CNU Journal of Agricultural Science Vol. 39, No. 3, pp. 451-458, September 2012
DOI: http://dx.doi.org/10.7744/cnujas.2012.39.3.451

농업수리시설물 관리시스템 도입에 대한 경제성 분석

최정열[1]*

[1]성결대학교 컴퓨터공학부

Economic analysis on the adoption of management system for irrigation facilities

JungYul Choi[1]*

[1]*Division of Computer Engineering, Sungkyul University*

Received on 16 July 2012, revised on 17 August 2012, accepted on 23 August 2012

Abstract : Irrigation facilities such as reservoir, sluice, and waterways are managed for preparing flood or drought. It is necessary to efficiently measure water level, flow rate, and related data in national-wide scattered irrigation facilities and to systematically manage data obtained from the facilities. This paper presents a management system for irrigation facilities in order to fast and exact measure their states. The management system consists of mobile device with QR-code function, sensors and gateways, a monitoring system and telecommunication networks. In order to present the benefits of the adoption of the management system against the legacy hand-writing way, this paper presents a economic analysis and its illustrative result.

Key words **:** Economic analysis, Management system, Irrigation facilities, Sensor networks, Mobile device

I. 서 론

지구 온난화와 이에 따른 기후 변화로 인해서 국지적 집중호우나 장기간의 장마가 발생하여 농지 침수 및 유실 피해가 증가하고 있으며, 가뭄에 의한 물 부족 현상도 심화되고 있다. 이와 같은 홍수 및 가뭄 피해를 대비하기 위하여 농업용 저수지, 수문, 그리고 농수로와 같은 농업수리시설물이 운영되고 있다. 이들 시설물은 비교적 규모가 작지만 그 수가 매우 많고 지역적으로 산재해 있기 때문에 관리자가 이들을 효율적으로 운영하고 관리하는데 어려움을 겪고 있다. 더욱이 이들 시설물은 물과 항상 접하는 철근 콘크리트 구조물로 이루어져 있어서 시간이 경과함에 따라 균열 발생과 철근 부식과 같은 노후화 현상이 진전되어 정기적인 안전 점검이 요구된다.

이에 따라 농업수리시설물을 보다 체계적으로 관리하고 농업용수를 보다 효율적으로 확보 및 운영하기 위하여 노력이 진행되고 있다(KRCC, 2012; RRI, 2000). 농촌의 수리시설의 실태를 조사하려는 노력이 진행되고 있으며(Kim et al., 2011; Kim et al., 2012), 농업수리시설물들의 효과적인 관리를 위해 웹을 이용한 자료관리시스템 구축 방안을 연구되고 있다(Goh, 1999). 또한, 농업수리시설물의 일관성있는 유지 및 관리를 위한 체제 연구가 진행되었다(Kim 등, 2006). 이와 같은 노력에도 불구하고 현재까지도 시설물 유지 관리를 위해서는 현장관리자가 종이 조사표에 기재한 후 이를 다시 컴퓨터에 입력하는 과정을 거치고 있어 업무의 비효율성이 크고, 현장 정보와 입력 데이터간의 시간차, 타이핑 오타 등이 발생할 수 있다. 이로 인한 농업용수에 대한 정확한 정보 관리의 어려움은 농업수리시설물의 관리 및 활용에 대한 다양한 요구를 충족시키지 못하고 있다. 따라서 농업수리시설물의 수위 및 유량 정보 등을 원격으로 검침 및 관리하고 노후 상태 등을 관리자가 이동단말을 이용하여 입수하여 이를 관리서버에 전송할 수 있도록 하는 농업수리시설물 관리시스템 구축이 요구된다(Han et al., 2012; Jeong et al., 2007).

***Corresponding author:** Tel: +82-31-467-8968
E-mail address: passijay@gamil.com

본 논문은 이동단말 및 센서네트워크를 활용한 농업수리시설물의 검침 기술을 바탕으로 구성되는 관리시스템을 소개한다. 농업수리시설물 관리시스템은 관리 대상인 수리시설물을 QR 코드로 관리하고, 부착된 QR 코드를 이동단말의 내장카메라를 이용해서 인식하도록 하며, 수위 및 유량 정보는 센서네트워크를 통해서 입수한다. 입수한 정보는 3G/4G 이동통신망 및 인터넷을 통하여 중앙의 관리시스템으로 전달되어 종합적인 시설정보 관리가 이루어진다. 기존의 수기 방식 대비 본 논문에서 제시한 관리시스템 도입에 대한 효과를 비교하기 위한 경제성 분석 방안을 소개하고, 그에 따른 경제적 분석 결과와 농업수리시설물의 관리시스템의 효용성을 제시한다.

II. 재료 및 연구방법

1. 농업수리시설물 관리시스템

농업수리시설물의 관리는 대상 시설물에 대한 정보 획득과 현장 수리시설물의 현황 검측, 획득한 정보의 전달을 위한 통신네트워크, 그리고 수집한 정보를 종합 관리하는 관리시스템 등으로 구성된다. 농업수리시설물의 정보 획득은 이동단말을 통해서 이루어지며, 수리시설물의 위치, 명칭, 관리구역 및 관리자 등과 같은 정보를 포함한다. 수리시설 관리정보는 해당 시설이 관리하고 있는 대상, 예를 들어 수량, 유속, 저수량, 수위 등을 의미하며 각종 측정 센서를 통해서 자료가 주기적으로 수집된다. 농업수리시설물과 검측 데이터의 예를 Table 1에서 보인다.

수집된 데이터는 3G/4G 무선통신망 및 인터넷 등과 같은 상용 통신망을 통해서 중앙의 관리시스템으로 전달된다. 관리시스템은 수집한 정보를 종합 관제 및 관리하는 기능을 수행하며, 현장관리자 외에 중앙의 관리자가 현장의 시설물 정보를 통해 종합적인 예방 대책을 마련할 수 있는 자료를 제공하도록 한다.

2. 농업수리시설물 관리시스템의 요소 기술

농업수리시설물의 종합적이고 체계적인 관리를 위한 요소 기술로는 수리시설물 정보 획득을 위한 이동단말 및 검측 기술, 시설물이 관리하는 대상 정보를 검측하기 위한 센서 및 자료수집용 게이트웨이, 수집된 시설물 및 관련 정보를 종합적으로 관리하기 위한 관리시스템, 그리고 이들 간에 데이터 전달을 위한 통신네트워크 등이 있다. 본 절에서는 4가지 요소 기술에 대해서 살펴보도록 한다. Fig. 1은 농업수리시설물의 효과적인 관리를 위한 요소 기술과 통신 네트워크 구성도를 보인다.

가. 검측용 이동단말

농업수리시설물의 정보로는 시설물의 이름, 위치, 담당

Table 1. Example of irrigation facilities and measuring data.

Irrigation facilities	Measured data	Monitoring items	Measuring instrument
Reservoir	Water-intake flow rate	Intake tower, Water gate level	Ultrasonic water level gauge
	Water gate opening	Full open, full closed, Stop, Abnormality	Water gate opening gauge
	Water gate level	Water gate inside/outside level	Ultrasonic water level gauge
Pumping station	Water tank level	Inflow/Emission level of water tank	Water level gauge
	Valve opening	Full open, full closed, Stop, Abnormality	Water level gauge
	Water lift pump states	Pressure in inflow/emission part, bearing temperature	Pressure/temperature sensor
	Electric power supply states	Voltage, current, power, power factor	Electrical measuring device
Flood gate	Flood gate opening	Full open, full closed, Stop, Abnormality	Water gate opening gauge
	Flood gate water level	Water level of upstream of flood gate	Ultrasonic water level gauge
Diversion gate	Regulating gate opening	Full open, full closed, Stop, Abnormality	Water gate opening gauge
	Diversion gate opening	Full open, full closed, Stop, Abnormality	Water gate opening gauge
	Diversion gate water level	Water level of upstream/ downstream of water gate	Ultrasonic water level gauge
Waterway	Waterway level	Waterway level in key points	Ultrasonic water level gauge

구역, 관리자, 설치일자, 관리내역 등이 있다. 이러한 정보는 RFID(Radio Frequency Identification) 태그, QR(Quick Response) 코드 등으로 생성하여 시설물에 부착한다. 현장 담당자는 RFID 수신기 또는 QR 코드 인식 카메라가 내장된 이동단말을 이용하여 시설물 정보를 신속, 정확하게 검침할 수 있게 된다(ITU-T, 2007). 특히 최근에는 스마트폰 사용자 2000만 시대를 맞이하여 대부분의 성인이 스마트폰을 가지고 있어 앱(app, application) 형태로 검측용 소프트웨어를 사용하면 별도의 단말 도입이 불필요하며 검측용 소프트웨어 개발이 용이하여 보다 높은 경제적인 효과를 얻을 수 있게 된다. 수리시설물에 부탁된 QR 코드를 이동단말의 카메라를 통해서 인식하면 단말에 내장되어 있는 검측 어플리케이션을 통해 인식한 이미지가 디코딩되어 코드화된 규격의 데이터로 변환된 후 시설물 정보가 자동적으로 이동단말에 표시된다.

Fig. 2는 이동단말에 탑재된 수리시설물 관리 어플리케이션을 보인다. 수리시설물의 시설 정보, 수위정보, 현장관리, QR 검색, 일상 및 정기 점검 등의 기능을 갖는다. QR 코드로 인식한 수리시설물은 이동단말의 GPS 센서와 주변 기지국 정보를 바탕으로 현재 위치 정보를 획득하여 검측 어플리케이션 내부의 지도에 표시된다. 지도 정보를 활용하여 농수로의 위치 변경 시 이를 자동으로 수치상에 정확하게 표현이 가능하며, 변동된 위치 정보를 관리시스템에 전송하여 관리하도록 한다.

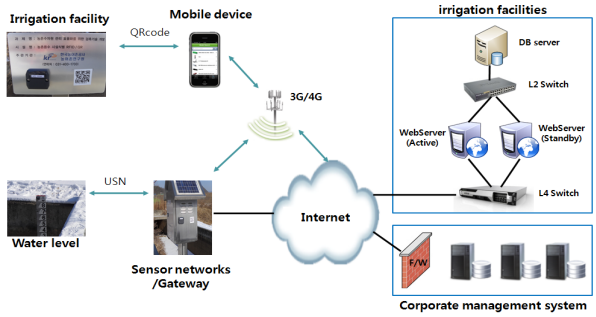

Fig. 1. Elementary technology and telecommunication network for management of irrigation facilities.

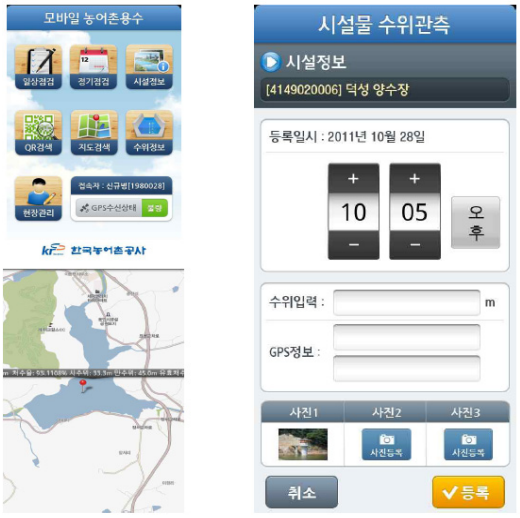

Fig. 2. Mobile application for management of irrigation facilities

나. 검측용 센서 및 게이트웨이

수리시설물은 별도의 검측용 센서를 가지고 있어 시설물 주변의 관리 대상의 정보를 주기적으로 측정하게 된다. 검측용 센서 및 측정 데이터는 Table 1에서 보인다. 센서가 수집한 데이터는 자료수집용 게이트웨이로 전달된다. 게이트웨이는 인근의 수리시설물로부터 측정된 데이터를 수집하여 원거리에 있는 관리시스템으로 전달하는 기능을 수행한다.

다. 관리시스템

농업수리시설물을 종합 관제 및 관리하기 위한 관리시스템은 다음과 같은 기능이 요구된다. 첫째, 이동단말 및 자료수집 게이트웨이로부터 입수한 수리시설물 정보를 주기적으로 축적, 관리하여 데이터베이스화 한다. 입수한 데이터는 시설명, 지역별 및 기간별 등으로 구분되어 관리하며, 의미있는 데이터 산출을 위한 통계 처리가 필요하다. 그리고 전국적으로 산재한 수리시설물과 추후 대상의 확대를 고려하여 서버와 데이터베이스의 확장이 용이하도록 하드웨어를 구성하여야 한다. 관리대상 시설물의 수, 사용자 수, 동시처리능력을 고려하여 서버의 규모를 산정한다. 특히 사용자에게 끊김없는 서비스를 24시간 제공하기 위한 active/standby 방식의 고가용성 서버 운용을 고려할 필요가 있다.

라. 통신네트워크

농업수리시설물 관리를 위한 통신네트워크는 위치와 작업 내역에 따라서 크게 3가지로 구분하여 구성될 수 있다. 첫째, 수리시설물 정보 수집을 위한 통신인터페이스이다. 이 구간은 이동단말이 수리시설물에 부착된 RFID, QR 코드 등을 이용하여 관리 정보를 수집할 수 있도록 하는 통신인터페이스가 제공된다. RFID를 이용할 경우에는 수리시

설물에는 RFID 송신기가, 이동단말에는 RFID 수신기가 있어 이들 송수신장치 간에 통신이 이루어지도록 통신인터페이스가 구성되어야 한다. 하지만 앞서 살펴본 바와 같이 QR코드를 사용할 경우에는 이동단말의 카메라를 이용하여 정보를 획득하게 되므로 별도의 통신인터페이스는 필요하지 않다.

다음으로는 저수지, 양수장, 보, 관정 등과 같은 수리시설물로부터 유입량, 저수량, 방류량, 수로수위, 양수량 정보를 검침하는 각종 측정용 센서로부터 이들 자료를 수집하는 게이트웨이까지를 포함한다. 센서와 게이트웨이까지는 센서네트워크로 구성하며, 센서가 수집하는 데이터의 항목과 양, 수집 주기에 따라서 적절한 통신용 프로토콜이 적용될 수 있다. 대개의 경우 측정용 센서가 실내가 아닌 실외에 노출되는 경우가 많기 때문에 극한 외부 환경에서도 신뢰성있고 안정적인 데이터 통신을 위해서 에러 정정 및 제어 기법이 요구된다.

이동단말과 자료수집 게이트웨이로부터 입수된 데이터는 중앙의 관리시스템으로 전송된다. 수리시설물이 주로 원거리에 산재하고 있기 때문에 별도의 통신네트워크를 구축하기 보다는 전국적인 통신네트워크가 구축되어 있는 상용 3G/4G 무선 통신망을 이용한다. 게이트웨이가 유선 통신망에 연결되어 있는 경우에는 인터넷을 통하여 관리시스템에 접속이 가능하다. 상용 통신망을 이용하기 때문에 데이터의 보안을 위해서 별도의 보안용 통신프로토콜이 요구될 수 있다.

III. 결과와 고찰

1. 농업수리시설물 관리시스템 도입에 대한 경제성 분석

본 장에서는 앞서 살펴본 농업수리시설물 관리시스템을 도입함에 따라 기존의 수기 방식에 비해서 어느 정도의 경제적인 효과를 얻을 수 있는지 살펴보기 위한 경제성분석 방법을 제시하고 및 그 결과를 소개한다. 일반 민간사업의 경우에는 그 목표가 이익의 극대화에 있기 때문에 자본 투입 대비 경제적 효과를 분석하기 위해서 현가분석법, 연금분석법, 손익분기점분석법, 회수기간법 등 다양한 방법이 적용되어 왔다. 하지만 농업수리시설물의 경우에는 공공의 이익을 목표로 하는 사업이기 때문에 민간사업에 적용되는 경제성분석 방법을 그대로 적용하기에는 무리가 있다. 공공사업의 경제성분석을 위해서는 편익 대 비용 분석, 비용 대 효과 분석 방법 등을 적용할 수 있다(Chang, 2006). 농업수리시설물 관리시스템의 경우에는 자본 투입 대비 그 결과를 직접적으로 확인하기가 어렵다. 정확하고 신속한 수리시설물 관리를 통해서 농가에서 얻을 수 있는 이익을 산출하기가 어렵기 때문이다. 따라서 농업수리시설물 관리시스템에 대한 경제성분석은 해당 시스템 도입에 따른 경제적 타당성을 분석하는데 초점을 맞추도록 한다. 즉, 종래의 현장관리자가 현장의 수리시설물을 방문하여 수기로 관리내역을 기록하고 이를 사무실의 컴퓨터에 입력하는 방안과 비교하여 이동단말 및 센서네트워크를 이용한 수리시설물 정보의 자동 검측 및 관리시스템 저장 방안이 얼마나 경제적인 효과를 보이는지를 판단할 수 있는 방안을 제시하는데 본 연구의 목적이 있다.

농업수리시설물 관리시스템의 경제성분석을 위한 대체안으로 다음의 두 가지를 고려한다.

1) 수기 방식의 수리시설물 정보 관리
- 현장관리자가 현장의 수리시설물을 방문하여 수기로 내역을 기록
- 사무실에 있는 컴퓨터에 관리 내역을 입력
- 컴퓨터 파일로 저장된 내역을 중앙의 관리시스템에서 관리

2) 이동단말 및 센서네트워크를 활용한 자동 검측 및 관리시스템 활용
- 현장관리자가 현장의 수리시설물을 방문하여 이동 단말로 시설물 관리 정보를 자동 검측
- 수리시설물의 센서가 관리 내역을 자동 검측하여 자료수집 게이트웨이로 전달
- 이동 단말 및 게이트웨이는 통신네트워크를 통하여 수집한 정보를 관리시스템으로 전달
- 관리시스템은 수집한 정보를 데이터베이스에 축적하고 관리 내역을 관리

2. 경제성 분석 모델

농업수리시설물 관리를 위한 두 가지 방안에 대한 경제성분석을 다음과 같이 진행한다. 먼저 초기 투자비용(CAPEX)과 연간 관리비(OPEX) 측면을 살펴본다. 초기 투자비용(C_0)은 이동 단말 구입비(C_{MD}), 검측용 센서 및 구

축비(C_{SS}), 자료수집용 게이트웨이 및 구축비(C_{GW}), 관리시스템 구축비용(C_{MS}) 등을 포함한다.

$$C_0 = C_{MD} + C_{SS} + C_{GW} + C_{MS} \quad (1)$$

여기서 이동단말 구입비(C_{MD})는 현장관리자 수(N_M)와 수리시설물 검측용 앱을 탑재할 수 없는 스마트폰 미소지자의 비율(R), 그리고 이동단말의 단가(U_{MD})로 산출할 수 있다. 투자비는 장비의 노후화와 고장 발생에 따라 추가적으로 발생할 수 있다.

$$C_{MD} = N_M * R * U_{MD} \quad (2)$$

검측용 센서 및 구축비용(C_{SS})은 수리시설물(N_W) 당 센서의 수(N_{SS})와 센서의 단가(U_{SS}), 그리고 센서 구축 비용(B_{SS})으로 산출할 수 있다.

$$C_{SS} = N_W * N_{SS} * (U_{SS} + B_{SS}) \quad (3)$$

자료수집용 게이트웨이 및 구축비(C_{GW})는 수리시설물(N_W) 당 게이트웨이의 수(N_{GW})와 게이트웨이의 단가(U_{GW}), 그리고 게이트웨이 구축비용(B_{GW})으로 산출할 수 있다.

$$C_{GW} = N_W * N_{GW} * (U_{GW} + B_{GW}) \quad (4)$$

관리시스템 구축비용(C_{MS})은 검측 및 관리용 서버(active, standby), 부하분산용 서버, 데이터베이스 서버, 그리고 검측용 앱 구축 비용 등을 포함한다.

한편, 연간 관리비용(C_i)은 현장시설물 검침 담당 인력에 대한 인건비(C_M)와 검침 데이터 전송을 위한 통신 비용(C_C) 등을 포함한다.

$$C_i = C_M + C_C \quad (5)$$

여기서 현장관리자 인건비(C_M)는 수리시설물의 수(N_W), 1인당 1일에 검침이 가능한 수리시설물의 수(N_{DW}), 단위기간 내 검침 횟수(N_U), 급여(U_M) 등으로 산출할 수 있다.

$$C_M = N_W * U_M * N_U / N_{DW} \quad (6)$$

통신 비용(C_C)은 수리시설물의 수(N_W), 단위기간 내 검침 횟수(N_U), 시설물 1회 검침 당 발생하는 데이터용량(D) 및 단위용량 당 통신 비용(U_D)으로 산출할 수 있다.

$$C_C = N_W * N_U * D * U_D \quad (7)$$

3. 경제성 분석

앞 절에서 기술한 경제성 분석용 수식을 활용하여 두 대안에 대한 연간 투자 비용과 운용 비용을 예를 들어 산출한다. Table 2는 두 대안에 따른 비용 산출을 위해서 사용한 파라미터 값과 그 값에 대한 내역이다.

기존의 수기 방식과 자동 검측 방식의 경제성 분석에 있

Table 2. Parameters for calculating cost and operational expenditure.

Items	Cost (unit: 1million Korean Won)	Explanation
Personel expenses	30	Annual salary, activity cost
Mobile devices	1	Assuming that four among 10 persons purchase mobile devices (A smartphone user does not purchase one)[1]
Communication charge	50Won/1MByte[2]	Assuming that a single measurement produces 0.5 Mbyte messages
Sensors	1.5	Purchase and building cost of sensor networks per facility
Gateway	3	Purchase and building cost of gateway per facility
Management system	500	Purchase and building cost of a load-balancing server and a web/application server including management software

1) 2012년 7월말 현재 국내 스마트폰 가입자는 2900만명을 넘었으며, 대한민국 인구 중에서 약 60%를 차지한다(http://www.hankyung.com/news/app/newsview.php?aid=201207277765g). 따라서 스마트폰 미소지자의 비율을 40%라고 가정하여 이들을 위해서 스마트폰을 구입하는 것으로 가정하였다.

2) www.olleh.com

어서 가장 중요한 지표는 시설 관리를 위한 소요 인력에 따른 운영 비용과 자동 검측용 시설 및 관리시스템 도입에 따른 투자비용이다. 먼저, 시설 관리를 위한 소요 인력은 자동 검측 방식의 적용 유무에 따른 효율성으로 인해 일일 검측 시설물 횟수의 차이가 발생한다. 수리시설물은 전국에 산재해 있으며, 특히 산이 많은 우리나라의 경우 하루에 방문할 수 있는 시설수가 제한되어 있다. 본 분석에서는 1일에 방문할 수 있는 수리시설물을 5회로 가정하였으며(수기 방식), 자동 검측이 수기 방식 대비 20%의 효율성이 높다고 가정하였다[3]. 이는 수기 방식은 현장 방문시 시설물 확인은 물론 시설물의 감시 내역을 기록하고, 이후에 근무지로 복귀하여 이를 컴퓨터에 저장하는 등의 업무를 수행해야 한다. 자동 검측의 경우는 센서로부터 입수한 자료가 자동으로 입수되므로 시설 정보 수집을 위한 방문이 아닌 시설물의 관리 상태 점검 차원에서 이루어지기 때문이다. Table 3은 수기 방식과 자동 검측에 따른 연간 소요 인건비를 대상 수리시설물의 개수와 검측 주기에 따라 보인다. 검측 대상의 수리시설물 수에 따라 소요 인건비는 선형적으로 증가하며, 자동 검측 방식이 수기 방식 대비 20%의 절감 효과를 보인다.

다음으로 농업수리시설물의 자동 검측을 위한 제반 투자비용을 살펴본다. 수기 방식의 경우에는 별도의 투자비용은 없다. 투자 비용은 수식(1)을 이용하여 산출한다. Table 4는 자동 검측을 위한 초기 투자 비용을 검측 횟수에 따라 보인다. 검측 대상 수리시설물 수에 따라 초기 투자비가 선형적으로 증가하는 것을 볼 수 있다. 검측 횟수에 따라서 비용이 달라지는 것은 소요 인력에 따른 이동단말 구입비가 달라지기 때문이다.

한편, 농촌수리시설물의 검측 장비들은 시간이 지남에 따라 노후화되거나 고장날 수 있다. 특히 외부의 심한 환경에 노출되어 있는 검측용 센서 및 게이트웨이들은 그 정도가 심할 수 있다. 본 분석에서는 시설물 노후화 및 고장 등으로 인한 시설 재투자를 다음과 같이 추가로 고려하였다. 검측용 센서 및 게이트웨이는 매년 20% 대개체하고[4], 이동단말은 2년에 1회 재구매하고[5],[6], 관리시스템은 4년마다 재구축 및 투자한다고 가정한다[7]. Fig. 3은 수기 방식과 자동 검측 방식에 따른 연간 누적 비용(운영비 및 투자비)을 검측 주기에 따라 보인다. 동일 검측 주기의 경우에는

Table 3. Required annual labor costs according to measuring method of irrigation facility (Unit : 1 million Korean Won).

Number of facilities	Handwriting-based			Sensor-based		
	Daily	Weekly	Monthly	Daily	Weekly	Monthly
500	100	20	5	83	17	5
1,000	200	40	10	167	34	9
2,000	400	80	20	333	67	17
3,000	600	120	30	500	100	25

Table 4. Required annual labor costs according to measuring method of irrigation facility (Unit : 1 million Korean Won).

Number of facilities	Daily	Weekly	Monthly
500	3,227	3,205	3,202
1,000	5,953	5,911	5,903
2,000	11,407	11,321	11,305
3,000	16,860	16,732	16,708

3) 시설물 1곳당 방문 시간을 1시간 ~ 1시간 30분이라고 가정하면 하루에 5~8곳을 방문할 수 있다(근무시간 8시간). 수기 방식의 경우 1일 시설물 방문 횟수를 5회로 가정하였다. 자동 검측은 수기 방식 보다 한 곳을 더 방문할 수 있을 것으로 가정하여, 효율성이 20% 높다고 하였다.
4) 센서의 수명은 종류에 따라 상이하나 외부의 극심한 환경에 노출되었을 것을 가정하였을 때, 최대 수명을 5년으로 보고 연간 20%의 대개체를 가정함.
5) 국내 이통사 의무약정제 현황, http://mobizen.pe.kr/784
6) 2030세대, 휴대폰 교체 주기는?, http://w21.datanews.co.kr/site/datanews/DTWork.asp?itemIDT=1002500&aID=20100222161032257&page=11
7) Equipment Replacement cycle Plan, http://www.hccs.edu/hcc/System%20Home/Departments/IT_Information_Technology/EquipmentReplacementPlan-061410.pdf

자동 검측 방식이 비용이 더 드는 것으로 나타났다. 이는 자동 검측 방식으로 인한 인건비 효율성 보다는 시설 투자비의 비중이 크기 때문이다. 하지만, 자동 검측의 경우에 시설물의 실제 정보는 센서 네트워크를 통해서 매 1시간 단위로 관리시스템으로 전송되기 때문에 단순히 검측 주기만으로 수기 방식과의 경제성을 단순 비교할 수는 없다. 즉, 수기 방식은 검측 주기가 바로 시설물 정보에 대한 정확도를 나타내지만, 자동 검측의 경우는 관리자에 의한 검측 주기와는 상관없이 매일 24시간 검측이 되기 때문이다. 자동 검측에서의 검측 주기는 실제적으로는 시설물 관리 측면에서 보는 것이 타당하다. 따라서 시설물 검측 정보의 정확성과 경제성 분석 측면에서 살펴보면 수기 방식은 매일 검측하고 자동 검측은 월 1회 검측하는 것을 비교하는 것이 더 타당하다. 그 결과, 두 방식의 총 6년의 누적 비용을 제시한 Table 5에 따르면 매일 검측하는 수기 방식은 월 1회 검측하는 자동 방식에 비해서 약 2.3~2.6 배의 비용이 더 소요되는 것으로 나타났다.

4. 관리시스템 도입에 대한 경제성 분석의 의미

앞서 가정한 파라미터 값을 토대로 수기 방식과 자동 검침에 대한 경제성을 분석하였다. 자동 검측 방식의 경우에는 센서 네트워크를 활용하여 관리자의 현장 방문 주기와 관계없이 하루 24회 시설 정보 수집이 가능하다. 수집 주기를 더 상세화 하여 관리할 수도 있으며, 특히 장마철이나 태풍 발생 시 실시간으로 시설물을 감시할 수 있어 보다 적극적인 대응이 가능해진다. 수기 방식의 경우에는 동일 수준의 정밀도를 갖는 시설 정보 수집은 불가능하며, 자동 검측과 유사한 수준으로 매일 검측할 경우에는 그 비용이 자동 검측 방식에 비해서 2배 이상 증가함을 알 수 있었다. 또한 시설 정보 관리 측면에서 살펴보면, 센서 네트워크를 통한 정보 수집의 정확성 및 즉시성, 이동단말을 통한 관리의 용이성, 지역별 시설 정보 관리의 편리성 등은 경제성 분석으로는 나타내기 어려운 자동 검측 방식의 장점이라고 하겠다. 게다가, 경제성 분석에서는 고려하지 않았지만, 인건비 인상률을 고려한다면 수기 방식의 한계는 더 명확할 것으로 보인다.

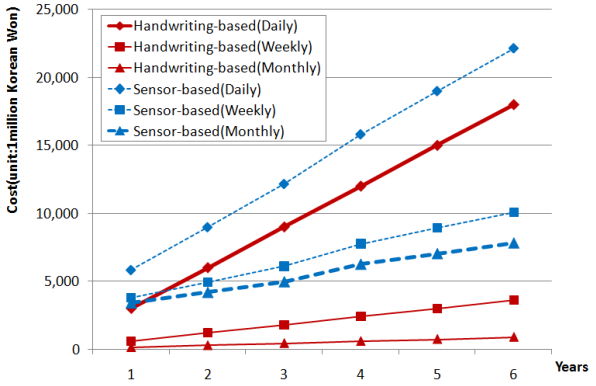

Fig. 3. Accumulating annual cost for measuring irrigation facility (Unit : 1 million Korean Won).

IV. 결 론

본 논문은 가뭄 해소와 장마를 대비하기 위해서 전국에 산재해 있는 저수지, 양수장, 농수로 등과 같은 수리시설물을 보다 체계적이고 신속하게 관리하기 위한 농업수리시설물 관리시스템의 구성 요소 기술 및 기능, 그리고 이를 도입할 경우에 얻을 수 있는 경제적 이점에 대해서 살펴보았다. 현장관리자가 시설물을 방문하여 관리 내역을 일일이 수기로 기록하여 컴퓨터에 저장하는 기존의 방식은 데이터의 정확도와 관리 체계의 부실로 인해 많은 개선점이 요구되어 왔다. QR 코드를 활용하여 시설물 정보를 관리하고, 각종 측정용 센서를 구비한 수리시설물 자동 검측 및 관리시스템을 도입하게 되면 관리 체계의 수립은 물론 생산성 향상을 통한 경제성 제고도 기대할 수 있다.

Table 5. Six years accumulated cost for measuring irrigation facility (Unit : 1 million Korean Won).

Number of facilities	Handwriting-based			Sensor-based		
	Daily	Weekly	Monthly	Daily	Weekly	Monthly
500	18,000	3,600	900	22,137	10,073	7,812
1,0000	36,000	7,200	1,800	43,274	19,147	14,623
2,0000	72,000	14,400	3,600	85,548	37,292	28,244
3,0000	108,000	21,600	5,400	127,822	55,438	41,866

감사의 글

본 논문은 성결대학교의 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

Chang YN. 2006. Case-based economic engineering. pp. 50-61, Dunam Publishing, Korea. [in Korean]

Goh HS, Oh DS, Choi JK, Back YK, Park SC. 1999. Development of data management system for irrigation facilities on world wide web. The Journal of GIS Association of Korea 7(1): 81-87. [in Korean]

Han JH, Lee JB, Chang SB. 2012. The development of mobile management system for irrigation and drainage. Winter Conference of Korea Information and Communications Society. [in Korean]

ITU-T Recommendation L.64. 2007. ID tag requirements for infrastructure and network elements management. pp. 8-11.

Jeong WK. 2007. A study on information and communication scheme for systematic management of irrigation facilities. Rural and Environment 97: 202-217. [in Korean]

Kim SM, Kim SJ, Kim SM. 2012. Rural stream monitoring for investigation of stream depletion in rural area. Journal of Agriculture and Life Science 46(3): 129-141. [in Korean]

Kim SM, Kim SJ, Kim YW, Park TY, Kim SM, Park KW, Chang MW. 2011. Streamflow monitoring of rural small streams for environmental flows supply from irrigation reservoir. Journal of Agriculture and Life Science 45(6): 237-249. [in Korean]

Kim SM, Lim JH, 2006. A study on the united operation and maintenance system of irrigation facilities in Korea. Journal of Agricultural Science 31(1): 53-75. [in Korean]

KRCC(Korea Rural Community Corporation). 2012. Accessed in http://www.ekr.or.kr on 1 July 2012. [in Korean]

RRI(Rural Research Institute). 2000. Final report on efficient management method of irrigation facility utilizing TM/TC. [in Korean]