

휴대용 제어 단말기를 이용한 원격조정수문개발

*성백섭, 박창언, 김일수(목포대 기계공학과), 차용훈(조선대 기계공학과),
이진구(목포대 대학원 기계공학과)

Remote Operation Water-gate Development using Portable Control Terminal

*B. S. Sung, C. E. Park, I. S. Kim(Mech. Eng. Dept., Mokpo National University),
Y. H. Cha(Mech. Eng. Dept., Chosun University),
J. G. Lee(Graduate School Mech. Eng. Mokpo National University),

ABSTRACT

This paper begin a new approach in the water-gate controller using radio communication. The dissertation is on the controllable device development of water-gate in the remote distance from water-gate trough the transceiver by radio communication. The proposed water-gate control device is simple in structure, an suitable for implementation of water-gate control in the remote distance.

The remote controller water-gate device inspected the up and down motion of water-gate through the LCD displayer, so that it was very safety driving about the surroundings information, over loading and position of water-gate, and so on.

Key Words : Water-gate(수문), Radio communication(무선통신), remote controller(원격 제어기)

1. 서론

UN의 워싱턴 소재 국제 인구행동연구소(PAI)에서 발표한 바에 따르면 현재 우리나라의

활용 가능한 물 자원량은 661억 m^3 으로서, 이를 국민 1인당 활용 가능량으로 환산할 경우, 한국은 1950년 3,247 m^3 에서 1995년에는 1,472 m^3 로 줄어들어 물 부족국가로 분류되고 있다. 그나마 2025년에는 1,258 m^3 로 떨어질 것으로 전망되어 앞으로 적극적으로 대책을 세우지 않는다면, 우리나라는 물 기근 국가로 전락할 위기에 처해 있다. 또한 세계의 전문가들은 오는 2천년대에는 물값이 석유값보다도 더 비싸질 것으로 예상하고 있으며, 물 때문에 국가간에 큰 전쟁이 일어날 수 있음을 경고하고 있다¹⁻⁴⁾.

이러한 문제를 해결하기 위해 현재 국내 수리시설의 전면적인 개보수를 위해서는 약 6조원이 소요예산이 필요하며, 전면적인 수리시설의 개보수를 하는데는 약 30년이 걸리고, 그 이후에는 또다시 수리시설의 개보수를 하여야 하는 반복적인 투자가 요구된다. 따라서 예방적 차원에서 보다 장기적으로 효율적인 운영관리 시스템이 무엇보다 중요하며, 수리시설의 개보수에서 가장 중요한 부분 중에 하나인 수문의 권양기(Winch)는 대부분 그 제작 년도가 오래되었거나, 최근에 개발된 권양기들도 선진국에서는 이미 20여년전에 쓰던 방식의(지금은 거의 사용치 않는) 것으로, 이에 대한 관련된 새로운 연구가 시급한 실정이다⁵⁻¹²⁾. 이것은 수문의 권양기를 관습적인 답습에 의존, 별도의 연구개발의 노력이 이루어지

지 않은 결과로 수리시설 수문의 개폐를 손쉽게 하고 작동이 용이하게 하는 선진국형 수문 권양기의 개발이 절실히 요구되고 있다.

2. 장치구성 및 조작반 개선

2.1 실험장치 구성

수문 제어용 원격제어기를 테스트하기 위하여 수문 제어용 시뮬레이터를 제작하였으며, Fig. 1은 제작된 수문 제어용 시뮬레이터를 나타낸다. 이 시뮬레이터를 이용하여 전기 조작반에 수문 제어용 원격제어기의 수신부를 부착하여 원격제어기의 성능을 테스트하였다. TS-200 중형수문은 설계 수심이 3m이며, rack bar는 TDW-2ton용으로 재질은 SS41이 사용된다. 이 수문의 구동을 위하여 사용된 권양기는 권양기(TDWD-4) 모델로 문비 권양하중은 4ton이다.

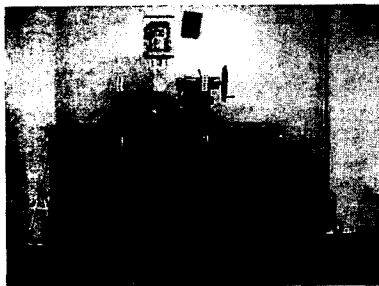


Fig. 1 The testing simulate device of fabrication remote controller

수문 제어용 시뮬레이터의 규격은 3100×850×1550mm이며 재질은 SS41로 되어 있다. 이 시뮬레이터에는 4개의 추가 달려 있어 수문의 하중 역할을 한다. 추의 규격은 880×880×470mm이며 추 하나당 무게는 1ton이다. 이 시뮬레이터 위에는 TDWD-4 권양기가 설치되어 있으며, 권양기 옆에는 권양기를 전기적 신호로 조정할 수 있는 전기 조작반이 설치되어 있다.

2.2 권양기 전기조작반 개선

과거에는 수문의 up, down을 위해서는 사용자가 수동으로 권양기를 조작해야 했지만 현재 제작 판매되는 수문은 단순히 사용자가 버튼의

조작에 의한 전기적 신호에 의하여 수문을 조작할 수 있도록 제작되어 있다. 이 전기 조작반에서는 수문 제어용 원격제어기의 수신부를 부착하여 수문을 제어하였다. 수문 제어용 시뮬레이터에는 중형수문에 부착되어 있는 전기 조작반과 똑같은 사양의 전기 조작반으로 Fig. 2는 시뮬레이터에 부착되어 있는 전기 조작반의 사진이다.

중형수문에 설치하는 전기 조작반에 원격제어기의 수신부 설치 및 안전성과 성능향상을 위하여 다음과 같은 추가 연구를 수행하였다. 첫째로 현재 전기 조작반은 up-switch나 down-switch를 누르면 수문이 오르고 내려가도록 되어 있는 관계로 리미트(limit)에 도달하면 부저와 함께 멈추도록 설계되어 있다. 하지만 리미트 경보에 울리더라도 다시 한번 up-switch나 down-switch를 누르게 되면 계속해서 작동되도록 되었다. 이 때문에 원격제어기를 설치하였을 경우 리미트 상태에서 잘못하여 원격제어기의 up-switch나 down-switch를 다시 누르게 되면 작동하여 문제를 발생시킬 수 있다. 이를 방지하기 위하여 리미트에 도달하면 다시 작동하더라도 리미트 범위를 벗어나지 않도록 조작반을 조정하였다.

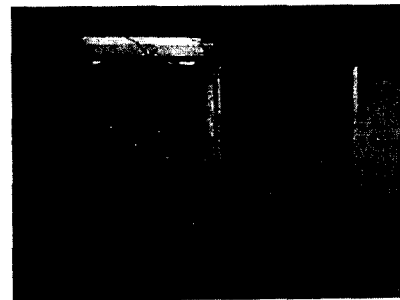


Fig. 2 Electronic control unit of water-gate control simulate

둘째로 수문의 경우 오작동이 발생하면 큰 문제를 발생시킴으로, 원격제어기로 조작할 경우, 수문의 상태를 보지 않고 조작하게 되므로 더욱 수문의 조작에 주의하여야만 한다. 원격제어기에 의하여 조작할 경우 우선은 수문의 상태를 알 수 없어 잘못된 신호에 의한 수문의 오작동 여부를 판단할 수 없을 뿐만 아니라 알았다 하더라도 수

문까지 가서 수문을 조작하여야 하므로 큰 문제를 발생할 수 있다. 이를 방지하기 위하여 up-switch나 down-switch를 누르고 있을 동안만 수문이 작동하도록 전기 조작반의 회로를 재구성하였다.

마지막으로 현재 전기 조작반에서는 비상스위치(emergency switch)를 up나 down의 stop-switch로 사용하고 있어 비상상태시의 2차 방지 시스템을 설치가 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 전기 조작반의 up-switch, down-switch 자체가 평상시의 stop-switch 역할을 할 수 있도록 하고 stop-switch가 2차 비상스위치가 될 수 있도록 개선하였다.

3. 권양기 원격조정장치 개발

정확한 송수신은 적외선을 이용한 원격조정장치로 적외선을 사용하므로 고주파 간섭으로 인한 오작동이 전혀 없으며, 동일한 작업장내에 여러 대의 system을 설치하여도 서로 간섭을 일으키지 않는다는 장점이 있지만, 가시환경 하에서 작동하여야 한다는 단점을 가지고 있다. 하지만 수문 같은 경우 눈에 보이지 않는 경우가 많아 수문을 제어하기 위한 원격조정장치로 선정하기에는 문제점이 있다. 반면에 전파를 이용한 원격조정장치의 경우에는 송수신의 정확도에서는 떨어지지만은 가시환경이 아니더라도 작동할 수 있으며, 송수신의 정확도는 반복 송수신에 의한 확인 및 외래 잡음 발생시 H/W 및 S/W에 의해 여과(filtering)되도록 하여 동일 주파수의 잡음이 입력되어도 오작동하지 않도록 하여 단점을 보완할 수 있어 본 연구에서는 전파를 이용한 원격조정장치를 이용하여 수문 원격조정장치를 개발하였다.

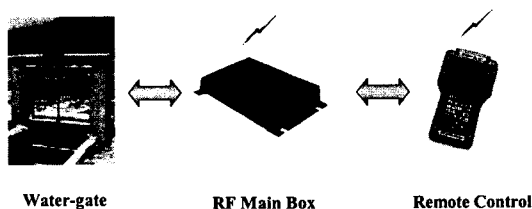


Fig. 3 Total Configuration of water-gate control

Fig. 3은 개발된 제어단말기를 통하여 수문을 제어하는 방식의 전체적인 그림이다.

개발에 앞서 전파관계법규에 기준하여 무선 조종용으로 규정된 주파수 및 공중선 전력의 전파를 사용하여 무선국의 허가 및 취급자격, 전파관리국 검사 등의 절차가 필요 없도록 427MHz, 4800bps의 무선 통신을 선택하였다. 또한 427MHz대 원격조정장치를 제작하기 위해 표준규격(RCR STD)에 준하는 원격조정장치를 설계하였다.

3.1 권양기 원격조정장치 제어부

기존의 수문의 전기 조작부의 기능을 수문 원격조정장치 제어부에서 처리할 수 있도록 하여, 현장 전기조작부에 들어가는 부품 중 중복되는 부품을 줄일 수 있도록 설계하였으며, 그에 따라 전기 조작부의 크기가 기존의 현장 조작반보다 작게 제작되어질 수 있도록 하였다.

Fig. 4는 제어부 블록 다이어그램으로 수문에 관련된 신호를 검출하고 검출된 신호와 관리자의 수문에 대한 조작 신호를 제어하여 관리자가 원하는 방향으로 수문을 구동시키며, 수문의 이상 유무 등을 파악하여 다시 단말기로 데이터를 전송하는 기능을 가지도록 설계하였다.

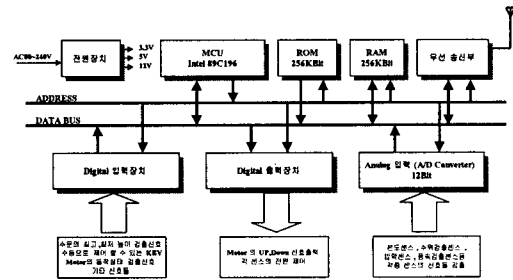


Fig. 4 Control block diagram of receiver

1. MCU : Micro processor는 Intel사의 89C196 Chip을 사용하였으며 16bit이다.
2. ROM : 256Kbit(32Kbyte)를 사용하였으며, ROM는 주변 환경에 대한 정보를 저장 한다.
3. RAM : 256Kbit(32KByte)를 사용하였으며, micro processor가 동작하는데 있어 관리자가

시스템을 검출하기 전까지 시스템의 주변에서 발생하는 자료를 실시간으로 저장한다.

4. 무선송신부 : 시스템에서 가장 중요한 부분으로 427MHz대의 주파수를 이용하였으며, 데이터 전송속도는 4800bps로 개발하였으며, 간단한 데이터 전송 및 시스템을 제어한다. 제어거리는 70mm정도이며 주변환경에 따라 달라질 수 있다.

5. Digital 입력장치 : 수문을 열고 닫을 때 신호를 검출하는데 사용하며, 수동으로 조작하고자 할 때 입력장치로써 사용한다.

6. Digital 출력장치 : 수문을 제어하고, 각 센서의 전원을 ON/OFF하는데 사용한다.

7. Analog 입력장치 : 수위, 모터의 과부하 및 동작상태 측정검출하여 MCU에 전달한다.

8. 전원장치 : 일반상용 전압 AC80V에서 240V까지 변화가 있어도 출력전압은 변하지 않도록 설계하였으며, 출력전압은 RF제어용 3.3V, MCU 및 주변부품 동작전압은 5V, 입출력용은 12V의 3가지 전압을 안전하게 공급하도록 하였다.

3.2 권양기 원격조정장치 제어 단말기

실제 수문을 관리자가 조작하는 부분으로 원거리에서 수문의 구동 및 이상 유무를 확인할 수 있도록 LCD display를 설치하였으며, LCD display에는 수문의 위치 및 모터의 과부하 여부를 확인할 수 있는 전류 등이 표시된다.

Fig. 5는 제어 단말기 블록 다이어그램으로 관리자가 원하는 수문의 동작을 제어부로 보내며, 동시에 수문의 구동여부를 LCD display를 통하여 확인할 수 있도록 설계되었다. 또한 조작 중에 수문의 이상 유무를 확인할 수 있으며, 제어 단말기의 자세한 기능은 아래와 같다.

1. 전원장치 : 전원장치는 충전용 건전지 2개를 사용하여 3.3V 전원을 공급하며, 외부전원공급시 건전지에 전압을 충전한다.

2. MCU : Micro processor는 ATMEGA Chip을 사용하였으며, 명령처리속도는 4MISP로 설계하였다.

3. ROM : 512KBit(64KByte)를 사용하였으

며, 한글, 영문 폰트를 저장하며, Graphics 모드의 그림을 저장한다.

4. RAM : 256KBit(32KByte)를 사용하였으며, MCU 동작하는데 있어 내부연산 데이터와 시스템의 제어 및 동작상태의 데이터를 저장하도록 설계하였다.

5. 무선송신부 : 427MHz대의 주파수를 이용 데이터 전송속도는 4800bps로 하였다.

6. Computer Interface : 수문관리자가 각 수문을 제어하고, 수문의 동작상태 및 주변의 환경 등의 데이터를 개인용 computer에 데이터를 전송하여 관리한다. 통신방식은 RS-232 또는 USP 통신을 한다.

7. 키 입력장치 : 단말기의 전원을 ON/OFF하거나 시스템을 제어할 때 조작하기 위한 장치이다.

8. EEPROM : 단말기에 전원을 공급할 수 없을 때 각 데이터를 임시로 저장하는데 사용된다.(사용주파수 설정 데이터, 통신속도 데이터, 수문의 동작상태 등)

9. Display 부 : 124×64 LCD display를 이용하여 수문의 동작상태(수문의 위치, 사용전류)를 영문으로 표시하도록 설계하였다.

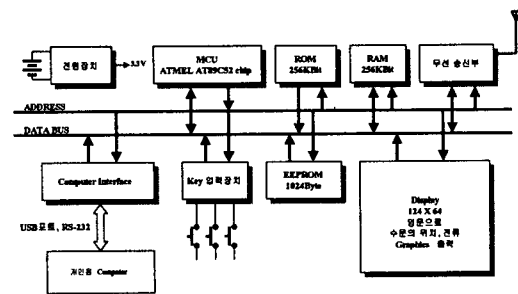


Fig. 5 Block diagram of RF control terminal

수문 원격조정장치의 제작을 위해 설계된 RF부의 회로 블록 다이어그램으로 발진방식은 PLL 발진 방식을 채택하여 주파수 안정성을 향상시켰으며, 주파수 채널 선택을 용이하게 하였다. 이 PLL방식은 기존의 X-TAL 발진방식의 경우에는 필요한 채널 주파수에 해당하는 X-TAL 발진회로가 각각 필요하여 많은 주파수

채널 사용시 실장면적, 가격등의 상승요인이 되었으나, 1개의 기준주파수 발생 회로와 주파수 파형의 위상을 검출하여 원하는 주파수 채널에 고정 시켜주는 회로기술이다. 따라서 PLL방식은 사용자가 임의로 주파수를 설정할 수 있고 충격 및 진동으로 크리스탈 파손에 의한 불량이 없어진다. 그 이외의 신호를 저지하는 BPF가 사용되었으며, 이는 인접하는 각종 무선국을 고려해야 하는 400MHz대에서는 표면 탄성과 필터와 같이 통과대역이 좁고, 저지대역의 감쇠량이 큰 BPF가 방해파 대책으로 사용되기 때문이다. 그리고 고주파 필터로는 SAW 필터가 사용되었다. 증폭 회로는 고주파에서의 증폭기 특성은 감도와 관련이 크기 때문에 LNA(Low Noise Amplifier)가 사용되었다.

4. 주파수 분석

Fig. 6은 기본주파수를 설정하기 위한 준비 작업으로서 송신 주파수를 테스트하기 위한 파형이다. Span을 100MHz로 했을 때 424MHz에서 기본 주파수가 잡히는 것을 확인할 수 있다. 이때 만약 기본 주파수를 넘거나 부족할 경우 주파수 조정은 CPU에 입력하는 프로그램에서 조정한다.

Fig. 7은 Span을 10MHz로 했을 경우 2개의 고주파가 발생한 것을 보여준 파형이다. Span을 조정하는 이유는 주파수 대역폭을 확인하기 위한 목적이다. Span을 10MHz로 조정했을 경우 $\pm 3\text{MHz}$ 부근에서 고주파가 발생한 것을 볼 수 있다. 그림의 중앙에 있는 파형의 주파수는 424MHz이며 1.6dBm이다. 이것을 식 $10 \times \log[\text{electric power}] = \text{dB}$ 에 대입해서 전력으로 바꾸면 약 1.45mW이다.

고주파의 세기가 클 경우 필터를 달아서 원하는 주파수만 받을 수 있도록 해야 한다. 송신 파의 주변에는 많은 스푸리어스 성분이 포함되어 있다. 이 스푸리어스 성분을 가능한 억압하여 파워앰프에 깨끗한 송신신호를 보내는 일이 송신 필터의 역할이다. 개발한 송신부에서의 고주파는 미세하다고 볼 수 있으므로 필터의 부착은 하지 않았다.

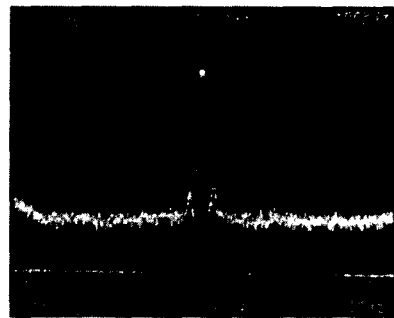


Fig. 6 The basic frequency setting of RF transmission.

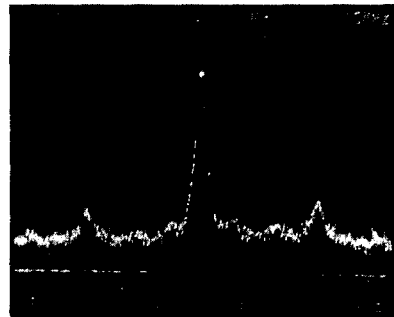


Fig. 7 The frequency in the Span 10MHz

Fig. 8은 Span을 200KHz로 했을 경우 424.032MHz에서 출력이 4dBm으로 정확하게 나가고 있음을 나타낸 그림이다.

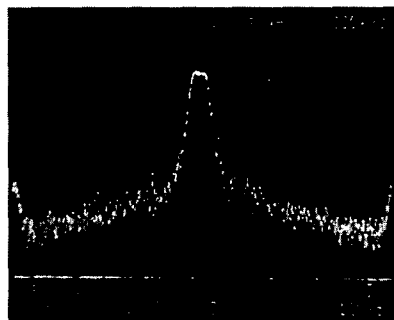


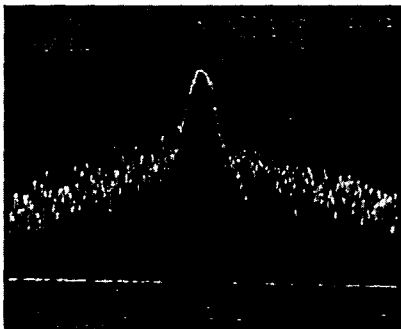
Fig. 8 The frequency in the Span 200KHz

Fig. 9(a)과 Fig. 9(b)는 전파를 송신했을 경우의 점유 주파수 대역폭을 나타내는 것으로서 Fig. 10(a)에서는 424.031MHz이고 Fig. 10(b)에서

는 424.035MHz이다. 그러므로 점유 주파수 대역 폭은 $424.035 - 424.031 = 0.004\text{MHz}$ 이다. 이를 KHz로 바꾸면 4KHz이다. 대역폭의 규정값은 8.5KHz이내에 들어야 정상상태이므로 개발된 원격조정장치는 4KHz로 8.5KHz의 규정값 이내에 들어 정상 작동함을 알 수 있다.



(a)



(b)

Fig. 9 The frequency in the Span

5. 결론

수문 제어용 원격제어기에 대한 연구로 447MHz 4800bps의 주파수대를 사용하여 수문 원격조정장치를 개발하였으며, 개발된 원격조정장치를 사용하여 원거리에서 관리자가 원하는 수문에 대한 구동을 원활하게 실행하였다.

1. 기존의 수문은 수문을 구동하기 위해서는 수문이 설치된 현장까지 가서 조작하여야 하는 어려움이 있었는데, 개발된 수문 원격조정장치를 이용하여 원거리에서 안전하게 수문을 구동할 수

있다.

2. 수문의 전기 조작반을 개선하여 기존의 up, down의 기능에 2중의 안전성까지 확보하였으며, 원격조정장치에서 송신되는 신호의 오차에 대해서도 안전성을 확보할 수 있도록 개선하였다.

3. 개발된 원격조정장치는 수문의 구동에 적합하도록 설계·제작되어 원거리에서 관리자가 수문의 과부하, 수문의 위치 등 수문에 관한 정보를 LCD display를 통하여 확인할 수 있으므로 안전하게 수문을 구동할 수 있다.

4. 빠른 처리속도의 CPU와 많은 입력단자를 제공하여 향후 수문의 전자동화를 위하여 수문에 다양한 센서를 설치하여 보다 많은 정보를 관리자에게 제공할 수 있도록 하였다.

참고문헌

1. Biswas, A., "History of Hydrology", American Elsevier, 1970.
2. 한국수자원개발공사, "한국의 물자원", 한국수자원 개발공사, 1970.
3. 농어촌진흥공사, "한국의 간척", 농어촌진흥공사, 1995.
4. Wanielista, M., "Stormwater Management", Ann Arbor Science, 1979.
5. 건설부, "홍수량 추정을 위한 합성 단위 유량의 유도", 건설부 수자원국, 1975.
6. 大韓土木學會, "韓國土木史", 大韓土木學會, 1973.
7. 金儀遠, "韓國國土開發史 研究", 大學圖書刊, 1982.
8. 鮮于仲皓, "水文學", 東明社, 1996.
9. 건설부, "댐시설기준", 건설부 수자원국, 1993.
10. 박선호, "무선전송제어시스템", 국제테크노정보연구소, 1999.
11. 한국무선국관리 사업단, "전파관계법령집 중 무선설비규칙", 한국무선국관리 사업단, 1993.
12. 수자원장기종합계획, 1996, 건설교통부