

물수요중심 용수공급 시스템 개발

- Development of Water Supply System for Water Demand -

정광근*, 이광야, 김해도, 이종남

Chung, Kwang Kun*·Lee, Kwang Ya·Kim, Hea Do·Lee, Jong Nam

Abstract

A Water Level gauge which composes a water supply system for water demand, information transmission system and the solar storehouse electromotive floodgate, regarding the structure plan and a production of the nothing power automatic floodgate it described. The important point must solve but urgently will compare the water amount used from system establishment place or not one. and It must give proof the efficient characteristic of system, must solve the technical problem portion against revision of the accuracy of upper downstream canal which is information transmission system of the Self-controlled check gate. The solar floodgate is more economic with the base which will reach and the system construction which is accurate.

1. 연구배경

현재의 우리 농업의 물공급체계는 공급자 위주로 되어 있다. 농업용수의 공급체계를 보면 수원공(저수지, 양수장, 하천)에서 일률적인 계획에 의하여 용수를 공급하고 이를 각종 수문의 조작에 의하여 말단포장에 이르게 하는 물공급 위주의 용수공급체계라고 할 수 있다. 이러한 용수공급체계는 기상과 보편화된 영농시기에 따라 공급량, 공급일정을 결정한 용수공급계획에 따라 이루어지고 있다. 이러한 용수공급체계는 공급계획에 따라 수요자의 영농계획이 일치될 경우에는 물관리 효율을 높일 수 있으나, 일치하지 않을 경우에는 용수의 손실이 많이 발생하게 된다. 즉, 농민이 용수가 필요치 않은 때에도 용수가 공급되어 불필요하게 방류시키고, 용수 필요 시기에는 별도의 용수 공급을 요구함에 따라 용수의 낭비가 많이 발생되고 있다. 따라서 이러한 물공급의 효율화를 기하기 위해 농업기반공사는 8개도 22개 지구에 물관리자동화사업(TM/TC)을 실시 또는 예정하고 있으나 이러한 물관리자동화시스템 또한 수원공에서부터 간선수로까지를 원격 감시하고 제어하는 것으로서 현재까지는 공급위주의 물관리로 운영되고 있는 상황이다. 실제로 어떤 구역의 농업용수 사용 상황을 가장 정확하게 파악하기 위해서는 말단포장에서의 용수사용 상황 정보를 이용하는게 가장 유리하나, 현재 이러한 말단 포장단위의 용수정보에 따른 물관리는 전무한 실정이다. 따라서, 말단포장에서의 용수공급 상황을 감지한 정보를 이용하여 수문의 개폐가 자동으로 이루어져 지선의 물공급을 제어할 수 있는 형태의 물관리 기술이 절실하게 필요한 실정이다.. 이러한 물관리 기술은 포장에서의 용수낭비를 효율적으로 차단할 수 있어서 용수절감에 많은 기여가 기대된다.



사진 1. 용수관리 원격제어 중앙관리소와 원격제어 간선 수문

그러나 이러한 용수공급중심의 물공급체계는 말단의 물수요에 따른 물수급을 실시간으로 적용하여 물공급을 효율화할 수 없다는 단점이 있다. 현재의 개수로형 용수공급체계는 공급자의 계획

에 의하여 일방적으로 용수를 공급하는 것으로서 용수절감 및 수요자의 요구에 따른 세밀한 물관리를 위한 체계에까지는 이르지 못하고 있다. 이에 따라 특히 향후 물부족시대를 대비한 농업용수의 절감이라는 측면에서 보면 용수공급계획에 따른 물관리가 아니라 실제로 현장에서 사용하고 있는 용수의 수요자에 따라 공급을 조절하는 세밀한 물관리가 필요하다. 이를 실현하기 위해서는 말단 포장단위의 담수심에 의한 용수공급제어에서부터 지거의 유말공 정보를 확인, 전달하여 지거의 용수관리를 실현하고 이에 따라 분수공 및 지선의 제수문까지를 제어하여 유말공에서부터 지선의 제수문 작동까지를 일체화하여 물관리를 하는 말단 포장단위의 물관리 자동화가 필요하다. 따라서 본고에서는 이러한 말단 포장단위의 물관리 자동화에 필요한 기기의 개발에 대하여 논하고자 한다.

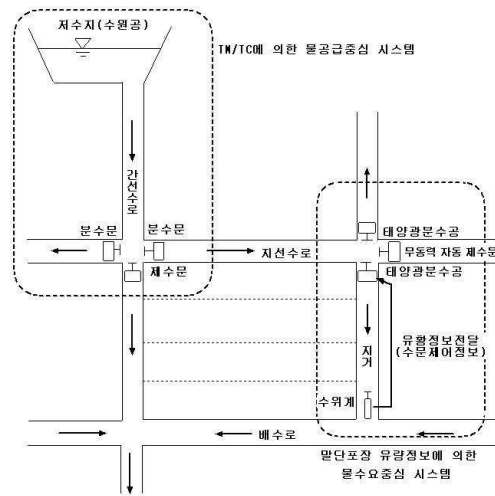


그림 1. 물수요중심 용수공급시스템 개요도

2. 물수요공급 시스템 개발

2.1 유말공 구조 결정

본 시스템에 있어서 가장 중요한 것은 수로내(지거) 수위의 증감을 계측하는 것이다. 이것은 자동물꼬의 개폐에 대한 유량의 반응으로서 수로내 수위가 감소 또는 증가하는 정보를 수위감지 센서가 감지하여 이 정보를 지거 앞에 장착되어 있는 분수공의 모터제어P/G에 전달을 하여 분수공의 개폐를 하는데 가장 중요한 정보이며 물수요중심 용수공급 시스템의 가장 근간이 되는 정보이다. 그러나 이러한 정보를 계측하는 장소로서는 지거의 최말단부인 유말공에서 하며 이 유말공의 크기 및 구조결정이 수위감지센서의 감지수위결정 및 장착방법을 결정하는데 가장 중요하다.



사진 2. 유말공 및 유말부(충남 당진)

유말공에 대해 살펴보면, 유말공은 배수로와 연결되어 있으며 지거 상류지역보다 폭과 높이가 작은 특징을 갖고 있다. 또한 모양은 주로 사각단면을 하고 있으며 이는 조립식 플룸을 연결하여 수로로 사용하는 최근의 경향을 나타내고 있다고 할 수 있다. 조사결과 대부분의 유말부 수로의 크기는 W0.4m×H0.4m 정도로서 본 시스템의 수위감지센서가 감지하는 수위는 0~30cm로 결정하였다.

2.2 수위계측 센서 개발

수위계측 센서는 물수요중심 용수공급시스템의 최초 정보를 감지하고 전달하는 역할을 하는 것으로서 태양광을 전원으로 하여 수위계측을 실시하며 수위계측 센서의 PLC에 내장되어 있는 데이터 로거에서 일정 기간 그 정보를 저장할 수 있는 기능을 갖고 있으며 또한 Real-Time(실시간)으로 감지된 수위정보를 태양광 전동 분수공의 모터제어회로에 전달하여 태양광 전동 수문이 실시간으로 움직일 수 있도록 한다. 수위계측센서는 현재 국내외에서 많은 원리를 사용하여 개발되고 있으며 그 종류도 초음파식, 음파식, 이온분해식, 압력식등으로 나눌 수 있으며 현재 하천, 댐, 수로, 공장 플랜트, 의료기기등에 폭 넓게 사용되고 있다. 본 연구에서 개발한 수위감지센서는 수위감지를 연속적으로 하는 것이 아니라 총 4단계로 나누어서 하며 각각의 단계에서 감지된 정보를 증가에서 감소로 가는 단계인가, 감소에서 증가로 가는 단계인가를 판단하여 모터제어부에 전송하게 된다. 수위계측 센서는 음파식원리를 채택하고 있으며 각 단계마다 감지를 하는 형식으로 구성되어 있다. 이러한 구성은 태양광을 이용한다는 제한적 동력이용을 염두에 두고 연속적인 수위감지에 따른 낭비전력을 막고 효율적인 모터작동을 하기 위함이다.



사진 3. 음파식 수위감지센서

개발된 수위계의 특징은 액체에 대한 정전용량값(비유전율)을 연속적으로 감지하는 2-wire 방식의 정전용량식 level transmitter로서 저전압 배선으로 인한 안전성을 확보하였으며 2-wire방식으로 설치시간 단축 및 배선 비용을 절감할 수 있다. 또한 본체를 보호하기 위하여 본질안전 방폭을 채택하였으며 부식성 있는 물질에도 사용할 수 있는 재료를 선택하였다. 또한 probe는 단순한 구조로서 설치 및 보수가 용이하며 수명이 긴 특징이 있다. 입력전원은 DC 15~32V를 사용할 수 있고 검출감도는 0 ~4,000pF의 감도를 갖고 있으며 출력신호는 DC4~20mA의 전력을 100%로 나누어서 전달할 수 있도록 하였다.

2.3 정보 전달제어 시스템 개발

포장말단에서의 물관리 자동화를 실현하기 위하여 말단수로(지거)의 수위를 측정할 수 있는 수

위센서 및 수위센서에서 측정된 정보를 바탕으로 분수공의 전동모터를 제어하는 것을 목적으로 개발한 시스템이다. 본 시스템의 효과는 말단수로의 물관리를 통하여 현행의 공급위주 물관리 체계에서 수요위주의 물관리 체계로 전환을 함으로서 좀 더 섬세한 물관리와 더불어 용수를 절감할 수 있도록 한다.

본 수위조절센서 및 데이터 전송제어 시스템 개발에 있어서 수위조절센서에 의한 정보송신 및 제어는 총 4단계로 구분하여 완전열림(Pull Open), 완전닫힘(Pull Close), 중간닫힘(Half1 : 열림위주), 중간닫힘(Half2 : 닫힘위주)로 구성을 하며 수위조절센서에 부착되어 있는 데이터 로거의 데이터 보관기간은 최장 90일(연간 최대 수문 조정기간)로 한다. 또한 수로말단의 수위조절센서에서 모터로 정보를 송신하고 수신하는 거리는 평야부를 대상으로 최대 1.5km까지 가능하게 하는 것을 목표로 하였다. 본 시스템의 H/W 부분에서 있어서는 정보 송수신장치의 회로설계, PCB Artwork, PCB제작, B'd Test, 보완단계를 거쳐서 개발을 하였고, S/W 부분에 있어서는 S/W 코딩, 제어 및 기능 구현실험을 하였다. 이렇게 개발된 H/W와 S/W는 첫 번째로 실내실험단계로서 물수요중심 용수공급 시스템을 구현한 상태에서 임의로 수위조절센서의 값을 조정하여 수위정보 송·수신의 정확성을 검토하고 모터제어작동을 검증하였고, 또한 실제로 시험포장에 설치하여 Field Test를 거쳐 성능을 입증하였다. 본 시스템에 있어서 센서와 정보전달 그리고 분수공과 제수문의 연계작동이 가장 중요한 점이기에 때문에 추후 시험포장에 설치한 후 이러한 점을 중점적으로 고려하여 실험을 행할 예정이다.

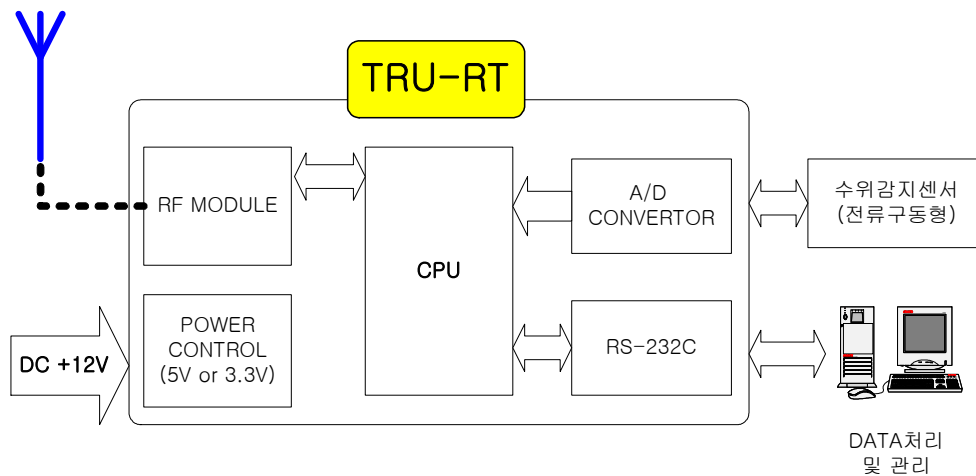


그림 2. Block Diagram

2.4 태양광 간이 전동식 분수공 개발

1) 구조계산

가) 설계조건

본 수문의 명칭은 태양광 전동 간이식 분수공으로 하고, 규격은 수문비가 폭0.4m×높이0.4m로 한다. 따라서 차단면 넓이(clear span)가 0.4m이고, 차단면 높이(clear height)도 0.4m이다. 시트 접축폭은 0.02m로서, 설계수심(maximum design head)은 1.0m로 상정하였다.

나) 설계계산

① 수문 전동 개폐 시간 계산

수문 전동 개폐 시간 계산은 다음과 같은 식으로 한다.

$$t = B \div V \tag{1}$$

여기서, t : 수문 전동 개폐시간(=59.43sec.),

B : 수문 양정(=0.42m),

V : 수문 개폐속도(=0.42m/min.)이다.

② 전동기 용량계산

전동기 용량계산은 다음과 같다.

$$N_m = \frac{W_u \times V}{6120 \times \eta_o} \tag{2}$$

여기서, N_m : 전동기 용량(=0.03kw=0.04HP),

W_u : 최대 권양력(=77.1kg),

V : 수문 개폐속도(=0.42m/min.),

η_o : 총기계효율(=20.0%)이다.

다) 수문 제작

기존 액츄에이터는 수문을 권양시키는데 사용하는 가장 중심이 되는 장치로서 액츄에이터 안에는 전동모터, 감속기, 수문 개도표시장치, 수문개도, 정보전달장치등이 부착되어 있다. 현재, D.C 모터를 장착한 액츄에이터의 모델은 시판은 않지만 본 태양광 전동식 간이 분수공의 특성상, 수문 개폐에 따른 개도율 계산과 함께 이를 제어하는데 필요한 연산장치가 아니라고 신호로서 보내지는 것이 통상적이기 때문에 태양광을 사용하는 D.C 모터를 채택한 액츄에이터는 드물다.



사진 4. 태양광 전동 분수문

2.5 무동력 자동 수문 개발

설정수위 조절형 무동력 자동 수문은 수로 내 제수문용으로서 그 기능은 분수공을 통하여 지거에 물을 공급할 때, 수로의 물길을 막아서 수로 내 수위를 증가시켜 분수공으로부터 물공급이 원활하게 되도록 하는 것이다. 현재까지 농업기반공사 농어촌연구원에서 무동력 자동 수문을 제수문용으로 개발하여 산업체에 기술이전을 하고 있지만, 현재 개발된 무동력 자동 수문은 수로내 수위를 임의로 조정하여 물관리를 할 수 없다는 단점이 있다. 현재 기존의 수로는 관개량에 따라서

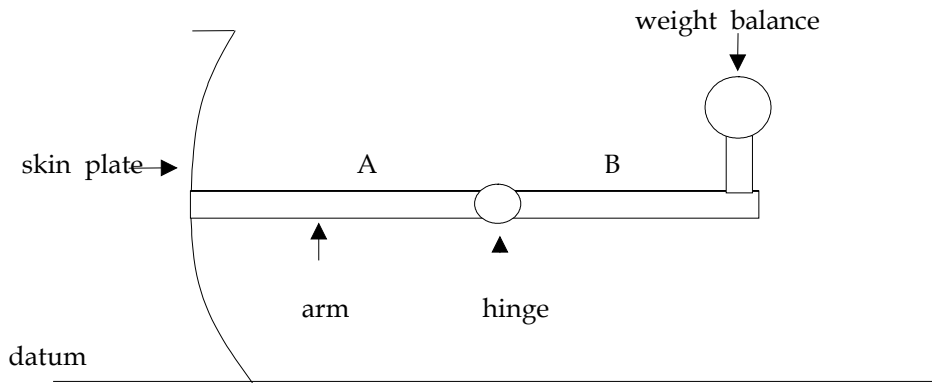


그림 3. 설정수위 조절형 무동력 자동 수문

크기가 결정되어 지고 또한 이러한 관개량에 따라서 수문의 위치와 운영이 결정된다.

본 설정수위 조절형 무동력 자동 수문에 있어서 수문비, 즉 skin plate의 중량 W_1 , A부 arm의 중량 W_2 , B부 arm의 중량 W_3 , float arm의 중량 W_4 , 플로트의 총중량 W_5 을 계산한 밸런스 웨이트의 중량은 다음에서 구한다.

$$\begin{aligned} \sum M_A = & (W_1 \times 1.5m + W_2 \times 0.75m + W_4 \times 0.375m + W_5 \times 0.75m) \\ & - (W_3 \times 0.375m + W_6 \times 0.75m + W_7 \times 0.75m) \end{aligned} \quad (3)$$

따라서 최종적으로 식(3)은 다음과 같다

$$49.05kg \cdot m = W_7 \times 0.75m$$

상기의 계산으로부터 Balance Weight의 무게 W_7 은, $W_7 = 65.4kg$ 이 된다.



사진 5. 무동력 자동 수문수문

3. 결론

물수요중심 용수공급시스템을 구성하는 수위계, 정보전달시스템, 태양광 전동수문, 무동력 자동 수문의 구조설계 및 제작에 관하여 기술하였다. 그러나 현재 가장 시급히 해결해야 할 문제점은 시스템 설치 장소 및 미설치 장소에서의 용수사용량을 비교하여 시스템의 효율성을 입증해야 하며 부분적으로 태양광 전동수문의 간단화, 무동력 자동 수문의 상하류차 보정 및 정보전달시스템의 정확성에 대한 기술적인 문제를 해결해야 하며 이를 토대로 좀 더 경제적이며 정확한 시스템 구축이 필요하다.