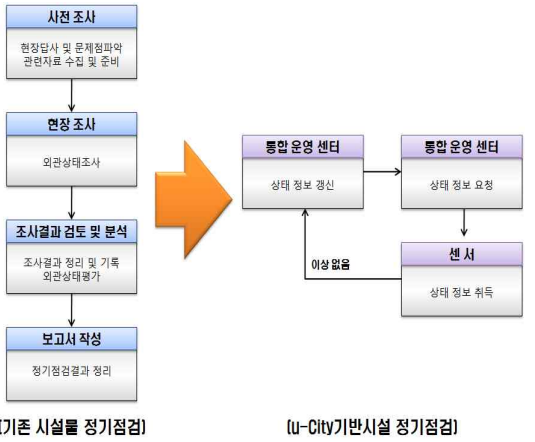

그림 1. U-City기반시설 정기점검 흐름도

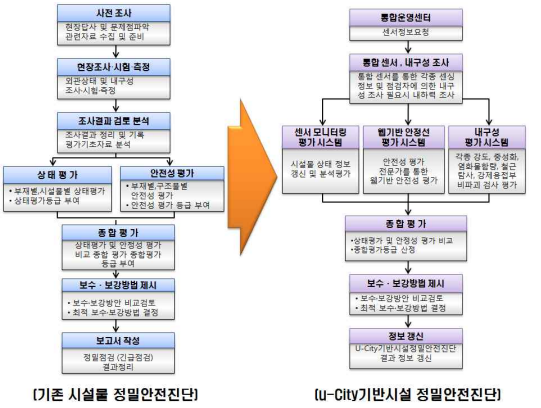

그림 2. U-City기반시설 정밀안전진단 흐름도

3.2.2 정밀점검 및 긴급점검

기존 도시기반시설물의 정밀점검 또는 긴급점검은 육안검사와 간단한 측정 기구를 이용한 점검방식이다. 이러한 점검방식은 인력이 현장이 집적 투입되어 육안에 의한 외관 조사 및 간단한 시험 측정을 통해 시설물을 점검하고 보고서 형식의 데이터를 자체 입력하는 수동적 점검방식이다. 그러나 U-City기반시설물의 정밀점검 및 긴급점검은 각종 센서를 통한 시설물의 각종 상태 정보를 실시간으로 통합운영센터에서 확인할 수 있으므로 현장 확인 및 측정 기구를 통한 점검이 불필요하다. 이는 유비쿼터스 환경기반의 시스템을 통한 시설물의 상태평가 및 안전성 평가가 가능하기 때문이다.

따라서 U-City기반시설물의 정밀점검 및 긴급점검의 절차는 다음 그림 2와 같이 통합운영센터에서 점검대상 시설물의 센서정보를 요청하게 되고 수집된 센서정보를 토대로 시설물의 상태를 분석하고 평가등급을 부여한다. 그리고 상태평가결과 안전성평가가 필요할 경우 안전성 평가시스템으로 평가를 수행할 수 있다. 이러한 상태 및 안전성 평가 결과를 토대로 현 상태와 이전 상태를 비교 검토해서 사용제한 및 금지 등을 종합적으로 판단한다. 또한 대상 시설물에 대해 정밀안전진단 실시 여부를 결정하고 시설물의 손상과 결함정도 및 보수 · 보강 규모 등을 종합평가한다. 그리고 정밀점검 및 긴급점검에 대한 종합평가에 대한 보고서를 작성한다.

3.2.3 정밀안전진단

기존 도시기반시설물의 정밀안전진단은 정밀한 육안조사와 시험/측정 장비를 사용하여 시설물의 결함을 발견하고 조치하기 위하여 안전성, 결함의 원인 등을 검토, 분석, 평가하고 보수 보강방법을 제시한다. 특히 정밀안전점검은 정밀점검 업무이외에 내구성 및 내하력 조사를 통한 정밀한 진단을 수행하여 보수 · 보강 방법을 제시해야 한다. 기존 도시기반시설물에 대한 정밀안전진단 역시 안전점검과 마찬가지로 인력에 의한 현장조사와 장비를 이용한 시험 및 측정을 수행한다. 그러나 U-City기반시설물에 대한 정밀안전진단은 U-City기반시설물의 안전점검과 동일하게 통합운영센터를 중심으로 진단업무가 진행된다. 따라서 U-City기반시설물에 대한 정밀안전진단 절차는 다음 그림 3과 같이 통합운영센터에서 대상 시설물의 센서정보를 수집하고 센서 모니터링 평가 시스템, 웹기반 안전성 평가 시스템, 내구성 평가 시스템 등을 통해 분석 및 평가가 가능하게 될 것이다. 또한 이러한 분석 및 평가를 토대로 종합평가 등급을 부여할 수 있으며, 최적의 보수 · 보강 방법을 제시할 수 있다. 정밀안전진단 종합평가에 대한 결과들은 향후 U-City기반시설물 관리에 지속적으로 활용될 것이다.

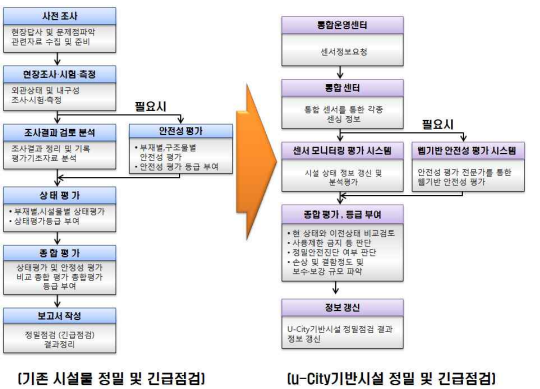

그림 3. U-City기반시설 정밀 및 긴급점검 흐름도

3.2.4 일상 및 긴급업무 적용

앞에서 언급한 U-City기반시설 안전점검 및 정밀안전진단을 기반의 일상업무는 점검시기에 센서에 의해 DB화된 시설물 상태 정보를 분석하여 상태 변화 여부를 확인하고 그에 따른 적절한 조치(보수·보강)방법을 제시함으로서 시설물의 제 기능을 발휘할 수 있도록 조치를 취한다. 그림 4는 일상업무 적용상황에서의 시설유지관리 업무절차를 시설관리 구성요소에 따라 나타낸 것이다.

U-City기반시설 유지관리에 긴급업무를 적용한 상황별 유지관리는 일상업무와는 다르게 시설물의 손상이나 균열등 심각한 변화 정보를 센서에서 감지함과 동시에 업무절차가 이루어진다. 긴급업무는 재해·재난은 물론, 각종 사건사고, 행사 등의 시민활동, 각종 천재지변에 의해서 상황이 발생되어 시설물에 손상 또는 변화된 사항을 센서를 통해 정보화 시키고 빠른 대응 및 조치를 행한다.

긴급업무에 시행하는 점검은 긴급점검을 실시하며 점검절차는 그림 2와 같으며, 긴급업무 적용상황에서의 시설유지관리 업무절차를 시설관리 구성요소에 따라 나타내면 다음 그림 5와 같다.

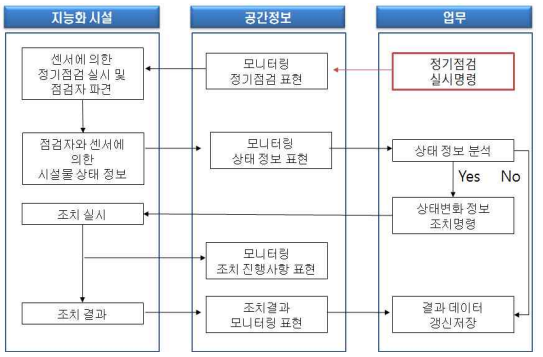

그림 4. 일상업무 적용상황 유지관리 업무절차

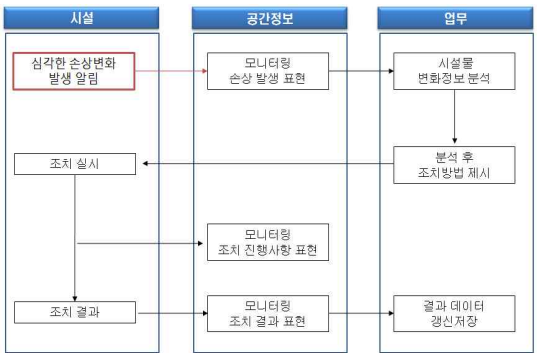

그림 5. 긴급업무 적용상황 유지관리 업무절차

3.3 U-City기반 교량 관리운영 시나리오

시설물 안전관리에 관한 특별법에서는 교량을 1종 시설물에 포함하여 각 도시별 관리주체가 시설물이 안전하게 유지관리 될 수 있도록 하기 위하여 5년마다 시설물의 안전과 유지관리에 관한 기본계획을 수립·시행해야 한다고 명시되어 있다[12]. U-City기반시설물로서의 교량의 유지관리는 교량과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편익과 안전을 도모하기 위하여 U-City기술을 이용하여 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위를 말한다. 교량의 유지관리시 시행되는 점검 및 조사 항목은 그 속성이 다양하여 현재의 센서로는 측정 불가한 항목이 있어 일부 인력에 의한 현장조사 시험이 필요하다. 따라서 점검에 필요한 정보는 센싱 정보 외에 점검자의 현장 조사도 포함하여야 한다.

3.3.1 교량 관리운영 항목

교량은 점검 부위에 따라 상부구조와 하부구조로 구성되어 있으며, 상부구조는 상판부와 거더로 구분하여 상판부는 교면포장, 배수시설, 방호울타리, 바닥판, 신축이음, 교량받침으로 부위를 구분하여 점검하며, 거더는 철근콘크리트, 프리스트레스트, 강재 등으로 부위를 나누어 점검한다. 하부구조는 교대, 교각, 기초 등으로

표 2. 교량 부재별 진단부위

부재구분		진단부위	
상부구조	상판부	교면포장(아스팔트, 콘크리트)	
		배수시설(배수구, 배수관)	
		방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석	
		바닥판(철근콘크리트, 강바닥판)	손상(균열, 탈락)
			열화(누수, 백태)
		신축이음(고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재)
			후타재(콘크리트)
		교량받침(강재, 고무재)	기능, 손상, 열화
	거더	철근콘크리트	중앙부 손상, 결함, 열화
			받침부 손상, 결함, 열화
		프리스트레스트	중앙부 손상, 결함, 열화
			받침부 손상, 결함, 열화
		강재	손상(균열, 처짐, 변형)
			연결부 상태
			열화(부식, 오염)
			브레이싱, 가로보
하부구조		교대 및 교각	
		기초	

부위를 나누어 점검한다. 표 2는 교량 상부구조와 하부구조의 진단부위를 나타낸 것이다.

교량 관리는 시설물의 결함 및 손상원인을 규명하고, 보수 · 보강공법을 선정하기 위한 정보를 얻기 위하여 점검부위별 손상유형과 점검사항을 규정해야 한다. U-City기반시설로서의 교량 관리는 센서를 통해 상태정보를 취득하기 때문에 각종 상황대응에 신속하고 편리하게 대응할 수 있다. 따라서 점검자가 현장에서 점검하고자 하는 손상유형 및 점검사항을 파악하여, 점검사항에 맞는 적절한 센서 등 U-City기술을 적용해야 한다. 교량의 관리운영을 위한 점검부위, 손상유형, 점검사항은 부록 1에 정리하였다.

노후화된 구조물에 대한 보수·보강은 손상구조물의 영향정도, 구조물의 중요도, 사용환경조건 및 경제성 등에 의해서 보수·보강방법 및 수준을 정하여야 한다. 보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 또 보강을 위해서는 안전성평가 결과 등을 정밀검토 후 보수·보강 필요성, 방법 및 그 수준을 제시해야 한다. 보수의 필요성은 발생된 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하며, 이를 위해 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다. 보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가해야 하는지를 판단한다.

3.3.2 교량의 정기점검

기존의 교량 정기점검은 반기별로 1회 이상 정기적으로 정밀 육안 점검 및 장비를 이용해 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항을 그림 또는 도면에 기록하는 업무형태이다. U-City기반시설로서의 교량의 정기점검은 기존 교량 정기점검과 다르게 센서를 통한 교량 센싱 상태정보를 통해 현장의 육안조사 없이도 센서모니터링을 통한 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항의 상태평가가 가능하다(표 3참조). 정기점검은 상태평가 후 등급은 정하지 않으며 균열 · 손상 정도에 따라 보수 · 보강이 필요할 경우 정밀안전진단 및 긴급점검을 실시한다.

표 3. U-City기반의 교량 정기점검 시나리오

순위	시나리오	구성요소
1	통합운영센터에서 상태정보를 요청	운영시설, 통신망
2	교량에 설치된 센서로부터 상부구조 하부구조의 손상 · 균열 등 상태 정보 수신	지능화시설, 통신망
3	센서에서 받은 상태 정보를 센서모니터링을 통해 상태를 평가	운영시설, 통신망
4	평가 후 정보를 갱신	운영시설

3.3.3 교량의 정밀 및 긴급점검

기존의 교량 정밀점검은 2년에 1회 이상 시설에 대한 상태변화를 확인하고 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위해 면밀한 육안검사와 간단한 측정 · 시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시하는 형태이다. U-City기반의 교량 정밀점검은 교량 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 점검으로 센서의 센싱정보를 실시간으로 센서 모니터링하여 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항의 상태평가가 가능하며, 정기점검보다 세밀한 점검 형태이다(표 4 참조).

그리고 긴급점검은 정밀점검과 흐름은 같으나 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 센서를 통해 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우 실시하며 손상 · 균열 등 상태에 따라서 보강 · 보수를 실시한다.

3.3.4 교량의 정밀안전진단

기존 교량 정밀안전진단은 관리주체의 필요시에 완공 후 10년이 경과되는 시기와 그 후 최초 5년에 1회 이상 실시함을 원칙으로 하며 외관상태, 내구성, 내화성 및 안전도의 파악, 정밀육안조사와 장비조사 및 현장시험 등을 통해 조사 · 측정 평가하여 보수 · 보강 등의 방법을 제시하는 형태이다.

표 4. U-City기반의 교량 정밀 및 긴급점검 시나리오

순위	시나리오	구성요소
1	시특법의 정밀점검 시기에 맞추어 통합운영센터에서 상태정보를 요청	운영시설, 통신망
2	교량에 설치된 센서로부터 상부구조, 하부 구조의 손상 · 균열 등 상태 센싱정보 수신(내구성 조사 시험 측정)	지능화시설, 통신망
3	센서에서 받은 상태 정보를 센서모니터링을 통해 상태를 평가(필요에 따라 안전성 평가 실시)	지능화시설, 운영시설, 통신망
4	상태평가와 안전성 평가를 종합평가하여 등급을 부여하고 현상태와 이전상태를 비교검토, 사용제한 · 금지 등의 판단, 정밀안전진단여부 결정, 손상 · 결함정도 및 보수 · 보강규모 파악 등을 수행	운영시설
5	정밀점검에 대한 정보를 갱신	운영시설

표 5. U-City기반의 교량 정밀안전진단 시나리오

순위	시나리오	구성요소
1	안전점검시 손상·결함정도가 높아 정밀한 점검이 요구될 경우 통합운영센터에서 상태정보를 요청	지능화시설
2	교량에 설치된 센서로부터 상부구조 하부고조의 손상·균열 등 상태 센싱정보 수신(내구성 및 내하력 조사 시험 측정)	지능화시설, 통신망, 운영시설
3	센서에서 받은 상태 정보를 센서모니터링을 통해 상태를 평가하고 웹기반 안전성 평가 시스템을 이용하여 안전성 평가를 실시	운영시설, 모니터링
4	상태평가와 안전성 평가를 종합평가하여 등급을 부여하고 현상태와 이전상태를 비교검토, 사용제한·금지 등의 판단, 손상·결함정도 및 보수·보강규모 파악 등을 수행	운영시설, 모니터링
5	종합 평가 결과를 바탕으로 보수·보강방안을 검토하고 최적의 보수·보강 밥법을 결정	운영시설
6	보수·보강 전문팀을 현장에 파견하여 보수·보강을 실시	-
7	보수·보강후 변화된 정보를 갱신	운영시설

U-City기반의 교량 정밀안전진단은 정밀점검의 흐름과 같으며 더불어 내구성 조사 및 내하력 조사 평가가 이루어져 정밀점검보다 정밀한 점검이 이루어지며 보수·보강방법을 제시함으로 교량의 상태를 기존의 사용가능 상태로 복구한다(표 5참조).

3.3.5 교량 관리

교량은 교통하중, 풍하중 등 다양한 원인에 따라 문제가 발생될 수 있기 때문에 다양한 센서를 부착하여 관리가 이루어지며, 센서로 취득된 정보는 통합운영센터의 안전성평가시스템의 분석을 통하여 교량의 내구성을 평가하게 된다. 이러한 교량 관리 업무절차를 U-City기반시설 구성요소인 지능화시설, 통신망, 운영시설로 재구성하여 나타내면 다음 그림 6과 같다.

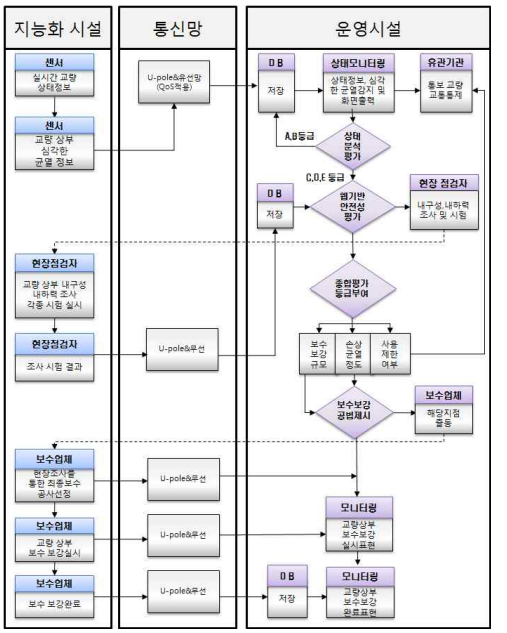

그림 6. U-City기반 교량관리 업무 절차 흐름도

4. U-City기반시설물 관리운영 적용기술

4.1 U-City기술 분류

4.1.1 U-City기술의 분류

U-City기술의 분류는 U-City법에 규정되어 있는 기반시설에 따라 분류할 수 있다. 기반시설은 지능화시설, 통신망, 운영시설로 구분할 수 있다. 먼저 지능화시설은 상황정보취득 기술로 분류되고 주요 기술로는 센싱, RFID, CCTV 기술 등이 있다. 통신망은 HFC, LAN, IP-USN 등의 유선망 기술, WiMax, WiFi, HSDPA, Blooth 등의 무선망 기술, USN, ZigBee 등의 센서망 기술, 라우터, 스위치 등 통신설비와 관련된 기술이 있다. 운영시설은 통합운영기술로서 상황판, IDC, 서버, IDS, 웹서버, SOA, EKP, EIP 등의 기술로 구성되어 있다(표 6참조).

4.1.2 시설물 관리운영 절차에 따른 단위기술 분류

U-City기반시설 관리·운영에 있어서 절차상의 흐름은 측정요청, 전송, 처리요청/응답으로 이루어진다. 측정요청 단계의 단위기술로는 센서, RFID, CCTV 기술들이 있으며 시설물의 상태정보 획득을 위한 기술들이다. 전송 단계의 단위기술은 크게 유선망, 무선망, 센서

표 6. U-City기반시설과 주요기술

기반시설	기술	주요기술 예
지능화시설	상황정보	센싱기술, RFID, CCTV 등
통신망	유선망	HFC, LAN, IP-USN
	무선망	WiMax, WiFi, HSDPA, Blooth
	센서망	USN, ZigBee
	통신설비	라우터, 스위치
운영시설	통합운영	상황판, IDC, 서버, IDS, 웹서버, SOA, EKP, EIP 등

표 7. 시설물관리 시나리오에 따른 단위기술 분석

절차	단위기술		설명
측정요청	센서		시설의 상태정보를 획득
	RFID		RFID를 통해 시설의 상태정보와 속성정보 획득
	CCTV		시설의 시각적 상태정보를 획득
전송	유선망	HFC	통합운영센터에서 주요 간선까지 광케이블, 주요 간선에서 u-Pole까지는 동축케이블로 구축한 망
		LAN	고대역폭 서비스트래픽의 안정성 및 확장성, 유지보수비용 절감 효과
		IP-USN	USN에 IP부여. 센서노드간 통신, 광대역통신망과 연계가능
	무선망	CDMA WiBro WLAN WMN	교량이나 공동구, 하폐수처리장처럼 시설에 장착된 센서의 위치가 사람이 접근하기 힘든 위치에 부착될 것을 감안하여 무선기반시설을 활용
	센서망	USN ZigBee	시설 관리가 센서정보를 통해 이루어지므로 센서네트워크 기술을 활용
	통신설비	Router Switch	시설 센서에서 생성되는 다량의 상태정보를 전송망을 통해 안정적이고 효율적으로 전송처리
처리응답	NMS		센서정보의 통신망 전송이 제대로 이루어지고 있는지 네트워크상의 장비를 모니터링
	DBMS LDAP		시설 센서정보를 실시간으로 DB에 저장
	SDW(DW)		센서부착 시설물에 대한 위치정보와 속성정보를 저장, 갱신, 데이터마이닝 실시
	WAS		수집된 정보를 기반으로 시설물의 상태를 파악
	3D GIS		센서정보의 모니터링 상황을 3D GIS로 표현하여 정확한 위치파악
측정응답	GPS		GPS를 통하여 실시간으로 자신의 위치에 대한 GPS 정보를 수집
	Mobile Web		휴대폰을 통해서 시설물의 위치정보와 속성정보 획득가능

망, 통신설비 기술로 나눌 수 있고 각 단위기술에 따라 세부기술로 나누어진다. 처리요청/응답 단계의 단위기술은 통합운영센터에서 이루어지는 단위기술이라고 볼 수 있으며, NMS, DBMS, SDW, WAS, 3D GIS 등이 있다. 마지막 단계인 측정/응답 단계에서는 시설물복구업체에서 시설물현장에 투입되었을 때 공간정보 공유를 위한 GPS, Mobile Web 기술 등이 있다(표 7참조).

4.2 U-City기반시설 관리운영 기술 분석

U-City기반시설 관리운영 기술을 상황정보 취득기술, 플랫폼 및 기반구조 기술, 요소기술, 보안 기술로 구분하여 분석하였다.

4.2.1 상황정보 취득 기술

U-City기반시설의 상황정보를 취득하기 위한 기술로는 계측, 센서, CCTV 등이 있다. 먼저 계측기술은 항목에 따라 국부적계측법과 전반적계측법으로 구분할 수 있다. 국부적계측은 국부적인 상태변화를 측정할 수 있는 온도계, 변형율계, 변위계 등의 국부측정용의 센서를 전체 구조물의 안전에 가장 위험한 단면이나 대표적인 단면에 설치한다. 전반적계측법은 구조물의 손상에 따른 구조물의 전반적인 특성 변화를 이용하는 방법으로 구조물의 기하학적 형상이나 동특성을 측정한다.

센서기술은 크게 그 측정 원리에 따라 빛의 굴절과 반사 및 투과원리를 이용하는 광학식과 조부재의 길이 변화에 따라 센서의 저항 값이 바뀌는 원리를 이용한 전기저항식, 특정한 압전재료(Piezo Material)에 힘이 가해지면 전기가 발생하는 원리를 이용한 압전식, 각종 형래의 에너지파(응력파, 음파, 초음파 등)를 구조들에 전파시켜 전달되는 특성 또는 시간의 변화를 측정하여 구조물의 이상을 측정하는 에너지파식으로 분류된다.

CCTV기술은 화상정보를 특정의 목적으로 특정 사용자에게 전달해 주는 시스템이다. CCTV의 기본구성은 영상을 촬영할 수 있는 카메라, 영상을 볼 수 있는 디스플레이, 카메라와 디스플레이를 연결시켜주는 케이블, 영상을 저장할 수 있는 저장매체로 크게 구분할 수 있다.

4.2.2 플랫폼 및 기반구조 기술

플랫폼 및 기반구조 기술은 데이터베이스 기술, 서버기술, 소프트웨어 공학 기술, 네트워크 기술, 하드웨어 기술, 운영체제 및 기반환경 기술로 구성된다. U-City 기반시설 관리 및 운영에 있어서 플랫폼 및 기반구조 기술의 필수 요건으로 데이터베이스는 관리기능이 제공되어야 한다. 그리고 정보시스템 운영에 사용되는 네트워크는 보안성, 안전성 및 확장성이 보장되도록 구축 운영 되어야 하며, 정보시스템 운영에 사용되는 통신장비는 IPv4와 IPv6가 동시에 지원되는 장비를 채택해야 한다. 하드웨어는 이기종간 연계가 가능하여야 하며, 특정한 기능을 수행하는 임베디드 장치 및 주변 장치는 해당 장치가 설치되는 정보시스템과 호환성 및 확장성이 보장되어야 한다.

4.2.3 요소기술

요소기술은 데이터 표현 기술, 사용자 인터페이스 기

술, 프로그래밍 기술, 통합패키지 기술, 데이터 교환 기술, 데이터 관리 기술로 구성된다. 요소기술에 있어서 기본적인 고려사항은 첫째, 응용서비스는 컴포넌트화하여 개발하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 데이터는 공유 및 재사용, 데이터 품질 향상, 데이터베이스 통합 등을 위하여 표준화되어야 한다. 셋째, 행정정보의 공동활용에 필요한 행정코드는 행정안전부의 '행정기관의 코드표준화 추진지침'에 따라 코드체계 및 코드를 생성해야 한다. 넷째, 패키지 도입시 패키지와 타 시스템과의 연계를 위해 데이터베이스 사용은 투명해야 하며, 다양한 포맷의 인터페이스 지원이 가능해야 한다. 다섯째, 정보시스템의 보안을 위하여 위험분석을 통한 보안계획을 수립하고, 이를 토대로 기술을 적용하며 이는 정보시스템의 구축 운영과 관련된 '플랫폼 및 기반구조', '인터페이스 및 통합', '요소기술' 및 '서비스 접근 및 전달'분야를 모두 포함해야 한다. 여섯째, 해외 사용자가 있는 정보시스템일 경우 다국어를 지원하고 국제표준통화 및 도량형을 지원해야 한다.

4.2.4 보안기술

보안 기술은 사용자인증, 전자서명, 네트워크 보안, 데이터 보안, 통합 보안, 침해사고 예방/대응, 계정 및 비밀번호, 백업, 로그, 비상계획, 개인정보 보호로 구분이 가능하다. 사용자인증은 Access Control과 SSO, EAM, IAM 기술을 구축시스템의 보안수준에 맞게 부분 적용한다. 전자서명은 행정기관 전자서명 인증기반(GPKI) 상호연동 기술표준인 행정전자서명과 전자서명인증체계기술규격인 공인전자서명을 부분적으로 적용한다. 네트워크 보안은 SSL/TLS 관련 표준, IPSec 관련 표준을 적용하고, 무선 LAN에 있어서는 SSID, WPA, Diameter 기술을 적용한다. 데이터 보안은 일반 사용자의 직접적 DB 접근을 금지하고, 어플리케이션과 DB간 데이터 교환 시 접근을 통제하거나 인증 방안을 마련해야 한다. 통합보안 기술은 정보자산의 효율적인 운영 및 관리, 침해사고 예방 및 조치 대응 능력, 일관성 있는 정보보호 정책의 수립 및 체계적인 통제기능, 상시 감시기능 구현이 요구된다. 침해사고 예방/대응은 보안 업그레이드(패치)를 정기적으로 수행하고 침해사고에 대응하기 위한 조직 구성 및 침해사고 발생시 대응 체계를 수립한다. 계정 및 비밀번호 관리를 위하여 계정등록, 변경, 폐기에 대한 운영, 승인 절차를 수립한다. 주요정보에 대하여 백업 및 복구 계획과 절차에 따라 일별/주별/월별 등 정기적인 백업을 실시한다. 백업 관리장소 및 소산장소에 대한 물리적 보안요건을 정의하고, 정의된 요건에 따라 접근통제, 화재나 수해 방지 등의 대책을 마련한다. 로그 관리를 위하여 주요시스템 및 장애에 대한 로그보관, 백업 및 분석 지침을 수립하고 로그는 최소 6개월 이상 백업을 유지 관리한다. 주요시스템 및 공개시스템은 주1회 이상의 로그분석을 실시하며 정보보호 시스템(방화벽, IDS, VPN등)의 로그는 매일 분석하고 그 결과는 관리책임자에게 보고한다. 비상계획은 공공기관 정보시스템을 위한 비상계획 및 재해복구에 관한 지침서인TTAS.KO-12.0009를 참조하여 수립한다. 또한 개인정보 보호를 위하여 '공공기관의 개인정보보호에 관한 법률'에 의한 개인정보보호지침을 준수한다.

4.3 교량 관리운영 적용기술

U-City기반시설의 관리운영을 위해 시설물별로 달리 적용되는 기술은 시설물의 상황(상태)정보를 취득하는 기술이다.

그 외 기술들인 플랫폼 및 기반구조 기술, 요소기술, 보안기술 등은 U-City기반시설물을 통합적으로 관리운영하고 관련 서비스를 제공하기 위한 공통기술이다. 즉

표 8. 교량 관리 요소에 따른 상황정보 취득기술

측정 항목	측정목적	상황정보 취득기술
변형률	허용응력 초과 여부	변형률계측 광섬유센서
진동	강성, 내하력분석, 비틀림 등 상태파악 풍하중에 의한 교량부의 횡방향 진동상태	가속도계 센서 (Servo식, 압전식, 기계식, 전기자장식, 압저항식, 반도체식, 변형률게이지식 등)
지진 가속도	교량기초에 작용하는 입력지진파형 및 차량하중에 의한 기초 전달 진동특성 파악	3방향 가속도계 센서
처짐	허용 처짐의 초과여부 판정	처짐 계측센서
경사 (기울기)	구조물의 이상거동을 사전에 파악	경사측정 계측센서
지점부 반력	받침에 작용하는 힘과 하중의 분배 변화감지	로드셀형식 계측센서
균열	균열의 진행방향 감지	3방향 균열측정 센서 접근 감지센서
온도	구조물의 신축정도, 주변환경 파악	온도센서
침하	지반의 침하에 의해 부재가 침하하는 현상의 진행 감시	차압식침하 계측센서
풍향 풍속	교량이 가설되어 있는 지역의 환경상태 파악	풍향·풍속계측 센서

이러한 공통기술은 U-City기반시설의 관리운영, U-City 정보의 생산 · 수집 · 가공 · 활용 등 정보관리, U-City 서비스의 제공 등을 위한 U-City통합운영센터 등 U-City의 관리 · 운영에 관한 시설을 구성하는데 활용된다. 따라서 본 연구에서는 U-City기반의 교량 관리운영에 적용되는 세부기술을 U-City기반시설의 공통기술을 제외한 상황(상태)정보 취득기술로 한정하였다.

U-City기반의 교량 관리운영에 있어 상황(상태)정보 취득기술은 교량자체의 안전성 평가가 가장 중요하며 안정성 평가를 위한 측정항목은 변형률, 진동, 지진가속도, 처짐, 경사(기울기), 지점부의 반력, 균열, 온도, 침하, 풍향 및 풍속 등이다. 앞의 표 8은 이러한 측정항목에 따른 측정목적과 상황정보 취득기술이다.

5. 결 론

본 연구는 U-City기반시설물의 유형분석, 시나리오 구성, 적용 가능한 기술을 분석하였다. 본 연구는 U-City기반시설의 관리 및 운영에 있어서 몇 가지 관리 및 운영 서비스만을 제시하고 적용시킨 연구가 아닌 전반적인 관리 및 운영에 대한 연구이다. 그동안 몇몇 특화된 서비스차원에서 논의되고 있었던 U-City기반시설 관리 및 운영 연구를 종합적인 관점에서 고찰하였다. 즉, 도시기반시설물의 관리운영 절차에 대한 분석을 통해 U-City기반시설물의 관리운영 절차를 유형화하였고 U-City기술 분류와 U-City기반시설에 적용 가능한 기술들을 분석하여 제시하였다. 그러나 U-City기반시설 관리 및 운영에 필요한 적용기술 도출에 있어서는 현재 많은 기술들이 개발되고 있는 시점이고 개발된 기술들도 검증이 완전하게 이루어지지 못했다는 연구의 한계가 있다. 향후 이러한 점은 지속적인 기술개발에 대한 모니터링과 검증절차를 통해 보완이 되어야 할 것이다. 또한 도출된 연구결과를 현장에 적용하기 위해서 관련 법제도의 개선 및 조직체계에 대한 연구가 추가로 이루어져야 할 것이다.

본 연구를 통해 지금까지의 도시기반시설물의 정기점검, 정밀점검 및 긴급점검, 정밀안전진단, 일상 및 긴급업무들이 U-City기반에서는 단순화, 자동화됨으로써 시설물 관리운영의 효율성이 크게 개선될 것이다. 또한 자동화된 시스템으로 지속적인 모니터링이 가능하므로 시설물 안전관리도 개선될 것으로 기대한다.

감사의 글

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원(07첨단도시 A01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. 김은형 · 최현상 · 김태훈, 2009, “u-UIS 도시공간정보 연계통합 모델 : 지상 · 지하시설물을 중심으로”, 한국공간정보시스템학회 논문지 제11권 제1호, pp.189-194.
2. 이용주 · 김지소 · 장훈 · 정진석, 2008, “U-City의 교통시설물 USN 기반 서비스 추진방향”, 한국GIS학회 2008 공동춘계학술대회, pp.510-517.
3. 김정훈 · 조춘만 · 한재일 · 이미숙 · 오효경, 2008, “지방자치단체 지하시설물 관리를 위한 지능형 상 · 하수도 관리시스템 연계 활용방안 연구”, 한국GIS학회 2008 공동춘계학술대회, pp.217-226.
4. 김해명 · 김병국 · 성정곤 · 박인만, 2007, “유비쿼터스 시대의 도시기반시설물전자라이브러리 구축 및 활용방안”, 한국공간정보시스템학회 논문지, pp.27-37.
5. 편무욱 · 이진녕 · 박재선 · 김남균, 2007, “u-건설 구현을 위한 도로설계 연구”, 2007 GIS 공동춘계학술대회 논문집, pp.441-446.
6. 함성일 · 원종호 · 이성렬 · 리준걸 · 김종권, 2006, “유비쿼터스 도시를 위한 지하 구조물에서의 센서 노드 배치 전략”, 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집, pp. 217-221.
7. 남상관 · 구지희, 2006, “u-GIS 기반 도시 시설물 지능화 방안 연구”, 한국공간정보시스템학회 학술대회 논문집, pp.49-52.
8. 김태영 · 이용우 · 김주현 · 홍필두 · 전철민, 2006, “유시티의 지하구조물 사고처리에 관한 연구”, 한국인터넷정보학회 학술발표대회 논문집, pp.239- 243.
9. 이근우 · 원동호 · 김승주, 2008, “RFID 활용 현황 및 보호대책”, 정보보호학회지 제18권 제2호 pp. 12-22.
10. 김호원 · 이석준 · 오경희, 2008, “센서네트워크 보안 기술 개발 동향”, 정보보호학회지 제18권 제2호, pp.33-39.
11. 이근호 · 민영훈, 2005, “U-City 기술 전략과 RFID/USN의 U-City응용”, 한국통신학회지(정보와통신) 제22권 7호, pp.26-40.
12. 국토해양부, 2008, “시설물의 안전관리에 관한 특별법”.

부록 1. 교량 점검부위별 점검사항

점검부위		손상유형	점검사항	점검부위		손상유형	점검사항
교면포장	아스팔트	균열	초기 미세균열	교량받침	기타	신축유간부족	신축방향으로 이동제한장치와 접촉
			선상균열			수직보강재와 받침편기	플랜지 및 복부판 국부 변형
			격자상 균열			받침과 거더의 분리	받침과 거더 밀착되지 않음 (곡선교, 사교)
		요철, 단차	바퀴자국, 소성변형, 단차발생 팻칭 및 보수부위 소성변형			받침수평 설치불량	받침을 경사지게 설치, 소울 플레이트, 경사 미고려
		함몰	포장면 패임 및 함몰			받침과 부속물의 접촉장애	받침과 부속품 접촉으로 가동장애
		물고임 (체수)	횡단 및 종단구배 불량			받침가동방향 오물퇴적	콘크리트 덩어리 등 오물퇴적
			배수구 설치간격 부적절및유출구 크기작음			가동방향과 다르게 설치	고정, 가동 받침의 설치방향 착오
	콘크리트	철근콘크리트 바닥판 기준에 준함				앵커볼트 파손	앵커볼트 파손, 절단
배수시설		파손, 배수관 길이	연결 고정부 탈락으로 흔들림	철근콘크리트거더		물고임	받침대 높이가 낮은 부위 물고임
			배수관 파손, 부식		중앙부	균열	하면 및 난간부 횡방향 균열
			길이부족으로 거더에 물 떨어짐			박리, 파손, 철근노출, 파단	피복두께 부족, 철근노출, 부식
		누수, 물고임 (체수)	배수관 내부 막힘		받침부	균열	받침부 측면 경사균열, 하면 및 난간부 횡방향 균열
		오염	배수구 및 배수관 오물퇴적			박리, 파손, 철근노출, 파단	피복두께 부족, 철근노출, 부식
		위치불량	배수관이 도로상이나 구조물 위에 위치		기타	충돌손상	파손, 철근노출
방호울타리및연석	강재	부식	강재 도막탈락 및 녹 발생			강판, 시트등 부착상태불량	구조물과 분리, 처짐, 누수
			고정볼트 이완 및 지주부 하단 부식			균열 주입보수부 누수,백태	백태, 유리석회
		변형, 파손	난간 충돌, 파손			받침부 부스러짐	받침부 균열, 파손
	콘크리트	균열	부모멘부 균열, 종방향 콘크리트 침하균열	프리스트레스트거더	중앙부	균열	하면 및 난간부 횡방향 균열
		박리, 철근노출, 파손	콘크리트 난간 박리 및 철근노출			박리,파손	피복두께 부족, 철근노출, 부식
			난간 충돌, 파손			철근, PC강재, 쉬스관 노출, 부식, 파단	내부공동, 피복두께 부족
바닥판	철근콘크리트	균열	거더사이, 헌치부 종방향 (휨)균열 슬래브교 받침부 측면 경사(전단) 균열		받침부	균열	받침부 측면 경사균열 하면 및 난간부 횡방향 균열
		박리, 철근노출, 파손	피복두께 부족, 철근노출			박리,파손	정착부 주변 수평균열 및 파손
		백태, 오염	누수, 백태, 철근노출 백태, 유리석회			철근, PC강재, 쉬스관 노출, 부식, 파단	내부공동, 피복두께 부족
		강판, 시트등 부착상태 불량	구조물과 분리, 처짐, 누수		기타	외부강선 보강부 불량	강선 정착부 및 새들부 이완, 텐던 선형 불량
	강바닥판	강교 거더 기준에 준함		강재거		변형	충돌손상, 면외변형, 처짐

점검 부위		손상 유형	점검사항	점검 부위	손상 유형	점검사항
신축이음	고무 형본체	누수, 오염	배수시설누락, 하부구조물 부식 유간의 오물 퇴적	더	균열, 파손 (붕괴유발부재 포함)	도막 부풀음, 쇳가루 부착, 녹발생 흔적, 균열, 면외변형, 맞대기, 덧댐부, 보강재, 거셋판, 격벽 등 용접상세부 균열
		유간	신축유간 폐쇄 및 유간과다		연결부 부식	받침부 고착, 오물퇴적 게르버교 핀연결부 부식 및 고착
		노화, 탈락	충격음, 본체 흔들림, 고정앵카 파손		연결부 변형, 이완, 이상음, 볼트파손	볼트와 거더 접촉부 녹발생 흔적, 볼트 이완, 볼트탈락
	강 재 형 본 체	누수, 오염	배수시설누락, 하부구조물 부식 유간의 오물 퇴적		표면상태 오염, 부식	도막손상, 부식, 단면감소, Hole발생
		유간, 이상진동	충격음, 본체 흔들림, 고정앵카 파손, 신축유간 폐쇄 및 유간과다		브레이싱, 가로보 연결불량	볼트이완, 볼트탈락
		부식, 변형	고무판 마모, 강재노출 및 부식	교 대	균열, 박리, 백태, 파손	흉벽하부 시공이음부 횡방향 균열, 구체부 수직균열 및 침식, 두부 중앙부 하면 횡균열, 연단부 균열 및 받침하부 전단균열
		균열, 파손	슬래브 하부 보강부 콘크리트 파손			
	후타재	균열, 파손	후타재 폐임 및 요철			두부 물고임
		전·후의 단차	교면포장 혹은 신축이음부와의 단차		교대회전	구체와 날개벽 분리 및 날개벽 이동 흉벽 후면으로 기울음. 신축이음부 유간 벌어져 충격음 발생
교량받침	강재	받침장치 부식, 변형	강재받침 및 가동면 부식	교 각	균열	두부 중앙부 하면 횡균열
		받침장치 균열, 파손	균열발생으로 파손진행		박리, 철근노출, 파단, 파손	구체부 수직균열 및 침식
		받침부 균열, 파손	콘크리트 파손 및 침하흔적 교각 두부 연단부 및 하부균열		배수구 막힘	구체부 배수구 막힘, 두부 물고임
	고무재	받침장치 노화, 균열	고무재 균열, 부풀음		거더와 맞닿음	흉벽과 거더 접촉으로 유간없음
		받침장치 탈락, 파손	고무재 찌그러짐, 압출	기 초	세 굴	기초침식 및 철근노출, 기초세굴및이동
		받침부 균열, 파손	콘크리트 파손 및 침하흔적 교각 두부 연단부 및 하부균열		침하	세굴 및 침하
					말뚝손상	홍수시 급류로 인한 말뚝손상