

# 공장설비 방출폐수 감시를 위한 저가의 데이터수집 및 저장장치 개발

(A Development of Data Acquisition and Recorder System for Factory Wasted Water Supervisor and Analysis)

김병진\* · 문학룡\* · 정을기\* · 전희종\*\*

(Beung-Jin Kim · Hark-Yong Moon · Eull-Gi Jeong · Hee-Jong Jeon)

## 요 약

본 연구에서는 공장설비 방출폐수 감시를 위한 저가격의 데이터 수집 및 저장장치를 제안하였다. 제안된 시스템은 원칩 마이크로 콘트롤러를 이용하여 시스템의 회로를 간소화하였다. 구현된 시스템은 별도의 착탈 가능한 저장용 RAM 카드를 사용하여 데이터를 손쉽게 수집할 수 있도록 하였다. 또한 수집 데이터의 분석을 위하여 ethernet에서 사용되고 있는 CSMA\CD방식을 RS485방식에 적용하여 모니터링 컴퓨터와의 데이터를 전송할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 이러한 데이터 수집 및 저장장치를 이용하여 하천으로 유입되는 폐수량에 대한 정보를 수집하였다. 수집된 수질정보는 오염 원인이나 경과를 분석하기 위하여 데이터베이스 구축에 사용되었다.

## Abstract

A Development of a data logger for monitoring wasted water is introduced. A characteristics of the system with microcontroller are simple and cheaper. A portable RAM card is consisted for saving a monitored data. Serial communication is adopted to communicate with a remote monitoring computer. CSMA\CD, which is used widely as MAC(Medium Access Control) in ethernet, is modified to apply a RS485 serial communication. When the measured values run over a limit values, the data logger takes alarm.

## 1. 서 론

도시화의 급진적 변화가 이루어지면서 긍정적인 면과 더불어 환경 오염이란 부정적인 면이 대두되었다. 특히 국내의 환경문제 중에서 공장폐수, 축산가축 폐수 또는 생활하수에 의한 하천의 수질오염은 매우 심각한 실정으로 식수 및 일반용수에까지 영향을 주고

있다. 이에 따라 하천의 수질 오염 방지 대책은 매우 중요한 위치를 차지한다. 현재, 수질 오염 방지를 위한 종합처리 시설의 필요성은 매우 중요하지만 막대한 예산의 소요, 기반기술 미비 및 운영상의 문제 등으로 인하여 이를 적용하여 확대하는 것은 아직도 요원하다. 또한, 각종 환경오염 측정장비들은 고가의 수입품이며 국내의 통합 감시 시스템 역시 고가라는 문제점을 갖고 있다. 따라서 공장폐수, 축산가축 폐수 또는 생활하수에 의한 하천 수질오염의 환경감시 시스템의 구축을 위하여 좀 더 효율적이고 효과적인 데이터 수집 시스템의 연구가 더욱 필요하다[1].

\* 정회원 : 숭실대학교 대학원 전기공학과 박사과정

\*\* 정회원 : 숭실대학교 공과대학 전기공학과 교수

접수일자 : 2000년 2월 8일

본 연구에서는 저가의 데이터 수집 및 저장장치를 개발하여 환경감시 시스템에 적용하였다. 데이터 수집 및 저장장치는 수질을 항상 감시하여 수집된 데이터를 모니터링 컴퓨터로 전송한다. 본 연구에서는 원활한 통신을 위하여 LAN에서 사용되고 있는 여러 기법을 저가의 시리얼 통신에 적용하였다. 수집된 데이터를 모니터링 컴퓨터를 통하여 평상시 또는 환경오염시의 특성변화 및 원인을 분석하고 연구할 수 있도록 모니터링 프로그램을 구축하였다. 또한 다목적 인터페이스 회로를 구성하여 제안된 시스템을 다른 응용분야에도 탄력적으로 적용할 수 있도록 하였다.

## 2. 전체시스템의 구성

구현된 환경 감시시스템은 그림 1과 같으며 크게 센서부, 수집장치부 및 모니터링부로 구분된다. 센서부는 공장설비 방출폐수의 수질 오염 정도를 검출하기 위한 센서 및 인터페이스 회로로 구성되어있으며 이들로부터 계측된 정보는 RAM 카드에 저장된다. 데이터 수집 및 장치장치에 저장된 데이터는 근거리인 경우에는 RS485 통신 방식을 이용하여 모니터링 컴퓨터에 의해 감시된다. 또한, 사람이 접근하기 힘든 장소나 통신선로의 포설이 어려운 장소에는 RAM 카드에 데이터를 저장하였다가 수거하는 방법을 이용하여 데이터 수집을 용이하게 하였다.

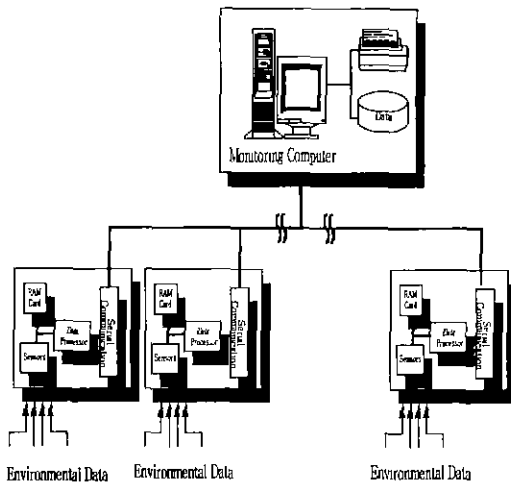


그림 1. 전체 시스템 블록도  
Fig. 1. Overall system block diagram

## 3. 데이터 수집 및 저장장치

데이터 수집 및 저장장치는 수질 오염 감시용 센서들로부터의 검지되는 데이터를 수집하여 저장하고 전송하는 기능을 담당하는 시스템이다. 본 시스템 CPU는 A/D 변환기 및 통신 기능이 내장된 인텔사의 80196KC 원칩 마이크로 컨트롤러를 사용하여 시스템을 설계함으로써 장치를 소형화할 수 있도록 하였다. 주 메모리는 최대 64kbyte까지 사용 가능하도록 되어 있으나 많은 데이터를 저장하기 위하여 보조 메모리를 4Mbit(512kbyte)로 확장하였다.

그림 2는 데이터 수집 및 저장장치의 구성도로 입·출력부(Analog Input:AI, Digital Output:DO), A/D 변환부, MMI부, 데이터 통신부, 램 카드부로 구성하였다.

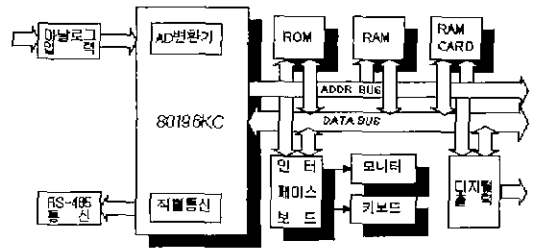


그림 2. 데이터 수집 및 저장 블록도  
Fig. 2. Block diagram of data logger

### 3-1. 입, 출력부

입, 출력부는 센서로부터 측정된 아날로그 형태의 신호를 디지털 형태로 변환하고 설정된 제한치를 넘을 경우에 경고신호를 발생시킨다. 보호회로와 지역필터를 설치하여 입력신호로 기인된 하드웨어적인 파괴를 막고 측정오차를 줄였다[4].

필터링된 신호는 A/D변환기 입력에 알맞는 크기로 조절되기 위해 증폭부를 거치게 된다. 증폭부에서는 검출 신호의 노이즈를 최대한 억제하기 위하여 차동 증폭기를 사용하였고 이득 특성이 좋은 반전 증폭 방식을 채택함으로써 검출 신호에 대하여 신뢰성을 부여하였다. A/D 변환부는 검출된 아날로그 신호를 제안된 시스템에서 처리하기 위해서 디지털 값으로 변환시키는 역할을 담당하며 기본적으로 8개의 센서로부터 신호를 검출할 수 있도록 한다. 디지털 출력부는

검출되는 하천수의 오염 정도에 의해 설정값 이상의 오염도가 발생될 때에 경보신호를 발생시키는 기능을 한다.

### 3-2. MMI (Man-Machine Interface)

MMI부는 시스템을 운용 및 설정을 위한 입력부와 모니터링을 위한 표시부로 구성되어 있다. 매트릭스 키보드로 구성된 입력부는 데이터 수집 및 저장장치의 초기값 및 각종 파라미터를 설정하거나 시스템을 운영을 위한 것이다. 표시부는 파라미터 설정 화면 및 운영 상태등을 파악하기 위하여 사용된다. 본 연구에서 구현된 MMI부의 주요 기능은 다음과 같다.

- 시간 설정
- 수질 오염도 기준값 설정
- 통신 제어 기능 및 통신 방법 설정(RS-232, RS-485)

### 3-3. 데이터 통신부

데이터 통신부는 모니터링 컴퓨터와 데이터 수집 및 저장장치간의 수집측정 데이터의 전송을 담당한다. 데이터 수집 및 저장장치의 통신방식은 확장성이 좋은 멀티드롭(Multi-Drop) 방식을 이용하였다[3]. 데이터 수집 및 저장장치들은 ethernet 형식의 버스구조로 연결되어 있다. 공통된 버스의 사용권을 제어하는 방식은 역시 ethernet에서 사용되는 CSMA\CD 방식을 사용하였다.

### 3-4. RAM카드부

RAM 카드부는 수집된 데이터를 저장하기 위한 것이며 용이한 수거를 위하여 착탈식으로 구성하였다. 또한 수거시 전원 분리에 의한 데이터의 손실을 막기 위하여 별도의 백업용 배터리(battery)를 RAM 카드에 부가하였으며 또한, 보호 회로를 첨가하여 구성하였다.

## 4. RS485를 이용한 CSMA\CD 방식의 구현

### 4-1. 일반적인 CSMA\CD 전송방식

전송 할 데이터가 있는 DTE(Data Terminal Equipment)는 데이터에 자신의 주소, 받을 DTE의 주

소, 에러 검출 코드 등을 덧붙여 패킷을 구성한다. 매체에 연결된 모든 DTE는 프레임이 전송 될 때마다 그것을 수신 버퍼로 받아들이고 도착지 주소가 자신의 주소와 같은지 확인을 한다. 만약 자신의 주소와 같지 않으면 데이터 수신을 막고, 자신의 주소와 같다면 모든 프레임을 받은 후 받은 결과에 대해 응답(데이터 취득의 유무, 에러의 유무)을 한다.

CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection)는 ethernet에서 사용되는 MAC (medium access control) 방식으로 모든 DTE가 비스 형태로 연결되어 통신하는 방식이다. 만약 두개의 DTE가 동시에 프레임 전송을 시도한다면 두 프레임이 충돌을 일으켜 원래의 전송하려는 데이터가 손상을 입어 잘못된 데이터가 전송된다. 따라서 데이터의 재전송이 필요하게 되므로 통신 오버헤드가 발생한다. 이 문제를 해결하기 위하여 전송이 필요한 DTE는 데이터 전송전에 다른 DTE가 버스를 사용하고 있는지 없는지 여부를 판단한다. 만약 다른 DTE가 전송을 위해 버스를 사용하고 있다면 임의의 시간동안 대기한 후에 다시 다른 DTE가 버스를 사용하고 있는지를 검사한다. 만약 버스가 비워져있다면 전송을 시작한다 [5]. 그림 3은 이와 같은 일반적인 CSMA\CD 방식의 데이터 전송 알고리즘을 나타내며 그림 4 수신 동작을 설명하고 있다.

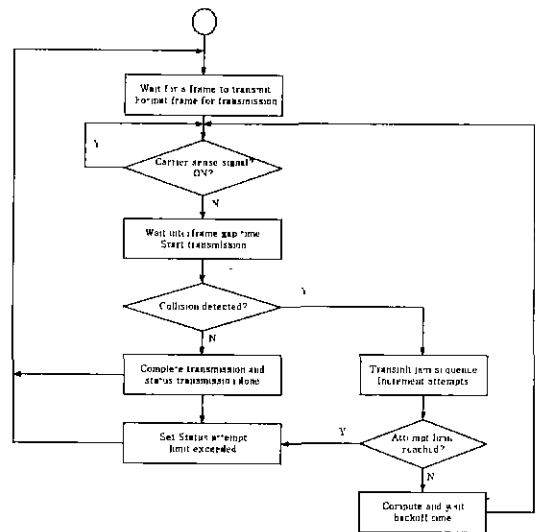


그림 3. CSMA\CD 전송 동작 알고리즘  
Fig. 3. CSMA\CD Transmission Algorithm

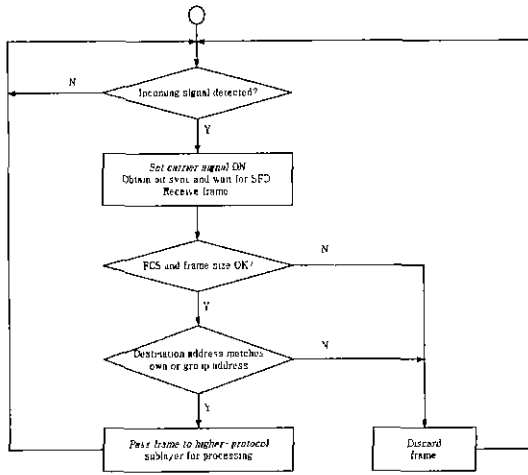


그림 4. CSMA\CD 수신 동작 알고리즘  
Fig. 4. CSMA\CD Reception Algorithm

#### 4-2. RS485 통신방식과 컨버터의 설계

일반적으로 버스상의 데이터 충돌 검사방식은 다음과 같다. 첫째 방식은 데이터 수집기가 데이터의 전송과 동시에 전송한 데이터를 수신하여 전송 데이터와 비교한다. 만약 충돌이 발생되었다면 전송 데이터와 수신 데이터의 내용이 틀릴 것이다. 두번째 방식은 전송시 데이터를 특정 코드방식으로 인코딩하여 전송한다. 수신측에는 수신 데이터가 인코딩 룰(rule)에 합당한지를 검사한다. 충돌이 발생해서 데이터의 손실이 발생했을 경우에는 인코딩 룰에 위배될 것이다. 본 연구에서는 하드웨어적인 부담이 적은 첫 번째 방식을 이용하여 충돌여부를 판단하였다.

RS485통신의 멀티 트롭성질을 이용하여 데이터 수집 및 저장장치들 상호간 또는 수집기 및 저장장치와 모니터링 컴퓨터간의 데이터 통신을 한다. RS485 통신방식은 세그먼트당 최대 1.2km의 전송 길이를 갖는다. 리피터를 이용하여 여러 세그먼트의 확장이 가능하며 한 세그먼트에 연결할 수 있는 데이터 수집 및 저장장치의 최대 수는 32개이다. 전송 속도는 최대 1Mbps를 보장하여 고속의 데이터 전송을 가능하게 한다. 그림 5는 본 시스템의 시리얼 네트워크이다.

본 연구에서는 모니터링 컴퓨터와 데이터 수집 및 저장장치들 사이에 RS485통신을 하기 위하여 간단한 컨버터를 설계하였다. 모니터링 컴퓨터로 이용한 PC는 시리얼 통신 방식으로 RS232방식만을 지원할 뿐 RS485 방식을 자체적으로 지원하지 않는다. 따라서

RS232통신을 RS485통신으로 바꾸어 주는 컨버터가 필요하다. 이미 이러한 기능을 하는 컨버터는 시중에 판매되지만 가격이 비싸므로 설치될 모니터링 컴퓨터 수의 증가에 따라서 비용적인 부담이 증가된다. 그림 6은 이러한 컨버터를 대응할 수 있는 간단한 컨버터 회로이다.

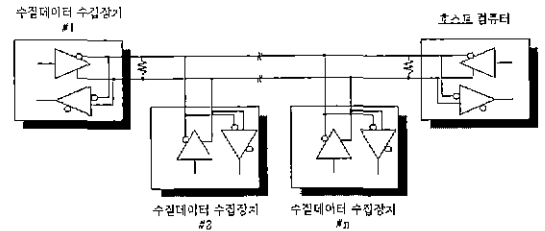


그림 5. 네트워크의 구성  
Fig. 5. Configuration of Network

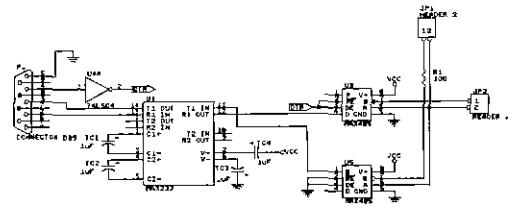


그림 6. RS232/485 컨버터  
Fig. 6. RS232/485 Converter

#### 4-3. 패킷프레임 (Packet Frame) 구성

데이터 수집 및 저장장치의 데이터들은 전송되는 데이터에 따라서 동기 데이터와 비동기 데이터로 구별할 수 있다. 동기 데이터는 온도와 pH와 같이 주기적으로 전송되는 데이터이며 경고 데이터와 같이 비주기적으로 전송되는 데이터가 있다. 비주기적인 데이터의 버스트(burst)한 전송방식은 전체 네트워크의 성능 저하를 유발할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 데이터 패킷과 별도로 경고 데이터의 패킷을 작게 구성하여 문제발생의 가능성을 줄였다.

본 연구에서는 ethernet에서 사용되는 패킷을 응용하여 프레임의 구성하였다. 그림 7과 같이 데이터 패킷은 프리앰블, 도착지 장치 주소, 데이터 발생 장치 주소, 데이터와 CRC(cyclic redundancy check)로 구성하였다. 경고 패킷은 데이터 패킷에서 데이터 부분이 생략되어 있다.

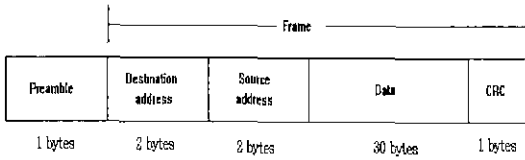


그림 7. 데이터 패킷 프레임  
Fig. 7. Data Packet Frame

### 5. 실험 및 고찰

개발된 데이터 수집 및 저장장치를 이용하여 실제 하천수의 오염정도를 모니터링 하였다. 실험적으로 온도 센서와 pH 전극봉을 각각 3개의 장소에 설치하였다. 본 실험에서 사용된 온도센서와 pH센서만을 이용하여 수질의 오염정도를 객관적으로 판단하기 어려우나 설치의 용이성 때문에 두 개의 센서만을 실험적으로 설치했다. 설치된 데이터 수집 및 저장장치로부터 10분에 한번씩 온도와 pH 값이 센서로부터 측정되어 RAM 카드에 저장됨과 동시에 모니터링 컴퓨터에 전송된다.

모니터링 컴퓨터에서는 각 노드의 수온과 pH 정보를 한 눈에 감시할 수 있다. 그림 8은 2번 노드에서 측정된 정보를 보여주는 MMI 화면이다. 원하는 노드의 해당 번호를 클릭하면 그 노드에서 측정된 정보를 쉽게 볼 수 있다.

모니터링 컴퓨터에서는 전송된 데이터를 이용하여 데이터 베이스를 구축하였다. 그림 9와 같이 특정 노드에서 계측된 데이터만을 중심으로 볼 수 있고 그림 10과 같이 여러 노드의 데이터를 순차적으로 볼 수 있다. 이렇게 만들어진 데이터 베이스를 통하여 하천에 주별, 월별, 년별 오염 최고치 또는 평균치를 쉽게 모니터링하고 데이터 분석의 용이함을 가져온다.

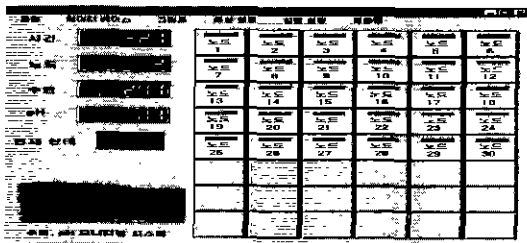


그림 8. 모니터링 프로그램의 메인 화면  
Fig. 8. Main overview of monitoring program

본 연구에서 개발된 데이터 수집 및 저장장치는 수질 데이터를 감시하여 측정 데이터가 미리 설정한 한계치 이상이 되면 경고신호를 발생시킨다. 또한 데이터 수집 및 저장장치는 경고 메시지를 모니터링 컴퓨터에 전달한다. 그림 11은 경고신호 발생을 나타내는 MMI 화면이다.

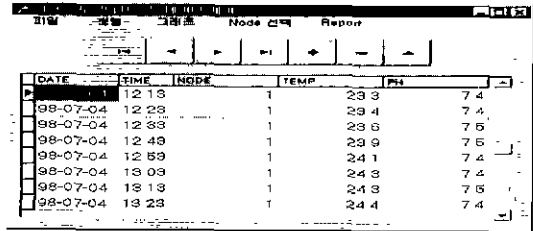


그림 9. 특정 노드의 모니터링 프로그램의 DB 화면  
Fig. 9. DB overview of monitoring program of special node

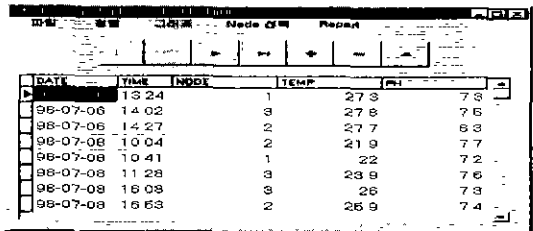


그림 10. 여러 노드의 모니터링 프로그램의 DB 화면  
Fig. 10. DB overview of monitoring program of several nodes

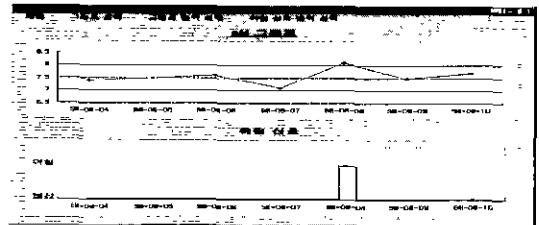


그림 11. 모니터링 프로그램의 데이터 그래프 및 위험 신호 화면  
Fig. 11. Data graph and warning signal

### 6. 결론

국내의 하천 수질오염은 날이 갈수록 심각성이 증가되고 있다. 이러한 하천의 오염 방지를 위한 측정

장비들의 대부분은 외국 기술에 의존하고 있는 실정이며, 이러한 장비들을 이용한 통합 감시 시스템의 구축 기술은 매우 취약한 상태이다.

본 연구에서는 마이크로 콘트롤러를 이용한 저가의 데이터 수집 및 저장장치를 개발하였다. 제안된 시스템은 각 지역의 수질오염에 관한 데이터를 상시 수집하여 저장함으로써 시간대별 환경오염 정도를 알 수 있게 하였다. 또한 기준치 이상의 오염이 발생했을 경우에는 경고신호를 통하여 오염사실을 사용자에게 주지시켰다.

모니터링 컴퓨터와 데이터 수집 및 저장장치간의 데이터 전송은 RS485 방식을 이용하여 시스템의 확장성을 갖추었다. 또한 저장용 RAM 카드를 이동 가능하게 만들어 RAM 카드만을 수거하여 데이터분석이 가능하게 함으로서 높은 효율성을 부여하였다.

본 연구는 한국학술진흥재단 출원 연구비에 의해 수행되었음.

### 참 고 문 헌

- [1] Yutaka Tomita, "A Fast, Simple and Low Cost Data Acquisition System", IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, Vol IM-33, No. 1, pp. 53-55, March,1984.
- [2] S.W.Wenzel & R.M.White, "A multisensor employing an ultrasonic lamb-wave oscillator," IEEE Trans. on Electronic Devices, 35, No.6, 1992.
- [3] Handbook of Measurement Science, Vol.1 Edited by P.H.Sydenham Chap.12. E.L.ZUCH "Signal Data Conversion." pp.489-537. 1982.
- [4] Daniel H. Shiengold, Analog-Digital Conversion Handbook. "Applying Converters Successfully," pp. 213-215, 354. 1986
- [5] Andres Fortino, "Networking Technologies," McGraw-Hill, 1996.

### ◇ 저자소개 ◇

#### 김 병 진 (金炳鎭)

1970年 6月 26日生 1994年 송실대학교 전기공학과 졸업. 1996年 同 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 송실대학교 대학원 전기공학과 박사과정 재학.

#### 문 학 롱 (文學龍)

1963年 11月 12日生 1990年 송실대학교 전기공학과 졸업. 1993年 同 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1999年 송실대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 건설기술연구원 선임연구원.

#### 정 을 기 (鄭乙基)

1968年 5月 19日生 1988年 서울산업대 전기공학과 졸업. 1992年 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995年 현재 송실대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료. 현재 송실대학교 전산원 교수.

#### 전 희 중 (田喜鐘)

1963年 1月 6日生 1975年 송실대학교 전기공학과 졸업. 1977年 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1977年~1981.8 공군사관학교 전자공학과 교수부. 1987年 중앙대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 1995年 9月~1996年 4月 Univ. of Victoria, CA. 객원 교수. 1983年~현재 송실대학교 공과대학 전기공학과 교수.