

수로 관개 시스템의 자동화(Ⅳ)

Automation of Canal Irrigation Systems(Ⅳ)

Jean Goussard*

이 영 일,**

정 병 호,*** 역

Lee, Young-il

Cheong, Byeong-ho

8. 장비의 설치(Instrumentation)

8.1 일반사항

앞장에서 설명한 유량조절 장치를 이용한 수로의 자동조절관리 시스템에는 다음과 같은 업무를 수행하기 위한 장비가 포함된다.

- 입력자료의 측정
- 측정자료의 원격 전송
- 자료처리 및 화면출력
- 명령의 전달

필요한 장비는 시스템의 구성과 조절논리 및 조절장치의 종류에 따라 다르다. 예를 들어, 중앙집중식 관리시스템은 센서, 통신장비, 중앙관리소의 자료처리장치 등이 필요하다. 한편, 수동조절장치나 자동조절 수문 위주의 시스템은 모니터링(Monitoring) 장비만 필요하다.

8.2 센서(Sensor)

8.2.1 일반사항

수로의 작동을 감시하고 조절하기 위한 센서는 조절수문의 개도, 수위 또는 유량을 나타내준다.

센서의 기본적인 요구사항은

- 기계 및 전기적으로 견고해야 한다. 특히, 뇌우시의 과전압에 대해 안전해야 한다.

• 설계, 시공 및 설치가 간단하고 신뢰성이 있어야 한다.

• 측정오차, 통신선로 및 변환 인터페이스의 예민도는 허용범위 이내이어야 한다. 일반적으로 1% 정도의 측정오차를 허용한다.

• 검정이 가능해야 한다.

• 예비부품의 구입과 유지보수가 쉬워야 한다.

이러한 조건의 상대적 중요도는 사업지구에 따라 다르나 같은 사업지구내에서도 사업의 목적이나 관리조건에 따라 달라진다. 예를 들어, 수로를 모니터링만 하는 경우에는 수로의 흐름을 조절하는 경우보다 센서의 신뢰도에 대한 중요도가 낮다.

또한, 복잡한 전자회로로 구성된 센서는, 현장에서 뇌우에 노출되는 일이 거의 없는 선진국에서는 사용하기 적합하나 뇌우가 자주 발생하는 곳이나 개발도상국에서 사용하기에는 적합하지 않다.

8.2.2 수문 개도센서

수문의 개도센서는 기본적으로 수문의 이동을 축회전으로 바꾸주는 기계장치와 축회전을 아날로그나 디지털 신호로 바꾸주는 전기 또는 전자 감응장치를 포함한다.

기계적 연결장치(Mechanical Linkage)

수문과 감응장치를 기계적으로 연결하는 장치의 설계는 이 장치의 최대 회전수, 수문으로부터의 출

* Ingénieur E.C.P., Irrigation and Water Supply Engineering Adviser

** 농어촌진흥공사 농어촌연구원

*** 농어촌진흥공사 농어촌연구원

발점(예, 수문 자체나 호이스트 축), 출력형태 등에 따라 결정된다. 수문의 수직 또는 각(Angular) 이동에 비례하는 출력신호를 선호한다.

전위차 센서(Potentiometric Sensors)

수문의 축회전을 출력신호로 바꾸는데 가장 널리 사용되는 장치는 전위차를 이용한 센서(Potentiometric sensor)이다. 축(Shaft)은 기계적 연결장치로부터 낮은 전압의 회전식 직류전위차계에 연결되며 전위차계는 전압이나 전류의 형태로 축의 각 이동에 비례하여 아날로그 신호를 보낸다. 이러한 전위차계의 최대 각 이동은 보통 1회전보다 약간 작으나 값이 비싸고 정확도가 높은 다회전 전위차계도 있다.

개도 부호기(Position Encoders)

개도 부호기는, 축의 각 위치를 디지털 신호로 바꿔 주는 장치이다. 이러한 변환은 필요로 하는 정확도에 따라 전체 이동거리를 같은 눈금으로 나누고, 이 눈금수를 세면 되는 원리에 근거를 두고 있다. 눈금의 수를 셀 때에는 증가하는 수를 세거나, 절대수를 센다.

증가식 부호기는 한 눈금에서 다른 눈금으로 이동하게 되면 움직이는 방향에 따라 양(Positive)이나 음(Negative)의 펄스(Pulse)를 발생시킨다. 펄스를 모두 합치면 원래 위치로부터 수문의 이동거리를 알 수 있다. 펄스는 전자·기계적으로 또는 광학·전자적으로 발생할 수 있다. 예를 들어 마이크로 스위치에 작용하는 캠에 의한 방법은 전자·기계적인 방법이며, 광전지에 의한 광선을 감지하는 방법이 광학·전자적인 방법이다.

절대 부호기(Absolute encoders)에서는 수문의 위치가 순차적인 숫자로 나타내어진다. 수문 위치에 해당되는 순위는 기계적 또는 광학적으로 이진수(Binary form)로 표시된다.

증가식 부호기는 절대 부호기보다 간단하고 저가이나 전원공급이 끊긴 동안에 발생하는 눈금의 변화는 기록이 되지 않는 단점이 있다. 따라서, 전원의 재공급시 셋팅을 다시 해야 한다. 절대 부호기의 작동은 전원의 공급이 중단된 동안에만 영향을 받으므로 절대 부호기의 이용이 선호되고 있다.

전자·기계식과 광학·전자식 부호기중에서, 전자·기계식은 견고하고 신뢰도가 높은 구조로 되어 있는 이점이 있으나 마이크로 스위치가 마모되기 쉽다. 광학식 부호기는 스위치의 마모는 없지만 주위환경(먼지, 쇼크, 진동, 온도변화 및 뇌우)에 민감하다.

싱크로너스 송신기(Synchronous-Transmitters, Selsyns)

싱크로너스 송신기는 지시 다이얼(Indicator dial) 같이 회전식으로 개도를 나타낼 경우에 유리하다. 이 시스템은 수문연결장치(최대 1회전)의 출력축에 연결된 싱크로 송신기를 포함하며 정보의 표시 및 처리 위치의 싱크로 수신기(Synchro-receiver)에 5개의 코어(신호용 3개, 전원용 2개) 케이블로 연결되어 있다.

싱크로 수신기의 회전자는 항상 송신기 회전자의 위치를 복사하며, 전원이 끊긴 후에도 다시 셋팅할 필요가 없다. 싱크로너스 시스템은 비교적 견고하며 낙뢰로 인한 과전압에도 매우 안전하다.

8.2.3 수위 센서

현재 수로 시스템에는 부표식, 초음파식, 수압식 및 공기압(버블러)식의 4가지 수위센서가 사용된다.

부표 센서(Float Sensors)

부표 센서는 상하로 움직이는 부표와 도르래로 움직이는 평형추를 포함한다. 케이블의 미끄러짐을 개선한 쇠사슬 톱니바퀴(Sprocket) 위를 구멍 뚫린 금속 테이프를 이동시키는 방법도 이용되고 있다. 도르래의 각 회전은 위치 센서에 의해 아날로그나 디지털 신호로 바뀐다.

흐르는 물과 부유물로부터 보호하기 위하여 수로내에 또는 수로둑에 우물을 설치하여 우물내에 부표를 설치한다. 우물을 수로내에 설치할 경우에는 바닥이 넓은 수직 파이프를 사용한다. 수로둑에 우물을 설치할 때에는 수로와 우물을 파이프로 연결한다. 이렇게 배치하면 막힐 염려가 적고 설치비가 싸다. 그러나, 파랑으로 인한 진동을 약하게 할 수 없으므로 진동에 의한 수위차를 자료 처리 시스템에서 적절히 조정할 수 있을 때에만 사용한다.

이러한 단기간의 진동을 줄이기 위하여 수로와 부표우물간의 연결부를 격막(Diaphragm)이나 수문, 또는 연결파이프를 줄여서 조정하며 연결부 단면의 직경을 우물직경의 약 1/20로 하는 것이 좋다. 동수두(Dynamic head)의 영향을 피하기 위해 연결 파이프의 입구는 수로내 물이 흐르는 방향에 직각이 되게 한다. 그러나, 입구가 침전물 등으로 제한되어 순환수량이 감소되면 막힐 위험이 매우 커지므로 우물은 정기적으로 청소하기 편리하도록 설계되어야 한다.

위에서 언급한 결점에도 불구하고 부표센서는 아직도 가장 널리 사용되고 있다.

초음파 센서(Ultrasonic Sensors)

초음파 센서는 수면의 위쪽에 설치된 송수신기에 의해 아래쪽 수직방향으로 방출되는 펄스의 송신과 반사되는 수신사이의 시간을 측정하여 수면의 위치를 알아낸다. 수면과 송수신기 사이의 거리는 송수신 시간간격과 공기중의 음속으로 계산한다.

초음파 센서의 이점은 움직이는 부품이 없고 물과 접촉하지 않는 점이다. 그러나, 파랑의 영향(Wave effects)으로 인한 출력의 변동폭을 조정하는 장치가 없으면 정수정(Stilling well)위에 설치하여야 한다. 초음파 센서는 예민하고 정확한 측정장치이나 센서의 전자회로는 온도변화에 예민하므로 일정한 온도에서 반복 측정되어야 하는데 관개지구에서는 이러한 조건을 충족시키기 어렵다. 그러나 보상회로(Compensating circuits)를 사용하면 온도차를 대부분 극복할 수 있다. 또한 온도차에 따라 음속이 변하지만 일반적으로 송수신기와 수면 사이의 거리가 짧아 온도차가 음속변화에 미치는 영향은 적다.

수압 센서(Water Pressure Sensors)

수압 센서는 증폭기(Amplifier)를 구체화하는 피에조 전기 셀(Piezo-electric cell)과 셀의 한 면이 대기중에 놓이는 직경이 작은 공기구멍(Air vent)을 가진 연결 케이블로 되어 있다.

수압 센서의 설치는 셀을 수로내의 최저측정수위 아래에 놓고 유선을 수로둑 위까지 연장시키면 된

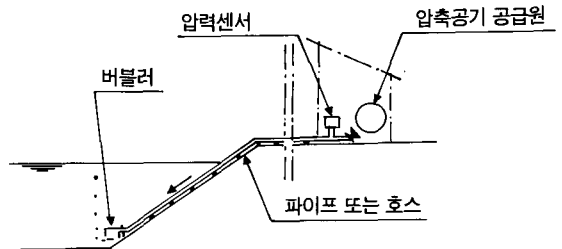
다. 씻고 검사하기 쉽도록 최대수위보다 높은 곳에 튼튼한 지주를 세워 센서와 코드를 고정시켜 둔다.

이전의 피에조 전기 센서는 증폭시의 오차와 같은 모델간 검정값의 차이와 보상회로를 사용하여도 온도변화에 따른 예민도의 차이 등, 반응 특성상의 차이로 인하여 정확도가 부족하다는 평가를 받아 왔다. 그러나 최근 수년간에 기술이 크게 발전하여 측정의 정확도와 반복성에 있어 만족할 만한 수준의 수압센서가 개발, 판매되고 있다.

공기압(버블러) 센서(Air Pressure Sensors)

공기압 센서의 작동 원리는 물에 잠긴 소구경 파이프의 출구수두와 파이프내의 공기압이 균형을 이루게 하는 것이다. 수압과 공기압의 균형을 정확하게 이루기 위해 공기와 물의 접촉면을 정확하게 출구에 위치시켜야 한다. 이는 출구로 소량의 공기를 계속 흘러나오게 하여 부드러운 기포가 발생하는 상태이다. 또한 측정점과 출구사이의 공기압 손실을 최소화하기 위하여 일정한 적은 양의 공기를 유지해야 한다. 공기의 밀도가 낮기 때문에 측정점과 출구 사이의 표고 차이는 측정에 영향을 주지 않는다.

공기압 센서는 최저측정수위 아래에 위치하는 버블러(Bubbler)와 소구경 파이프로 연결되는 저압/소량의 공기 공급원과 공기 공급원 근처에 놓이는 공기압 센서로 구성된다(그림-38). 이러한 배치는 예민하고 고가인 부품이 물에 닿지 않고 수로에서 어느 정도 떨어져 있게 되어 장치의 보호와 사용에 편리하다. 나아가 시스템의 각종 기능을 발휘할 수 있는 장비를 선택하여 사업지구 조건에 잘



<그림-38> 버블러(Bubbler)형 공기압 센서

맞도록 배치할 수 있다.

공기는 압력 감소기와 조절밸브를 통한 압축공기 실린더나 작은 콤프레서로부터 공급된다. 실린더는 동력원을 필요로 하지 않고 온도 변화와 관계 없이 실제로 일정량의 공기를 공급하는 이점이 있으나, 주기적인 교환과 공기주입이 필요하다. 콤프레서는 교환비용은 적으나 비교적 수명이 짧고 온도가 유량에 큰 영향을 미칠 수 있다. 압력용기(Pressure vessel)를 가진 산업용 간단작동 소형 공기 콤프레서는 튼튼하고 온도 변화가 공급되는 공기량에 거의 영향을 미치지 않는다. 반대쪽 끝에는 작은 수족관(Aquarium)형의 콤프레서를 둔다.

모든 콤프레서는 동력원이 필요하며 예비 배터리를 준비하는 것이 좋으며 압력용기를 사용하는 경우에는 예비용량을 갖게 될 것이다.

현재 수은 압력계(Mercury manometer), 기계식 및 피에조-전기 센서가 주로 사용되고 있다. 20년전에 개발된 공기압 센서와 함께 사용하는 수은 U-튜브 차동식 압력계(Mercury U-tube differential type manometers)는 튼튼하고 신뢰감이 있지만 모양이 좋지 않고 정밀한 제작과 개별로 검정이 필요하며 수은값이 비싸고 조작이 어렵기 때문에 지금은 거의 사용되지 않는다.

기계센서(Mechanical sensor)는 피스톤에 가해지는 압력에 의한 추진력(Thrust)이 스프링이나 평형추에 의해 지레를 통하여 평형을 이룬다. 압력에 따라 바로 위치가 변하는 지레는 일반적으로 전위차를 이용하는 위치센서를 작동시킨다. 이 센서는 정밀한 제작이 필요하고 비교적 고가이다.

피에조-전기 수압센서와 같이 이 종류의 공기압 센서는 증폭기를 구체화하는 피에조-전기 셀로 구성되나 공기압 센서는 기준면이 대기압이 되도록 하기 위한 공기구멍을 가진 호스(Vent hose)는 필요하지 않다. 크기가 작고 가격이 비교적 싸고 초기의 단점들을 개선하였기 때문에 피에조-전기 센서는 다른 두 센서보다 널리 이용되고 있다.

8.2.4 유량센서

유량센서는 하나의 매개변수(Parameter)로 측정할 수 있는 수위센서나 수문개도센서와는 다르

게 수로유량의 결정은 측정값과 일련의 독립변수를 처리하여야 하므로 수로유량의 측정은 다음과 같은 준비가 필요하다.

- 측정된 파라미터로 유량을 결정할 수 있는 조건을 가진 구조물

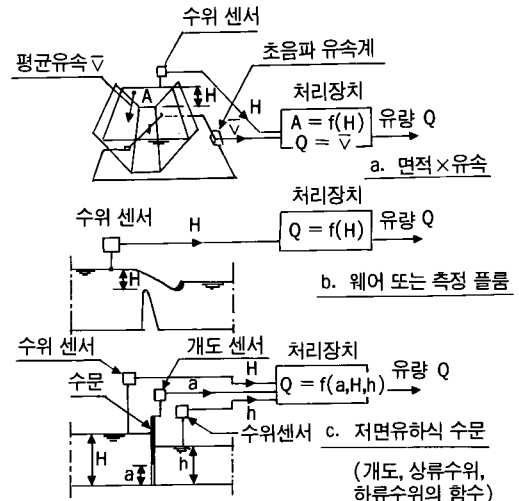
- 파라미터를 측정하기 위한 센서
- 현지 또는 관리소의 자료 처리장치

실제로 수로의 유량은 다음 세가지 방법중 하나로 결정한다(그림-39).

- 단면적과 유속을 곱하는 방법
- 상류수두와 웨어나 플룸을 통과하는 흐름과의 관계로 계산하는 방법
- 상하류 수위, 수문의 개도 및 저면유하식 수문을 통과하는 흐름으로 계산하는 방법

단면적과 유속을 곱하는 방법

이 방법은 기존 수로의 유량측정에 이용할 수 있다. 안정되고 검정된 수로단면에서 수위를 측정하여 단면적을 계산하고, 일반적으로 유속은 흐름 방향에 각도(예 ; 45도)를 가지고 수로의 양쪽으로부터 평행한 펄스(Pulse)를 송신하는 초음파로 유속을 측정한다. 펄스가 흐름 방향과 흐름 반대방향으로 수로를 교차하는 시간차이는 펄스가 발사되는 수위에서의 수로의 유속에 비례한다.



<그림-39> 수로의 유량측정 방법

실제유속이 평균유속에 근접하는 지점에서 유속계(Current meter)나 피토 프루브(Pitot probe)로 유속을 측정하는 방법은 잘 사용되지 않으며 많은 양의 실트와 잡물 또는 잡초를 운반하는 물속에서 계속 작동하기에 부적합하다.

초음파 수위센서는 온도변화에 비교적 민감하다. 펄스가 부유물질에 반사되거나 굴절되어 측정에 영향을 줄 수 있다. 유량측정의 신뢰도와 정확도는 측정유속이 전체단면의 평균유속과의 근접도에 달려 있다. 유속이 측정되는 수심은 유량에 따라 다르며, 특히 큰 수로에서는 여러 쌍의 빔(Beam)으로 다른 수위에서 유속을 측정한다. 수위센서가 정확하지 못하거나 수로의 침전, 또는 수로의 라이닝 단면이 정확하지 못하여 이론단면과 실제단면의 차이 등으로 인하여 측정유량의 차이가 발생한다.

정확도가 비교적 낮고 수로의 수위가 센서의 위치 이하로 떨어져 유속측정을 할 수 없는 경우(기능상의 이유 및 수로의 수위가 수로바닥에 가까울 때는 평균유속을 측정할 필요가 없기 때문)가 있음에도 불구하고 이 방법은 특수한 구조물이 필요하지 않으며 수두의 손실이 없고 흐름조건을 변화시키지 않아도 된다는 큰 이점이 있다. 이와같이 상류(Subcritical flow) 흐름이 유지되어야 하는 근접하류수위조절하의 수로에 이 방법을 사용할 수 있다.

웨어와 플룸을 이용하는 방법

이 방법은 적절한 구조물이 있으면 하나의 변수만 측정하면 되므로 이용하기 간단하여 수동식 측정에 널리 이용되어 오고 있는 방법으로 자동화할 때에도 원칙적으로 같은 구조물을 계속 이용할 수 있다.

그러나, 이 방법의 큰 단점은 기존 구조물이 없는 곳에서는 측정을 위하여 특별히 구조물을 설치하는 비용이 소요되는 점이다. 상류수위조절 시스템의 한 부분으로 이러한 구조물이 설치되어 있는 곳에서 수위변동을 최소화하여야 하는 경우에는 유량을 정확하게 측정하기 어렵다. 잠류가 되지 않도록 상하류간에 최소 수두차를 확보해야 하는 것

도 단점중의 하나이며, 기존 수로에서는 상류수위를 높이고 하류수위를 낮추어야 하며 수로를 변경할 수 없는 곳에는 큰 유량을 측정할 때에 허용할 수 없는 오차가 발생한다. 측정구조물 접근부의 단면축소는 불리한 조건이 될 수 있으며 침전이 예상되는 곳에서는 플룸이나 웨어의 상부를 경사지게 하는 것이 좋다. 사류흐름을 가지는 근접하류수위조절 수로에서는 측정구조물을 조절수문과 센서 사이에 설치할 수 있는 곳 이외에는 이 방법을 적용할 수 없다.

조절수문에서의 측정

이 측정방법의 이점은 기존 유량조절장치를 사용한다는 것이며 다른 목적으로 설치한 센서와 처리장치를 사용할 수도 있다는 것이다. 더욱이, 수두손실이 없고 흐름조건을 변화시키지 않는다. 근접하류수위조절을 포함한 어떠한 자동조절원리에도 잘 적용된다.

이 측정방법의 가장 불리한 점은 수문을 통한 흐름이 하류로부터 물에 잠긴 상태인지 아닌지에 따라 유량계산이 다르고 어떤 경우에도 유량계가 일정하지 않다는 것이다. 그러나, 비슷한 구조물이나 모형시험으로 관측하거나 적절한 소프트웨어로 결정된 유량계수를 사용하여 허용할 만한 정확도를 가지는 유량을 측정할 수 있다.

8.2.5 인터페이스

센서로부터의 출력신호는 대부분 아날로그 형태이다. 그러나, 자동화된 모니터링 또는 조절시스템에서 컴퓨터로 처리되는 자료처리 장치는 디지털 신호만을 사용하기 때문에 신호형태를 바꾸어야 한다. 아날로그 신호는 통신방해(Interference), 전압변동, 선로내 품질저하(In-line degradation), 변조(Distortion) 등이 발생하기 쉬워 전송거리가 길면 길수록 신호가 잘못 전달될 위험이 커진다. 디지털 신호는 이러한 위험이 없다.

아날로그에서 디지털 형태로 바꾸기에 가장 적절한 지점은 신호의 품질저하 위험과 변환장비의 가격을 비교하여 정해진다. 처리장치와 조합되거나 시스템의 표준구성의 일부로 포함된 인터페이스보다 센서와 조합된 인터페이스 가격이 일반적

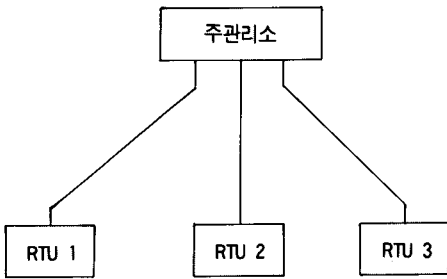
으로 더 비싸다. 아날로그 센서를 사용하는 경우는 일반적으로 현지처리 또는 관리소로 전송하기 전에 원격터미널에서 신호를 변환한다. 디지털에서 아날로그로 변환시키는 인터페이스가 필요한 곳에서는 인터페이스를 항상 송신 연결부의 가장 끝부분이나 신호를 받는 장치의 입력포트에 설치한다.

8.3 통신방법

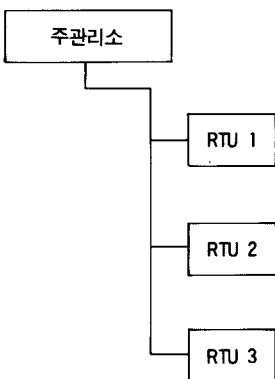
8.3.1 일반사항

자동조절 시스템의 통신 네트워크는 방사상(Radial)이나 공동선(Party-line)으로 구성한다<그림-40>. 방사상 구성에서는 독립 송수신 채널로 각 원격터미널(RTU)과 관리소가 연결되며 공동선 구성에서는 관리소와 여러 원격터미널을 단일 송수신 공동채널을 통해 통신할 수 있다.

네트워크를 구성할 때의 주요 고려사항은 다음과 같다.



방사상 시스템



공동선 시스템

<그림-40> 통신 시스템 : 구성방법

- 자료전달량은 원격터미널의 수, 송신할 자료의 양과 특성, 자료 측정 빈도에 따라 정해진다.

- 조절시스템의 중앙집중도, 수문의 조작빈도, 원격터미널간 통신의 필요성 등에 따른 시스템의 구성과 조절논리에 관련되는 사항

- 수로 조직

일반적으로 통신방법을 선정하기 전에 통신 네트워크의 구성을 결정해야 한다.

통신은 유선(Cable) 또는 무선(Radio)으로 하며 유선인 경우 전화선, 동축선 또는 광섬유선을 사용하고 무선통신은 VHF, UHF 또는 극초단파(Microwave) 주파수를 사용한다. 통신방법을 선택하는데 영향을 미치는 요인을 요약하면 아래와 같다.

- 원격소와 중앙관리소의 상대적인 위치 : 기술적으로 유선통신은 거리에 관계없이 가능하나 접속시 또는 거리가 멀어짐에 따라 선로내의 신호(In-line signal)가 약화되므로 보완이 필요하다. 반대로, 기술적으로 거리가 멀어지면 무선통신의 이용성이 높아진다. 무선통신은 달리 통신할 방법이 없어 이동 통제소를 운용하는 경우를 제외하고는 일반적으로 20km 이내의 거리에는 적합하지 않다. 지형의 영향을 크게 받는 무선전파와 달리 유선시스템의 설계 및 조작성은 현지 지형에 구애받지 않는다.

- 자료의 송신량, 특성 및 빈도 : 유선이나 무선 통신 모두 송신속도는 충분하다. 중앙집중식으로 실시간 제어를 하는 대규모 시스템도 대부분의 경우 수백바우드(Bauds, 1초에 전송되는 기본적인 디지털 신호의 수 또는 비트)를 초과하는 송신속도를 필요로 하지 않는다. 단지, VHF 및 UHF 무선 시스템에 고속의 반응시간이 요구될 경우도 있다.

- 통신 시스템의 구성 : 유선통신은 방사상 및 공동선 시스템 모두에 적합하나 다중채널링크(Multi-channel links)가 없는 경우에는 무선시스템만이 공동선 시스템에 적합하다.

- 고장시 통신의 신뢰도 : 낙뢰로 인하여 신호가 변조되거나 장비가 손상될 위험은 유선보다 무선이 훨씬 더 크다. 그러나 유선은 파손이나 사고로

인한 선로의 손상에 더 취약하다.

- 투자비 : 유선시스템의 시설비는 대략 선로의 총길이에 비례하며 무선 시스템의 시설비는 원격 관리소 및 중계소의 수에 따라 변한다. 원격관리소와 중계소간의 거리가 멀어질수록 무선이 더 유리해진다. 예를 들면, 대규모 관개사업지구에서 무선 시스템 시설비가 유선시스템 시설비의 2/3 정도로 줄어들 수도 있다. 다른 면으로는 유선장비는 수명이 약 35년인데 비해 무선장비는 10년 정도로 수명이 짧다. 또한, 유선은 낙뢰로 손상을 입는 장비를 제외하고는 유지관리가 거의 필요하지 않으나 무선장비는 낙뢰로 손상을 입는 경우 수리하여야 하며 정기점검(보통 6개월마다)과 송신레벨 조정이 필요하다.

- 공공전화선을 사용하는 경우 통신규정 및 전화국의 의존도 : 무선시스템의 경우 관련 정부기관으로부터 허가를 받는 일이 어렵고 시간이 소요되며 허가를 받아도 신호의 특성이나 근접 주파수대로부터의 방해 때문에 할당받은 주파수의 송신상태가 불량할 수도 있다. 치안상태가 불안하거나 전쟁시에는 무선의 사용이 금지될 수도 있다. 유선으로 송신할 경우, 전화국의 시스템에 연결할 때 전화국 장비의 표준에 맞춰야 하지만 일반적으로 허가를 받을 필요는 없다.

8.3.2 유선통신

다중선 전화통신(Telephone Type Multipair Cables)

유선은 직접 신호입력 및 출력포트에 연결될 수 있는 쌍으로 된 금속도선(Paired metallic conductors)을 포함하며 유선내의 쌍도선은 일반전화의 한선에서 100선까지 다양하게 구성할 수 있다. 이 시스템은 사용자 소유선 통신서비스회사의 차용선 또는 공공전화 네트워크를 이용한다.

사용자 소유선은 일반적으로 전화국의 예정된 선로로부터 독립적으로 사용할 수 있으므로 편리하다. 낙뢰, 정전기/자기 방해 및 파손으로 인한 위험을 최소화하기 위해 지하유선을 지상유선보다 선호한다. 유선이 땅속에 묻히거나 물속에 잠긴 곳에서는 품질유지에 특별히 주의하여야 한다. 변조

를 감소시키는 보충장비를 사용하여 최대 송신거리를 100km 이상까지 연장시킬 수 있으나 일반적인 허용 최대 송신거리는 약 25km이다.

각 쌍으로 분리된 도선이 음성 및 자료모드의 동시송신에 필요하며 전화선은 이 두가지 송신 모두에 적합하다. 고장대비 및 증설시의 추가비용을 줄이기 위해 여분의 채널을 갖도록 하는 것이 좋다.

실제로 도선의 수가 10선을 초과하는 경우는 거의 없다. 적절한 보충장비를 이용하면 매우 높은 송신율이 가능하다(4,800bauds 까지). 또한, 분리된 채널의 이용은 시스템의 계속적인 스캐닝에 적합하다.

유선 시스템의 단점은 선의 연결과 선로의 불량이나 고장지점의 확인과 수리를 전적으로 전문가에 의존해야 하는 점이다.

광범위한 통신 네트워크를 갖고 있는 나라에서는 전화선을 공공기관이나 통신 서비스 회사로부터 빌릴 수 있다. 비용은 대개 선로의 연결비용과 월임차료를 근거로 하며 이전에 서비스를 받지 못하던 지역에 네트워크를 연장하는 비용을 분담해야 할 수도 있다. 이와같이, 임차하는 것은 시설비를 최소화하는 이점이 있으며 몇개의 선만 필요한 곳에서는 경제적으로 유리하나 제3자에게 의존해야 하는 점이 불리하다.

공공의 통신 네트워크를 이용할 수도 있으며 이를 위해 자동연결 장치를 각 관리소에 설치하여 신호를 보내고 완전히 연결된 후에는 절단한다. 다른 관리소에서 전화를 하거나 미리 결정된 스케줄 또는 측정된 파라미터의 관련기준에 따라 송신소 자체에 의해 통신이 시작된다. 이 방법은 불연속적으로 통신하는 경우에만 적합하며 임차한 각 라인당한 채널만을 사용할 수 있다. 여건이 좋은 경우에는 비용을 상당히 절감할 수 있으나 공공통신 네트워크와 서비스의 질에 크게 영향을 받는다. 예를 들어, 농촌과 같이 공공통신 시스템이 수동교환식이거나 이미 포화된 곳에는 적합하지 않다.

동축선(Coaxial Cables)

동축선은 다중채널 장거리 통신에 적합하지만 자동관개 시스템에 사용되는 일은 거의 없다. 그 이유는 신호를 바꿔야 하기 때문에 복잡하며 장비

가 고장날 가능성이 크기 때문이다. 그 밖에도 사용가능한 동축선과 관련된 신호변환 장비의 최소용량이 약 50채널로 자동관개에 필요한 선의 수를 초과하여 불필요한 비용을 발생시키기 때문이다.

광섬유선(Fibre Optic Cables)

광섬유는 아직까지 자동수로조절 시스템에 많이 사용되지 않고 있다. 이 선이 가진 수준 높은 성능(큰 밴드 폭, 잡음이 거의 없는 높은 송신율)의 이점을 이용하기 어렵다. 또한, 낙뢰 및 전기-자석/정전기에 민감하지 않고 쉽게 취급할 수 있으나 비용부담을 합리화시키기 어렵다. 비교적 새로운 이 기술은 관개사업지구에 적용해 본 경험도 부족하다.

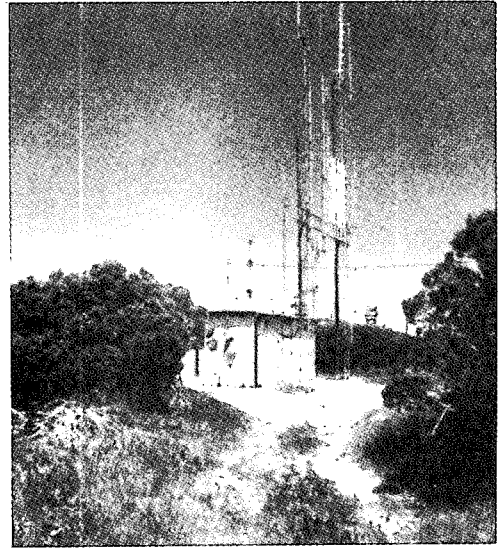
광섬유선은 비용부담 외에도 추가장비 없이 섬유의 종류에 따라 최대 송신거리가 1~8km밖에 되지 않아 불리하다. 장거리 통신에는 자동중계회로가 필요하다. 이 회로는 동력을 현지에서 공급받거나, 추가선이나, 광섬유선에 넣어진 도선을 경유해 공급받을 수 있다. 후자의 두 경우에는 낙뢰와 전기장애에 대한 시스템의 면역성이 크게 감소된다. 그 외에도 광섬유선을 사용하게 되면 터미널과 자동중계장치에서 전기신호를 빛신호로, 또는 빛신호를 전기신호로 바꿀 필요가 있다. 선의 연결은 특수한 장비와 시험이 필요하며 연결부에서 비교적 손실이 커서 추가 자동중계장치가 필요하므로 공동선(Party-line)에는 적합하지 않다.

8.3.3. 무선에 의한 방법

1채널 VHF 무선(150~170MHz)

1채널 VHF(초단파, Very high frequency) 무선 시스템은 이동관측소로 또는 이동 관측소로부터 음성통신에 주로 사용된다. 특히 사용하는 송신출력은 50W로 12m 안테나 탑과 차량지붕에 장치한 안테나간의 최대송신거리는 전방향으로 약 40km이다. 자동중계소를 이용하면 통신거리를 증가시킬 수 있다.

VHF무선은 먼 곳으로부터 자료를 얻는 데도 적합하며 비교적 비용이 싸고 설치가 간단하며 제3자와의 관련도 없다. 불리한 점은 VHF 주파수



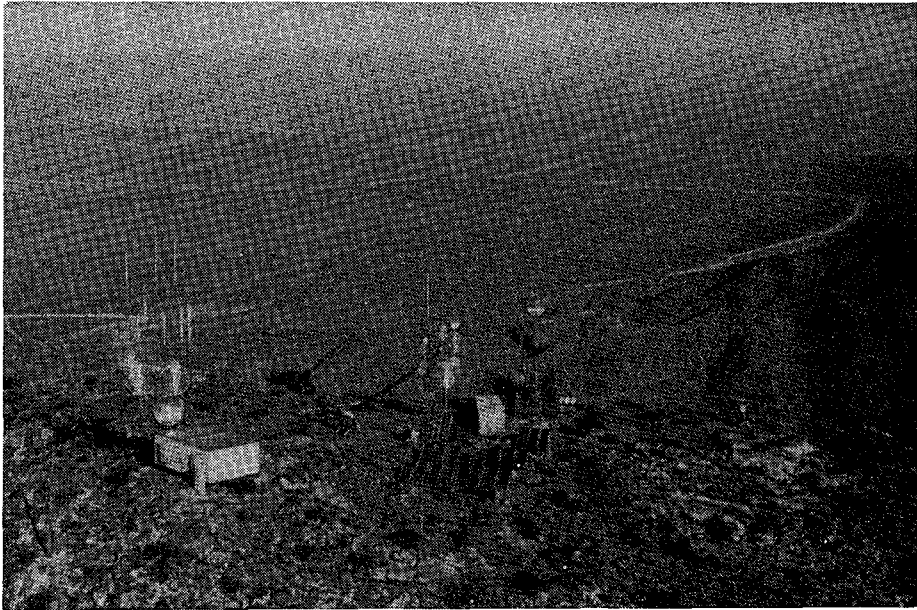
〈사진 6〉 UHF 중계소

범위내에서 혼잡발생 또는 면허중단 때문에 계속 스캐닝에는 사용할 수 없는 점이다. 그 밖에도 반응시간이 길어 VHF는 원격 조절에 적합하지 않을 수도 있다. 대개, 송신기/수신기 링크당 단 하나의 음성채널 이용이 가능하며 VHF시스템은 동시 통신에는 적합하지 않다. 자동중계소가 필요한 곳에서는 중계소에 접근이 가능하고, 전력공급이 필요하며, 가까운 중계소간의 직접 송신으로 인한 장애를 피하기 위해 다른 주파수를 사용해야 하므로 추가로 허가를 받아야 한다.

1채널 UHF 무선(400~470MHz)

1채널 UHF(극초단파, Ultra high frequency) 무선은 계속 작동 시스템에 사용할 수 있다. 출력은 일반적으로 35W로 12m 탑에 장치한 지향성 안테나를 사용하면 최대송신 거리는 50~70km이다. VHF에서와 같이 자동 중계소를 이용하면 송신거리를 증가시킬 수 있다. 지향성 송신은 인접중계소간에 잘 보이도록 위치를 정해야 한다. 〈사진 6〉은 미국 남서부의 사업지구에 있는 다목적(음성 및 자료) 중계소를 보여준다.

UHF의 주요 이점은 계속적인 스캐닝에 적합하고 설치하기 쉬우며 제3자로부터 독립적인 점이며 단점은 응답시간이 길어 원격제어장치와 맞지 않



〈사진 7〉 마이크로 웨이브 중계소

을 수도 있고 송신기/수신기당 음성채널이 1개이며 파의 반사, 굴절 또는 흡수로 인하여 신호가 바뀔 위험이 있다는 점이다. 중계소는 VHF와 같다.

마이크로 웨이브 무선(>1,000MHz)

광역 네트워크에는 마이크로 웨이브 무선에 의한 통신이 적합하다. 안테나는 접시형(직경 약 1m)이며 탑에 설치한다. 지향성 송신은 UHF에서와 같이 송수신소간의 시계가 좋아야 한다. 1개 링크의 전송거리는 50km를 초과할 수 있으나 관개 사업지구에서는 중계소간의 평균거리가 보통 20~30km이다. 〈사진 7〉은 중부 아리조나 사업지구의 마이크로 웨이브 중계소에서 자료 및 음성통신을 사용하는 컴퓨터조작 시스템을 보여준다.

마이크로 웨이브 무선의 주요 이점은 업무수행 수준이 높고 계속적으로 스케닝하는데 적합하며 제3자로부터 자유로운 것이다. 단점은 비교적 복잡하고 고급기술이 적용되어 유지관리 담당자가 필요하고 약천후에 안테나가 취약하며, 가까운 지역을 연결하기에 적합하지 않고 앞서 설명한 중계소와 관련된 제한조건이 적용된다는 점이다.

8.3.4. 통신의 이용

대부분의 경우 사용자 소유의 땅에 묻는 다중선

을 통한 통신이 가장 만족스러운 해결방안이며 추가로 소요되는 비용은 통신의 신뢰도의 제고로 상쇄할 수 있다. 송신거리와 구성이 자유롭고 수명이 길며 제3자로부터 독립적이고 비교적 단순한 기술이 필요하다. 현재 사용하고 있는 많은 자동원격감시 및 조절 시스템은 다중선을 이용한다.

마이크로 웨이브 무선이 적합한 곳에서 장거리 트렁크 링키지 같은 특수한 것을 이용하는 것을 제외하고는 단지 추가안전을 위해 예를 들면, 무선에서 유선으로 백업시키는 시스템(Radio back up to a cable system)과 같은 다른 방법을 사용한다. 이동중계소에서와 같이 유선연결이 적합하지 않은 곳이나 관개시스템의 조작과 통신보안이 필수적이 아닌 곳에서는 이러한 방법을 사용할 수 있다. 중앙시스템에서 멀리 떨어진 중계소로부터 수문자료나 기상자료를 수집하기 위해 공공전화 네트워크를 이용한다.

8.4. 원격감시 및 조절 중앙관리소의 장비

8.4.1. 일반사항

중앙감시 및 조절시스템의 가장 중요한 부분은 입력자료를 저장하고 처리하는 컴퓨터이며 통신관리, 관리자 인터페이스, 자료표시, 출력 및 장기간

의 저장에 필요한 주변기기도 필요하다.

컴퓨터에서 성능, 용량 및 여러가지 부품의 수는, 처리할 자료의 양과 처리의 복잡성, 시스템 크기와 목적에 따라 크게 다르며 조절시스템의 경우는 조절원리와 시스템의 구성에 따라 다르다.

8.4.2. 부품

다중작업(Multi-Task) 컴퓨터

컴퓨터는 다음과 같은 일을 한다.

- 자동통신관리
- 표시, 프린트 및 저장을 위한 자료 처리
- 명령을 발생시키거나 조절점의 설정(Set points), 자료처리(프로그램 또는 실시간 조절)
- 자동 또는 조작자의 명령대로 자료의 표시, 프린트 및 보관 관리

컴퓨터의 수(일반적으로 둘)와 종류는 위에서 언급한 바와 같이 자료의 양과 계산에 필요한 시간 및 조작의 보안수준에 달려 있다.

용량 : 시스템의 시작과 조작, 자료의 출력 및 장기간의 자료저장에 큰 용량의 메모리가 필요하며 플로피 디스크나 하드 디스크를 이용한다.

키보드 : 조작자는 키보드와 마우스를 사용하여 스크린을 선택하고 물 수요량을 입력시키고 스케줄을 만드는 프로그램을 수행, 자료 입력 등의 작업을 한다.

표시 : 모니터링과 조절에 필요한 자료의 표시를 위해 문자와 그래프로 표시할 수 있는 칼라 비주얼 표시장치(VDU)가 최소한 필요하다. 그외에 지정된 장소에서 시스템을 도표로 보여주고 자료를 표시해주는 월 미믹 보드(Wall mimic board)도 사용한다.

프린트 출력 및 장기간 보관 : 중요한 조작사항과 중요 변수의 변동을 기록하기 위해 한대 또는 여러대의 프린터를 사용한다. 이러한 보고서는 즉시 출력보고서의 형식이나, 시간별, 일별 또는 다른 편리한 시간 간격대로 작성한다.

장기간 저장을 위해서는 마그네틱 테이프, 플로피 디스크 또는 탈착이 가능한 하드 디스크를 사용

한다. 컴퓨터 DB 자료는 흔히 압축시켜 장기간 보관한다. 예를 들면, 24시간 자료를 매 15분마다의 자료로 DB에서 임시로 기억하는 경우 장기저장의 경우에는 한시간 또는 그 이상 간격의 자료만 저장한다. 이와는 달리 자료의 범위를 몇개의 밴드(Band)로 나누어 적절한 한계를 넘을 때에만 정보를 저장하는 방법도 있다.

통신 인터페이스 : 컴퓨터에서 출력되는 디지털 발신신호를 통신방법에 맞는 형태로 변환시키고 수신신호를 이와 반대로 변환시키기 위해 인터페이스가 필요하다.

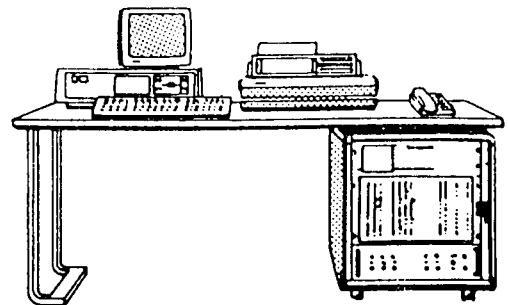
포터블 터미널 : 현장에서 조작자가 수집한 자료를 임시로 저장하여 중앙컴퓨터에 출력시키거나, 정규 근무시간이 아니어서 관리소에 사람이 없을 때에 조작자의 집에 위험을 알리는 조작터미널로 사용하기 위해 작은 포터블 터미널을 사용할 수 있다.

8.4.3. 시스템의 대표적 구성

여러가지 경우가 있으나 두가지 예만 소개한다.

소규모의 감시 및 조절 시스템

<그림-41>은 칼라 VDU, 하드 디스크, 플로피 디스크 드라이브, 키보드, 프린터 및 통신 인터페이스를 갖춘 마이크로 컴퓨터 시스템을 보여준다. 전원은 배터리와 같은 예비동력으로 백업되어야 한다.



<그림-41> 마이크로 컴퓨터로 감시조절하는 관리소

중앙집중식으로 자동감시 및 조절하는 대규모 관개시스템

이 시스템에 적합한 종합적인 구성은 다음과 같다.

• 두대의 미니 컴퓨터로 모든 일을 동시에 처리하거나 분담하여 처리한다. 컴퓨터 한대가 고장인 경우에도 다른 컴퓨터가 대신 중요한 업무를 이어 받아 처리할 수 있도록 우선순위를 정하여야 한다.

- 칼라 VDU 2대
- 키보드 2개
- 문자와 숫자로 이루어진 계기반(Console)
- 탈착이 가능한 하드디스크와 플로피디스크 드라이브

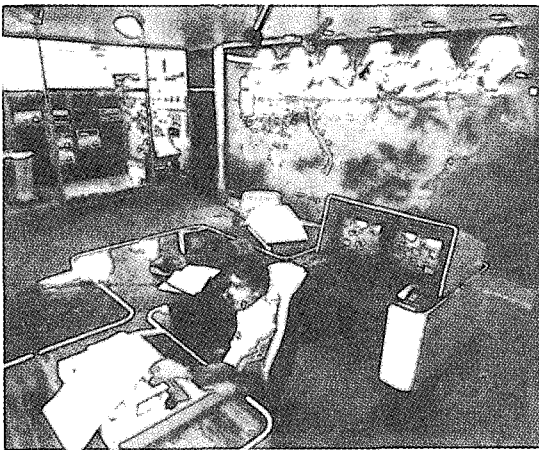
• 프린터 2대(즉시 출력 및 주기적인 보고서 출력)

• 벽 크기의 미믹보드

• 통신 인터페이스

• 두개의 분리된 주전원공급선이 배터리와 발전기에 의해 백업이 가능하도록 하는 확실한 전원공급장치

〈사진 8〉은 프로벤스 수로시스템의 관리소를 보여준다.



〈사진 8〉 대규모 중앙집중 감시, 조절 시스템의 중앙 관리소

결 론

수로 관개시스템의 자동조절은 관개시스템이 기술적, 경제적으로 적절히 운영되지 못하는 원인중의 하나인 전통적인 인력조절에 따른 위험을 제거

함으로써 신규 및 기존 사업지구의 수로조작과 물 관리를 향상시키기 위한 강력한 수단이 된다.

수로관개 시스템의 효과적인 자동조절은 기술한 바와 같이 조절개념이 정립되고 장비가 개발되므로 가능하게 되었고 계속 추진되고 있다. 기술된 기술의 대부분은 재래의 인력조절방법에 비해 현대적이라고 생각되지만 여러해 동안 또는 어떤 경우는 수십년 동안 여러가지 조건하에서 현장에서 성공적으로 사용되어 왔다. 현재 이용가능한 시험이 완료된 방법은 간단한 기구를 사용하는 방법에서부터 고급컴퓨터 소프트웨어를 이용하는 복잡한 시스템에 이르기까지 다양하며 국가와 사업지구의 여건에 따라 실제로 자동화가 줄 수 있는 이익을 판단하여 시스템을 선택하여야 한다.

신규 또는 기존 관개시스템의 자동화는 사업지구의 기술적, 경제적, 사회적인 면을 종합적으로 고려하여 검토한 후에 결정하여야 한다. 그러나, 제한적인 자동조절 시스템이라 하더라도 적절히 계획되면 이로부터 얻을 수 있는 잠재적인 이익을 고려할 때, “자동화는 바람직한가?”가 아니라 “어느 정도까지 또는 어느 단계를 자동화를 해야 하는가?”라고 질문해야 할 것이다.

결론적으로, 수로 자동조절의 이점을 이미 알고 있는 설계자, 사업주, 조작자 및 사용자의 지식을 넓히는 것 뿐만 아니라 부분적인 자동조절도 고려하지 않으려는 사람들이 자동화 계획을 늦추는 일이 없도록 하는데 이 책이 조금이라도 도움이 되기를 바란다.

참고문헌

1. ALSTHOM-FLUIDES. Technical Brochures : Distributors, AMIL Gates, AVIO and AVIS Gates, Vannes Mixtes, MODUVAR. Published by ALSTHOM- FLUIDES, La Courneuve, France.
2. AYERS T.G, JONAS S, BURT C.M, 1986. Automation for Downstream Control of Small Irrigation Canals. Paper 86-2078 presented at the 1986 Summer Meeting of

- the American Society of Agricultural Engineers, San Luis Obispo, CA, USA. ASAE, St Joseph, MI, USA.
3. AYERS T.G, PALMER B.C, 1987. Automated Water Control in Southern Alberta. Paper presented at the Symposium on Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems. Sponsored by the American Society of Civil Engineers(ASCE), Portland, OR, USA.*
 4. BONNET G, PECCOUD F, WEHRLE P, 1989. Guide Méthodologique pour l'Acquisition d'un Système Informatique Ieger pour des Gestionnaires de Ressources en Eau, Ref. ISBN 81-85068-31-3. ICID, New Delhi, India.
 5. BURT C.M, 1987. Overview of Canal Control Concepts. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 6. CHEVEREAU G, SCHWARTZ-BENEZETH S, 1987. BIVAL System for Downstream Control. Paper Presented at ASCE Symposium in 3. above.
 7. CLEMMENS A.J, REPLOGLE J.A, 1987. Controlled Leak Method for Water Control Systems. Paper presented at AsCE Symposium in 3. above.
 8. CLEMMENS A.J, REPLOGLE J.A, 1987. Control Schemes for for Canal Networks. Question 40, Report 82 presented at the 13th ICID International Congress, Casablanca, Morocco. ICID, New Delhi, India.
 9. COACHELLA VALLEY WATER DISTRICT. Telemetry Control, a brochure published by the Coachella Water District, Coachella, CA, USA.
 10. DEDRICK A.R, ZIMBELMAN D.D, 1981. Automatic Control of Water Delivery to and on-Farm in Open Channels. Report 7 presented at the Symposium on Principles of Designing Control Systems for Water Resources and Irrigation using Modern Techniques, 11th ICID International Congress, Grenoble, France. ICID, New Delhi, India.
 11. FALVEY H.T, 1987. Philosophy and Implementation of Gate Stroking. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 12. GOUSSARD J, 1987. NEYRTEC Automatic Equipment for Irrigation Canals. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 13. GROSCHE R.J, 1987. Instrumentation for Automated Irrigation Systems. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 14. INDONESIAN MINISTRY OF PUBLIC WORKS, DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES DEVELOPMENT, 1986. Irrigation Design Standards. DGWRD, Jakarta, Indonesia.
 15. JEAN M, 1981. Principes de Conception des Systèmes de Commande pour les Ressources Hydrauliques et l'Irrigation grâce à des Techniques Modernes. Report 3 of the ICID Symposium in 10. above.
 16. LOYER J, GOUSSARD J, COMBES G, 1981. Aspects Technico-économiques de l'Équipement des Canaux d'Irrigation en matière de Régulation. Question 36, Report 21 presented at the 11th ICID International Congress, Grenoble, France. ICID, New Delhi, India.
 17. MERRIAM J.L, 1987. Introduction to ASCE Symposium in 3. above.
 18. PLOSSL, 1987. CANAL Automation using the Electronic Filter Offset(EL-FLO) Method. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 19. PLUSQUELLEC H, 1987. Selection of Appropriate Technology in Irrigation Canal Systems. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 20. PLUSQUELLEC H, 1989. Script of audiovisual document Improving the Operation of Canal Irrigation Systems. Economic Development Institute of the World Bank, Washington, DC, USA.
 21. ROCHE W.M, SCHUMACHER P.J, 1987. Dolores Project : Automation of Irrigation System. Question 40, Report 87 presented at

- the 13th ICID International Congress, Casablanca, Morocco. ICID, New Delhi, India.
22. ROGIER D, COEURET C, BREMOND J, 1987. Dynamic Regulation on the Canal de Provence. Paper Presented at ASCE Symposium in 3. above.
 23. ROGIER D, TAISNE C, TUILLIER M, 1987. Instrumentation : Canal de Provence. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 24. SERFOZO E.A, 1987. Data and Communication Method for Delivery System Operation. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 25. TARDIEU H, 1987. Automatic Dam Management and River Regulation for Irrigation Purposes. Published in Irrigation and Drainage Systems, Ref. 00:000-111-1987. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands.
 26. TUILLIER M, FILIPOVIC V, 1988. Regulation Dynamique sur le Périmètre de Strezevo. Report 48 presented at the 15th ICID European Regional Conference on Agricultural Water Management, Dubrovnik, Yugoslavia.
 27. U.S DEPARTMENT OF THE INTERIOR, BUREAU OF RECLAMATION, 1973. Water Systems Automation, State of the Art. USBR, Denver, CO, USA.
 28. WALKER R.E, 1987. Long Crested Weirs. Paper presented at ASCE Symposium in 3. above.
 29. WEEKS L.O, LEVY T.E, 1986. Modernization of the Coachella Valley Water Dis-

trict's Irrigation System, Paper presented at the 10th USCID Technical conference on Irrigation, Drainage and Flood Control, Reno, NV, USA.

* All papers presented at the 1987 ASCE Symposium in Portland, OR, have been assembled by D.D. ZIMBLEMAN on behalf of ASCE and published under the title Planning, Operation, Rehabilitation and Automation of Irrigation Water Delivery Systems, Ref. ISBN 0-87262-608-3. ASCE, New York, NY, USA.

역자 약력

이 영 일



1973. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1981. 화관 국제농업센터(IAC) 토지배수 과정 연수
 1988. 미국 Pennsylvania주립대학교 대학원 M.S.
 현재 농어촌진흥공사 농어촌연구원 수석연구원

정 병 호



1969. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
 1977. 화관 국제수리공학과정 수료
 1981. 미국 캘리포니아대학교 석사
 1992. 미국 유타주립대학교 공학박사
 1994. 메콩유역 베트남 야수프다목적사업 예비타당성 용역단장
 현재 농어촌진흥공사 농어촌연구원 수석연구원
 KCID 편집·학술분과위원 / 국제회의 유치 및 준비분과위원