

사회기반시설물 자산관리에 RFID/USN 기술의 도입 방안

Analysis of RFID/USN Technology based Infrastructure Asset Management

김정렬* 채명진** 박재우*** 이규**** 조문영*****
Kim, Jung-Ryul Chae, Myung Jin Park, Jae Woo Lee, Giu Cho, Moon Young

요약

사회기반시설물은 국가 발전의 원동력 중 하나이며, 대한민국은 1970년대 이후 집중적인 투자를 통해 오늘날의 성장을 이루어 낼 수 있었다. 국토해양부에 따르면 2004년을 기준으로 전국 도로, 철도, 공항, 항만, 상하수도, 수리치수 등 사회기반시설물의 가격 스톡은 총 515조 2,000억 원에 이른다(국토해양부 2007). 지금까지는 사회기반시설물의 건설에 집중하였으나, 이제는 건설과 아울러 이러한 규모의 사회기반시설물들의 정확한 가치평가를 기반으로 한 종합적 관리가 필요하다. 선진국에서는 이러한 사회기반시설물을 효율적 관리를 위해 자산관리 개념을 활용하고 있으며, 비용절감, 사용성 증대의 효과를 거두고 있으며, 국내의 경우도 자산관리 개념의 도입이 추진 중이다. 이러한 배경에서 본 논문에서는 보다 효율적인 사회기반시설의 자산관리 수행을 위해 자산관리의 초기 단계인 자산 데이터 수집(Data Collection) 단계에서의 기존 데이터 수집 방법의 문제점을 검토하고 IT 기술(RFID/USN, Radio Frequency Identification/Ubiquitous Sensor Network)의 활용의 필요성과 도입 방안을 제시하고자 한다.

키워드: 자산관리, RFID, USN, 계측

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

국토해양부에 따르면 2004년을 기준으로 전국 도로, 철도, 공항, 항만, 상하수도, 수리치수 등 사회기반시설물의 가격 스톡은 총 515조 2,000억 원에 이른다(국토해양부 2007). 이들 사회기반시설물들은 현재 전담 관리 기관이 지정되어 유지관리를 수행하고 있다. 그러나 이러한 기존의 유지관리는 국가 차원에서 다양한 시설자산의 정확한 가치평가를 기반으로 한 종합적 관리가 아닌 개별적 최적화 수준에 머무르고 있다. 이는 향후 예기치 못한 국가 예산상의 문제를 초래할 수 있다. 예를 들면, 미국, 호주, 캐나다 등의 경우 1950~60년대에 건설된 사회기반시설물에 대한 유지관리 비용이 1990년대에 급격하게 증가되어 국

가 재정에 위협적인 요인이 되는 상황이 발생하였다. 이들은 국가 차원에서 사회기반시설물을 종합적인 자산으로 인식하고 이를 체계적으로 관리하기 위한 자산관리 기법을 도입하여 문제를 해결하고 있으며, 비용절감, 사용성 증대의 효과를 거두고 있다.

대한민국도 대부분의 사회기반시설물이 1970~80년대 이후에 건설되었으며, 2010년경 이후부터 급격한 유지관리 비용의 상승이 예측되나, 현재는 전술한 바와 같이 개별적인 시설관리 중심의 유지관리를 수행하고 있어 국가시설물의 정확한 상태, 가치 분석을 통한 체계적인 자산관리가 필요하다. 이와 관련하여 기획재정부는 2007년 10월 국가회계법의 제정(2009. 1. 1 시행예정)을 통해 발생주의 회계방식을 도입하였으며, 행정안전부는 2007년 '지방자치단체 발생주의복식부기회계처리지침'을 통해 자산 및 부채 정보를 포함하는 복식부기 회계제도를 도입하여 사회기반시설물 자산관리의 기초를 놓았다(건설교통부 2008). 또한 한국건설기술연구원에서는 2008년부터 '공공시설물 자산관리 체계 개발(KTAM-40)'이라는 총체적 사회기반시설물의 자산관리에 대한 연구를 수행하고 있다.

그러나 이러한 자산관리를 수행하기 위해서는 자산에 대한 정확한 데이터의 수집이 선결되어야 한다. 따라서 본 논문에서는 자산관리 수행의 초기 단계인 자산 데이터 수집(Data Collection) 단계에서의 기존 데이터 수집 방법의 문제점을 검토하고 IT 기술(RFID/USN)의 활용의 필요성과 도입 방안을 제시하고자 한다.

* 일반회원, 한국건설기술연구원 연구원, 공학석사 jrkim@kict.re.kr
** 일반회원, 한국건설기술연구원 선임연구원, 공학박사 chae@kict.re.kr
*** 일반회원, 한국건설기술연구원 연구원, 공학석사 jwpark@kict.re.kr
**** 일반회원, 한국건설기술연구원, 공학박사, giu@kict.re.kr
***** 중신회원, 한국건설기술연구원 연구위원, 공학박사 mycho@kict.re.kr
본 연구는 지식경제부에서 지원한 한국건설기술연구원의 기본연구(자산관리 통합 프레임워크 및 정책 개발)의 일부임

1.2 연구의 범위 및 방법

일반적인 자산관리는 다음 그림1과 같은 단계를 통해 수행된다. 먼저, 자산관리 전략을 수립하고, 대상 자산의 데이터를 수집하고, 성능을 분석한다. 그 후, 해당 자산에 대한 수요를 분석/예측하며, 이를 토대로 자산관리 계획을 수립하고, 계획에 따라 자산관리를 수행한다. 본 논문은 이러한 단계 중 데이터 수집 단계에서의 국내의 자산관리 데이터 수집 방법을 검토하고, 문제점 도출한 후, RFID/USN의 국내 적용 사례를 통해 RFID/USN 기술의 도입 가능성을 검토하고, 국내 사회기반시설물 자산관리에 RFID/USN 기술의 도입 방안 및 고려 사항에 대해 논의하고자 한다.

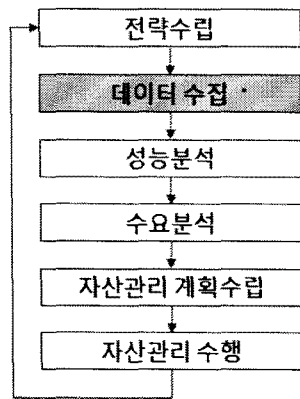


그림 1 자산관리 수행 단계

2. 자산관리 데이터 수집 방법

2.1 국내의 자산관리 데이터 수집 방법

자산관리 데이터는 다음 표 1과 같이 크게 목록(Inventory) 데이터와 상태(Condition) 데이터로 나뉜다. 목록 데이터는 위치, 차선 등과 같은 자산의 물리적 구성요소에 대한 데이터로 시간에 따라 거의 변하지 않는 데이터이며, 상태 데이터는 자산을 구성하는 요소들의 상태에 대한 데이터로 시간에 따라 변화한다(World Bank 2005). 본 절에서는 계속적으로 수집이 가능한 상태 데이터를 대상으로 국내의 자산관리 데이터의 수집 방법을 조사하였다.

표 1. 자산 데이터의 유형

데이터 유형	표현	시간	기술 의존도	정보의 내용	활용처
목록 (Inventory)	자산의 물리적 요소들	거의 불변	비교적 낮음	위치, 상세묘사, 이력(설계/시공/관리)	자산정보
상태 (Condition)	요소들의 상태	변화	비교적 높음	상태, 성능, 위험	의사결정 지원

자산의 상태 데이터의 수집 방법은 주기별로는 정기점검과 정밀점검(특별점검)으로 나뉘고, 방법별로는 육안조사와 계측(파괴, 비파괴)으로 구별된다. 이를 위한 다양한 방법은 다음과 같다.

그림 2와 3은 교량의 하부 조사에 사용되는 유압리프트(Hydraulic lifts)와 굴절차(Snooper-type trucks)이다. 이들은 사용 방법이 쉽고, 이동성, 접근성이 좋으며, 충분한 작업 공간을 제공하고, 차량 뿐만아니라, 배와 같은 다른 이동 수단에도 장착하여 활용할 수 있는 장점이 있다(The World Bank 2005). 국내에서도 주로 교량의 정밀 점검에 상기 장비를 활용하고 있다.



그림 2. 유압리프트(Hydraulic lifts)

그림 3. 굴절차

다음 그림은 호주의 브리티시 콜롬비아 교통국(The British Columbia Ministry of Transportation, BCMoT)의 포장의 파손과 평탄성 등을 조사하는 장비이다. 조사 담당자는 주기적으로 이 장비를 이용하여 관내 도로를 주행하면서 도로의 상태 정보를 수집한다(NAMS et al. 2006).



그림 4 도로 상태 조사 차량

국내에서도 한국건설기술연구원, 한국도로공사 등에서도 이와 같은 장비들을 활용하고 있으며, 그림 5는 그 중 하나인 포장구조진단기를 보여주고 있다.



그림 5 포장구조진단기

2.2 소결

전술한 장비를 이용한 시설물 상태 점검 이외에도 다양한 방법의 육안 조사와 현장 계측을 통해 자산의 상태에 대한 데이터를 수집하고 있다. 그러나 이러한 장비는 대부분 장비가 고가이며, 사용 시 교통 장애를 유발하는 단점이 있다. 또한, 무엇보다도 데이터 수집 주기가 길고, 조사자의 주관 포함되며, 한시적인 조사로 인해 시설물의 계절적 장기 거동을 파악하기가 어려운 단점이 있다. 따라서 저렴한 가격으로 시설물의 주요 인자를 지속적으로 모니터링 할 수 있는 방법이 필요하다.

3. 국내 RFID/USN의 시설물 계측 적용 사례

공정식(공정식 2007) 등은 사회기반시설물 자산관리 관련 각국의 기술 동향을 분석하고, 향후 발전 방향으로 3D 기반 설계 도면, RFID 등의 다양한 IT(Information Technology) 기술의 활용 가능성을 언급하였다. 다음의 사례들은 그러한 활용 가능성을 검증한 사례들이다.

3.1 교량 계측 사례

한국건설기술연구원은 SK텔레콤의 지원으로 그림 6과 같이 2006년에서 2007년 까지 USN 기술을 이용하여 실제 공용중인 교량의 계측을 수행하였다.

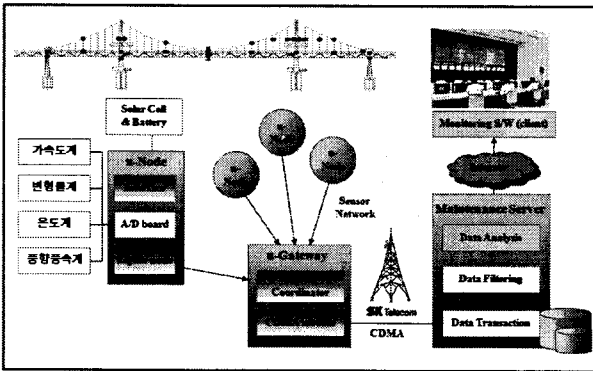


그림 6 한국건설기술연구원-SK텔레콤의 교량 계측 사례

계측 종류는 가속도(진동), 변형률, 온도, 풍향풍속 등으로 정적/동적 계측을 수행하였으며 3개월 간 테스트베드를 운영하였다. 계측 결과는 기존 계측 시스템과 동등한 성능을 보였으며, 설치 및 제거의 편의성이 월등하였고, 6년간 운영을 가정하였을 때, 30% 정도의 경제성(절감)을 보였다. 본 사례는 상시 계측에 USN의 활용 가능성을 검증하였다는데 의의가 있다.

3.2 도로 계측 사례

한국건설기술연구원은 역시 SK텔레콤과 함께 강우/강설이 빈번한 산악 도로의 결빙/침수 상태를 모니터링 하기위

해 저가의 USN 센서를 기반의 시스템을 구축하였으며 테스트베드를 3개월 간 운영하였다. 본 시스템은 노면온도, 노면수분, 염분 등의 데이터를 수집하여 결빙, 침수 여부를 판단하는 것으로, 기존의 노면 센서보다 정확하게 도로의 상태를 판단할 수 있었으며, 약20% 정도의 경제성(절감)을 보였다. 본 사례 역시 도로의 상시 계측에 USN의 활용 가능성을 검증하였다는데, 의의가 있다.

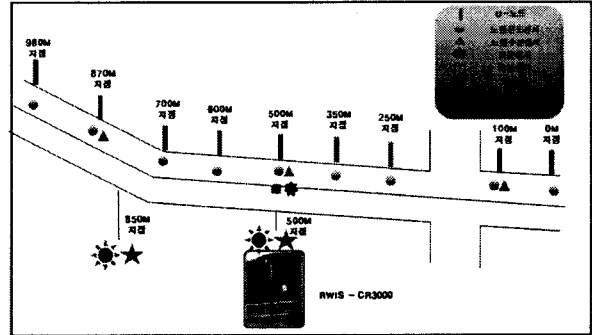


그림 7 도로 결빙/침수 모니터링 시스템

4. RFID/USN 기술 활용 방안

4.1 RFID/USN 기술 도입 시 고려사항

전술한 사례를 비롯하여 다양한 연구자들이 교량, 사면, 도로, 건축물 등에 USN을 활용하여 시설물 데이터를 수집하는 연구를 수행하고 있으며, 활용 가능성을 충분히 검증하였다. 따라서 모든 계측을 대체할 수는 없으나, 주요 인자이면서 USN의 특성에 맞는 계측분야를 선정하여 장기 모니터링을 수행한다면 사회기반시설물 자산관리의 효율을 더 높일 수 있을 것이다.

세계은행(The World Bank 2005)은 자산관리를 위한 데이터의 수집 시 다음과 같은 고려사항을 제시하고 있다.

- 도로 네트워크를 관리하기 위해서는 어떤 의사결정을 해야 하는가?
- 그 의사결정에는 어떤 데이터가 필요한가?
- 초기에 그러한 데이터를 수집할 수 있는가?
- 그 데이터를 장기간 보유할 수 있는가?

상기 내용은 자산관리 시스템 전체적인 차원에서 수집 데이터를 선정할 때 반드시 고려해야 할 요인이다. 따라서 RFID/USN 기술을 도입하여 데이터를 수집할 경우에도 상기 고려사항을 기반으로 다음 표2의 내용을 고려한다면 효과적으로 RFID/USN 기술을 도입할 수 있을 것이다.

표 2. 자산 데이터의 유형

구분	설명
계측 중요도	구조적 특성, 재료의 노후화에 직접적인 영향을 미치는 계측 항목이 유리함
계측 빈도	계측 빈도가 높은 항목이 유리함 (기존에는 비용, 기술적 한계로 빈도를 낮추었던 항목은 필요한 빈도 확보 가능)
접근성	정기점검, 정밀점검, 현장계측 시 접근이 곤란한 지점에 대한 계측 항목이 유리함
비용효율성	USN 대체 시 경제성 고려
기술적 난이도	USN 계측 대체의 기술적 가능성
무선통신 가능성	대상 시설물의 무선통신 환경

4.2 RFID/USN 기반 계측의 연계 방안

RFID/USN 기술을 자산관리를 위한 장기 데이터 수집에 도입하게 되면, 시설 네트워크 별 장기 상태를 파악할 수 있으며, 각 네트워크 내에서도 각 시설물의 성능 분포를 대략적으로 파악할 수 있게 된다. RFID/USN은 자산관리에 다음의 방식으로 활용될 수 있다.

표 1. 자산 데이터의 유형

기술	표현
RFID	목록 데이터와 상태 데이터의 통합 수단
USN	자산의 상태 데이터 수집 수단

RFID 기술은 육안 조사 시, 조사자가 RFID 리더를 휴대하여 정확한 자산 목록에 정확한 상태 데이터를 입력하는 경우에 활용할 수 있으며, USN 기술은 각각의 시설물의 상태 변화를 계측하는데 활용할 수 있다.

그림 8은 RFID/USN 기술을 자산관리에 도입할 경우의 프로세스를 나타내고 있다. RFID/USN 기반 계측이 기존의 데이터 수집 방법(육안점검, 현장계측)을 모두 대체할 수는 없으나, 시설물 별 주요인자의 장기 거동은 측정할 수 있다. 이러한 장기 거동 정보를 바탕으로 각 시설물에 특화된 정기점검 및 정밀점검을 수행하게 되면 점검의 정확성을 향상시킬 수 있고, 점검의 우선순위, 인력배정 등

을 효율화 할 수 있다. 또한 장기계측에 대하여 RFID/USN 기반의 현장 조사 기술 역시 유용할 것이다.

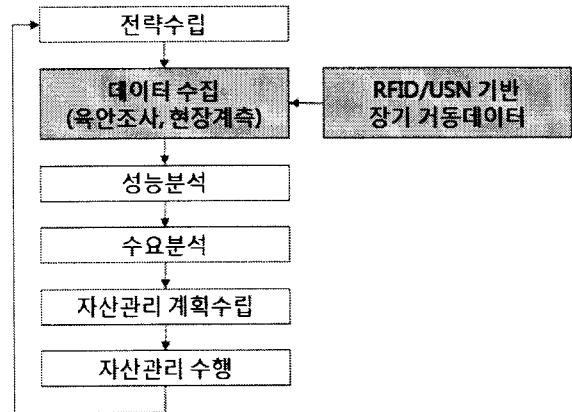


그림 8 RFID/USN 기반 계측의 자산관리 연계 방안

5. 결론

본 논문에서는 자산관리의 기초 단계인 데이터 수집 단계에서의 국내의 자산관리 데이터 수집 방법을 검토하고, 문제점 도출하였으며, RFID/USN의 국내 적용 사례를 통해 RFID/USN 기술의 도입 가능성을 검토하고, 국내 사회 기반시설물 자산관리에 RFID/USN 기술의 도입방안을 제시 하였다. 사회기반시설물의 노후화가 진행되고 있는 현 시점에서 자산관리 개념의 도입과 아울러 국내에서 가장 뛰어난 분야 중 하나인 IT기술(RFID/USN)을 접목한 다면 국제적인 경쟁력을 갖춘 사회기반시설물 자산관리를 수행할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

1. 국토해양부, "건설교통분야 SOC 스톡에 관한 기초연구", 국토해양부(국토연구원) 2007. 3
2. 법률 제8967호, "시설물의안전관리에관한특별법", 2008.
3. 건설교통부, 도로, 철도 등 기반시설물 자산관리체계 도입방안 연구, 건설교통부, 2008, pp137-138
4. The World Bank, "Data Collection Technologies for Road Management", The World Bank, 2005, pp 1-11, 69-70
5. NAMS et al., "Internationa Infrastructure Management Manual", NAMS, INGENIUM, IPWEA, 2006
6. 공정식, 토목부분-유지관리 기술동향 및 발전방향에 관하여, 한국건설관리학회지, 2007. 10, pp22-31

Abstract

According to Korean Ministry of Land, Transportation and Maritime Affairs, total national SOC(Social Overhead Capital) stock comes up to 500 billion dollars. Until now, although the construction of SOC is more important than the maintenance of them in Korea, it is necessary to introduce of valuation based total asset management concept in nowadays. In this paper describes problems of existing data collection method, needs of Information Technology and introduction of RFID/USN(Radio Frequency IDentification/Ubiquitous Sensor Network) in data collection stage.

Keywords : Asset Management, RFID, USN, Measurement