



A Study on the Waterworks Facilities Monitoring System Using Anti-Metal RFID Tag

Byung-Mo Kang¹, Byoung-Chan Jeon², In-Sik Hong³

¹Collage of Hyangseol Sharing, Soonchunhyang University

²The College of Liberal Arts, Chungwoon University

³Department of Computer Science & Engineering, Soonchunhyang University

ABSTRACT

This paper aims to examine on the reading of RFID tags and tag data used to manage the waterworks facilities. Waterworks facilities, depending on the location where you want to install, are divided into the ground facilities and underground facility. It is the way how to manage these facilities that use the identification index of the installed facility. One of the way how to use the identification display is a way to manage and search for RFID or NFC tag. There is the strength in the aspect that the way using NFC tag is possible to be active by smartphone without a dedicated reader. However, NFC tag reading has to contact and read proximately. Most of waterworks facilities are not able to use smartphone because it is difficult to read tag by smartphone and protect telecommunication security, caused by the area of facility. Because the waterworks facilities are composed of metal, when people use RFID tag, people can't search anything. This paper solved the issue with using as anti-metal RFID tag on the 900 MHz frequency being available of metal material. This paper proposes a system which users easily get and treat information in the case of the dealing with the waterworks facility with the RFID reader, notebook with bluetooth, monitoring program, the control of database and the RFID reader system, being equipped to facilities. The system development environment has been built based on C# and tag information management database was built using the MySQL.

© 2016 KKITS All rights reserved

KEYWORDS : RFID, Anti-Metal Tags, Waterworks, Waterworks Facilities, Facility Monitoring

ARTICLE INFO: Received 29 February 2016, Revised 30 March 2016, Accepted 12 April 2016.

1. 서론

*Corresponding author is with the Department of Computer Science & Engineering, SoonChunHyang University, 22 Soonchunhyang-ro, Sinchang-myeon, Asan-si, Chungcheongnam-do, 31538, KOREA.
E-mail address: ishong@sch.ac.kr

IoT(Internet of Things) 기술이 각광 받기 시작하면서 RFID(Radio-Frequency Identification) 기술이

많은 분야에서 활용되고 있다. RFID는 바코드의 대체품으로 도난과 복제 방지를 위한 목적으로 사용할 수 있으며 도서관에서는 도서 출납에 이용이 가능하다. 유통분야에서는 일반적으로 물품관리를 위해 사용된 바코드를 대체할 차세대 인식기술로 시설물 종합관리시스템을 구축하는데 사용되는 핵심기술로 부각되고 있다. RFID는 리더기와 안테나를 통해서 시설물에 부착된 태그에 기록된 정보를 판독하는데 우리나라의 경우 대중교통 요금징수 시스템, 유통 분야, 동물 추적 장치, 자동차 안전장치, 개인 출입 및 접근 허가장치, 전자요금 징수 장치, 생산관리, 자산관리, 학교 자산관리, 특수 자산관리, 마켓, 여행정보, 교통, 출입통제, 잠금장치 등에서 광범위하게 활용된다. 또한 RFID 태그는 라디오 주파수의 특성상 리더기를 통한 다수의 태그 인식이 가능하며, 데이터의 변경과 추가가 자유로운 장점이 있다[1-4].

본 논문에서는 RFID 리더기와 MySQL DB를 이용하여 상수도 매설물에 부착된 Anti-Metal용 RFID 태그를 리딩(Reading)하여 사용자가 상수도 시설물을 관리할 때 손쉽게 정보를 제공받고 처리 할 수 있는 모니터링 시스템을 제안한다.

2. 관련 연구

2.1 RFID

RFID는 극소형 칩에 상품정보를 저장하고 안테나를 달아 무선으로 데이터를 송신하는 비접촉식 근거리 무선통신 모듈로 단말기로 데이터를 전송하는 기술로 결제뿐만 아니라 IC칩과 무선을 통해 식품·동물·사물 등 다양한 개체의 정보를 관리할 수 있는 인식 기술을 지칭한다.

RFID는 기본적으로 정보를 제공하는 태그(Tag)와 판독 및 해독 기능을 하는 리더기(Reader)로 구

성된다. RFID의 동작은 제품에 붙이는 태그에 생산, 유통, 보관, 소비의 전 과정에 대한 정보를 담아두고 리더기의 안테나를 통해서 태그 정보를 리딩한다. 또한 인공위성이나 이동통신망과 연계하여 정보시스템과 통합하여 사용이 가능하다.

기존의 많이 사용되던 바코드 시스템은 빛을 이용해 판독하는 대신에 RFID 시스템은 전파를 이용하여 판독한다는 차이점이 있다. <표 1>은 RFID와 바코드의 비교를 보여주고 있다.

표 1. RFID와 바코드 비교
Table 1. Compared to Barcode and RFID

구분	바코드	RFID
저장용량	작다	크다
실시간 정보과약	불가능	가능
정보수정	불가능	가능
멀티스캔	불가능	가능

2.2 RFID 태그의 분류

RFID 태그는 시설물 관리에 적합한 태그를 이용하여 구성해야 한다. 기본적으로 RFID 태그는 동작 상태와 주파수 상태 그리고 설치할 매질의 종류에 따라서 분류가 가능하다. 동작 상태에 따른 RFID 분류로는 사용하는 전원 동력에 따라 수동형/반수동형/능동형으로 나뉜다.

표 2. 전원에 따른 RFID 분류
Table 2. RFID classified according to power

구분	특성	가격
수동형 (Passive) RFID	오직 판독기의 동력만으로 칩의 정보를 읽고 통신함	저가
반수동형 (Semi-passive) RFID	태그에 건전지가 내장되어 있어 칩의 정보를 읽는데 사용 통신에는 판독기의 동력을 사용	저가~중가
능동형 (Active) RFID	칩의 정보를 읽고 그 정보를 통신하는데 모두 태그의 동력 사용	고가

RFID는 <표 2>와 같이 동력에 따라서 구분 할 수 있으며, 사용하는 주파수 대역에 따라 구분하면 LFID/HFID/UHFID으로 분류할 수 있는데 <표 3>은 사용하는 주파수 범위에 따른 분류를 보여주고 있다.

표 3. 사용 주파수 범위에 따른 RFID 분류
Table 3. RFID classified according to a frequency range

구분	주파수 범위	인식 거리	물, 금속인식
LFID : 저주파 (Low-Frequency Identification)	120~140KHz의 낮은 주파수 이용	짧다	잘됨
HFID : 고주파 (High-Frequency Identification)	13.56MHz의 주파수 사용	짧다	
UHFID : 극초단파 (UltraHigh-Frequency Identification)	868~956MHz의 높은 주파수 사용	길다	잘 안됨
M/W : 마이크로파 (Microwave)	2.45GHz의 높은 주파수 사용	길다	

가장 많이 사용하는 RFID의 주파수 대역으로는 13.56MHz, 433.92MHz 그리고 910MHz가 있는데 13.56MHz대는 교통카드, 보안용 카드 등에 많이 쓰이고 있다. 433.92MHz 대역에서 주로 사용하는 RFID는 대부분 가장 긴 인식거리를 가지며 태그 안테나 자체에 내장된 전원이 있기 때문에 태그안테나에서도 태그의 신호를 송신 할 수 있다. 그렇기 때문에 태그의 신호를 리더기에서 받거나 리더기 신호를 태그가 받게 되면 동작이 된다. 만약 태그 안테나가 신호를 송신 할 수 없는 경우라면 인식거리는 태그안테나의 송출 거리와 태그 안테나의 효율에 따라서 최대 9~10m 정도로 줄어든다. 이렇게 태그에 직접적으로 전원을 넣어서 사용하는 방식을 능동형 RFID 방식이라고 한다. 그러나 능동형은 수동형이나 반수동형 방식보다 고가이며 태그에 내장된 배터리의 수명에 영향을 많이 받아

유지보수 비용이 많이 든다는 단점이 있다.

그리고 910MHz대역의 태그는 능동형과 동작원리는 비슷하나 태그 안테나에 내장된 전원이 없다는 점이다. 그러나 능동형보다 시설비가 저렴하고 태그 안테나 설계가 간단하다는 장점을 가진다.

마지막으로 태그의 사용형태에 따라서 일반형/특수형으로 분류할 수 있다. 일반형 태그는 말 그대로 일반적으로 다양한 곳에 사용이 가능하다. 그러나 특수형은 대부분 태그 설치하는 곳의 특성에 따라서 나뉜다. 외부 훼손으로부터 보호를 위한 외부 강화형 케이스를 가진 태그, 물로부터 보호가 되는 방수 태그, 진동을 감지하는 진동 태그, 소형 크기의 마이크로 태그 그리고 금속에서 사용이 가능한 메탈태그 등이 있다.

메탈태그의 재료로는 종이, 에폭시, PVC 등으로 제작이 가능한데 상수도 시설물에 부착하여 사용할 때 유연하며 외부 훼손으로부터 영향을 덜 받을 수 있는 재료로 구성되어 있는 것이 좋다.

메탈태그는 태그 종류에 따라 인식률이 달라질 수 있는데 기본적으로 태그의 크기가 작을수록 인식하는 거리가 짧아지며, 같은 태그라도 인식하는 각도에 따라 인식 거리가 달라질 수도 있지만 일반적으로 5m이상에서도 인식이 가능하다.

또한 어떤 위치에 부착 되느냐에 따라 달라질 수 있으므로 메탈태그는 환경에 영향을 많이 받는다. 그러나 이런 메탈태그는 안티-금속의 속성을 가지고 있으므로 주로 금속제품에 부착하여 많이 사용되며 자제입출관리, 제품관리, 자산관리 등 여러 분야에서 사용할 수 있다[5-9].

2.3 태그를 활용한 시설물 관리 시스템

RFID와 NFC 태그, 스마트단말기(예: 스마트폰), GIS, GPS, GCM 기술 등을 이용한 시설물 관리에 대한 연구가 진행되고 있으며 일부 시스템들은 현

장적용이 되고 있는 상태이다.

기존의 시설물 관리 방법에서 지상 시설물 분야로 정수장 관리 시스템이 있는데 상수도 정수장 및 고도정수실의 펌프, 발전기, 변압기, 수배전반 등의 시설물들을 관리하는 시스템이다[10-13]. 이러한 모니터링 시스템들은 태그를 사용하지 않거나 태그를 사용해도 지상에 있는 시설물에만 부착하여 사용하고 지하에 매설한 시설물은 부착하지 않고 근처에 같이 매설하여 사용하고 있다.

그러나 현재 금속재질의 시설물에도 일반 태그를 적용도 하고 있으며 고가의 능동형 태그보다 저렴한 수동형 방식의 안티-금속 속성의 태그를 상수도 시설물 관리에 적용하려는 중에 있다.



그림 1. NFC를 이용한 시설물 관리 시스템
Figure 1. System of Facilities Management Using NFC Tag

<그림 1>은 NFC 태그를 적용한 시설물 관리 시스템을 보여주고 있다. 태그 관리를 위해서 스마트폰과 같은 스마트단말기로 시설물에 설치한 NFC 태그를 리딩하여 시설물 모니터링을 수행할 수 있다. 그러나 스마트폰으로 NFC 태그를 근접 또는 접촉하는 리딩 과정을 진행해야만 동작이 가능하므로 관리하는 시설물들이 접근이 쉬운 장소에 설치되어 있거나 소형 시설물들의 관리에 적합하다

[14].

<표 4>는 기존의 NFC를 이용한 시스템과 제안한 RFID를 이용한 시스템을 비교한 내용을 보여주고 있다.

표 4. NFC와 RFID 태그 시스템 비교
Table 4. Compare NFC and RFID tag system

	NFC	RFID
메탈태그	사용가능	사용가능
인식거리	접촉, 0-10cm이내	0-5m
사용 리더기	스마트단말기 블루투스 리더기	USB 리더기 블루투스 리더기
가격	싸다	NFC보다 비쌌

3. RFID를 이용한 상수도 시설물 관리 시스템의 구성

3장에서는 RFID 태그를 이용한 상수도 시설물 관리 시스템의 제안과 RFID 태그, 리더기, 관리 프로그램으로 나누어 시스템의 구성을 설명한다. 그리고 검색한 태그의 정보를 이용하여 상수도 시설물 관리하기 위한 DB 구축에 대해서 설명한다.

3.1 시설물 관리 시스템의 구성

본 논문에서 제안한 시스템은 상수도 시설물에 부착된 RFID 태그를 리딩하여 검출된 해당 시설물의 정보를 이용하여 상수도 시설물들을 관리하는 시스템이다. 기존 NFC 태그를 이용한 시설물 관리 시스템은 스마트폰이라는 한정된 기기만을 사용하거나 인식거리가 상대적으로 짧기 때문에 태그를 리딩할 때 리더기인 스마트폰을 태그에 근접하거나 접촉하여 동작하는 사용해야 하므로 대형시설물이 아닌 지하 공동구와 같은 곳에 설치된 소형 시설물에 적용하는 것이 효과적이다.

또한 시설물중 서버와의 접속을 위한 외부 통신이 금지된 경우 또는 보안을 요구하는 시설물의 경우 스마트폰의 사용이 제한적인 경우가 있다. 물론 전용 스마트단말기를 사용하거나 오프라인 데이터 처리 방식으로 먼저 작업을 수행하고 나중에 서버 동기화로 해결이 가능할 수 있으나 비용 상승이나 업무량 증가의 원인이 될 수 있다. 이러한 문제들을 해결하기 위해서 본 논문에서는 휴대가 가능한 범용 PC(노트북)상에서 RFID 태그를 이용한 시설물 관리 시스템을 제안한다. 시설물 관리를 위해서 해당 시설물에 부착된 RFID 태그를 스캔하고 스캔된 결과를 이용해서 시설물 관리를 수행한다. 이러한 시스템의 구조는 <그림 2>와 같이 이루어져 있다.



그림 2. 상수도 시설물 관리 시스템 구조
Figure 2. Structure of Waterworks Facilities Management System

시스템 환경을 구축하기 위해서는 상수도 시설물의 일정한 지점에 RFID 태그들을 부착하여 구성한다. RFID 리더기는 시설물에 부착된 RFID 태그를 리더기로 리딩하고 DB 데이터와 함께 연동하여 처리 할 수 있는 애플리케이션 프로그램으로 시스템을 운용한다.

3.2 RFID 태그와 리더기의 구성

RFID 태그중 긴 인식거리와 강한 내구성을 위해서 과거에 능동형 RFID 태그를 이용하여 땅속에 매설한 상수도 관망관리에 적용하여 실험한 사례가 있었다. 이때 사용한 능동형 태그들은 <그림 3>과 같이 태그 안테나와 내장배터리를 포함하는 외부 케이스에 의해서 보호되는데 외부 충격에는 강한 장점을 가지고 있었다. 그러므로 지하에 매설시 태그의 손상을 최소화으로 줄일 수 있었다.



그림 3. 능동형 RFID Tag
Figure 3. Active RFID Tag

그러나 함께 태그 매설시 금속 재질 관망의 영향으로 태그의 인식거리가 기존의 5m에서 1m 이내로 짧아지게 되고 매설된 지역 토양의 재질에 따라서도 태그 리딩에 영향을 많이 받았다. 게다가 시공한 다음 6개월의 시간이 경과하자 태그 내장 전원용 배터리의 방전으로 더 이상 태그를 모니터링 할 수 없게 되는 단점이 발생하였다[15].

그러므로 금속재질의 시설물에 대해서 간섭이 적고 NFC 태그에 비해서도 리딩 거리도 길며 전원 문제로부터 자유로운 태그의 선택이 필요하게 되었다. 이를 위해서 수동형 타입의 태그로 선정하고 대부분 상수도 시설물들의 재질들이 금속 재질이므로 일반 태그보다는 차폐재와 같은 안티-금속의 속성을 이용하여 태그의 기능을 보호해주는 메탈용 태그가 인식률이 더 높기 때문에 메탈용 태그를 사용해서 테스트를 진행하였다.

테스트에 사용한 태그는 <그림 4>와 같은 라벨

형 메탈태그로 RFID 라벨태그와 <그림 5>와 같은 금속부착에 따른, 전파간섭을 최소화하기 위한 차폐재로 구성되고 금속에 부착하여 인식하는 태그로 사용한다. 태그의 디자인은 다양하게 제작이 가능하며 태그의 표면에 인쇄가 가능하므로 식별코드 또는 기관의 로고를 인쇄해서 사용이 가능하다.

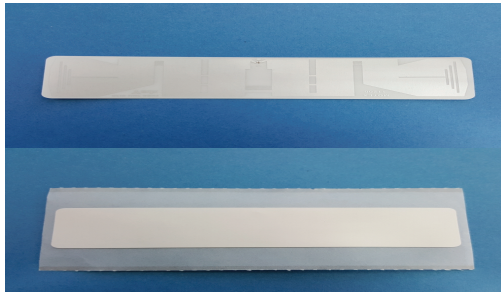


그림 4. 900MHz 메탈태그의 앞면과 뒷면
Figure 4. Front and Back Side of 900MHz Metal Tags

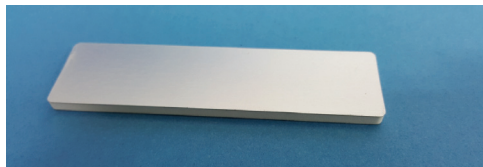


그림 5. 메탈 차폐재
Figure 5. Metal Shielding

RFID 리더기는 상수도 시설물에 설치되어 있는 RFID 메탈태그를 리딩하는 일을 수행한다. RFID 태그의 주파수에 맞는 제품을 사용하는데 본 논문에서는 900MHz 대역의 RFID 리더기를 사용하여 테스트를 수행하였다.

여러 가지 주파수 대역의 리더기와 태그 중에서 저주파 대역일수록 RFID 태그의 인식거리가 길지만 금속재질의 시설물에서는 기능을 제대로 발휘하지 못하는 단점이 있고, 고주파 대역일수록 태그 인식거리는 저주파에 비해 떨어지지만 금속재질의 시설물에 적용할 수 있는 가능성이 높다.

본 논문에서는 현재 여러 분야에서 다양하게 사용하는 주파수 대역인 900MHz 대역의 리더기와 해당 주파수를 지원하는 금속태그를 선택하였다.



그림 6. 900MHz 대역의 RFID 리더기
Figure 6. 900MHz Band RFID Reader

<그림 6>은 블루투스 2.1 통신을 지원하는 900MHz 대역을 지원하는 RFID 리더기로 휴대성이 높은 소형의 크기이며, ISO18000-6C(EPC GEN2) 프로토콜을 지원하여 블루투스를 지원하는 노트북이나 PC 및 스마트폰과 연동이 가능하다는 장점이 있다. 리더기의 태그 리딩 거리는 약 5m 이내이며, 단일 태그 리딩뿐만 아니라 다중 태그 리딩도 가능하다.

3.3 시설물관리 시스템의 구성

RFID 태그를 이용해서 시설물을 관리할 때 RFID 태그의 인식과정은 <그림 7>과 같은 순서로 진행된다.

노트북과 같은 휴대용 시스템과 블루투스 통신이 가능한 RFID 리더기를 이용해서 상수도 시설물에 부착되어 있는 RFID 태그를 인식하면 태그의 ID값을 추출해서 휴대용 시스템의 DB에서 해당 태그의 ID값을 검색해서 시설물의 속성정보들을 추출한다. 추출한 정보를 휴대용 시스템에 디스플레이 하여 시설물 관리를 수행한다.

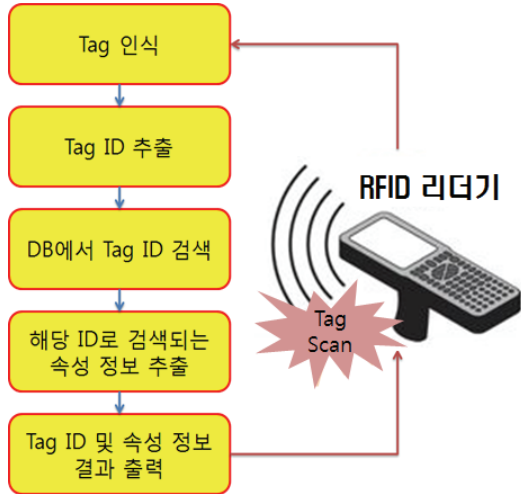


그림 7. RFID 태그 인식 과정
Figure 7. RFID Tag Scan Process

시설물관리 시스템은 RFID 태그 ID 검색을 통해 DB에 저장되어 있는 시설물들의 속성자료와 연동된다.

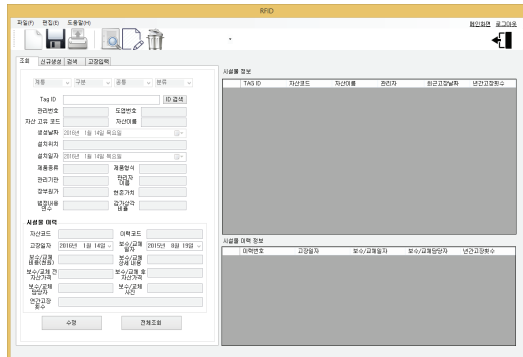


그림 8. 시설물 관리 프로그램의 초기 화면
Figure 8. Initial Screen of Facility Management Program

시설물 DB는 시스템 사용자의 정보와 태그의 ID 값을 기준으로 시설물의 구체적인 정보, 시설물 상태의 이상여부를 포함하고 있으며, 이 같은 실시간적인 변화를 기록한 정보 등으로 구성된다. 시설물 관리 프로그램의 초기 화면을 <그림 8>에서 보여주고 있다.

3.4 데이터베이스 구축

시설물에 부착된 RFID 태그를 리딩하여 시설물을 관리시 시설물 정보들을 DB로 구축해서 운용하여야 한다. 본 논문에서는 시설물 정보를 구축하는 DB로 MySQL을 이용하여 구축하였는데 MySQL은 대규모 작업에는 적합하지 않지만, 중소 규모라면 속도에 손색없기 때문에 적용하였다. 기본적으로 태그의 ID값을 이용해서 DB에 저장되어 있는 정보를 검색하는 방식이라 검색 및 처리 속도가 빠른 것이 특징이다.

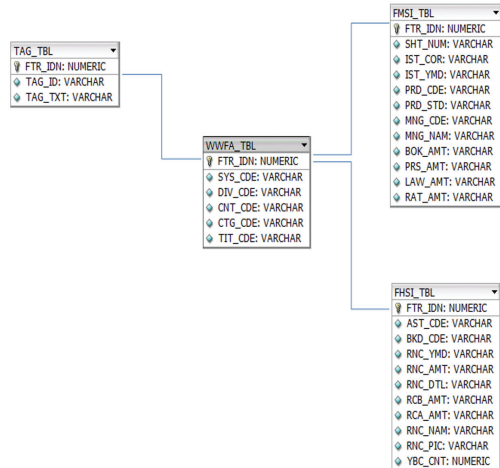


그림 9. 데이터베이스 테이블 구조
Figure 9. Structure of Database Table

구축한 시스템의 DB는 기본적으로 시설물 테이블, 시설물 속성 테이블, 시설물 이력 테이블, 태그 테이블, 사용자 테이블로 구성되어 있다. <그림 9>는 DB의 테이블 정보를 보여주고 있다.

<그림 10>은 MySQL로 구축한 DB의 테이블의 내용을 보여주고 있는데 구축한 DB의 테이블 중 시설물 속성에 입력할 항목은 기 개발한 NFC 태그를 이용한 지하매설물 관리 시스템과 함께 사용이 가능하도록 시설물 속성정보와 표준항목들이 같도록

<표 5>의 형식으로 구축하였다.

```
mysql> show tables;
+-----+
| Tables_in_rfidi |
+-----+
| TAG_info        |
| a1_ComCode_Pipe |
| a1_asset_history_Pipe |
| a1_asset_list_Pipe |
| a1_level_Pipe   |
+-----+
5 rows in set (0.00 sec)
```

그림 10. 데이터베이스 테이블 항목
Figure 10. Entry of Database Table

표 5. 속성정보 표준항목
Table 5. Standard Items of Property Information

순서	속성명	속성명명명	식별자	타입	길이	소수	설명	필수성	비고
1	종류번호	ITEM_CD	RK	N	6		자산의종류번호	필수	
2	도입번호	ITEM_NO	PK	N	10		자산의도입번호(자산도입일번호)	필수	
3	설치위치	ITEM_CD	PK	N	10		자산의설치위치(자산도입일번호)	필수	
4	설치일자	ITEM_CD	PK	N	8		자산의설치연월일	필수	
5	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수
6	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수
7	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수
8	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수
9	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수
10	자산유무	ITEM_CD	PK	N	6		자산의유무(유무) (자산유무) (자산유무)	필수	필수

기존의 기 개발한 NFC를 이용한 시스템에서 구축했던 DB를 공유하여 사용이 가능하게 함으로써 시설물 관리시 필요에 따라서 NFC 태그를 사용하거나 RFID 태그를 사용하는 것을 선택하여 적용이 가능하게 되므로 시스템의 확장성을 넓힐 수 있다.

또한 시설물에 NFC와 RFID 태그를 혼용하여 구축된 지역이면 동시에 두 가지 종류의 태그들을 관리할 수 있다는 장점이 있다.

다른 테이블 항목들도 기존에 구축한 NFC 태그에서 사용한 DB와 같은 형식으로 사용자 테이블, 시설물 테이블, 시설물 속성 테이블, 시설물 이력 테이블, 태그 테이블 등을 구축하였다.

3.5 시설물 관리 프로그램

RFID 상수도 시설물 관리를 위해서 시설물 DB의 구축 및 운영을 위한 시스템이 필요하다. 시스템에서 운영되는 프로그램은 C# 기반의 프로그램으로 MySQL을 이용한 DB 기반으로 상수도 시설물의 DB를 관리하며, RFID 리더기로부터 전송된 태그 ID를 이용하여 저장된 시설물의 정보를 관리하는 기능을 수행한다. 시스템의 구성요소는 <표 6>과 같다.

표 6. 시설물 관리 시스템의 구성요소
Table 6. Components of Facility Management System

구분	명칭	용도
시스템	시설물관리 프로그램	메인 프로그램
리더기	RFID 리더기	태그 리더(읽기)
DB	MySQL	시설물 DB
RFID 태그	900MHz 메탈태그	시설물 RFID 태그

시설물 관리 프로그램은 조회, 신규 생성, 검색, 고장입력으로 크게 4부분으로 나뉘어 있다. 시설물 조회시 프로그램 화면에서 오른쪽에 시설물 정보가 디스플레이가 된다. 이때 시설물 정보 표에 있는 셀을 클릭하면 해당 셀의 정보가 조회 탭에 디스플레이가 되어 상세 정보를 조회할 수 있게 된다. <그림 11>은 시설물정보 창에서 셀 클릭시 정보가 조회 탭에서 디스플레이 되는 화면을 보여주고 있다.

그림 11. 시설물 이력 정보 조회
Figure 11. Search of Facilities History Information

그림 13. 시설물 정보 신규 생성
Figure 13. New Generation Facility Information

TAG ID	자산코드	자산이름	관리자	최근고장일자	년간고장횟수
1000	111	장수지	김희찬	2012-10-01	1
2000	222	금속여과기(M-14...	이태훈	2012-10-28	1
3000	333	금속여과기(M-14...	이찬희	2012-10-01	1
4000	444	열교환기(M-14...	김환수	2013-11-01	1
5000	555	송곳지	김철준	2014-09-01	1
6000	666	침전기	김준형	2014-10-01	1
7000	777	금속여과기	김현민	2014-11-11	1
8000	888	송수펌프동	황석찬	2014-11-01	2

이력번호	고장일자	보수/교체일자	보수/교체담당자	년간고장횟수
3	2012-10-01	2012-10-02	김원1	1
4	2012-10-28	2012-10-30	박원1	1

그림 12. 시설물 이력 정보 보기
Figure 12. Facility History Information

또한 시설물 조회시 오른쪽 화면에 시설물 정보가 디스플레이 되는데 이때 화면 하단에 디스플레이 되는 시설물 이력정보에 디스플레이 되는 표에서 특정 셀(사용자 선택)을 클릭하면 해당 셀에 대한 상세 정보가 조회 탭에 디스플레이가 된다.

<그림 12>는 이력정보 창에서 셀 클릭시 정보가 조회 탭에서 디스플레이 되어 시설물 이력 정보를 통해 조회되는 내용을 보여주고 있다.

시설물에 RFID 태그를 처음 설치하고 시설물 정보를 입력하기 위한 화면으로 시설물 정보를 신규 생성 시 해당 분류에 맞게 입력창이 활성화된다.

<그림 13>은 시설물 정보의 신규 생성 화면을 보여주고 있다. 활성화된 창에 검색된 태그 ID와 함께 해당 시설물에 대한 정보를 입력한 다음 등록하면 신규로 시설물 정보를 생성할 수 있다.

4. 상수도 시설물 검색 시나리오

상수도 시설물관리를 수행하기 위해서 휴대용 PC 또는 스마트폰용 앱을 이용하여 수행이 가능한데 본 논문에서는 휴대용 PC인 노트북을 사용하여 다음과 같은 순서로 검색 시나리오를 수행한다.

실행되는 프로그램은 기본적으로 블루투스 통신을 이용하여 시설물에 부착되어 있는 RFID 태그를 리딩하는 동작을 수행한다.

- ① 현장 관리자가 시설물이 설치된 지역 또는 점검지역으로 이동한다.

- ② 노트북에 설치한 프로그램을 실행 후 관리자 아이디로 로그인을 진행한다. 정상적으로 사용자 로그인이 끝나면 프로그램의 초기화면인 <그림 7>과 같은 시설물 RFID 태그 리딩 화면이 나온다.

TAG ID	자산코드	자산이름	관리자	최근고장날짜	년간고장횟수
1000	111	정수지	김희환	2012-10-01	1
2000	222	금속여과기(M-1)	이태훈	2012-10-29	1
3000	333	금속여과기(M-2)	이현희	2012-10-01	1
4000	444	열교환기(M-14)	김환수	2013-11-01	1
5000	555	송집지	최환준	2014-09-01	1
6000	666	임간지	김준형	2014-10-01	1
7000	777	금속여과지	김현민	2014-11-11	1
8000	888	송수권프동	황석환	2014-11-01	2

그림 14. 시설물 전체 조회
Figure 14. Search All Facilities

- ③ 시설물에 설치된 RFID 태그 조회가 성공하면 태그 ID와 연동된 시설물의 정보를 DB로부터 검색하여 <그림 14>와 같이 해당 태그 ID에 대한 정보를 볼 수 있다.

TAG ID	자산코드	자산이름	관리자	최근고장날짜	년간고장횟수
2000	222	금속여과기(M-1)	이태훈	2014-11-11	1

이력번호	고장일자	보수/교체일자	보수/교체담당자	년간고장횟수
5	2012-10-01	2012-10-02	담당자	1
6	2013-11-01	2014-10-02	담당자	1
7	2014-09-01	2014-10-02	담당자	1
8	2014-10-01	2014-10-05	담당자	1
9	2014-11-11	2014-12-05	담당자	1

그림 15. 시설물 고장 이력정보 확인 화면
Figure 15. Facility Information Fault History Screen

- ④ 만약 시설물에 이상이 발생하거나 고장일 경우 프로그램의 고장입력창을 이용하여 시설

물의 현재 상태 정보를 입력한다. 고장 정보를 입력하면 시설물 이력정보 창에서 확인이 가능하다. <그림 15>는 고장 입력 후 이력정보 창에 등록된 고장정보 이력을 보여주고 있다.

- ⑥ 시설물 정보를 내보내기를 통하여 마이크로소프트 엑셀 포맷의 파일로 내보낼 수 있다. <그림 16>은 내보내기를 통해 만들어진 엑셀 파일을 보여주고 있다.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
시설물 정보														
TAG ID	자산 고유 코드	자산이름	관리번호	도발번호	설치위치	제물종류	제물형식	관리기관	관리자	장부번호	현존일자	법정내용연수	장가상각비율	설치일자
1000	111	정수지	1	1	1위지1	종류1	형식1	기관1	김희환	1	1	1	1	2002-09-09
2000	222	금속여과기(M-4-1)	2	2	2위지2	종류2	형식2	기관2	이태훈	2	2	2	2	2016-01-07
3000	333	금속여과기(M-4-2)	3	3	3위지3	종류3	형식3	기관3	이현희	3	3	3	3	2016-01-07
4000	444	열교환기(M-14-3)	4	4	4위지4	종류4	형식4	기관4	김환수	4	4	4	4	2002-09-09

그림 16. 엑셀 포맷으로 내보내기한 시설물 정보
Figure 16. Export to Excel Format of Facilities Information

이와 같이 내보내기 기능으로 내보낸 데이터를 이용하여 다양한 시설물 관리의 데이터로 사용이 가능하다. 또한 엑셀로 만들어진 기존의 시설물 데이터를 불러와서 데이터의 갱신이 가능하다.

5. 결 론

본 논문에서는 시설물의 관리를 용이하게 할 수 있도록 RFID 태그를 이용한 상수도 시설물 관리 시스템을 제안 하였다. 제안한 시스템의 구현을 위해서 RFID 태그, 시설물 DB, 관리 프로그램으로 나누어서 구축하였다.

상수도 시설물 정보의 관리를 수행하는 기능, RFID 리더기와 블루투스 통신하여 태그 데이터 수집하는 기능, RFID 태그 ID에 각 매설물의 정보를

저장하고, 태그 스캔으로 정보를 조회하는 기능, 시설물의 표준 속성정보 및 이력 정보를 제공하는 기능, 이상 상태로 인한 고장 또는 정비내용을 입력받아 시설물 관리하는 기능들을 포함하고 있다.

본 논문에서 제안한 시스템을 기존 NFC를 이용한 시설물 관리 시스템과 함께 적용하여 사용한다면, 공용 DB 설계로 인한 다양한 태그 데이터를 이용할 수 있을 것이며, 시설물 관리 태그를 NFC 태그에서 RFID 태그로 교체하여도 쉽게 시스템을 수정하여 적용이 가능하다는 장점이 있다.

또한 보안상이나 기타의 이유로 서버와의 통신이 불가능한 지역에서 스마트폰을 이용하지 못하는 기존의 수많은 종류의 시설물 관리뿐만 아니라 특성상 일반 태그가 아닌 안티-금속의 메탈 태그를 사용하여 상수도 시설물에 설치된 RFID 태그 리더시 발생하는 문제를 감소시킬 수 있을 것이며 원활한 시설물 관리가 이루어질 것이다.

References

- [1] J-S. Park, and I-I. Lee, *RFID authentication system with ID synchronization*, The Korea Multimedia Society, Vol. 9, No. 5, pp. 615-623, 2006.
- [2] D-M. Seo, M-H. Yeo, Y-J. Cho, J-H. Park, J-Y. Han, and J-S. Yoo, *Design and implementation of an integrated property management system on web using RFID*, The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 8, No. 10, pp. 27-36, 2008.
- [3] M-S. Park, and T-M. Jeon, *A study on school assets management system using RFID*, Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 23, No. 9, pp. 75-82, 2009.
- [4] S-H. Han, and J-G. Min, *Development of special asset management system using RFID*, The Journal of the Korea Contents Association, Vol. 11, No. 6, pp. 33-41, 2011.
- [5] T-H. Eum, and B-H. Moon, *A folded label tag for metallic environment over UHF band*, Journal of Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 20, No. 10, pp. 19-24, 2015.
- [6] S. Jang, S. Kim, and M. M. Tentzeris, *Low-cost flexible RFID tag for on-metal applications*, IEEE Antennas and Propagation Society. International Symposium, No. 2, pp. 1298-1299, 2014.
- [7] C-R. Park, S-W. Yoon, K-K. Jung, and K-H. Eom, *Implementation of RFID tag for metal surface mount*, Communications In Computer And Information science, No. 78, pp. 299-306, 2010.
- [8] http://www.omni-id.com/pdfs/RFID_Tag_On-Metal_Technology_WhitePaper.pdf, Sep. 2009.
- [9] J-R. Kim, M-Jin. Chae, J-W. Park, G. Lee, and M-Y. Cho, *Analysis of RFID/USN technology based infrastructure asset management*, Proceedings of the Korean Institute Of Construction Engineering and Management, No. 6, pp. 772-775, 2008.
- [10] B-G. Choi, and C-J. Lee, *Developing management system for urban facilities based on ubiquitous*, Journal of the Korean society for geo-spatial information system, Vol. 15, No. 1, pp. 61-66, 2007.
- [11] J-T. Park, and I-S. Hong, *A study on underground facility monitoring application using smart phone based on android*, Proceedings of The Korea Multimedia Society Conference, Vol. 13, No. 2, pp. 261-264, 2010.

[12] Y-W. Kim, I-Y. Moon, *A study of trend technology and application case using NFC*, Proceedings of the Korean Institute of Information and Communication Sciences Conference, pp. 519-521, 2011.

[13] H-K. Park, M-S. Lee, and S-J. Kim, *Development of river facility maintenance technology on smartphone using NFC(Near Field Communication)*, Journal of Civil Engineering, Vol. 61, No. 1, pp. 52-56, 2013.

[14] B-M. Kang, B-C. Jeon, and I-S. Hong, *A study on the underground facilities management system using NFC tag*, Journal of Knowledge Information Technology and Systems, Vol. 10, No. 2, pp. 203-211, 2015.

[15] B-M. Kang, H-D. Lee, and I-S. Hong, *The development of effective database model for pipe network management monitoring program*, Journal of Korean Society for Internet Information, Vol. 9, No. 4, pp. 157-166, 2008.

이 있다. NFC 태그를 이용하는 방식은 전용 리더기 없이 스마트폰으로 사용이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 NFC 태그의 리딩은 접촉방식 또는 근접 리딩을 해야 한다. 하지만 대부분의 상수도 시설물들은 시설물의 면적이 크기 때문에 스마트폰으로 태그 리딩의 어려움과 통신보안 문제로 스마트폰을 이용할 수 없는 경우도 있다. 그러나 상수도 시설물들은 대부분 금속재질로 이루어져 있기 때문에 일반적인 RFID 태그 사용시 검색이 불가능하다는 문제점이 발생한다. 이러한 RFID 태그 검색 문제를 해결하기 위해서 금속에서 사용이 가능한 900MHz 주파수 대역을 사용하는 안티-금속 RFID 태그를 사용하여 문제점을 해결할 수 있었다. 본 논문에서는 RFID 리더기와 블루투스 통신이 되는 노트북과 모니터링 프로그램, 태그정보 데이터베이스 관리 그리고 시설물에 부착된 안티-금속 RFID 태그를 이용하여 사용자가 상수도 시설물 관리시 손쉽게 정보를 제공받고 처리할 수 있는 시스템을 제안한다. 개발 환경은 C# 상에서 구동하고, 태그 정보 관리 DB는 MySQL을 이용하여 구축하였다.

감사의 글

본 연구는 환경부 “차세대 에코이노베이션 기술개발 사업(GT-11-G-02-001-1)”으로 지원 받은 과제입니다.

Anti-Metal RFID 태그를 이용한 상수도 시설물 모니터링 시스템에 관한 연구

강병모¹, 전병찬², 홍인식³

¹순천향대학교 향설나눔대학

²청운대학교 교양학부

³순천향대학교 컴퓨터공학과

요약

본 논문은 상수도 시설물을 관리하기 위하여 사용한 RFID 태그의 리딩과 태그 데이터에 관한 연구이다. 상수도 시설물들은 설치된 장소에 따라서 지상 시설물과 지하 시설물들로 나뉜다. 이러한 시설물들을 관리하는 방법 중에는 시설물에 설치한 시설물 식별 표시를 이용하여 관리한다. 식별표시를 사용하는 방법에는 RFID 또는 NFC 태그를 검색해서 관리하는 방법



Byung Mo Kang received the M.S. the Ph.D. in the Department of Computer Science & Engineering from SoonChunHyang University in South Korea in 1998 and 2005, respectively. He has

been working as a adjunct professor at SoonChunHyang University in South Korea since 2007. His research interests include AR Technology, GIS, Embedded System and IT Convergence Technology.

E-mail address: bmkang@sch.ac.kr



Byoung Chan Jeon

received an M.S. in the Department of Computer Science & Engineering from SuWon University in South Korea in 1994 and Ph.D. in the Department of Computer

Science & Engineering from SoonChunHyang University in South Korea in 2002, respectively. He has been a professor at ChungWoon University in South Korea since 2005. His research interests include Computer Structure, Network, Home Network and IT Mobile Technology.

E-mail address: jbc66@chungwoon.ac.kr



In Sik Hong received an M.S. and Ph.D. in the Department of Electronic Engineering from HanYang University in South Korea, in 1981 and 1988, respectively.

He was senior researcher at Frontier Research Program for Water Resources from 2002 to 2011. He has been a professor at SoonChunHyang University in South Korea since 1991. His research interests include AR Technology, GIS, Embedded System and IT Convergence Technology.

E-mail address: ishong@sch.ac.kr