수리시설물의 실시간 정보관리를 위한 RFID 및 QR 코드 기반의 모바일 기술 운용성 평가

Assessment of Mobile Technology Operability Based on RFID and QR Code for Real Time Information Management of Irrigation Facilities

김태곤* · 남원호* · 이태석* · 최진용**† · 김진택***

Kim, Taegon · Nam, Won-Ho · Lee, Tae-Seok · Choi, Jin-Yong · Kim, Jin-Taek

ABSTRACT

This study aims to assess the mobile information technology as an alternative means for managing information of irrigation facilities. Traditional irrigation facility management which is operated manually has faced to critical limitations, such as delayed and loss in data handling and facilities misidentification. Real time download, collection, and update the information about the irrigation structure conditions in terms of operation and maintenance can provide a better support of the management efforts. Thus this study suggested mobile information technology using RFID (Radio Frequency IDentification) and QR (Quick Response) code for real time information management of irrigation facilities. This paper describes the applications and implementation results of real-time mobile technology for the field information communication of the irrigation facilities. The system was tested in I-dong irrigation districts in Gyeonggi-province, Korea and the assessment of operability demonstrated beneficial usability for inspection of agricultural irrigation facilities in the irrigation district. The tests showed that RFID was preferred method expected to improve operability although these had some limitation. The mobile technologies are expected to increase efficiency and effectiveness of irrigation facilities management.

Keywords: Irrigation Facilities; RFID; Quick Response Code; Mobile Technology Operability

1. 서 론

관행에 의한 물관리는 농업인 간의 용수이용에 대한 의견 조정과 농업인의 공동 노동으로 유지 관리되어 왔으나, 최근 농업 인구의 감소, 고령화로 인하여 농업수리시설물의 관리를 위한 노동력 공급이 어려워지고 있는 상황이므로 농업 수자원의 합리적 이용과 수리시설물의 효율적인 관리가 가능한 물관리 시설의 자동화 및 현대화가 시급한 과제로 대두되고 있다 (Park, 2004). 농업수자원의 효율적인 관리와 이용을 위해서는 수원공으로부터 물을 취수하여 용수로로 통해 관개지역에 실제 사용되는 농업용수의 사용량을 정확히 파악하여 농업용수 사용에 대한 효율성을 분석하고, 평가할 수 있는 관리방식의 개선 및 수리시설물의 현

대화 등을 통한 체계적이고 종합적인 물관리가 필요하다.

농업수리시설물을 체계적으로 관리하고 농업용수를 효율적으로 운영함으로써 수자원의 합리적 배분과 용수 절약을 실현하기 위하여 단위시설물을 대상으로 하는 물관리 자동화 시스템이 일부 관개지구에 도입되었다 (Ko and Yo, 1999; Ko and Kwun, 2005). 물관리 자동화 시스템은 농업수리시설물이 목적에 적합한 최대의 기능을 발휘할 수 있도록 관개지구 내의 시설물들을 중앙에서 체계적으로 관리하는 것을 의미하며 (Kim et al., 2001), 물관리 자동화를 위해 TM/TC (Tele-Monitoring/Tele-Control) 기술에 기초하여 저수지, 양배수장과 같은 개별 수리시설물을 제어, 자동운영하고 수위 및 유량의 자동 계측이 가능하도록 설계되었다. 하지만 물관리 자동화 시스템을 통한 농업용수 물관리는 일부 수원공 시설에 국한되어 수행되었으며, 유역 및 수혜지역을 포함한 관개지구 전체에 대한 자료 수집 및 정보 관리시스템으로는 한계가 있었다 (Kim et al., 2003). 또한 물관리 자동화 시스템이 보편적으로 보급되지 못하고, 대부분의 관개지역은 관행에 의한 물관리 기술과 인력에 의존하여 수리시설물을 운영하고 있으며, 주요 수원공을 제외한 관개 용수로의 수위 또는 유량에 대한 정보 관리가 매우 취약한 상태이다.

* 서울대학교 생태조경·지역시스템공학부

** 서울대학교 조경·지역시스템공학부, 서울대학교 농업생명과학연구원

*** 한국농어촌공사 농어촌연구원

† Corresponding author Tel.: +82-2-880-4583

Fax: +82-2-873-2087

E-mail: iamchoi@snu.ac.kr

2011년 9월 14일 투고

2011년 10월 17일 심사완료

2011년 10월 18일 게재확정

농업용수 및 수리시설물 관리 시 관측 자료의 부족으로 실무 운영자들은 시설물 단위로 개별적으로 관리하고, 관개 용수로를 포함한 관개지역과 연계하여 종합적으로 관리하지 못하고 있다. 따라서 농업수리시설물에 대한 효과적인 운영을 위해서는 관리 체계상 시설의 상태, 운영 현황을 파악할 수 있는 양질의 현장 정보가 축적되어야 한다 (Kim and Park, 1998). 하지만 현장 정보의 많은 부분은 유지관리요원의 수작업에 의존하고 있어, 실시간으로 현장 정보를 열람하거나 현장에서 관측한 정보를 정보관리시스템에 신속하게 입력 및 갱신 하는데 한계가 있다. 조사요원이 종이 조사표에 수기로 작성하는 작업은 자료의 누락이나 오류가 발생하기 쉽고, 작성한 자료는 전산화를 위한 재입력 과정에서 입력 오류에 대한 데이터 손실이 발생할 여지가 있다. 효과적인 수자원 관리 체계를 확립하기 위해서는 현장에서 농업용수 이용 정보 및 수리시설물의 상태 정보를 실시간으로 검색할 수 있어야 하며, 관측된 정보가 정보관리시스템으로 실시간 입력가능한 방법이 도입되어야 한다.

실시간 정보처리를 위해서는 현존하는 대상시설물과 전자파일로 저장된 정보 사이를 연결할 수 있는 전자식별 (Electronic Identification) 기술이 필요하다. 전자식별 기술은 바코드 (Bar Code), QR 코드 (Quick Response Code)를 비롯하여 RFID (Radio Frequency IDentification) 기술 등이 활용되고 있으며, 최근에는 단일 대상체를 식별함과 동시에 각각의 센서들을 통합 네트워크로 구축한 USN (Ubiquitous Sensor Network) 형태로 발전되고 있다. RFID/USN 기술은 무선통신 상에서 센서를 통해서 다른 사물들을 인지하여 네트워크를 통해 실시간으로 정보를 처리할 수 있는 기술로, RFID 태그를 위험 물질에 부착해 위치 및 이동경로를 추적 관리하고 자동화된 정보 및 통지 시스템을 구축하는 관리시스템 (Yoo et al., 2008)을 비롯하여 농산물의 생산과 유통에 관련된 모든 정보를 통합 관리하는 농산물 생산이력 시스템, 재배지에 설치된 USN을 활용하여 생산환경모니터링, 설비자동제어, 이상상황 알림/제어, 환경관리 서비스를 제공하는 농산물 생산환경모니터링 시스템 (Kim et al., 2009) 등의 농업분야의 활용 연구가 소개되고 있다.

현재의 농업수리시설물 관리는 과학화된 관리기법이 부재하고, 이에 발달된 IT 기술을 적극적으로 활용하지 못한 채, 관행적 관리방법에 의존하고 있다. 본 연구에서는 농업용수 및 농업수리시설물의 효과적인 운영 및 관리를 위하여 현장에서 농업용수 및 시설물의 상태를 실시간으로 취득할 수 있으며, 이를 정보화시스템에 입력하는 과정을 간소화할 수 있는 모바일 정보화 기술을 제안하였다. 또한 농업수리시설물 관리를 위해서 RFID 및 QR 코드 기반의 시설물을 식별할 수 있는 적합한 기술을 검토하였으며, 모바일 기술을 이용하여 현장에서 활용할 수 있는 실시간 정보 관리 방안을 제시하고, 시범지구에 적용하여 모바일 기술의 운용성을 평가하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시설물 식별 기술의 선정

가. RFID (Radio Frequency IDentification)

RFID 기술은 라디오 주파수를 이용한 근거리 통신 기술로서 주파수 대역에 따라서 통신 가능한 거리가 1 cm 미만에서부터 10 m에 이르며, 비접촉식 방식으로 기존에 이용되는 바코드 방식을 대체할 기술로 인식되고 있다 (Hwang et al., 2007). 바코드 기술은 판독기와 바코드 사이에 장애물이 없어야 하며, 여러 개의 바코드를 동시에 인식할 수 없는 한계가 있다. 반면 RFID는 무지향성 전파를 이용하기 때문에 여러 각도에서 비접촉으로 인식이 가능하고, 한 번에 여러 개를 고속으로 자동 인식할 수 있으며 (Asif and Mandviwalla, 2005), 메모리를 탑재하고 있어 정보 추가와 수정을 통해 재사용이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 주파수의 혼선과 충돌로 인해 오류가 발생할 수 있고, 금속에 대해서는 투과성이 나쁘며, 여러 개의 RFID 태그가 인접해 있을 경우 여러 개의 태그를 동시에 인식하므로 원하는 특정 사물을 식별하기 어렵다는 단점이 있다.

RFID 기술은 주로 물류 분야에서 운송하는 물품을 식별하기 위하여 이용되고 있으며 (Paek and Ko, 2008), 시설물 관리를

Table 1 Characteristics of RFID (Reem, 2008)

Frequency	Low-Frequency (125, 134 KHz)	High-Frequency (13.56 MHz)	Ultra High-Frequency (860 ~ 960 MHz)	Microwave (2.45 GHz)
Readable range	Within 60 cm	About 60 cm	About 3.5 ~ 10 m	Within 1 m
General characteristics	Expensive, Consistency	Cheaper than LF, Short distance, Popular use	Multi-read, Good perform	Similar with UHF, Influenced by env.
Mode	Passive	Passive	Passive/Active	Passive/Active
Applications	Gate security	Baggage tag, Transportation card	Supply chain, Toll collection	Digital watermark

위한 식별 기능이나 교통카드와 같은 개인 식별 기능으로 활용되고 있다 (Kang et al., 2007; Jang, 2008; Lee and Park, 2008). 물류와 같이 RFID가 널리 이용되는 경우는 리더기 (reader)가 고정되어 있고 대상이 움직이는 행태로 이용되기 때문에 리더기가 크고 전력 소모량이 많으며 인식 거리가 긴 특징이 있다. 하지만 수리시설물을 점검하는 경우에는 대상이 되는 시설물이 고정되어 있고 리더기를 가지고 이동해야 하기 때문에 리더기가 가볍고, 전력소모량이 적음과 동시에 인식 거리가 길어야 한다. RFID는 주파수 대역별로 인식거리나 특징이 상이한데, 이는 Table 1과 같다. 본 연구에서는 거리와 성능이 우수한 초단파 대역인 900 MHz 대역의 RFID를 선정하여 태그를 적용하였으며, 중복 인식 문제를 해결하기 위한 프로세스를 개발하였다.

나. QR 코드 (Quick Response code)

간단한 문자와 숫자만을 표현할 수 있었던 일차원 바코드는 정보 처리 용량의 한계와 훼손에 의한 인식 불가능의 한계를 가지고 있었고, 이를 보완하기 위하여 1980년대 중반부터 이차원 바코드가 개발되었다. 대표적으로 일본의 덴소 웨이브사가 개발한 QR 코드는 Fig. 1에 도시한 바와 같이, 이차원 바코드로서 빠른 인식 속도를 지니고 있으며 많은 정보를 저장할 수 있다는 장점으로 여러 분야에서 이용되고 있다. Table 2는 대표적인 이차원

Fig. 1 Example of QR code and bar code (Denso-Wave, 2011)

Table 2 Comparison of typical 2D code (Gao et al., 2007)

	QR code	PDF417	DataMatrix	MaxiCode
Shape				
Developer (country)	DENSO (Japan)	Symbol Technologies (USA)	RVSI Acuity CiMatrix (USA)	UPS (USA)
Type	Matrix	Stacked bar code	Matrix	Matrix
Storage	Numeric	7,089	2,710	3,116
	Alphanumeric	4,296	1,850	2,355
	Binary	2,953	1,018	1,556
Main features	Large capacity, Small size, High speed	Large capacity	Small size	High speed
Main usage	All categories	Office automation	Factory automation	Logistics

바코드를 비교하여 정리하였다 (Rouillard, 2008; Gu, 2010; Denso-Wave, 2011).

이차원 바코드는 미국에서 개발된 이차원 바코드가 주류를 이루고 있었으나, 최근 들어 QR 코드가 각광받고 있다. PDF417은 코드에 담을 수 있는 정보량이 많기 때문에 분류체계가 복잡하고 다양한 사무자동화 분야에 쓰이고 있으며, DataMatrix는 태그를 작게 만들 수 있기 때문에 공장 자동화 분야에, MaxiCode는 용량이 작은 대신 빠르게 코드를 인식할 수 있기 때문에 물류 분야에서 활용되고 있다. 본 연구에서 활용한 QR 코드는 미국에서 개발된 3 가지 기술들의 약점을 보완하고, 장점은 유지하고 있어서 다양한 분야에서 널리 쓰이고 있다. 약 4 kByte 정도의 정보를 저장할 수 있으며, 코드 중 일부가 손상되어도 복원할 수 있고, 3 개의 사각형 표식을 이용하여 코드가 뒤집혀 있거나 촬영 영상이 왜곡되더라도 코드를 읽어낼 수 있다는 장점을 가지고 있다.

다. 모바일 기기

수리시설물의 정보 관리를 위한 모바일 기술은 가볍고, 가동 시간이 길며, 정보 열람이 가능한 디스플레이와 자료 입력이 가능한 입력도구를 포함해야 한다. 또한 장소에 구애 없이 통신이 가능해야 하며, 시설물을 식별할 수 있는 기능을 갖추어야 한다. 이러한 기능을 갖춘 모바일 기기로서 PDA (Personal Digital Assistants), 이동전화, 넷북 (netbook), PMP (Portable Multimedia Player) 등이 활용되고 있으며, 최근 이동전화의 발전 형태인 스마트폰이 대표적인 모바일 단말기로 급격히 성장하고 있다 (Kang and Chang, 2009; Chon and Lee, 2011). PMP는 무선통신 기능이 비교적 약하고 입력장치가 불편하다는 단점이 있으며, 넷북은 휴대성이 부족하여 실외에서 움직이면서 작업하기에는 어려움이 있기 때문에 본 연구에서는 모바일 기기로서 가장 적절한 형태로 제시되고 있는 (Yu, 2010; Kim et al., 2011) PDA와 스마트폰을 사용하였다.

한편 모바일 사용자가 급격히 증가하고, 모바일 기기의 하드웨어 성능이 향상됨에 따라서 시간과 장소에 따른 제약 없이 언제, 어디서든 인터넷에 접속할 수 있게 되어 다양한 콘텐츠가 개발되고 있으며, 특히 GPS (Global Positioning System)를 활용한 위치기반서비스 (Location Based Service, LBS)가 주목받고 있다 (Benford et al., 2003). 본 연구에서는 모바일 기기에 탑재된 GPS 모듈을 이용하여 위치정보를 생성하고, 시설물 관리에 활용하고자 하였다. 또한 RFID 리더 기능을 탑재한 윈도우 모바일 기반 PDA와 급격히 발전하는 하드웨어에 대응하기 위하여 확장성이 좋고 다양한 기기에서 이용되고 있는 안드로이드 OS 기반 스마트폰을 대상 기기로 선정하여 소프트웨어를 개발하였다. 기기

Fig. 2 Mobile devices for real time information management of facilities

선정은 Fig. 2와 같이 PDA는 AT870, 안드로이드 기기로는 구글 넥서스 원과 삼성 갤럭시 탭을 채택하였다.

2. 수리시설물 무선 식별 기능 설계

시설물 정보 관리를 위한 모바일 기술에 있어서 가장 먼저 구현해야 할 기능은 단말기에서 점검하고자 하는 시설물을 식별하는 방법으로, 본 연구에서는 현장 여건과 단말기 기능을 고려하여 4 가지의 식별 기능을 설계하였다.

첫 번째 방법은 근거리 무선통신 기술인 RFID를 이용하여 시설물을 인지하는 것으로, 시설물에 부착된 RFID 태그와 단말기를 이용하여 주변의 수리시설물 검색하고, 선택한 시설물의 현재 상태를 점검한다. 두 번째 방법은 QR 코드를 이용하여 시설물을 인식하는 방식이며, 카메라를 이용하여 시설물에 부착된 바코드를 읽어내는 방법으로 통신방법을 제외하고는 RFID와 동일하게 동작한다. 세 번째 방법은 GPS를 이용한 위치기반 검색으로서, 현재 지점의 위치 좌표를 획득하여 주변 시설물을 검색한 후 적절한 시설물을 선택하는 방법이다. 네 번째 방법은 단말기의 검색창에 시설물의 명칭을 직접 입력하여 검색하는 방식으로 정보 시스템에 입력된 정보를 직접 검색하는 방법이 있다. QR 코드는

Fig. 3 Identification process to select the facility

식별표 하나씩 선택할 수 있는 반면, RFID나 GPS는 선택 반경 내에 여러 시설물을 선택할 수 있고, 명칭 검색은 동일 키워드를 포함하는 시설물이 다수 존재할 수 있기 때문에 특정시설물을 식별하기 위해서는 Fig. 3과 같이 다수의 시설물이 선택될 경우에는 선택된 복수 시설물 중 특정 시설물을 선택하는 과정을 포함하였다.

3. 모바일 기술 기능 설계 및 개발

본 연구에서는 모바일 기술을 활용할 수 있는 현장업무로 수리시설물 정보 검색, 실시간 수위 열람, 시설물 운영기록 및 상태 조사를 수행할 수 있는 기능을 설계하였다. 수리시설물의 정보 검색 기능은 앞서 서술한 식별기능을 이용하여 시설물을 선택하면 해당 시설물의 기본 체원 및 사진정보 등을 현장에서 확인할 수 있도록 설계하였고, 시설물에 대한 정보는 Fig. 4에 도시한 것과 같이 정보관리시스템에 저장되어 있는 텍스트 및 사진을 통해 확인할 수 있도록 개발하였다.

Fig. 4 Feature design to retrieve irrigation facilities information in mobile technique

Fig. 5 Three methods of real time water level information via mobile technology

실시간 수위 열람 기능은 식별된 해당 수리시설물의 수위정보를 현장에서 실시간으로 확인하도록 설계하였으며, 실시간 수위정보를 확인할 수 있는 3 가지 방법에 대해 Fig. 5와 같이 도시하였다. (a) 시설물의 위치와 기본제원, 현재 수위를 확인할 수 있는 지리적 현황을 파악하는 데 유리한 지도형 및 (b) 시계열 자료를 이용하여 수위변화를 확인할 수 있어 관할 지구의 용수 운용 이력을 파악하는 데 유용한 그래프형을 설계하였고, (c) 현재 저수지 수위를 전체적으로 확인할 수 있는 리스트형은 전국 및 도별, 지사별 저수지 수위 현황을 파악할 수 있기 때문에 농업용수 운용의 상대적 지표로 의미가 있을 것으로 판단되었다.

4. 정보시스템 입력 기능 설계 및 개발

모바일 기술은 현장에서 실시간으로 시설물 제원 및 수위 정보를 취득할 수 있을 뿐만 아니라 현장에서 시설물을 운영한 기록

이나, 시설물의 상태를 파악하고 이상 징후 발견 시 시설물 보수를 요청하는 유지관리 업무에 활용할 수 있다. 운영일지는 축적된 자료를 바탕으로 추후에 운영효율을 평가하고, 물관리 효율 개선의 기초자료로 활용된다. 관개 기간인 봄과 가을 사이에는 시설 운영에 관련된 운영일지 작성이 특히 중요한 반면, 비관개기인 겨울철에는 농업용 수리시설물이 이용되지 않고 방치되어, 동해, 파손, 토사 유실 등의 시설물 기능 저하 현상이 발생하기 때문에, 지속적인 시설물 점검 기록이 중요하다. 이러한 시설물의 운영기록 및 상태 정보는 현재는 관리원이 직접 방문하여 수기로 조사표를 작성한 후, 사무실에서 정보시스템에 재입력하는 과정으로 이루어진다. 본 연구에서는 이러한 과정을 일체화하여 Fig. 6과 같이 현장에서 입력한 자료를 정보시스템에 갱신할 수 있도록 프로그램을 개발하였다. 모바일 기술을 통해 작성한 점검기록과 현장 사진이 재작업 없이 실시간으로 정보시스템에 반영할 수 있는 형태로 자료를 축적함으로써 현장 업무를 수행하는 데 편의성을 도모하였다.

III. 적용 및 고찰

1. 대상지역 및 설치현황

모바일 기술을 활용한 수리시설물 식별 기능의 현장 검증을 위해서 시험지구로 경기도 용인시 소재의 이동저수지 하류 평야부 수리시설물을 선정하였다. 이동 저수지의 관개수로 시점부에서 원암양수장에 이르는 3.2 km 구간 수로에 대해서 21 개의 주요 지점을 선정하여 RFID 및 QR 코드를 설치하였으며, 설치현황은 Table 3과 같다. 평야부 수리시설물은 점 데이터로 표시되는 수원공 시설과 달리 선 데이터로 표현되기 때문에 현장에서 수로 시설물을 직관적으로 인식하기 어렵다는 문제가 있었다. 이에 연

Fig. 6 Facility management information system using mobile technology

(a) Auto water gauge

(b) Panel of the open channel

Fig. 7 Installed RFID tag and QR code along the irrigation canal

Table 3 Installation status of RFID and QR code

Irrigation facilities	Counts	Installed types	Installed height	Approach distance
Irrigation canal	12	Panel attach	0.2 m~0.5 m	0.5 m
Gauging staff	4	Direct attach	0.2 m	2 m
Water gauge	2	Direct attach	1.5 m	2 m
Regulating gate	2	Panel attach	1.5 m	0.5 m
Facility (Pumping station)	1	Direct attach	1.5 m	0.2 m

속된 시설물을 식별하기 위해서 일정 간격으로 Fig. 7과 같이 표지판을 설치하였다. 표지판은 주변 보행에 방해되지 않으면서, 식별 가능하고, 임의 훼손에 견딜 수 있도록 철제로 제작하여 수로 부근에 설치하였다.

2. 모바일 기술의 적용 및 운용성 평가

RFID를 이용한 식별방법은 무지향성 통신이라는 특징이 있고, 시설물의 방향과 상관없이 관리자가 시설물 근처에 접근하면 식별할 수 있다는 장점이 있는 반면, 여러 시설물이 밀집해 있을 경우에는 물리적으로 구분하기가 어렵다는 단점이 있다. 두 번째 식별방법인 QR 코드는 카메라를 이용하여 대상 수리시설물의 식별코드를 촬영하기 때문에 중복 선택의 염려가 없다는 장점이 있지만, 출력된 바코드가 훼손될 가능성이 크며, 카메라 모듈을 구동하기 위한 초기구동시간이 있고, 야간에는 식별이 어렵다는 단점이 있다. 세 번째 식별방법인 GPS 모듈을 활용하는 경우에는 점검자의 현재 위치를 중심으로 주변 시설물을 검색하는 방법으로 직관적인 식별기능이라는 장점이 있는 반면, 상대적으로 오차범위가 크기 때문에 다수의 시설물이 인식된다는 단점이 있다. 마지막으로 명칭 검색을 통한 식별 기능은 시설물의 명칭을 알고 있을 경우에는 정확하게 시설물을 찾을 수 있다는 장점이 있지만, 단말기 특성상 텍스트 입력이 용이하지 않고, 시설물의 명칭을 기억하고 있어야 한다. 앞서 기술한 식별방법은 인식거리, 인식속도, 사용방법이 서로 다르기 때문에 각각의 기능을 구현하

고, 비교 검토할 필요가 있다. 이에 적용성을 평가하기 위하여 현장 실험을 실시하였다. 21 개 수리시설물에 대해 식별 코드를 부여하여 데이터베이스를 구축하였으며, 시험 지구를 대상으로 현장 운용성을 평가하기 위하여 2 회에 걸쳐 전수조사를 시행하였다. 4 가지 인식 기능별로 인식 거리, 인식 성공률, 소요 시간에 대해서 조사하여 Table 4에 각 식별 방법별 특성을 정리하였고, 조사결과를 바탕으로 식별 기능을 비교/평가하였다.

가. 근거리 무선통신을 활용한 식별 기능

근거리 무선통신 기술인 RFID를 이용한 식별 기능은 평균적으로 인식거리가 1.5 m 가량으로 조사되었다. 전체적으로 시설물 근처에서 빠르게 인식할 수 있었으며 무지향성의 특징으로 시설물의 설치 높이에 따라 작업성의 편차가 없었다. 다만 일부 시설물 태그가 차량용 도로에 인접하여 철제 가드레일 아래 부분에 설치된 경우가 있어, 이 경우 방해물에 의해서 0.5 m 정도로 인식거리가 짧아짐을 확인하였다. 총 21 개 태그 설치지점 중 20 개는 정상적으로 식별하였으나, 1 개 지점은 식별할 수 없었다. 이는 관리자가 일반적으로 보행하는 도로의 건너편 수로에 RFID 태그가 설치되어 있어, 수로 폭이 2 m가 넘고 쉽게 건너편 수로로 이동할 수 없었기 때문에 RFID 기능만으로는 시설물을 식별할 수 없었다.

나. QR 코드를 활용한 광학 식별 기능

광학 인식 기능 테스트를 위하여 QR 코드는 Fig. 8과 같이 설치 가능한 최대크기인 10×10 cm (QR-a)와 3×3 cm (QR-b)의 2 가지 크기로 설치하여 검증을 수행하였다. QR-a의 경우 50~100 cm에서 식별 가능하였지만 QR-b의 경우 인식거리가 20 cm 내외로 조사되었다. 또한 카메라 모듈에 초점이 맞춰지면 1 초 이내로 인식되는 것을 확인할 수 있었으며, 전방에서 30° 정도 상하좌우로 움직여서 촬영하더라도 시설물을 정상적으로 인식할 수 있었다. 하지만 코드를 촬영할 수 있어야 하기 때문에 코드가 설치된 높이에 따라 작업성의 차이가 발생하였으며, 식별

Table 4 Experimental results in comparison of identification features (mean of more than two trials)

	RFID	QR code	GPS	Name search
Distance	1.5 m	0.2 m	50 m	-
Inspection speed	1 sec	1 sec	10 sec	20 sec
Reliability	95.2 %	90.5 %	100 %	100 %
Total detection count	44 (2.2 items per trial)	19 (A single item per trial)	176 (5.5 items per trial)	116 (3.6 items per trial)
Advantage	Rapid found, Nondirectional detection	Rapid found	Long inspection distance	Clear/definite inspection
Disadvantage	Influence of obstacles	Short inspection distance, Directional detection	Long boot time, Large error range	Name input, Inconvenient input method

Fig. 8 Identification test using QR code

에 실패한 2 개의 시설물은 관개수로 벽면에 설치된 수위표의 QR 코드로서 관리자의 현재 위치보다 아래쪽에 설치되어 있었다. 수로에 내려서지 않는 이상 정면에서 QR 코드를 촬영하기가 곤란하여 시설물 식별이 어렵다고 판단하였다.

다. GPS 기술을 활용한 위치기반 식별 기능

GPS 모듈을 활용한 위치기반 식별 기능은 모바일 단말기에서 제공하는 현재 위치를 바탕으로 주변에 설치되어 있는 시설물을 검색하는 기능으로서 GPS 음영지역이 적은 지역에서 시설물을 찾는 데 유용한 기능이다. 주변 시설물 리스트는 Fig. 9 (a), (b)와 같이 현재 위치를 중심으로 주변 시설물의 배치를 확인하는 지도 형식과 현재 위치에서 가까운 순서대로 시설물을 정렬하는 리스트 형식으로 개발하였다. 현장 검증을 통해 인식 오차를 평가한 결과, 평지에서는 오차가 30 m 정도로 나타났으며 산간지역에서는 100 m 정도의 오차가 발생하였다. GPS 위치 오차가 발생함에도 불구하고, 농업용 수리시설물의 특성상 넓은 지역에 드물게 분포하기 때문에 검색된 시설물은 5.5 개 정도로서 식별 기능으로 타당한 것으로 판단된다. 하지만 농업용 수리시설물 중 상당수가 산간지역에 분포하고 있어 수목 등에 의한 GPS 음영 지역이 넓고, 음영에 따른 위치 오차가 커지기 때문에 일정 수준의 GPS 정확도를 확보하기 위하여 장시간 GPS 모듈 작동을 기다려야 한다는 한계가 있었다.

라. 명칭 검색을 활용한 정보 검색 기능

시설물의 명칭을 통하여 검색하는 기법은 정보 시스템에 등록되어 있는 시설물 정보를 검색하는 기능으로서 거리에 관계없이 현장에서 시설물을 식별할 수 있다는 장점이 있다. 저수지, 양수장, 취입보와 같이 이름으로 쉽게 구분되는 주요 수리시설물은 유용하게 시설물을 찾을 수 있는 기능이지만, 평야부 수리시설물은 이름으로 구분하기가 쉽지 않다는 점에서 사용성의 한계가 있다. 예를 들어, Fig. 9 (c)와 같이 진위간선을 검색한 결과로서

(a) GPS-map

(b) GPS-list

(c) name search

Fig. 9 Identification feature using GPS module and name query

‘진위’라는 이름으로 검색하였을 경우 10 여개 이상의 검색결과가 출력되어 시설물을 쉽게 구분할 수 없었다. 또한 물리적인 입력장치가 존재하지 않기 때문에 모바일 기기에서 시설명을 입력하는 것은 대단히 수고로운 작업이었다. 현장 사용 시 한계점이 분명하므로, 점점 시에 앞서 세 가지 식별 기능으로 시설물을 찾을 수 없을 경우에 보조적으로 이용할 수 있는 식별 기능으로 판단된다.

시설물에 대한 기본제원을 현장에서 실시간으로 정보시스템에 접근하여 확인할 수 있게 됨에 따라 정보시스템에 누락된 정보나 잘못된 정보를 파악하기 용이하다. 모바일 기술의 기능 중 신규시설물 등록 기능을 추가함으로써 관리자가 현장에서 시설물 정보관리시스템의 오류를 기록하고 추후 승인과정을 거쳐 수정하여 정보시스템의 지속적인 자료 관리의 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. 또한 운영일지 및 점점기록을 수기로 작성하는 관행적 방법에 비하여 모바일 기기를 이용함에 따라 보고서 작성이 간소화되어 업무 효율 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 결 론

지금까지 농업용수 관리 및 운영에 있어서 물관리 자동화 시스템의 도입은 초기단계로 현장에서는 정보시스템을 활용하기 어렵고, 수기에 의존한 관행적 관리방법을 지속하고 있어서 현장 업무의 효율을 높일 수 있는 모바일 기술의 도입이 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 농업용수 및 농업수리시설물의 효과적인 운영 및 관리를 위하여 현장에서 활용 가능한 RFID 및 QR 코드 기반의 모바일 기술을 설계 하고, 모바일 기기에 구현하여 시범지구에 적용하였다.

현장에서 모바일 기술을 활용하여 농업용수 및 시설물의 상태를 실시간으로 취득하고 시설물을 식별하기 위한 4 가지 방식으

로 RFID를 이용한 식별 기능, QR 코드를 이용한 광학 인식 기능, GPS 기능을 활용한 위치기반 식별 기능, 명칭 검색을 통한 식별 기능을 개발하고, 이를 현장 테스트를 통하여 실용성을 비교·검토하였다. 또한 모바일 기술을 활용할 수 있는 현장업무로 수리시설물 정보 검색, 실시간 수위 열람, 시설물 운영기록 및 상태 조사를 수행할 수 있는 기능을 설계하였고, 조사 결과를 현장에서 정보화시스템에 입력하는 과정을 간소화할 수 있는 실시간 정보 관리 방안을 제시하고, 시범지구에 적용하여 운용성을 평가하였다.

시설물을 식별하기 위한 방법을 비교한 결과, RFID 기술을 이용한 방법이 식별 속도에서 가장 우수하며, 인식거리, 인식된 시설 개수에서 양호한 결과가 나타났기 때문에 시설물 식별의 가장 적합한 방식으로 판단된다. 하지만 주변 시설물에 의한 인식거리 감소효과를 고려하여 설치위치를 조절할 필요가 있을 것으로 사료된다. QR 코드와 GPS 모듈은 초기 구동시간의 문제점, 명칭 검색은 입력의 불편과 중복 명칭으로 인한 다수 시설물 검색이 단점으로 파악되었다. 하지만 QR 코드는 제작단가가 저렴하다는 점, GPS는 검색결과가 직관적이라는 점, 명칭 검색은 주요 시설물을 직접 검색할 수 있다는 점은 장점으로 평가할 수 있으며, RFID 기능의 보완적 장치로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 제안한 모바일 기술은 현장에서 정보시스템과 실시간으로 정보를 교환하며, 농업용수 및 수리시설물의 운영 정보, 시설 상태 정보 및 시설물 상태 점검 기록, 누락 시설물에 대한 기초 자료 조사 등의 실시간 정보관리시스템 구축에 활용할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 모바일 기기를 활용한 실시간 정보 수집은 기존 종이 조사표를 이용한 관행적 조사의 한계점인 자료누락이나, 오류 및 수정, 재입력 과정의 어려움 등의 비효율성을 개선하고 관리자의 현장 업무 효율성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단한다. 향후 모바일 기기를 활용한 수리시설물 관리업무의 효율화를 위하여 모바일 기술에 적합한 항목 설계 및 조사 항목의 활용방안, 관리 가이드라인에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구는 농림수산식품부의 “농촌수자원의 관리 효율화를 위한 검측장비 개발” 연구비 지원으로 한국농어촌연구원과 공동으로 수행되었으며, 이에 깊이 감사드립니다.

REFERENCES

1. Asif, Z., and M. Mandviwalla, 2005. Integrating the Supply Chain with RFID : A Technical and Business Analysis. *Communications of the Association for Information Systems* 15: 393-427.
2. Benford, S., R. A. M. Flintham, A. Drozd, A. Crabtree, C. Greenhalgh, N. Tandavanitj, M. Adams, and J. Row-Farr, 2003. Coping with Uncertainty in a Location-based Game. *IEEE Pervasive Computing* 2(3): 34-41.
3. Chon, E. H., and Y. M. Lee, 2011. The Analysis on Teaching and Learning Activities Using Mobile Devices in Higher Education. *The Journal of the Korea Contents Association* 11(2): 477-486.
4. Denso-Wave, 2011. About 2D Code. Retrieved 16 May 2011.
5. Gao, J. Z., L. Prakash, and R. Jagatesan, 2007. Understanding 2D-barcode Technology and Applications in M-commerce: Design and Implementation of a 2D Processing Solution. 31st Annual International Computer Software and Applications Conference, *IEEE COMPSAC* 2: 49-56.
6. Gu, J. E., 2010. A Study on the Empowerment of Mobile Services Using Barcodes and RFID (Radio-Frequency Identification) in Korean Libraries. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science* 44(2): 309-331 (in Korean).
7. Hwang, J. H., J. S. Lee, and C. Y. Song, 2007. Understanding of GPS and RFID for Implementing Ubiquitous Environment in Construction. *Journal of Korean Geotechnical Society* 23(6): 13-22 (in Korean).
8. Jang, D. S., 2008. Implementation of FNMS (Fishing Net Management System) Based on RFID and GPS. *The Journal of Korea Navigation Institute* 12(4): 304-310 (in Korean).
9. Kang, D. K., and W. T. Chang, 2009. Project Schedule Notification and Issue Tracking System Based on Social Networking Service on a Smartphone. *The Journal of the Korean Institute of Maritime & Communication Sciences* 14(3): 669-677 (in Korean).
10. Kang, P. G., J. H. Kim, J. S. Chae, and W. I. Choi, 2007. A Design and Implementation of Facility Management System Using Portable RFID. *Journal of Korea Multimedia Society* 10(4): 492-505 (in Korean).
11. Kim, H. J., C. G. Kim, and S. Kim, 2003. Assessment of Water Management Efficiencies for Irrigation Pumping Stations in the Han River and Nakdong River Basins.

- Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 45(1): 23-32 (in Korean).
12. Kim, M. H., B. R. Son, D. K. Kim, and J. G. Kim, 2009. Agricultural Products Traceability Management System based on RFID/USN. *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers* 15(5): 331-343.
13. Kim, S. J., and S. S. Park, 1998. A Practical Study of Unified Management System for Irrigation and Drainage Facilities. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 40(3): 42-53 (in Korean).
14. Kim, S. J., P. S. Kim, C. Y. Yoon, and J. H. Park, 2001. Development of Open Water Management Program (OWMP) for Water Management Automation System with Open Architecture. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 43(5): 83-92 (in Korean).
15. Kim, S. Y., B. J. Park, and J. J. Jung, 2011. User Route Analysis of Using GPS on a Mobile Device and Moving Route Recommendation System. *The Journal of the Korea Contents Association* 11(2): 135-141 (in Korean).
16. Ko, G. D., and W. S. Yo, 1999. A New Direction in the Advance of TM/TC System. *Proceedings of the Korean Society of Agricultural Engineers Conference* (in Korean).
17. Ko, G. D., and S. K. Kwun, 2005. The Irrigation Characteristics of the Eumsung TM/TC System. *Proceedings of the Korean Society of Agricultural Engineers Conference* (in Korean).
18. Lee, C. G., and J. H. Park, 2008. The Design of an RFID/USN Event Monitoring System for Next Generation Gas Safety Management. *Journal of the Korean Society of Safety* 23(5): 35-42 (in Korean).
19. Paek, M. H., and S. S. Ko, 2008. The Study on RFID Traceability System for Rice Chain Management. *The Journal of Society for e-Business Studies* 13(4): 33-47 (in Korean).
20. Park, K. W., 2004. Development of a Simulation Model for Automatic Irrigation Management (SIMA) in Paddy Land. Ph.D. diss., Ind. Seoul National University.
21. Reem, J. I., 2008. Analysis of Ubiquitous Computing System and Guidelines in Establishing Courses on Domestic & Foreign RFID. *The Civilization Journal* 8(2): 213-236 (in Korean).
22. Rouillard, J., 2008. Contextual QR Codes. *ICCGI '08. The Third International Multi-Conference on Computing in the Global Information Technology*, August 2008: 50-55.
23. Yoo, S. K., S. J. Kim, J. J. Park, D. K. Kim, H. S. Bae, and B. C. Chang, 2008. Web based Anticancer Drug Management System Using Ubiquitous Sensor Network and RFID. *Journal of the Korean Sensors Society* 17(3): 229-235.
24. Yu, S. J., 2010. A Customized Mobile Tour Guide System for Amusement Park Based on GPS. *Journal of the Korea Society of Computer and Information* 15(8): 99-105 (in Korean).