



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

정수 및 취·가압시설의 수위측정  
시스템에 관한 연구



制御計測工學科

尹星遠

工學碩士 學位論文

정수 및 취·가압시설의 수위측정  
시스템에 관한 연구



釜慶大學校 産業大學院

制御計測工學科

尹星遠

이 論文을 尹星遠의 工學碩士 學位論文  
으로 認准함.



主審 工學博士 崔然旭 (印)

委員 工學博士 安永珠 (印)

委員 工學博士 李炯基 (印)

# 目 次

목차 .....	i
그림 목차 .....	iii
표 목차 .....	v
Abstract .....	vi
I. 서론 .....	1
II. 수위 계측 시스템 .....	3
2.1 정수 및 취·가압 시스템 운영 형태 .....	3
2.1.1 계측제어시스템 구성 형태 .....	3
2.1.2 수위계측을 통한 설비의 운전 방식 .....	5
2.2 수위계의 설치 현황 .....	7
2.2.1 정수 및 취·가압시설의 수위계 현황 .....	7
2.2.2 댐 수위계 현황 .....	8
2.2.3 기존 운영되는 수위계 특성 및 문제점 분석 .....	8
2.3 수위계 특성연구 .....	10
2.3.1 수위계 종류별 특징 .....	10
2.3.2 각종 수위계 동작원리 및 계측 방법 .....	11
2.3.4 수위취득 방식 검토 .....	24
2.4 수위 전송 시스템 .....	25
2.4.1 현재 수위취득과 펌프동작과의 연계관계 .....	25
2.4.2 무인사업장 수위계측 문제점 해소 방법 연구 .....	27

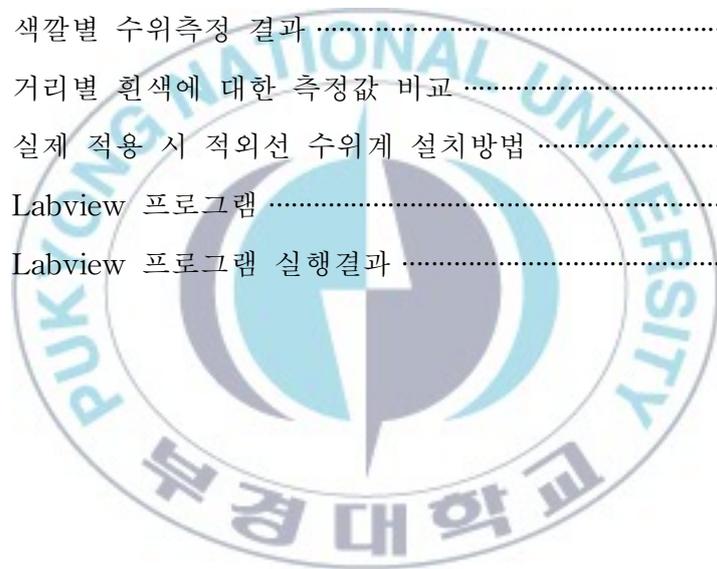
III. 실험 및 고찰 .....	29
3.1 적외선 센서의 특성 .....	29
3.2 적외선 센서를 이용한 거리 측정시스템의 구성 .....	31
3.3 시스템에 대한 실험 및 결과 .....	34
3.3.1 원통을 이용한 수위측정 실험 .....	34
3.3.2 물 표면에 반사판을 설치한 후 거리센서 측정실험 .....	36
3.3.3 실험결과에 대한 비교 .....	43
3.3.4 적외선 수위계를 사용한 펌프동작 시뮬레이션 .....	44
IV. 결론 .....	46
참고문헌 .....	48
감사의 글 .....	49



## 그림 목차

그림 2.1. 계측제어 시스템 구성도 .....	4
그림 2.2 댐 수위 전송시스템 .....	5
그림 2.3 취,가압장 수위전송시스템 .....	6
그림 2.4 양산 1가압장 수위변화 현상 .....	9
그림 2.5 양산 2가압장 수위변화 현상 .....	9
그림 2.6 플로트식 수위계 .....	12
그림 2.7 초음파 수위계 설치모습 .....	13
그림 2.8 초음파식 레벨센스 .....	13
그림 2.9 개방 탱크의 수위측정 .....	16
그림 2.10 드라이 레그 방식의 액위측정 .....	17
그림 2.11 웨트레그 방식의 액위측정 .....	18
그림 2.12 투입식 수위계 설치모습 .....	19
그림 2.13 방사선식 레벨계 .....	20
그림 2.14 정전용량식 레벨계 .....	21
그림 2.15 광학식 레벨센서 .....	22
그림 2.16 적외선 센서의 특성 .....	23
그림 2.17 적외선 거리센서를 이용한 수위계 블록선도 .....	24
그림 2.18 기존의 수위 취득방식 .....	24
그림 2.19 적외선 센서를 사용한 수위 취득방식 .....	25
그림 2.20 PLC Ladder Program .....	26
그림 2.21 수위와 펌프의 연동 플로차트 .....	27
그림 3.1 적외선 거리 센서 .....	29

그림 3.2	적외선 거리 센서의 내부 구조 .....	30
그림 3.3	적외선 거리 센서특성 .....	30
그림 3.4	적외선 센서를 이용한 거리측정 시스템의 구성도 .....	32
그림 3.5	센서가 취부되어 있는 주 회로부인 PsoC 마이컴 .....	32
그림 3.6	Wireless USB 송신부 .....	33
그림 3.7	Wireless USB 수신부 및 원격지 컴퓨터 입력부 .....	34
그림 3.8	적외선 수위계 모형 .....	35
그림 3.9	물위의 반사판을 이용해 측정하는 방법 .....	37
그림 3.10	색깔별 수위측정 결과 .....	41
그림 3.11	거리별 흰색에 대한 측정값 비교 .....	42
그림 3.12	실제 적용 시 적외선 수위계 설치방법 .....	44
그림 3.13	Labview 프로그램 .....	44
그림 3.14	Labview 프로그램 실행결과 .....	45



## 표 목차

표 1	정수, 취가압장 수위계 설치현황 .....	7
표 2	댐 수위계 설치현황 .....	8
표 3	적색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과(원통) .....	35
표 4	흰색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과(원통) .....	36
표 5	흰색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과 .....	38
표 6	적색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과 .....	39
표 7	흑색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과 .....	40



Study on the Water Level Measurement System for Water  
Treatment Plant, Water Intake Plant and Pumping Station.

Seong-Won Yun

*Department of Control & Instrument Engineering*  
*Graduate School of Industry*  
*Pukyong National University*

**Abstract**

Recently, thanks to developments of measurement, control and communication techniques, the company has tried to make a retrenchment in the budget by bring computer applied equipments into the water processing section.

There are four types of measurement-control equipment, that is, Data Base, HMI, Network transmission apparatus, and Sensor. Therefore it is necessary to combine these equipments properly in order to operate the water clean processes. Among them, the role of water-level measurement is indispensable to the entire process. A trivial matter in that system may cause financial loss for the company due to stopping of water cleaning processes. It is, therefore, necessary to enhance the accuracy and reliability of the measurement of the water-level.

We introduce the new type of the water-level measurement by using a infrared near-by sensor, and show the results that it is possible to measure the current water-level stably by using the proposed sensor.

# I. 서론

물은 생명이다. 인간의 인체는 약 3분의 2가 물로 구성되어 있으며, 하루 평균 2.4리터의 물을 마신다. 또한 인간은 음식 없이 한달 또는 그 이상을 살 수 있지만 물 없이 4~10일 이상 지나면 더 이상 유지하기 어렵다.

예전의 물 관리 방법은 토목 시설물과 기계적인 설비로 구성되어졌으나, 현재에 들어서는 대부분의 설비관리는 중앙통제실에서 각 설비에 대한 동작 상태나 데이터에 의해 운영된다. 따라서 정수처리 공정이나, 취·가압공정에서 각 시설별이나 관리동에는 많은 직원들이 근무했으나, 현재는 최소 근무자만 근무하고, 현장에서 전송되어지는 데이터에 의존하여 24시간 근무하고 있는 형태에 있다.

최근 들어 정보통신과 계측제어 기술의 발전과 더불어 컴퓨터를 응용한 설비의 도입으로 통상적인 2~3인의 최소근무 인원만 근무하는 형태를 벗어나, 원격지에서 감시제어를 하여 근무자를 줄이거나, 근무가 아닌 비상대기 형태를 취하여 경비절감을 꾀하고 있다.

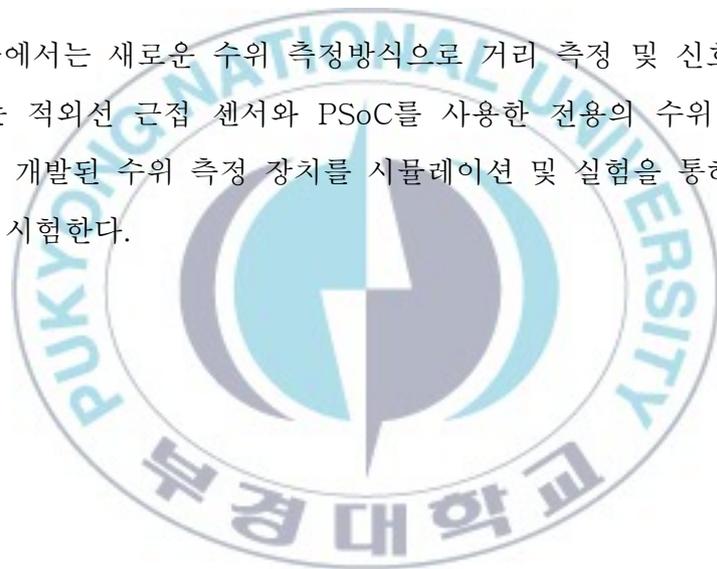
수처리 시스템에서 계측제어설비는 펌프감시제어, 약품투입감시제어, 밸브감시제어, 유량감시, 수질감시, 수위감시, 전송장치 및 중앙통제설비 등으로 분류할 수 있는데, 각 설비들이 유기적으로 결합되어 동작되어야 정수처리 공정에 지장을 받지 않는다. 수처리 시스템에서 기본 측정 장치인 수위계의 역할은 없어서는 안 될 중요한 설비이며, 부정확한 수위 정보나 취득 장애로 인해 공정 전체가 멈출 수 있으므로 수위계측의 정확성과 신뢰도를 높여 물 관리에 지장을 주지 않아야 한다.

일반적으로 적용되고 있는 수위 측정방식에는 플로트의 부력에 의한 부자식, 대기압이나 공기압을 이용하는 압력식, 전기적인 성질을 이용하는 전

자식, 음파 및 초음파를 이용하는 초음파식, 방사선을 이용하는 방사선식, 마이크로웨이브를 이용하는 마이크로웨이브식 및 레이더를 매개체로 하는 레이더식 등이 있다.

특히 울산권에 설치된 수위계중 초음파 수위계가 대부분이며, 설치환경에 따라 장애가 발생하여 빈번한 펌프의 가동 정지로 인해 관로사고나 배수지의 범람으로 인근 지역의 침수가 발생될 우려가 있고, 나아가 수자원공사 전체가 물 관리에 대한 대 국민 신뢰를 잃어버릴 수 있으므로 새로운 형태의 수위 측정방식에 의한 안정적인 수위 취득방법이 요구된다.

본 연구에서는 새로운 수위 측정방식으로 거리 측정 및 신호전송에 사용되고 있는 적외선 근접 센서와 PSoC를 사용한 전용의 수위 측정 장치를 개발하고, 개발된 수위 측정 장치를 시뮬레이션 및 실험을 통하여 수위계의 타당성을 시험한다.



## Ⅱ. 수위 계측 시스템

### 2.1 정수 및 취·가압 시스템 운영형태

#### 2.1.1 계측제어 시스템 구성형태

울산의 시설물은 원동취수장과 온산정수장이 있으며 4개의 원격사업장인 양산1, 양산2, 온산 및 염포가압장이 있고, 또한 4개의 용수댐인 대곡, 사연, 대암 및 선암댐이 있으며 총 연장 220Km에 달하는 관로로 연결되어 있다. 모든 시설물에 대한 데이터는 계측제어 설비를 통하여 원격감시제어를 하고, 댐수위 및 수질, 관로상의 압력, 수용가의 사용물량 등을 감안하여 취수장, 가압장의 펌프 가동 대수를 조정하고, 관로상의 물량을 조절하기 위해 밸브를 제어하며 수위와 연동해서 펌프의 기동 정지 등의 기능을 하고 있다.

한편 울산권은 현재 기준으로, 우리나라 산업수도인 울산의 전체 생활 및 공업용수의 약 90%에 달하는 일 100만 톤의 용수를 공급하고 있다. 계통별로 용수공급 현황을 보면, 일 공급량 100만 톤 중 약 18만 톤은 대곡-사연댐을 취수원으로 하여 울산시 천상정수장에 생활용수로 공급되고 있으며, 낙동강을 취수원으로 원동 취수장에서 취수하여 대암댐을 통해 공급되는 약 28만 톤은 석유화학공단(24만 톤), 현대자동차(2만 톤), 염포가압장을 통해 현대중공업과 미포조선(2만 톤)에 공급되고 있다.

또한 원동 신취수장에서 취수되어 공급되는 약 54만 톤은 양산1, 양산2 가압장을 통해 양산시 웅상정수장에 생활용수로 공급되고(2만 톤), 울산시 회야정수장의 취수원인 회야댐에 갈수기 댐용수로 약 17만 톤이 공급되고

있으며, 용연공단에 6만톤, 온산가압장을 통해 온산정수장에서 1차 침전 처리되어 금년도 목표수질 0.8NTU 이하의 침전수로 약 19만 톤이 온산공단에 공급되고 있으며, 잔여물량은 선암댐을 통해 영남화력계통(5만 톤)과 삼성정밀화학계통(5만 톤) 공급되고 있다.

울산권 관리단의 수처리와 관련된 계측제어 시스템에 대한 시스템 구성도는 그림 2.1과 같다.

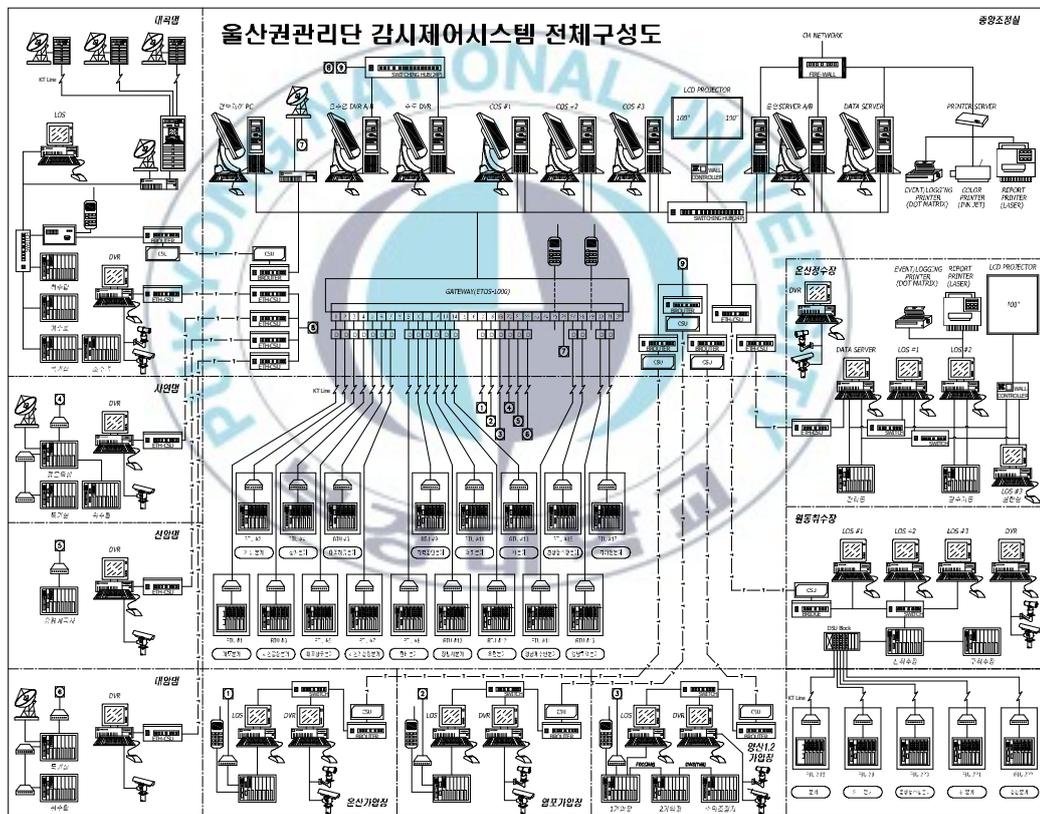


그림 2.1 계측제어 시스템 구성도

## 2.1.2 수위계측을 통한 설비의 운전 방식

### 1) 댐 수위계

댐의 저수량은 댐 수위계에 의해 확인된다. 수위계는 댐의 취수탑에 설치되어 있으며, 데이터 통신은 신뢰도를 향상시키기 위해서 보통 자체 전용망을 사용한다. 용도는 시민들에게 물을 얼마만큼 언제까지 공급할 수 있는지와, 홍수 시 방류를 언제 할 것이며, 집중강우 시 수위가 어느 정도 상승할 것인가, 댐 하류에 행락객이나 주민들에게 수문방류 전이나 방류 시 경보를 언제 할 것인지 등에 사용된다.

평상시 주 망은 위성으로 사용되고, 주 망의 장애 시 보조 망으로 유선을 사용하며, 구성도는 그림 2.2와 같다

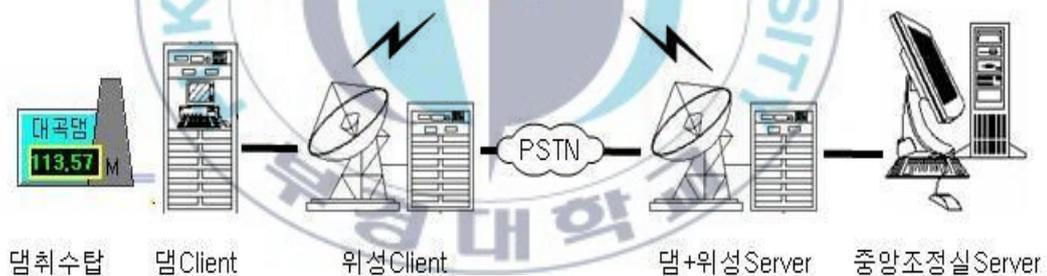


그림 2.2 댐 수위 전송시스템

### 2) 취수장, 가압장 수위계

취수장의 수위계는 물이 취수구를 통해 모이는 흡수정에 설치되며, 가압장도 펌프전단의 물이 저장되는 흡수정에 설치된다. 용도는 펌프를 몇 대

가동해도 되는지, 가동시간을 몇 시간 동안 해도 되는지, 시퀀스 또는 자동 로직에 의해 적정수위에서 펌프를 자동으로 정지/가동 되도록 하는 구성, 경보수위를 설정해 근무자들에게 사전 알림기능 등으로 사용된다.

평상시 주 망은 전용망인 유선으로 사용되나, 주 망의 장애 시 보조망인 CDMA(Code Division Multiple Access)로 통신하며, 구성도는 그림 2.3과 같다.

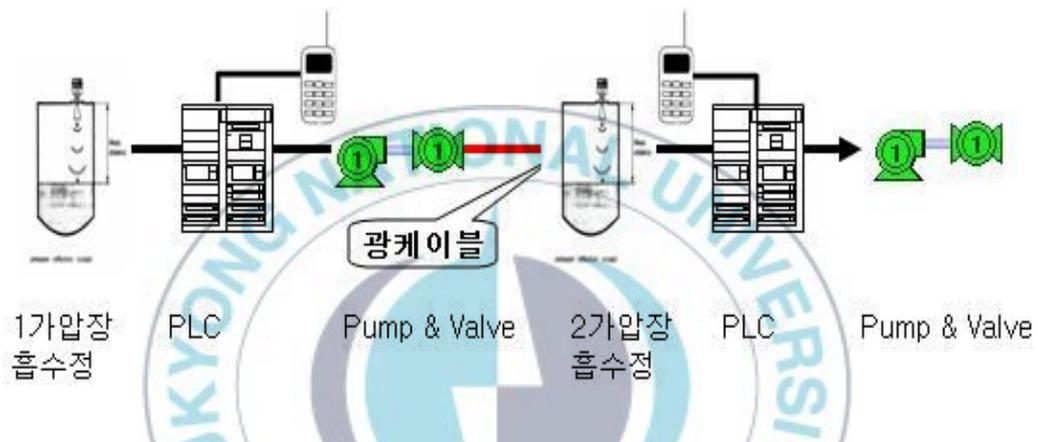


그림 2.3 취,가압장 수위전송 시스템

### 3) 정수장 수위계

정수장 수위계는 물이 최초로 도달되는 착수정, 플록이 침전되는 침전지, 침전되지 않은 플록을 여과시키는 여과지, 정수장의 최종 생산물을 저장하는 정수지에 설치되며, 용도는 음용수를 수용가에서 받는 물량을 정수지에서 얼마나 유지할 수 있는지 여부와 약품량 및 펌핑을 언제 어떻게 해야 되는지, 물 생산시간 및 여과지의 여과능력 및 역세시점 파악 등에 사용된다.

#### 4) 관로상의 수위계

관로상의 수위계는 계통별로 분류되는 대형 터널내의 잔류물량, 자연적으로 유입되는 물량의 파악, 관로상의 누수나 관로사고 유무, 조절지등의 수위파악, 단수 작업 시 통수를 위한 유용한 자료로 사용된다.

## 2.2 수위계의 설치현황

### 2.2.1 정수 및 취·가압시설의 수위계 현황

정수장 및 취수장, 가압장에 설치된 수위계의 현황은 표 1에 나타낸다.

표 1. 정수, 취·가압장 수위계 설치현황

설치장소	위치	형식	설치일자
원동(신)취수장	흡수정(취수) 4곳	초음파식	2006.10.13
온산정수장	약품투입동 2곳	초음파식	2001.12.30
온산정수장	착수 및 혼화지 4곳	초음파식	
온산정수장	옥외약품조 2곳	초음파식	2006.10.13
온산정수장	응집 및 침전지 6곳	초음파식	2001.12.30
온산정수장	배슬러지지(조정조) 2곳	초음파식	2006.10.13
온산정수장	배출수지(회수조) 2곳	초음파식	2001.12.30
온산정수장	슬러지 저류조 2곳	초음파식	2001.12.30
온산정수장	역세척수조	초음파식	2001.12.30
온산정수장	배수지 4곳	초음파식	2001.12.30
양산1가압장	흡수정(가압) 4곳	초음파식	2002.11.05
송배수_분기	송수관로	Weight Balanced Float	2002.11.15

## 2.2.2 댐 수위계 현황

표 2는 댐에 설치된 수위계의 현황을 나타낸다.

표 2. 댐 수위계 설치현황

설치장소	위치	형식	설치일자
사연댐	취수탑(댐취수)	Weight Balanced Float	1998.11.23
대암댐	취수탑(댐취수)	Weight Balanced Float	1998.11.23
선암댐	취수탑(댐취수)	Weight Balanced Float	1998.11.23
대곡댐	취수탑(댐취수)	Weight Balanced Float	
대곡댐	옥외부수시설 (기타)	Weight Balanced Float	2005.7

## 2.2.3 기존 운영되는 수위계 특성 및 문제점

1) 플로트식 수위계를 사용하는 취수장은 항상 근무자가 있고, 건물 내부에 설치되어 있으며, 수위를 이용하여 연계된 설비가 없어, 특별한 장애가 없으며, 주변에 산이 있고, 접지 및 낙뢰보호설비가 있어 외부 썬지에 강함.

2) 초음파식 수위계를 사용하는 무인 가압장은 외부에 항상 노출되어 있으므로 날씨에 영향을 많이 받는다. 특히 겨울철에는 물안개의 영향으로

장애가 잦고, 물표면의 출렁거림 현상으로 인해 수위변화가 민감하게 나타나고 있으며, 측정된 결과는 그림 2.4와 2.5와 같다.

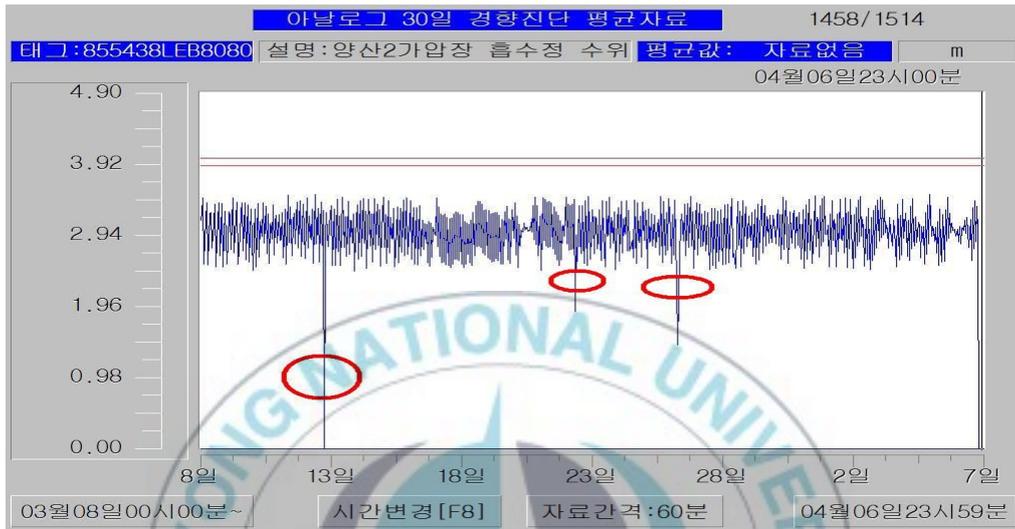


그림 2.4 양산 1 가압장 수위변화 현상

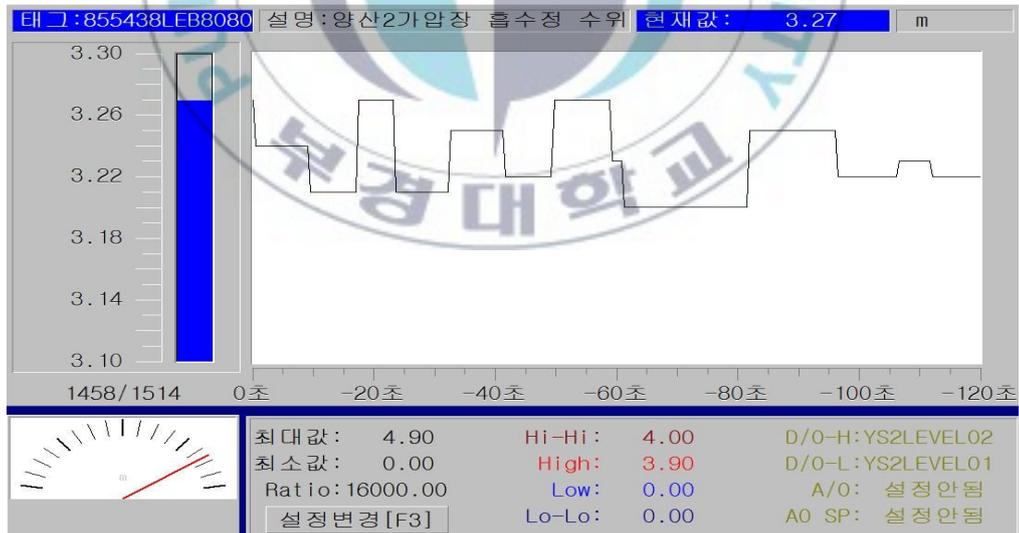


그림 2.5 양산 2 가압장 수위변화 현상

그림으로부터 아주 짧은 시간동안에 수위에 급작스런 변화가 발생하는 것을 알 수 있으며, 이것은 실제적인 수위변화가 아닌 기기의 오동작에 기인하는 것으로 생각된다. 수위데이터의 불규칙한 동작은 갑작스런 펌프의 기동과 정지를 발생하므로 관로나 다른 설비사고로 이어질 수 있다.

- 3) 정수장 수위계는 대부분 초음파식을 사용하고 있다. 정수장의 수위는 변화가 일정하며, 정수이므로 부유물이 없고, 통상 건물 안에 설치되어 있어 안정적으로 운영되고 있음.
- 4) BCD 타입의 플로트식을 사용하는 댐 수위계는 높은 위치에 설치되어 있고, 측정 범위가 대단히 넓으며, 기계식 형태로 되어 있어 정확도가 높다. 범용으로 사용하지 않으므로 고가이며, 설치가 어려울 뿐만 아니라 장애 시 보수가 쉽지 않다. 또한 단위별(1단위, 10단위, 100단위) 8421코드로 구성되어 있어 단위별 최소 4 port가 필요하기 때문에 만약 수백m의 깊이를 측정한다면  $4 \times 3 = 12\text{port}$ 가 소요되므로, 수위데이터를 전송 처리 할 경우 4~20mA의 신호를 사용하는 다른 수위계보다 인터페이스용 카드수량이 많이 소요되며, 비용 또한 증가한다.

## 2.3 수위계 특성연구

### 2.3.1 수위계 종류별 특징

수위계는 운영방식과 측정방식으로 분류할 수 있으며, 운영방식 측면에서는 연중 수위를 계속 관측하는 자기식과 수위표가 있고, 홍수 등 특정 시기에 수위를 관측하는 보조 수위계가 있다. 보통 수위표 방식의 수위계는 기둥을 세우고 여기에 눈금판을 부착하여 고정하거나, 교량의 교각 또는 교대 등에 눈금판을 색인하며, 눈금판의 눈금단위는 1cm로 한다.

자기식은 견고한 기초위에 설치하거나 교량의 교각 등에 매달아 설치하며, 기기가 설치되어 있는 주요부는 최대 수위 발생 시에도 침수되지 않는 높이로 설치하고, 눈금단위는 1cm로 한다.

측정방식으로 분류하면 직접 눈금을 읽을 수 있는 직독식과 플로트의 부력에 의한 부자식, 대기압이나 공기압을 이용하는 압력식, 전기적인 성질을 이용하는 전자식, 음파 및 초음파를 이용하는 초음파식, 방사선을 이용하는 방사선식, 마이크로웨이브를 이용하는 마이크로웨이브식 및 레이더를 매개체로 하는 레이더식 등이 있다.

정수처리 공정에 가장 많이 사용되고 있는 수위계는 초음파식이나, 투입식도 많이 사용되고 있으며, 측정 깊이가 큰 경우의 댐은 플로트식이 많이 사용되고 있다.

### 2.3.2 각종 수위계 동작원리 및 계측방법

#### 1) 플로트식 수위계

가장 역사가 오래된 수위계로 수면에 플로트를 뜨게 해서 그 위치로부터 수위를 측정하는 간단한 원리로 가장 신뢰성이 있는 수위계로 간주되고 있고 가장 많이 사용되는 수위계이나 측정대상 유체가 점착성이 있거나 점도가 높고, 부식성이 높은 액체의 경우 오차가 발생할 우려가 높은 것이 단점

이다. 또한 온도 및 압력에 영향을 많이 받으나, 가격은 매우 저렴하여 여러 곳에 적용되고 있고, 실제 장치는 그림 2.6과 같다.



그림 2.6 플로트식 수위계

플로트식 수위계의 구성은 부자를 수면에 띄워 웨이트와 플로트를 연결하여 그 줄을 휠에 건다. 수면의 상승과 하강으로 부자가 상승 또는 하강함에 따라서 휠이 회전하여 수위가 기록된다. 주요 장치는 플로트, 와이어, 웨이트, 플로트를 걸 휠 축, 자기지시계로 구성된다. 일반적으로 디지털기록 또는 켈레미터를 위해 A/D변환기를 부착하여 사용한다.

## 2) 초음파식 수위계

초음파 수위계는 측정하고자 하는 물체에 직접 닿지 않고 측정할 수 있는 비접촉방식이며, 개수로 유량 측정에서도 부수적으로 사용되고 있고, 하수처리과정 뿐만 아니라 제철소, 석유화학, 식음료 산업에서도 다양하게 사

용하고 있으며, 구성도는 그림 2.7과 같다.

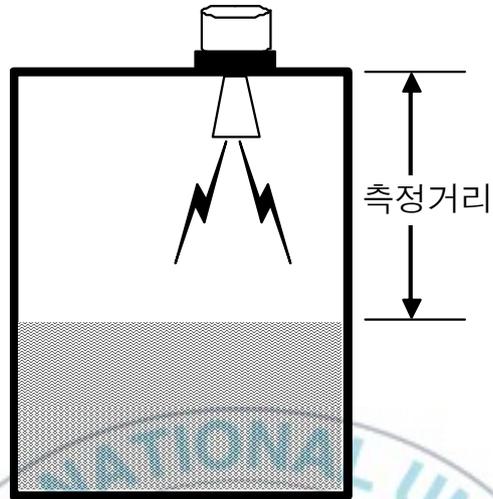


그림 2.7 초음파 수위계 설치모습

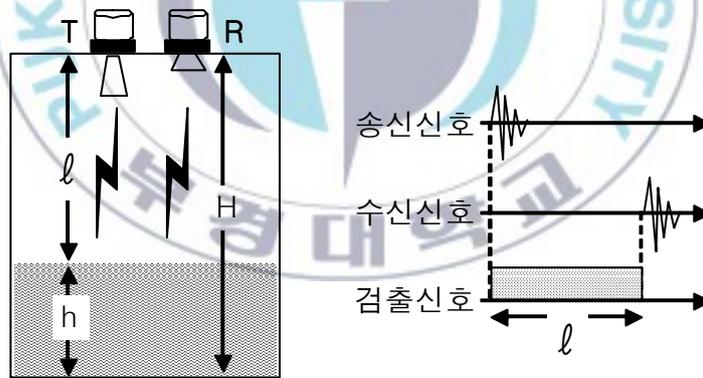


그림 2.8 초음파식 레벨센서

그림 2.8은 초음파식 수위계의 구성을 나타내고 있다. 기본원리는 탱크상부에 설치된 초음파 송신기로부터 초음파를 송출할 경우 초음파는 서로 다

른 매질의 경계에서 반사하게 되며, 이러한 반사파를 다시 수신기로 수신하여 그 시간차로부터 레벨을 검출하는 방식이다. 수위는 다음 식으로 구해진다.

$$h = H - l = H - \frac{C_g t}{2} \quad (2.1)$$

여기서,  $h$  : 유체의 높이,  $H$  : 탱크 최저점으로부터 초음파 센서까지의 높이,  $l$  : 센서에서 액면까지의 거리,  $C_g$  : 공기 중에서 초음파의 전파속도,  $t$  : 초음파의 송신과 수신사이의 전달시간이다.

초음파의 속도에 영향을 미치는 요인으로는 온도, 압력(약간), 습도(극히 미세한 정도)가 있는데, 이중 특히 음속은 온도에 크게 영향을 받으므로 초음파기에 내장되어 있는 온도센서를 이용하여 음속을 보정해야 한다.

초음파의 강도는 센서부터 측정된 물체까지 거리의 제곱에 비례한다. 그러나 이러한 신호의 세기는 측정하고자 하는 곳이 멀리 떨어질수록 또는 물질의 상태나 그 물질의 표면에 존재하는 거품 등으로 작아질 수가 있는데 원형모양의 센서가 이러한 영향을 최소한도로 줄여주는 역할을 한다. 물론 측정하고자 하는 주파수 또한 신호의 강도가 감소되는 것과 관계가 있다. 또한 농도가 짙은 거품은 초음파를 이용한 수위측정에 문제를 일으키는 일반적인 원인이 되기도 한다. 그리고 센서부분의 부식이나 동결 문제가 발생할 수 있는데, 부식의 경우에는 센서의 재질을 변경하여 방지할 수 있고, 동결의 경우 센서외부에 특수 고안된 난방장치(히터)를 이용하여 예방할 수가 있다.

일반적으로 설치하는 측정하고자 하는 수위의 최대 수준이 센서표면에서 15~50[Cm] 이상 거리를 유지해야 하고, 이러한 제한적 거리를 Dead Zone 또는 Blanking Distance라고 한다.

그리고 초음파 수위계는 측정 거리에 있는 여러 장애물이 될 만한 물체를 피하고 또한 초음파 각도를 염두에 두어 벽에서 어느 정도 거리를 이격해서 설치하여야 한다.

현장에 거품이 많거나 바람이 강하게 불 경우, 센서에 파이프를 취부하여 설치하면 이에 대한 영향을 줄일 수 있으며, 신호의 세기를 증가시키는 역할을 할 수도 있다. 또한 밑 부분이 45도 각도로 잘려진 원형의 통을 같이 사용한다면 초음파의 반사효과가 더 뛰어나다.

### 3) 레이더식

레이더식 수위계는 비접촉식 방식으로 연속적인 수위 측정을 위해 사용한다. 측정거리는 측정 대상물의 수위에 따라 길이로 환산하여 표시된다. 측정원리는 레이더 신호가 레이더 센서의 안테나에서 짧은 펄스의 형태로 발사되면, 레이더 임펄스는 주위의 물체 또는 계측대상에 부딪혀 레이더 에코로 안테나에 수신된다. 레이더 임펄스의 발사와 수신간의 시간차에 거리에 비례하므로 이를 이용하여 수위를 계측할 수 있다. 레이더식 수위계의 장점은 외부환경 영향 즉 온도, 압력, 대기상태, 공기 등에 거의 영향을 받지 않는다는 점이다.

### 3) 차압식

원리는 액 속의 어떤 점에서 정압이 그 점에서 수면까지의 거리, 밀도와 중력 가속도의 곱과 같으므로 밀도와 중력 가속도를 알고 있다면 압력에 의해서 액면까지의 거리, 즉 수위를 알 수 있다. 대상이 되는 탱크는 개방형, 밀폐형에 따라서 도압방법이 달라진다.

- 개방탱크

압력 전송기는 그림 2.9와 같이 탱크와 도압관에 접속한 후 액은 고압 쪽으로 유도하고 저압 쪽은 대기 쪽으로 개방한다.

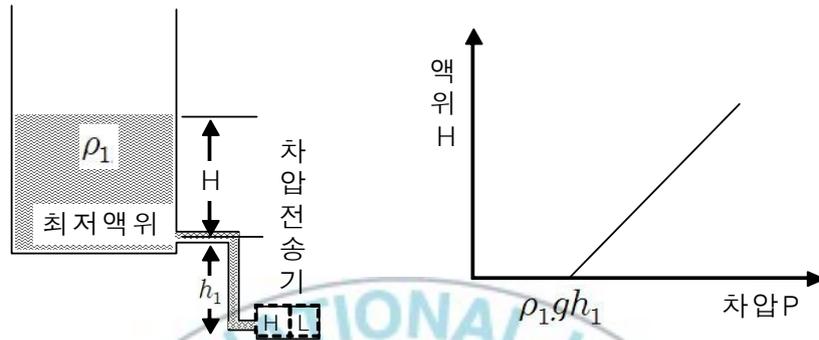


그림 2.9 개방 탱크의 수위 측정

압력(게이지압), 액의 밀도, 중력 가속도 및 액위 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$P = \rho_1 g (H + h_1) \quad (2.2)$$

여기서, P는 압력(Pa),  $\rho_1$ 은 액의 밀도(Kg/m<sup>3</sup>), g는 중력가속도(m/s<sup>2</sup>), H는 최저액위에서 액면까지의 거리(m),  $h_1$ 은 수압소자에서 최저 액위까지의 거리(m)이다.

전송기의 입·출력관계는 직선적이기 때문에 전송출력은 액위의 변화에 대해서 직선적으로 변한다.

• 밀폐탱크

밀폐탱크의 수위측정은 차압전송기를 사용한다. 그림 2.10과 같이 차압 전송기의 저압 쪽에는 탱크상부에 기체압력, 고압 쪽에는 액위쪽으로 하면 다음과 같은 공식이 유도된다.

고압 쪽 압력 :

$$P_H = \rho_1 g(H+h_1) + P_G \quad (P_G \text{는 상부 기체압력}) \quad (2.3)$$

저압 쪽 압력 :

$$P_L = P_G \quad (2.4)$$

차압 :

$$P_H - P_L = \rho_1 g(H+h_1) \quad (2.5)$$

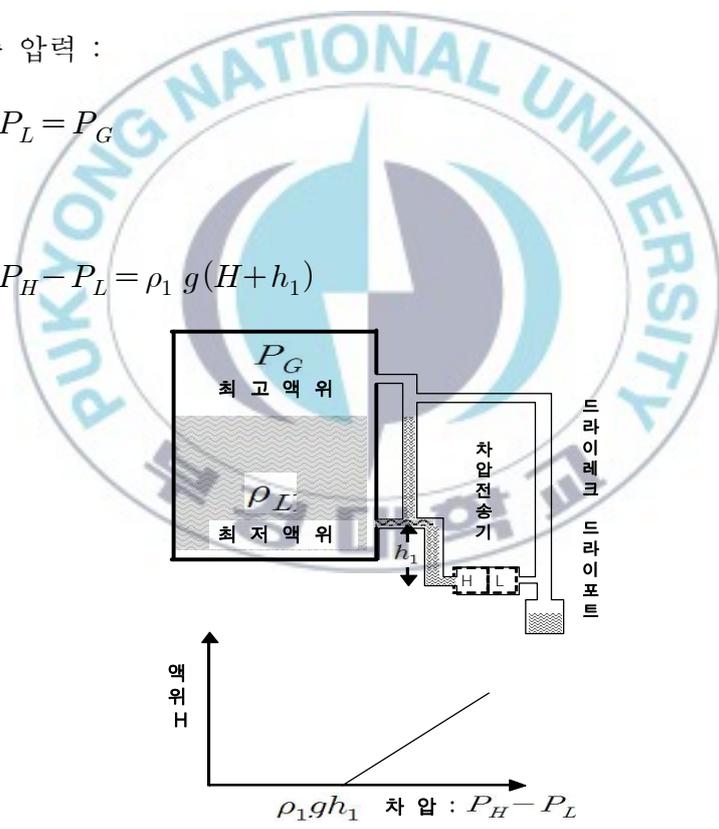


그림 2.10 드라이 레그 방식의 액위측정

탱크상부에서 저압 측으로 유도된 기체는 응결되어 도압배관 내로 고여 들게 되면 그 압력이 변화되고 그에 따라서 전송기의 출력은 변화된다. 이것을 피하기 위해서는 드레인 포트에 응결 액을 고이게 한다.

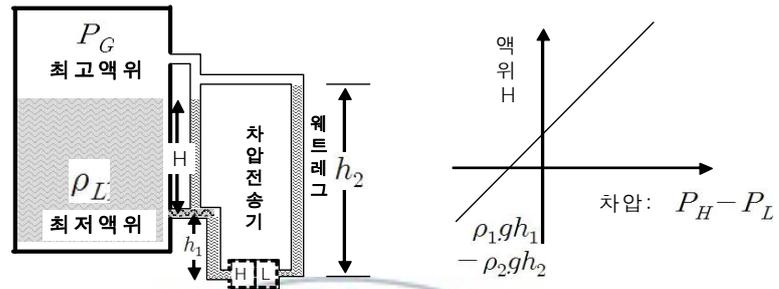


그림 2.11 웨트레그 방식의 액위 측정

다른 방법으로 그림 2.11와 같이 비중이 크기 때문에 증발이 되지 않는 액을 넣어 놓고 이 액을 통해 탱크내의 기체압력을 걸도록 한다. 이 방식을 웨트레그 방식(Wet Leg type)이라 부르며 이것에 비해 앞의 방식을 드라이 레그방식(Dry Leg type)이라 부른다.

웨트레그 방식에서의 압력은 다음과 같다.

고압 쪽 압력 :

$$P_H = \rho_1(H + h_1) + P_G \quad (2.6)$$

저압 쪽 압력 :

$$P_L = \rho_2gh_2 + P_G \quad (2.7)$$

차압 :

$$P_H - P_L = \rho_1 g (H + h_1) - \rho_2 g h_2 \quad (2.8)$$

여기서,  $\rho_2$ 는 웨트레그 내에서의 밀도(kg/m<sup>3</sup>),  $h_2$ 는 웨트레그내에서의 높이(m) 이다.

#### 4) 투입식

도전체 사이에 발생하는 정전기의 원리를 이용하여 동작하는 계기로서 측정전극과 어스전극 사이에는 측정물의 유전율에 따라 변화되는 정전용량 값을 감지하여 릴레이로 출력을 보내주어 레벨을 조절할 수 있도록 동작한다. 특징으로는 액체, 분체와 미분말에 적용가능하며, 다양한 측정 물에 따른 검출부 재질 선택이 가능하고, 부착물 정전기 물질 측정이 가능하다. 적용분야는 물, 기름, 화학물질, 페인트, 슬러지 탱크수위측정에 사용된다.

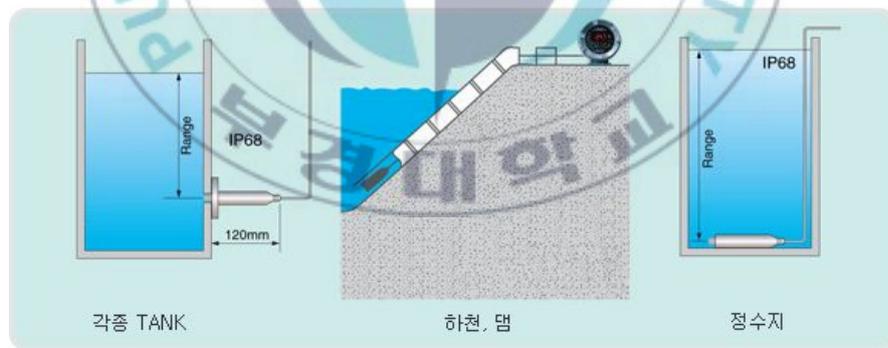


그림 2.12 투입식 수위계 설치모습

#### 4)방사선식 수위계

방사선식 수위계는 거의 모든 액체, 고체, 슬러리 등의 물질의 레벨 측정

용으로서 이용할 수 있는 반면, 다른 레벨계에 비해서 가격이 높다. 또 아이소토프를 내장하고 있으므로 취급에 신중함을 요한다. 그림 2.13의 (a)에 나타내는 바와 같이 상한 또는 하한을 측정하는 것과 (b)와 같이 연속 측정한 것의 측정원리는 같다.

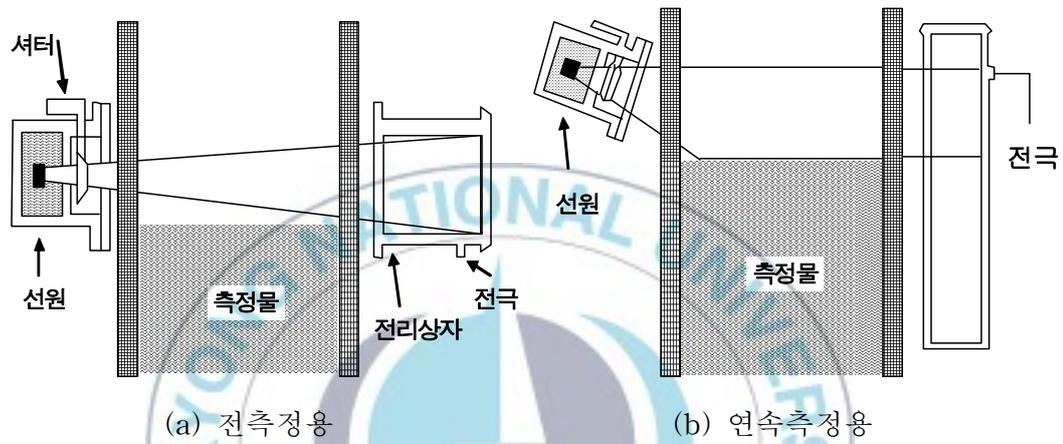


그림 2.13 방사선식 레벨계

선원에는  $\gamma$  선원이 사용되고, 피측정 물에 의한  $\gamma$  선의 흡수, 산란에 의한 방사선 강도의 변화를 검출부(전리상자)에서 관측하여 레벨로 변환하는 것이다. 측정 정밀도는  $\pm 1 \sim 2\%$  정도이며 온도, 압력, 부식 등의 영향을 받지 않고 레벨 측정이 가능하다.

##### 5) 정전용량식 수위계

정전 용량식 수위계는 측정대상 물질의 유전율을 이용하여 레벨 변화를 정전용량의 변화로서 측정하는 것이다. 그림 2.14와 같이 프로브와 탱크

벽에 의해서 전극이 형성된다.

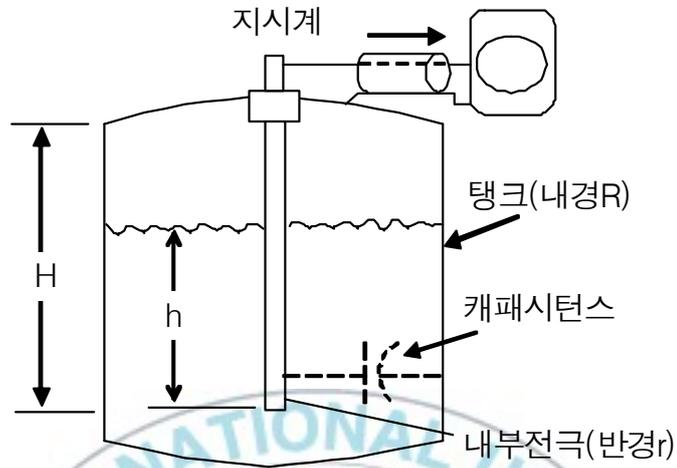


그림 2.14 정전용량식 레벨계

내부 전극의 반경을  $r$ , 탱크의 내경을  $R$ , 탱크의 높이를  $H$ ,로 하여 전극간의 전길이(= $H$ )에 걸쳐서 유전율  $\epsilon_1$ 의 물질을 넣었다고 하면 양 전극간의 정전용량  $C_1$ 은 다음과 같이 된다.

$$C_1 = K \frac{\epsilon_1 H}{\log_{10} \frac{R}{r}} \quad (2.9)$$

여기서,  $K$  : 계수이다.

탱크 내에  $h$  만큼 유전율  $\epsilon_2$ 의 물질을 넣으면 양 전극간의 정전용량  $C_2$ 는  $\Delta C$ 만큼 증가한다.

$$C_2 = C_1 + \Delta C, \quad \Delta C = K \frac{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)h}{\log_{10} \frac{R}{r}} \quad (2.10)$$

여기서,  $\Delta C$ 를 측정함으로써 레벨  $h$ 가 얻어진다.

### 6) 광학식 수위계

불투명한 유체에 대하여 그림과 같은 광학식 레벨센서의 구성을 하면 그림 2.15의 (a)와 (b)의 구성은 모두 이산형 레벨센서로서 동일하게 어떤 임계 높이 이상이 되었을 때 출력의 변화를 나타낸다.

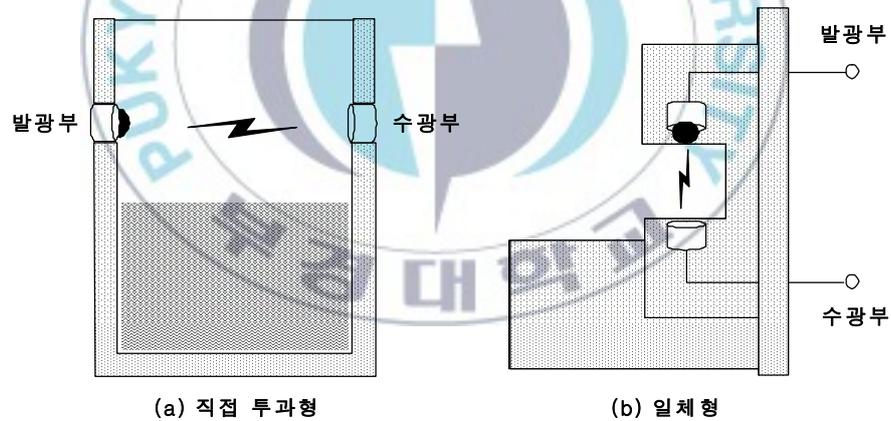


그림 2.15 광학식 레벨센서

여기서 그림 (a)와 같은 구성은 광로가 넓으며, 주변 광량에 민감하게 반응할 수 있으므로, 실제에 있어 그림(b)와 같은 일체형을 사용하는 것이 더욱 바람직하다. 그림(b)의 일체형은 발광부와 수광부가 매우 밀접하게 부

착되어 있으며, 외부 광량에 대한 영향을 거의 받지 않는다.

### 7) 적외선 수위계

적외선 수위계는 Sharp사의 GP2Y0A02YK를 이용한다. 측정거리는 30~150[cm]이다. 적외선 센서의 특성은 그림 2.16과 같다. 적외선 수위계는 측정거리가 짧고, 특성이 비선형적이지만 신뢰성이 높고 제작하기가 쉬운 장점이 있다.

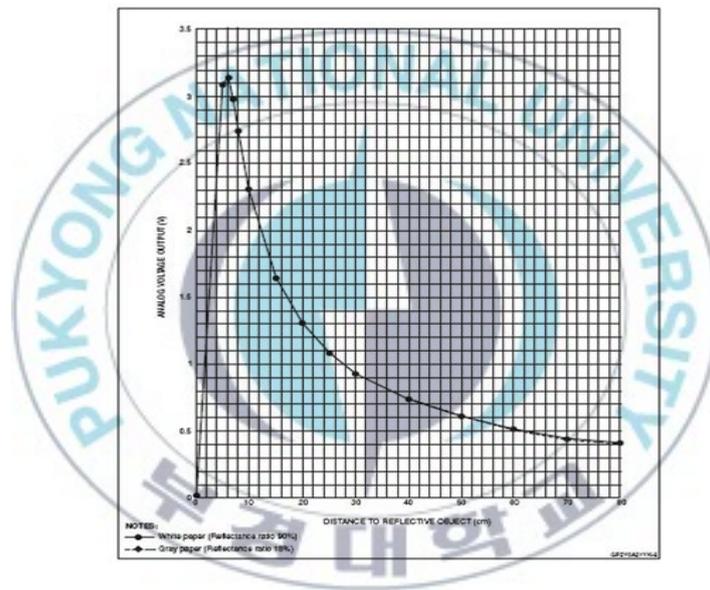


그림 2.16 적외선 센서의 특성

그림 2.17은 적외선 센서를 사용한 수위계의 블록선도이다.

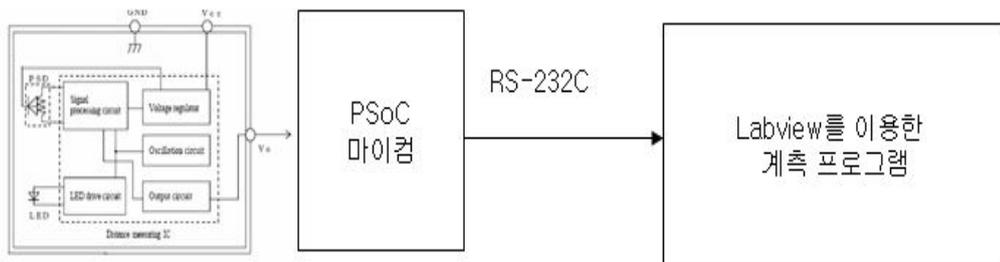


그림 2.17 적외선 거리센서를 이용한 수위계의 블록선도

### 2.3.4 수위취득 개선 방식검토

기존에 사용되고 있는 수위취득 방식은 그림 2.18와 같다.

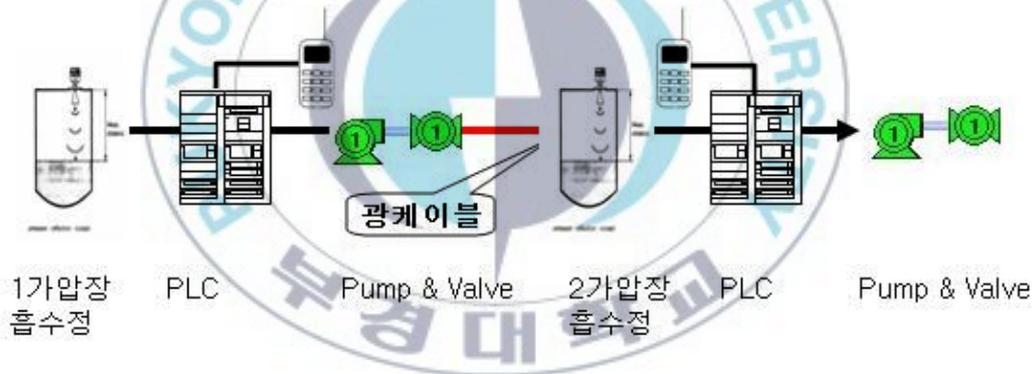


그림 2.18 기존의 수위 취득방식

위의 취득방식에서 수위계는 초음파 수위계를 사용하고, 데이터의 신뢰도와 정확성도 있으나, 결정적으로 온도 및 안개등의 영향을 많이 받아 데이터가 헛팅을 하는 현상 때문에 펌프의 연계동작에 많은 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 초음파 수위계 대신에 그림 2.19와 같이 적외선 센서와

Wireless USB RF 모듈을 이용하여 구성한다.

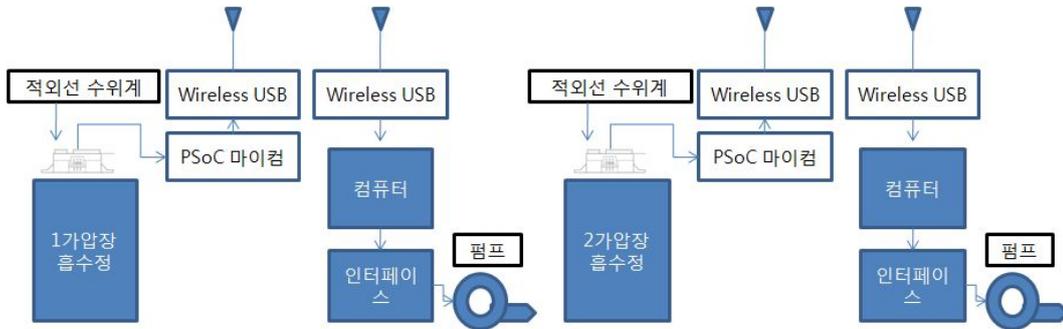


그림 2.19 적외선 센서를 사용한 수위 취득방식

## 2.4 수위전송 시스템

### 2.4.1 현재 수위취득과 펌프동작과의 연계관계

양산1가압장과 2가압장간의 펌프동작은 2(가)의 흡수정 수위에 의해 동작하는 조건으로 되어있으며, 수위가 2.5[m]에서 1(가)의 펌프가 기동되고, 3.9[m]에서 펌프가 정지된다. PLC(Programmable Logic Controller)의 래더 프로그램과 플로우차트를 각각 그림 2.20 및 그림 2.21에 나타낸다.

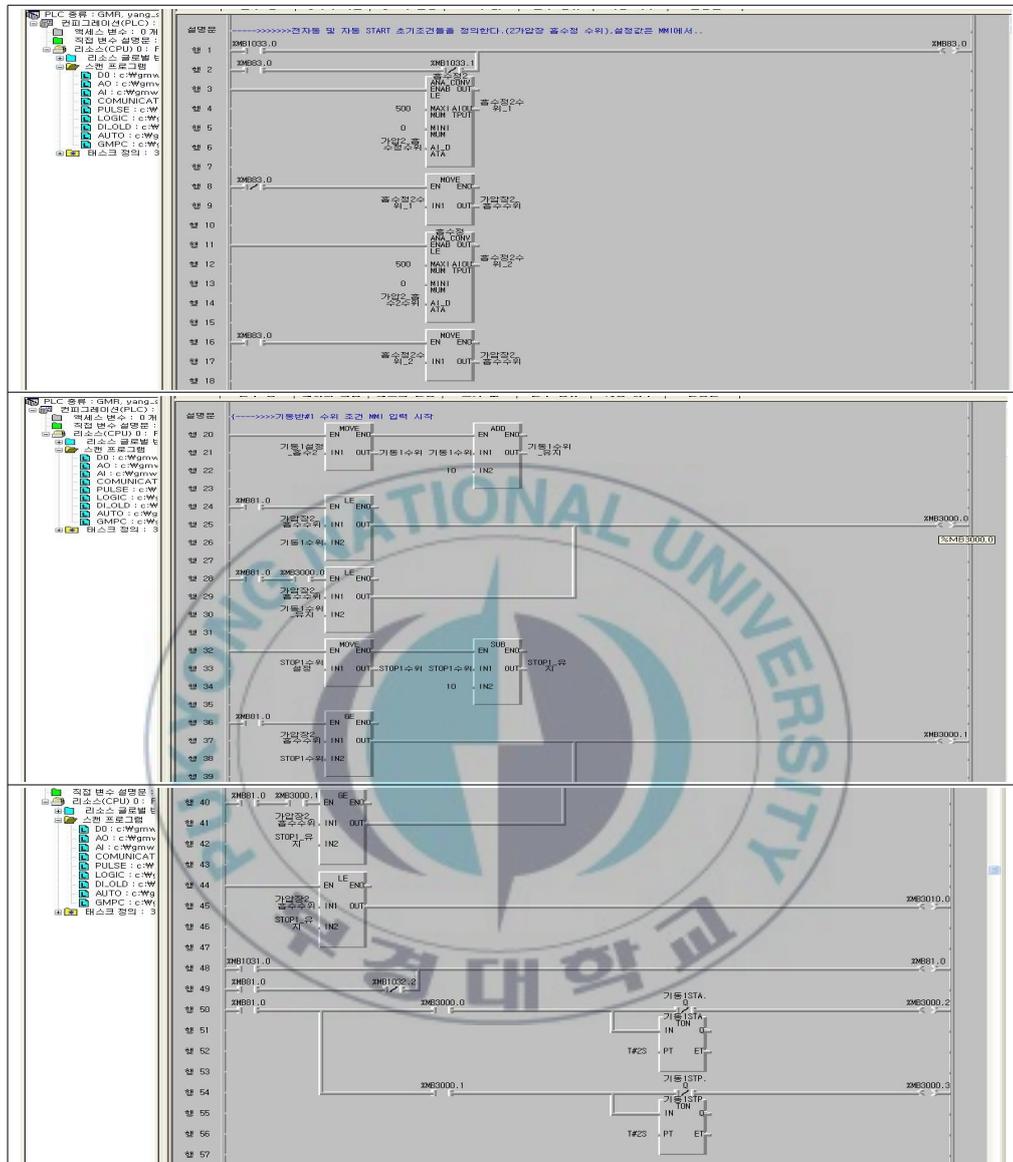


그림 2.20 PLC Ladder Program

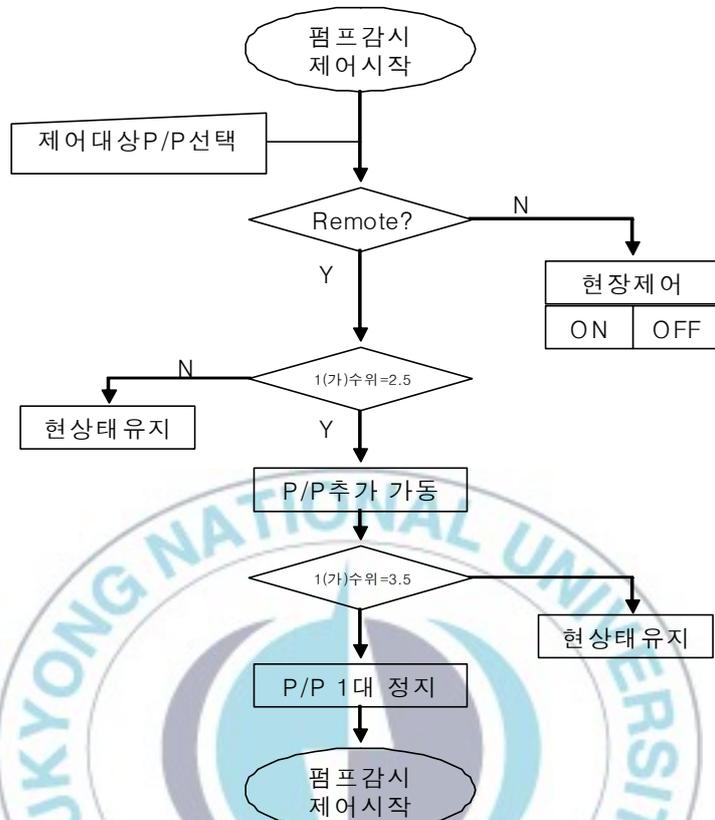


그림 2.21 수위와 펌프의 연동 플로차트

## 2.4.2 무인사업장 수위계측 문제점 해소방법 연구

서두에 언급한 것처럼 무인사업장의 수위계는 대부분 초음파 수위계를 사용하고 있으며, 초음파 레벨계의 가장 큰 문제점은 우천 시, 습기가 많은 곳, 내부와 외부의 온도차에 의한 결로, 진동 등의 영향을 받아 초음파의 감쇄 및 굴절, 이로 인한 계측장애가 발생할 수 있다

특히 문제가 되는 것이 결로현상이며, 이는 센서 방사면에 수막을 형성시

켜 초음파를 감쇄시키고 부정확한 계측, 헛탕을 유발한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 센서에 우수 방지용 갓을 씌우거나, 센서를 비스듬히 설치하는 경우가 있으나 이러한 경우도 여름철 센서 주변 온도를 높여 오동작을 일으키고 측정 물에서의 난반사 및 굴절을 일으키기도 한다.

따라서 본 연구에서 적외선 거리센서를 이용하여 데이터의 신뢰도를 높여 수처리 설비 운영에 안정성을 확보하고자 한다.



### Ⅲ. 실험 및 고찰

본 실험에서는 적외선 거리센서, 적외선 거리센서의 출력을 이용하여 거리를 산출하는 프로세서, 산출된 거리를 Wireless를 통하여 전송시키는 모듈 및 컴퓨터에 전송된 데이터를 받아서 데이터를 처리하고 이것을 이용하여 수위 조절용 펌프를 구동시키는 소프트웨어로 되어 있다.

#### 3.1 적외선 센서의 특성

그림 3.1은 본 연구에 사용된 GP2Y0A21YK의 적외선 거리센서이다.



그림 3.1 적외선 거리 센서

적외선 거리센서의 내부 구성도는 그림 3.2에 나타내었다. 그림 3.2의 LED 구동회로에서 방사되는 적외선은 대상물체에서 반사되어 PSD센서에 인가된다. 이 반사되는 빛의 양을 이용하여 거리에 따라 전압이 달라진다.

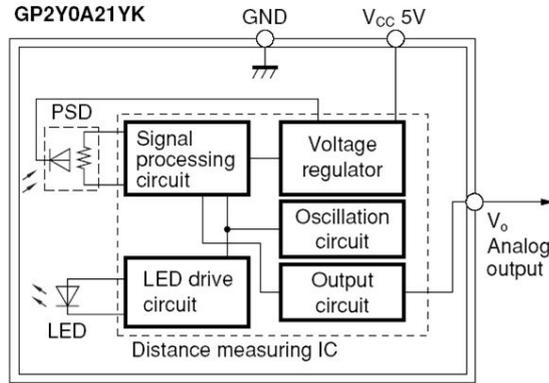


그림 3.2 적외선 거리 센서의 내부 구조

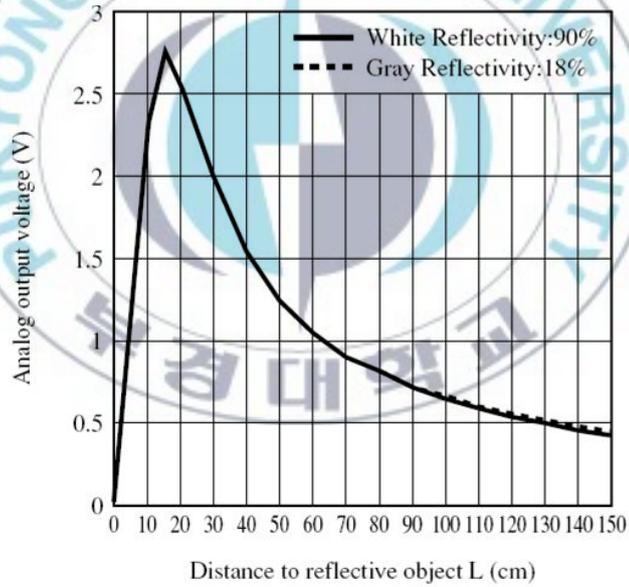


그림 3.3 적외선 거리 센서특성

그림 3.3은 거리에 대한 적외선 센서의 특성을 나타낸 것이다. 그림 3.3의 특성표로부터 알 수 있듯이 20~40[cm] 범위에서는 거의 선형성이 있

으나 40[cm]이상은 선형성이 없다. 그러므로 센서 측정기의 구성을 간략화하고, 전체 범위에 걸쳐 활용하기 위해서는 특성에 맞도록 전압에 대한 거리의 수식화가 요구된다. 본 연구에서는 이것을 Origin 프로그램을 이용하여 거리에 대한 출력전압을 수식화 시켜서 PSoC 마이크로 컨트롤러로 프로그래밍 하였다.

입력된 거리에 대한 전압을 14비트 A/D변환기로 변환하고 이를 거리로 환산하였다. 따라서 얻어진 수식에 의한 결과에서 시뮬레이션 상의 미소한 오차는 있었지만 수위의 위치는 근접하게 측정되었다.

### 3.2 적외선 센서를 이용한 거리 측정시스템의 구성

1가압장 흡수정의 수위는 적외선 수위계의 출력은 PSoC 마이콤을 통해서 A/D 변환 및 수식화를 통해 검출되고, 이 데이터는 Wireless USB의 송신기에 의해 송신된다. 원격지에 있는 Wireless USB 수신기는 데이터를 전송받아 컴퓨터에서 처리한 후 인터페이스 장치를 통해서 펌프가 제어되며, 시스템 구성도는 그림 3.4와 같다. Wireless USB의 사용주파수는 24[MHz]이며 전송속도는 15,200[bps]이다. 이 데이터는 5초에 1회씩 전송을 받아서 컴퓨터에 의하여 처리한다. 본 연구에 사용된 Wireless USB는 Cypress사에서 모듈로 제작된 것을 사용하였다.

그림 3.5는 위 시스템을 PSoC를 이용해서 실제로 회로를 구성한 것이다.

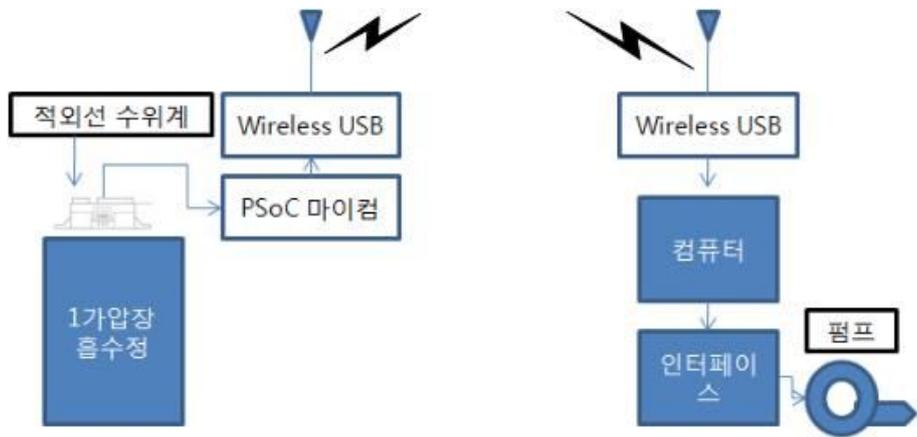


그림 3.4 적외선 센서를 이용한 거리측정 시스템의 구성도

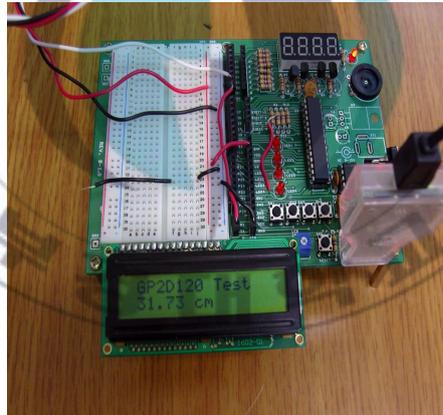


그림 3.5 센서가 취부 되어 있는 주 회로부인 PsoC 마이컴

그림 3.5에서 측정된 거리는 PSoC CY8C29466의 입력에 인가되며, 환산된 거리는 LCD 디스플레이에 표시가 되도록 설계하였다.

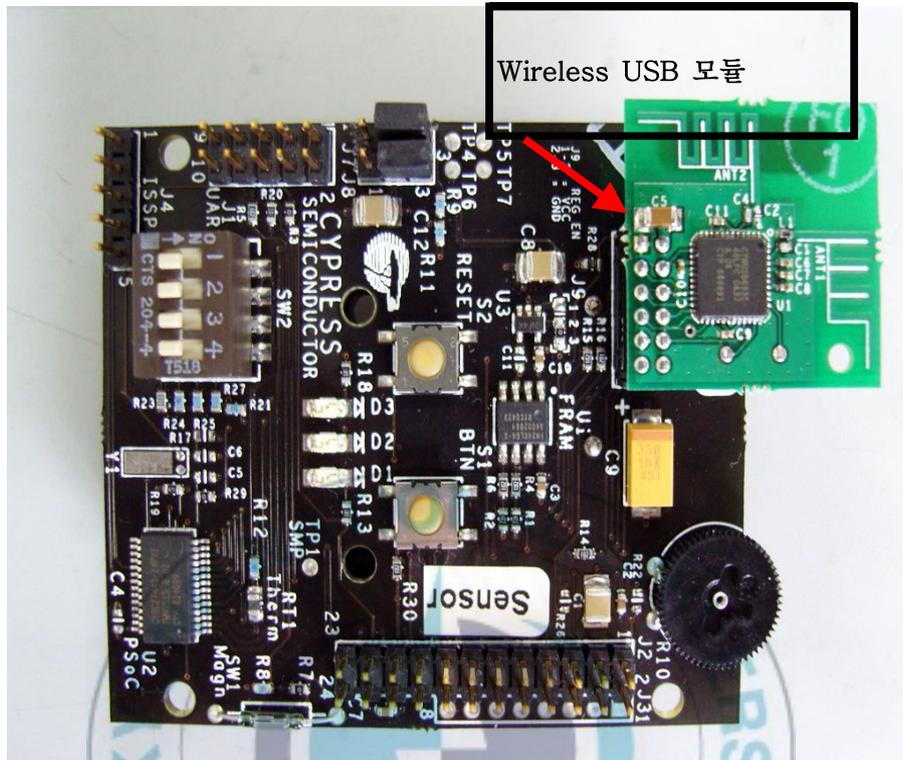


그림 3.6 Wireless USB 송신부

그림 3.6은 Wireless USB 송신부를 나타낸 것이며, 우측상단에 있는 것이 송신부이다. 그림 3.7 은 Wireless USB 수신부 및 원격지 컴퓨터 입력부이다. 이 입력 부분은 컴퓨터의 USB 포트에 연결되는 부분, RF 모듈 및 RS232C 모듈 부분으로 되어 있다.

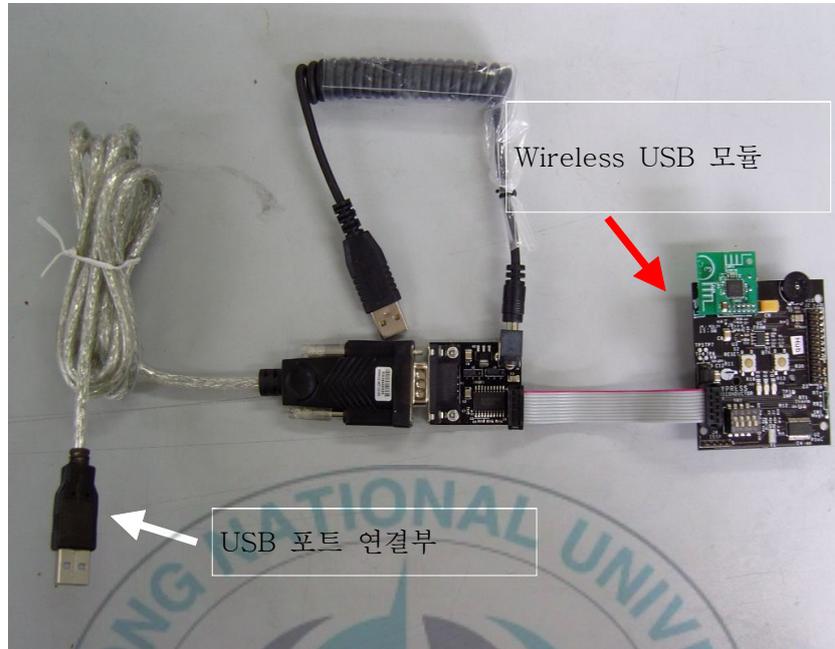


그림 3.7 Wireless USB 수신부 및 원격지 컴퓨터 입력부

### 3.3 시스템에 대한 실험 및 결과

#### 3.3.1 원통을 이용한 수위측정 실험

안정적인 수위측득 방식인 기계식 플로트 수위계의 형태를 취하기 위해서 그림 3.8과 같이 굵기 100mm 길이 160cm 의 PVC원통형 파이프에 물을 넣은 수위계 모형을 사용하였다. 외부에서 현재의 수위를 알 수 있도록 수위계 옆에 투명관을 설치했으며, 물 표면의 플로트는 스티로폼을 사용하고, 윗면에는 아크릴 판을 반사판으로 사용하였다. 반사판은 색의 영향을

고려하기 위하여 적색과 백색 2가지 경우를 고려하였다. 적외선 센서는 원통의 맨 위에 설치했으며, 센서의 기울어짐을 방지하기 위해 수평자를 이용하여 고정하였다.



원통의 전체모습

수위를 알 수 있는 투명관

그림 3.8 적외선 수위계 모형

가) 수위 측정 실험

표 3. 적색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과(원통)

Distance (cm)	Output (R)	측정수위
20	2.18	20
30	1.75	30.01-30.05
40	1.45	40.29-41.17
50	1.37	42.25-43.37
60	1.42	
70		

표 4. 흰색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과(원통)

Distance (cm)	Output (W)	측정수위
20	2.534	20
30(31)	1.936	28.6
40	1.506	38.7
50	1.471	40.14
60	1.42	
70		

나) 수위 실험 결과

100[mm] 원통 내부에 설치한 수위계는 40[cm] 까지는 측정이 가능하나 그 이후에는 반사판의 색깔에 관계없이 측정이 불가능한 것으로 나타나 원통에서 측정이 가능하게 하려면 원통의 크기를 넓혀야 가능할 것으로 판단되며, 적은 원통형으로 사용가능한 곳은 수위가 낮은 배출수 처리시설의 방류수에 사용되는 개수로 등에는 적용이 가능할 것으로 판단된다.

**3.3.2 물 표면에 반사판을 설치한 후 거리센서 측정실험**

가) 측정방법

수면의 반사판 면적을 증가시키기 위해 원통을 제거하고 직접 수면의 플로트(스치로폴 사용)에 흰색, 적색, 흑색의 반사판을 부착하여 수위를 측정하였다. 위치별 수위를 센서의 측정 가능 범위인 20[cm]부터 150[cm]까지 10[cm] 씩 변화하여 센서의 출력을 측정하였고, 실험방법은 아래 그림

3.9와 같이 하였다.

	
<p>물위의 흰색 반사판</p>	<p>물위의 적색 반사판</p>
	
<p>물위의 흑색 반사판</p>	<p>반사판 상부의 측정센서 모습</p>
	
<p>측정시스템</p>	

그림 3.9 물위의 반사판을 이용해 측정한 방법

나) 측정결과

실험할 때 플로트 위치를 10[cm]씩 갑작스럽게 변경했을 때 수위 데이터가 안정화되는데 소요되는 시간은 약 60초가 소요되었다.

표 5 흰색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과

Distance(cm)	Output(W)	전압변동폭	cm환산	오차백분율
20	2.603		20.22	1.09
30	2.01		29.50	-1.66
40	1.532		40.19	0.49
50	1.231		50.10	0.21
60	1.018		60.24	0.40
70	0.868		70.20	0.29
80	0.759		79.78	-0.28
90	0.675		89.09	-1.02
100	0.593		100.36	0.36
110	0.536		109.84	-0.15
120	0.479	0.494-0.477	121.00	0.83
130	0.44		129.80	-0.16
140	0.401	0.401-0.409	139.70	-0.21
150	0.365		149.97	-0.02
평균 오차율				0.01

표 6 적색 반사관을 이용했을 때 수위측정 결과

Distance(cm)	Output(W)	전압변동폭	cm환산	오차백분율
20	2.595	2.591-2.605	20.32	1.62
30	2.015	2.012-2.030	29.41	-1.96
40	1.543	1.533-1.552	39.89	-0.26
50	1.23		50.14	0.29
60	1.018	1.017-1.029	60.24	0.40
70	0.886		68.84	-1.66
80	0.77		78.70	-1.63
90	0.673		89.33	-0.74
100	0.593	0.593-0.607	100.36	0.36
110	0.535		110.02	0.02
120	0.496	0.482-0.497	117.47	-2.11
130	0.44	0.44-0.457	129.80	-0.16
140	0.402	0.401-0.421	139.43	-0.41
150	0.381	0.371-0.385	145.26	-3.16
평균 오차율				-0.67

표 7 흑색 반사판을 이용했을 때 수위측정 결과

Distance(cm)	Output(W)	전압변동폭	cm환산	오차백분율
20	2.606		20.18	0.89
30	2.032		29.10	-3.01
40	1.545	1.541-1.553	39.84	-0.40
50	1.232	1.232-1.247	50.06	0.13
60	1.006	0.998-1.018	60.93	1.55
70	0.831	0.826-0.837	73.19	4.55
80	0.676	0.664-0.689	88.96	11.20
90	0.508	0.498-0.540	115.09	27.87
100	0.364	0.351-0.399	150.27	50.27
110	0.268	0.261-0.286	184.30	67.55
120	0.2	0.185-0.225	215.79	79.83
130	0.133	0.133-0.195	254.78	95.99
140	0.093	0.093-0.166	282.75	101.96
150	0.06	0.060-0.108	308.96	105.97
평균 오차율				38.88

이렇게 측정한 결과를 Origin 프로그램을 이용하여 아래 그림 3.10과 같이 출력 특성을 그래프로 표현하였다.

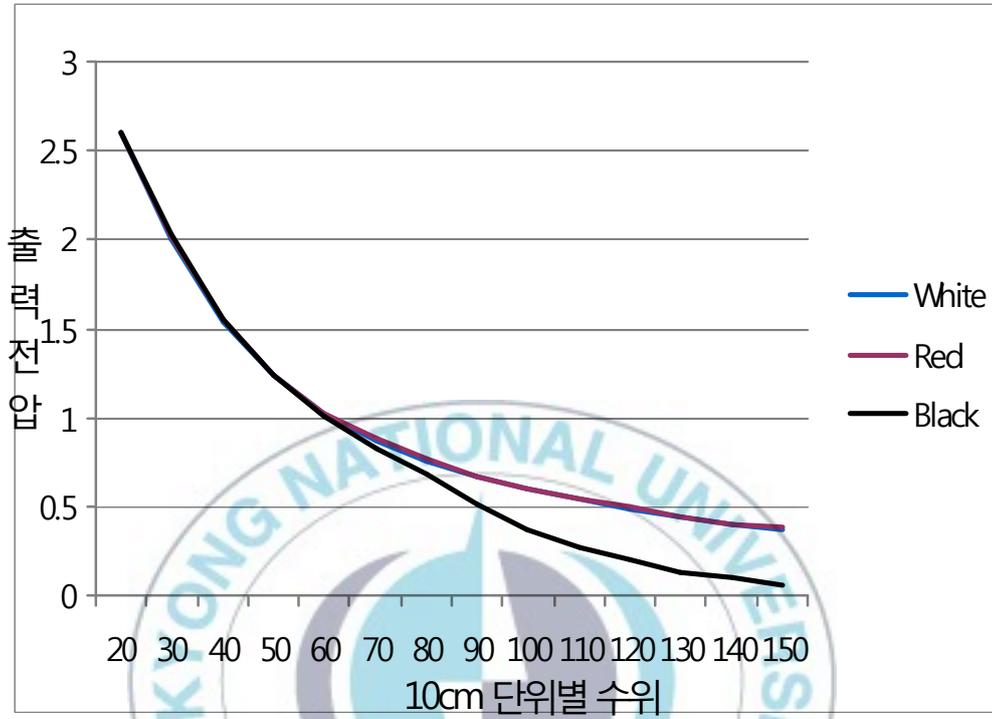


그림 3.10 색깔별 수위측정 결과

위의 측정결과를 이용하여 Origin 프로그램에서 제공하는 지수감소함수 형식으로 작성한 결과는 아래와 같다.

—	B
—	ExpDec3 fit of Data1_B

Data: Data1\_B  
 Model: ExpDec3  
 Equation:  $y = A1 \cdot \exp(-x/t1) + A2 \cdot \exp(-x/t2) + A3 \cdot \exp(-x/t3) + y0$   
 Weighting:  
 y No weighting

Chi<sup>2</sup>/DoF = 0.37283  
 R<sup>2</sup> = 0.99989

y0	-10.90134	±296.91859
A1	91.19993	±232.96218
t1	2.40673	±25.94716
A2	185.59194	±4305.46373
t2	0.24236	±1.49148
A3	99.34519	±3891.75885
t3	0.41635	±7.42014

그림 3.11은 흰색 반사판을 설치한 적외선 수위계에 대한 출력과 실제 수위와를 비교한 그래프이다.

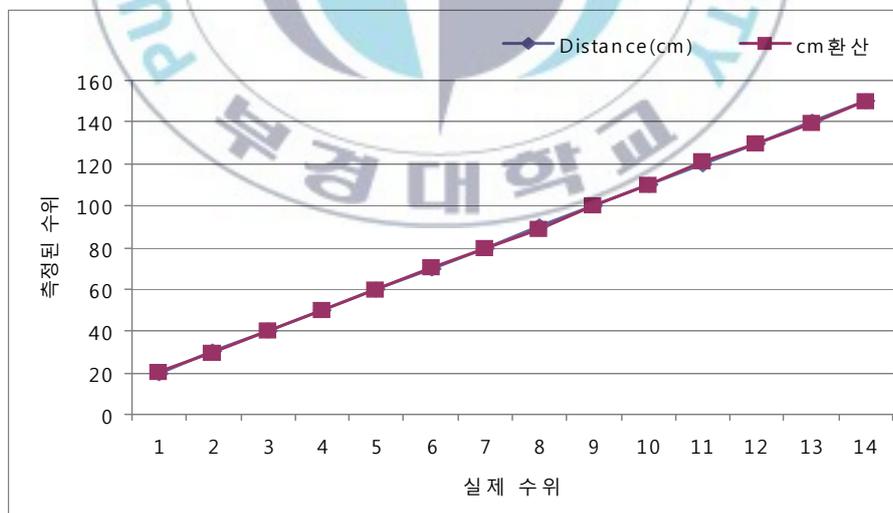


그림 3.11 거리별 흰색에 대한 측정값 비교

### 3.3.3 실험결과에 대한 비교

위의 측정결과를 종합해 볼 때 흰색, 적색, 흑색 중 흰색의 오차율이 0.01%로 가장 낮았고, 적색도 오차율 -0.67%로 낮기는 하나 수위별 데이터 헌팅 현상이 발생했고, 흑색은 38.88%로 수위계의 기능으로 사용할 수 없는 정도의 결과를 나타냈다. 따라서 흰색의 반사판을 사용할 경우 적외선 센서를 사용해서 수위를 측정하는데 문제가 없는 것으로 판명 났다.

표 8은 국내에서 가장 많이 사용되는 초음파 수위계의 오차율을 나타낸 것이다.

표 8 제조사별 수위 오차율

구분	A사	B사	C사	본 실험의 적외선 거리센서 측정결과
오차율	± 0.25%	± 0.20%	± 0.25%	0.01%

단, 초음파 수위계와의 차이점은 초음파는 물 상부에 센서만 설치하면 되나, 적외선 방식은 반드시 물 표면에 반사판을 설치해야 되는 단점이 있다. 현장에서 실제로 적용한다면 그림 3.12와 같은 구조를 권한다.

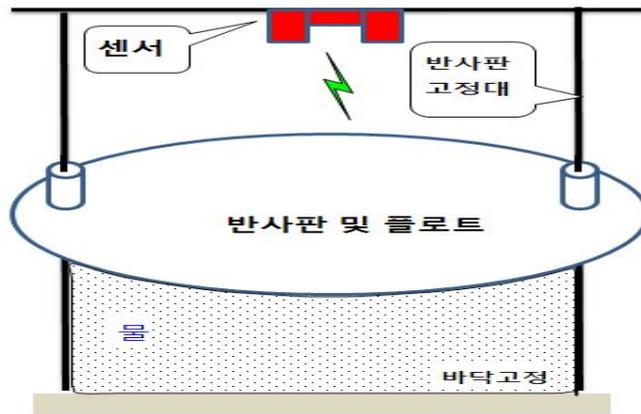


그림 3.12 실제 적용 시 적외선 수위계 설치방법

### 3.3.4 적외선 수위계를 사용한 펌프동작 시뮬레이션

Labview 프로그램(그림 3.13)을 이용하여 실험한 결과는 그림 3.14와 같다.

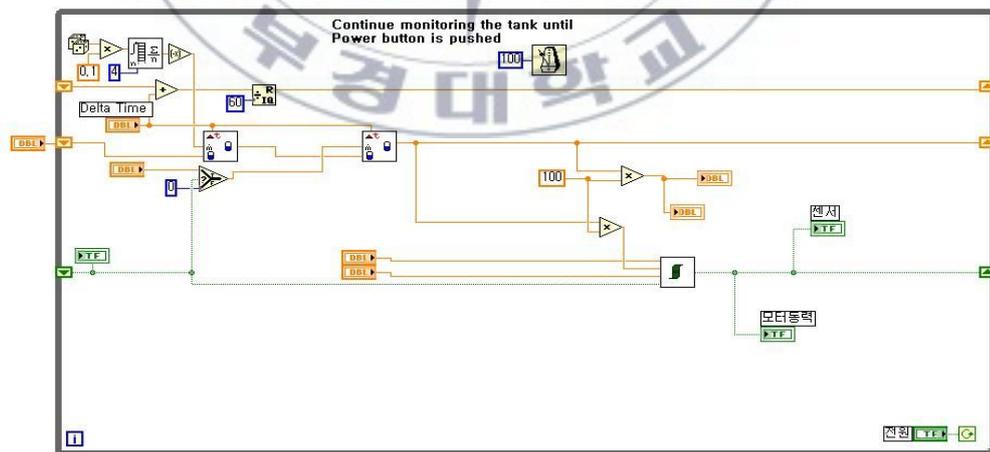


그림 3.13 Labview 프로그램

그림 3.14에서 수위가 4m에서 펌프가 정지되고 2.5m에서 가동되며, 펌프가 ON되어 수위가 상승 할 때 녹색램프가 켜지며, 펌프가 OFF되어 수위가 하강 할 때는 적색램프가 켜진다.

또한 수위변화를 알수있도록 그래프가 자동으로 그려지도록 하였고 수위 지시계를 생성시켜 쉽게 감시가 가능하도록 하였다.

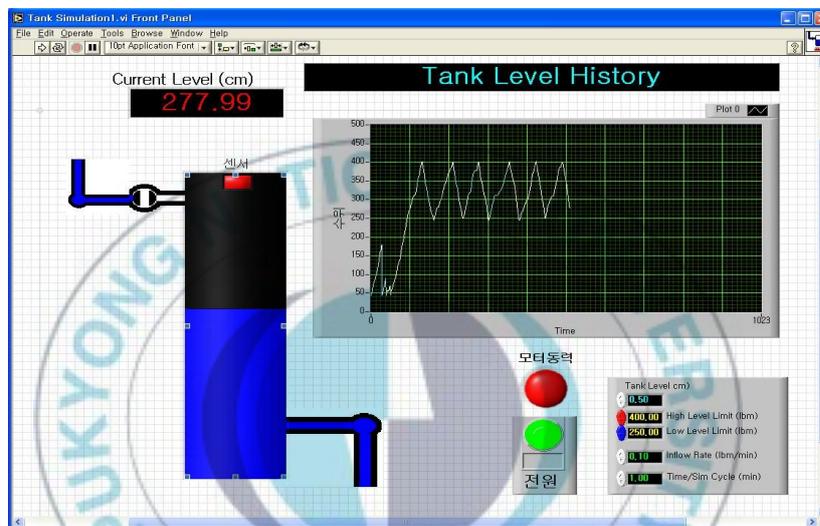


그림 3.14 Labview 프로그램 실행결과

## IV. 결론

수자원 관리 시스템에서 수위에 대한 계측의 중요성이 크게 대두되고 있다. 수자원 관리 시스템은 자동화나 무인화 추세에 있으며, 이를 위한 기본적인 사항은 수위 측정 데이터가 정확하고 신뢰도가 높아야 한다. 수위 측정 데이터는 물 관리에 있어서 저장 및 배출뿐만 아니라 약품 처리와 같은 수 처리 분야에 있어서 기본적인 역할을 하기 때문이다.

본 연구에서는 적외선 거리센서를 사용한 적외선 수위계를 제작하고, 제작된 수위계를 사용하여 특성을 측정하였다. 또한 측정값의 정확성을 기존에 많이 사용되고 있는 초음파 식 수위계와 비교 검토하고, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 적외선 센서는 산업 전반에 걸쳐 많이 사용되고, 저렴한 가격으로 제작이 용이하며, 적외선 센서를 이용한 수위 계측시스템은 초음파 수위계보다 약 50% 정도 줄일 수 있다.

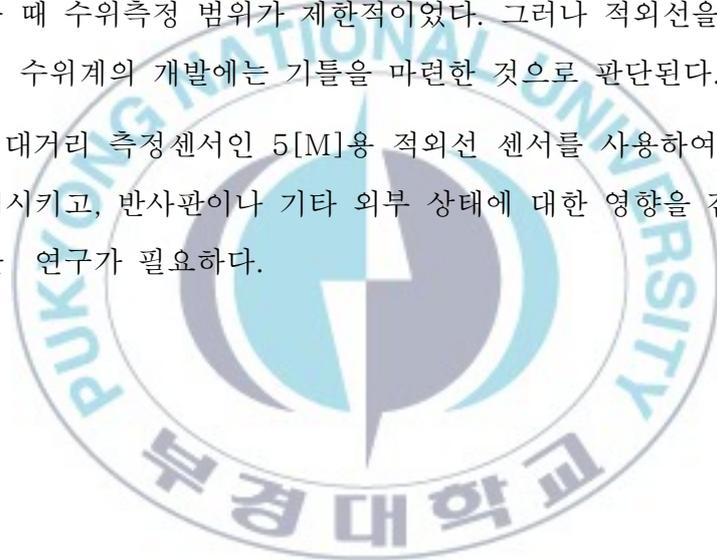
2. 적외선 센서는 반사된 빛을 이용하므로 반사판의 영향을 받으며, 흑색, 적색, 백색의 반사판에 대해 시험한 결과 반사율이 높은 백색 반사판을 사용한 경우 가장 정확한 결과를 얻었다.

3. 백색 반사판을 설치한 1.5[M] 길이의 적외선 식 수위계는 기존 초음파 수위계의 오차율 보다 좋은 0.01[%] 정확도이다.

4. 기계적 방식의 플로트식 수위계의 안정적인 수위취득 형태인 원통을 이용하여 적외선 센서를 측정할 결과 100[mm]관을 사용하여 수위 40[cm] 범위에서는 수위 데이터를 안정적으로 취득할 수 있다.

본 연구에서는 현재 대부분 사용되고 있는 초음파식 수위계를 대체할 새로운 방식의 적외선식 수위계를 제작하고 그 특성을 시험하였으나, 얻어진 결과를 볼 때 수위측정 범위가 제한적이었다. 그러나 적외선을 사용한 새로운 방식의 수위계의 개발에는 기틀을 마련한 것으로 판단된다.

향후 최대거리 측정센서인 5[M]용 적외선 센서를 사용하여 실제 측정범위를 증대시키고, 반사판이나 기타 외부 상태에 대한 영향을 감소시키는 기법에 대한 연구가 필요하다.



## 참고 문헌

- [1] 이희규, 이종근, 최치영 공저, “계측센서공학” 2008
- [2] 노병옥, “센서공학” 동일출판사 1998
- [3] 김남호, “센서 및 시스템” 세종출판사, 2006
- [4] 민남기, “센서 전자공학” 동일출판사, 2003
- [5] 김홍석, “수도사업에서 계측제어와 컴퓨터의 통합” 한국상하수도협회, 2004
- [6] 홍선학, “제어계측공학” 성안당, 2002
- [7] 광두영, “컴퓨터기반의 제어와 계측” Labview 한글판 ohm사, 2008
- [8] 김동화, “신편 센서공학” 동일출판사, 2003
- [9] 김동룡, “센서실무공학(공학도를 위한NEW), 기전연구사, 2003
- [10] 다가하시기요시, “센서사전” 세화, 1998
- [11] 김상진, “계장제어시스템,” 연학사, 2006
- [12] 일본자동화기술, 전금경 역편 센서기술 도서출판 세화, 1997
- [13] SONY Semiconductor GP2Y0A21YK
- [14] Robert Ashby, “Designer’s Guide to The Cypress Psoc” newnes, 2005
- [15] THOMAS G. BECKWITH, “계측공학“ YOUNG, 2007

## 감사의 글

본 논문이 완성되기까지 부족한 저에게 학문에 임하는 자세와 열정을 가르쳐 주시고, 아낌없는 지도와 격려로 보살펴 주신 이형기 지도교수님께 진심으로 감사드립니다.

바쁘신 와중에도 학위 과정동안 부족한 점을 지적해 주시고 많은 가르침을 주신 최연욱 교수님, 안영주 교수님께도 감사드리며, 평소 많은 지도를 아끼지 않으신 김남호 교수님, 변기식 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다.

대학원 생활동안 많은 만남을 갖지 못했지만 도움과 격려를 아끼지 않았던 시스템 제어연구실의 김하나 학생 및 연구실 후배와 이미 졸업한 선배님, 아직 학교를 다니고 있는 동료, 후배님들께도 감사의 말씀을 전합니다.

또한 직장을 다니면서 대학원에 다닐 수 있도록 많은 도움을 주신 정형식팀장님, 최문식 대리, 구동규씨에게도 감사의 말씀을 전합니다.

오늘에 있기까지 헌신적인 사랑과 믿음으로 용기와 희망을 주시고, 아들이 졸업하는 것을 못 보시고 하늘나라로 가신 부모님과 사랑으로 나의 길을 지켜주는 든든한 아내, 우리 아들 딸, 여태까지 큰 도움을 주신 큰누님과 형제자매들, 항상 따뜻한 격려와 관심을 아끼지 않으셨던 장인, 장모님, 처가 가족에게도 진심으로 감사를 드립니다.

도움을 주신 고마운 분들께 일일이 찾아뵙지 못하고, 지면을 통해서나마 감사의 마음을 전하고자 이 글을 올립니다. 지금까지 부족한 저에게 크고 작은 관심을 가져준 모든 분들의 기대에 어긋나지 않도록 앞으로 더욱 노력할 것을 다짐하며 이 글을 마칩니다.

2009년 7월 윤성원 올림