

## 간단한 현장 데이터 수집장치의 개발에 관한 연구 Development of a Simple In-Situ Data Logger

여 운 광\* · 윤 병 만\* · 이 종 국\*\*  
Yeo, Woon Kwang · Yoon, Byung Man · Lee, Jong Kook

---

### Abstract

There have been easily found a number of examples that misleading or unreasonable measuring data set of physical variables are often produced in the field and the laboratory. The primary reason is that the specific requirements of civil engineers are initially disregarded in designing the experimental apparatus. It results from a lack of mutual understanding and co-operation between the user group and the maker. Therefore, their fundamental knowledge and apprehension become indispensable in order to obtain measuring data with high confidence and good quality. In this study it is shortly explained the basic structure and the operation system of the experimental equipments commonly used at the present. A simple measuring set is developed which is quite easy for a general civil engineer to design and operate without any other specialty of mostly electricity/electronics. Based upon this requirement, one of data logger named PPDL8 is newly designed by making use of the parallel port in the personal computer, consisting of multi-channels able to measure 8 different point values simultaneously. It can also use many valuable sub-programs existing in PC because the user makes his own programs necessary for measurement, by himself. Of all things, it has a great advantage to increase the applicability of field measurements much larger when adopting the notebook computer to operate with small battery only. In addition this study gives, in fact, the excellent agreements of in-situ field variables by showing their measuring results of temperature, distance and turbidity.

---

### 요 지

토목분야에 관련된 실험·실측장비의 설치와 구성 그리고 측정에 있어 토목기술자의 전문적인 의견이 수렴되지 못함으로써, 측정된 자료가 토목기술자의 기대에 어긋나는 예가 많이 발생하고 있다. 그 주된 이유는 다른 분야의 기술자에 의하여 일방적으로 구성되었을뿐아니라 측

---

\* 명지대학교 토목·환경공학과  
\*\* 오하이오주립대 박사과정 수료

정장비와 측정이론에 대한 근본적인 이해가 결여된 때문이다. 따라서 양질의 실험·실측 자료를 얻기 위해서는 이 분야에 대한 지식과 이해가 필수적이다. 이를 위하여 본 논문에서는 실험목적에 맞는 적절한 측정이론의 도입과 그들을 구현하는 측정장비와 설계기술을 제고시키고 누구나 손쉽게 제작 사용할 수 있는 실험장치를 개발하는데 목적이 있다. 이에 따라 본 연구에서 설계된 데이터 수집장치(PPDL8)는 PC의 병렬포트를 이용하여 현장에서 간단하게 자료를 수집할 수 있는 장치로서 입력채널이 8개이므로 다채널 동시 측정의 길을 열어 놓았다. 또한 사용자가 직접 자료획득 프로그램을 제작할 수 있기 때문에 기존에 사용하던 여러 가지 보조프로그램을 아무런 어려움 없이 그대로 이용할 수 있는 장점이 있다. 또한 실제로 온도, 거리, 탁도 등의 센서를 부착하여 현장에서 실측된 결과를 보여줌으로써 높은 실용성과 응용가능성을 제시하고 있다.

## 1. 서 론

점증하는 수공학적인 문제와 환경문제를 해결하기 위하여 컴퓨터 수치모형을 이용한 해석과 실험·실측을 통한 데이터의 획득은 지난 십여 년간에 걸쳐서 활발히 연구되어 왔다. 수치모형은 컴퓨터 그래픽의 눈부신 발달과 더불어 물리적인 모형에서 불가능했던 다양한 경우의 공학적인 문제를 해결하고 있으며 그 신뢰도 또한 급속히 향상되고 있다. 그러나 복잡하게 연계된 자연현상을 단순화된 수치모형을 이용하여 해석할 경우에 그 신뢰도는 궁극적으로 실험치나 실측치를 통하여 입증되어야 하고 이러한 경향은 앞으로도 계속될 것이다. 실험·실측은 이러한 수치모형결과에 대한 상호보완적인 기능뿐만 아니라 수치모형화가 불가능한 경우의 물리적 현상에 대한 이해를 촉진시킴으로써 새로운 시야를 제공할 수 있다. 따라서 실험·실측의 중요성은 수치모형의 급속한 발달과 더불어 그 중요성이 가중되고 있다.

실험·실측으로부터 데이터를 획득하기 위해서는 얻고자 하는 물리량의 변화를 전기적인 신호로 변환해야 하는데 이러한 역할을 담당하는 장치가 센서이다. 이 센서의 신호는 때로는 매우 미약하기 때문에 증폭이나 여과 과정을 거쳐서 데이터 수집장치의 입력단에 이어지고 이 장치에 의해 디지털화된 신호는 컴퓨터를 통하여 저장되거나 그 즉시로 해석되기도 한다. 이러한 물리량의 변화를 컴퓨터가 처리할 수 있는 형태로 수집, 변환, 전달의

기능을 수행하는 장치가 데이터 수집장치이다. 데이터 수집장치는 분해능, 속도, 크기, 가격 등에 따라 수십 가지에 이르고 있다. 분해능은 8 bit 에서 24 bit 이상까지, 속도는 수 Hz 에서 수 MHz 이상까지, 크기는 마우스만한 크기에서 스테레오 박스보다도 큰 것들이 있으며 가격은 성능과 제품에 따라 수만원에서 수천만원에 이르기까지 널리 분포되어 있다. 이러한 다양한 종류의 데이터 수집장치를 구입하여 실제 실험·실측에 적절히 사용하기 위해서는 각 수집장치에 대한 기본적인 이해가 선행조건이다.

하천이나 호수, 해양 또는 실험실수조등에서 유체의 유동에 따른 제 물리량을 측정할 때는 목적하는 대상의 시공간적 크기(scale)에 따라서 최적의 측정간격과 분해능이 결정되어야 한다. 예를 들어 유의파고를 결정하기 위하여 측정을 실시할 때 대략적인 파의 주기가 5초 정도라면 데이터의 측정간격은 약 0.5초 정도이면 적당하다. 실제로는 이보다 더 빠르게 측정할 수도 있지만, 빠른 측정으로 인한 전력의 소모와 데이터의 저장장소의 감소는 장기간에 걸친 측정을 어렵게 할 수 있기 때문이다. 수공학 범주 내에서 다루는 유체나 물질의 유동현상을 측정하는 많은 경우에 있어서 최대 측정속도가 수십 Hz 이면 충분한 경우가 대부분이다. 따라서 데이터 수집장치도 측정속도 뿐만 아니라 정확도, 사용과 설치의 편의성, 크기 등의 실용적 측면의 욕구도 간과할 수 없는 사항중의 하나이다. 왜냐하면 보통 실험자가 실험기자재에 익숙해지거나 운용하기 위해서는 상당한 시간과 노력이 필요

하기 때문이다. 따라서 정확도나 속도면에서 결코 뒤지지 않는다고 가정할 때 사용의 편리함과 조작성의 간편성은 데이터 수집장치의 선택을 결정하는 중요한 사항들이다.

본 논문은 이와 같은 실용성들을 구현하기 위하여 조작성이 간단하고 편리하며 제작 또한 어렵지 않은 범용 데이터 수집장치를 설계하고, 이 장치를 운용하는 프로그램들을 작성하는데 그 목적이 있다. 또한 개발된 데이터 수집장치를 이용하여 몇 가지 물리량을 실제로 측정하여 분석함으로써 그 실용성과 응용 가능성을 제시하고자 한다.

## 2. 센서의 특성과 데이터 수집장치 이론

수공학분야에서 흔히 취급하는 물리량의 종류는 속도(velocity), 압력(pressure), 온도(temperature), 염도(salinity), 밀도(density), 농도(concentration) 및 탁도(turbidity) 등이 있다. 위와 같은 물리량을 수치데이터화 하기 위해서는 센서와 데이터 수집장치를 결합시켜야 한다. 센서는 물리법칙을 응용한 것이기 때문에 센서의 종류에 따라서 그 측정범위와 특성이 각각 다르므로 이 장에서는 다양한 센서를 통하여 감지된 신호를 어떻게 데이터 수집장치를 이용하여 디지털 신호로 변환, 저장, 처리되는가를 간단히 살펴보기로 한다.

### 2.1 센서의 특성

센서는 측정 가능한 물리적인 변화 폭을 감지하여 전기적 신호로 바꿔주는 장치이기 때문에 센서마다 각각의 특성이 주어져 있다. 예를 들면 수중의 압력은 깊이에 비례하므로 천해와 심해의 압력 센서는 크기는 같더라도 그 적용범위가 다르다. 따라서 바른 결과를 얻기 위해서는 이 센서의 적용범위가 목적하는 물리량의 변화 폭을 만족하여야 한다. 이와 동시에 물리량의 최소변화도 감지해내기 위하여는 센서의 분해능(resolution)을 반드시 검토하여야 한다(Fraden, 1993). 깊이 10m의 물속에서 1cm 이내까지 수심의 변화를 감지하기 위해서는 적어도 압력센서의 분해능이 0.5cm 이상 되어야 한다. 따라서 0.05% 이상의 분해능을 갖는

센서일 경우 목적하는 물리량의 최소변화까지도 감지해 낼 수 있다. 이외에 간과해서는 안될 센서의 또다른 요건은 선형성(linearity)이다. 선형성이라 함은 센서를 통하여 물리량의 변화가 왜곡됨이 없이 선형적으로 출력됨을 의미한다. 예를 들면 감도가 1 Volt/m인 압력계는 수심이 1 m일 때 출력이 1 Volt이면 수심이 5 m일 경우 정확히 5 Volt의 출력을 나타내야 한다.

### 2.2 전기적 신호의 변환

센서를 통하여 감지된 신호는 연속적인 신호인 아날로그 신호이며 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하기 위해서는 A/D chip (Analog to Digital converter chip)이 필요하다. A/D chip은 기준전압을 이용하여 입력되는 전압의 변화를 상대적인 크기로 변환해주며, 기준전압은 직류 5 Volt가 흔히 이용되고 변환의 기준을 정하는 만큼 항상 안정된 전압이 필수적이다(박귀태와 임영철, 1992). 이러한 안정전압을 유지하기 위하여 데이터 수집장치는 보통 전압조정기 chip (voltage regulator chip)을 함께 사용한다. A/D chip은 이미 널리 알려져 있어 여기서는 구체적인 설명은 생략하기로 한다. 다만 A/D chip에 따라서는 정확한 기준전압회로가 내장된 경우가 있어서 안정전압 회로에 대한 설계 부담이 경감되는 효과가 있다. 이러한 전압조정기 회로와 더불어 최근의 A/D chip은 동시에 여러 개의 센서입력을 받기 위해서 멀티플렉서(multiplexer)를 내장한 경우가 많이 있다. 입력센서의 갯수에 따라서 4개, 8개의 입력단을 갖는 A/D chip들이 흔히 쓰이고 있다. 내장된 멀티플렉서(multiplexer)는 독립된 회로가 필요치 않기 때문에 설계를 단순화하고 데이터 수집장치 크기를 소형화 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서도 이러한 장점을 이용하기 위하여 모두 8개의 입력단을 갖는 A/D chip을 사용하여 데이터 수집장치를 설계하였다.

A/D chip을 선정하는 조건으로는 다음과 같은 사항을 염두에 두어야 한다. 최대변환속도(maximum sampling rate)는 A/D chip 자체가 입력되는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환할 수 있

는 chip 자체의 최대 속도이다(정정화와 박민용, 1993). 산업계에서 널리 이용되는 A/D chip 의 최대변환속도는 보통 수십 KHz - 수백 KHz 인 경우가 많다. 그러나 서론에서 언급한 것처럼 수공 학분야에서 다루는 물리적 현상들은 주파수가 수십 Hz 를 초과하는 경우가 드물기 때문에 chip 자체 의 최대변환속도는 별로 문제될 것이 없다. 반면에 입력단의 수, 분해능, 전기소모량, 편의성 등이 선택을 좌우할 수 있는 요소가 된다. 최적의 분해능 은 사용되는 센서의 정도와 밀접한 관계가 있으므로 일률적인 조건은 없다. 다만 분해능이 높은 chip 을 사용할 경우에는 미소변화까지도 감지할 수 있는 장점이 있는 반면에 변환속도가 느리고 전 기소모량이 증가하며 접속방법등이 복잡해지는 단 점도 있으므로 센서의 성능을 검토한 후 chip 을 선택하는 것이 바람직하다. 본 논문에서는 8 bit 분해능을 갖는 ADC0809 를 사용하여 데이터 수 집장치의 설계를 수행하였다. 그림 1 은 ADC0809 의 핀 배열과 그 기능을 도시한 것이다 (Data acquisition linear devices, 1989).

1	IN3	IN2	28
2	IN4	IN1	27
3	IN5	IN0	26
4	IN6	A	25
5	IN7	B	24
6	START	C	23
7	EOC	ALE	22
8	D3	D7	21
9	OC	D6	20
10	CLOCK	D5	19
11	Vcc	D4	18
12	Vref+	D0	17
13	GND	Vref-	16
14	D1	D2	15

ADC0809

그림 1. Analog to Digital Converter Chip, ADC0809

### 2.3 데이터 수집장치의 하드웨어와 소프트웨어의 특성

데이터 수집장치에 대한 기능은 실험·실측의 목적에 따라 달라지기 때문에 실험자의 장치에 대한

욕구 또한 매우 다양하다. 그러나 데이터 수집장치에 대한 전문적인 식견이 부족한 경우 필요이상으로 복잡하고 과대하기보다는 편리하고 간단히 사용할 수 있는 실용적 측면이 상대적으로 강조된다. 이러한 경향은 최근에 개발된 데이터 수집장치들이 간단한 조작법과 시각적인 프로그래밍(visual programming)을 채택하는 추세와 무관하지 않다. 따라서 일상적인 용도의 데이터 수집장치 설계는 사용의 편리함(ease of use)이 강조되어야만 한다. 데이터 수집장치는 이러한 사용자 욕구를 반영하는 하드웨어와 소프트웨어를 갖추도록 하여야 한다.

#### 2.3.1 하드웨어의 특성

센서의 신호를 증폭, 여과하는 과정은 아날로그 신호를 처리하는 과정이기 때문에 통상적으로 기존의 개발된 전자회로를 이용하는 경우가 대부분이다. 그러나 일단 A/D chip 을 통해서 디지털신호로 변환되면 실험계획과 데이터 처리방법에 따라서 각각의 경우에 적절한 방법으로 구성되게 된다. 예를 들면 1 MHz 측정속도로 충격파를 감지하는 데이터 수집장치의 경우에 데이터 전송에 따른 시간 지체와 하드디스크 저장시간등으로 인하여 장시간 연속적인 측정이 어렵기 때문에 이런 경우 마이크로 콘트롤러(micro controller), A/D chip과 메모리(RAM)를 갖춘 독립적인 데이터 수집장치를 이용하여 처리와 저장에 소요되는 시간을 최소화하여야 한다. 이와는 다르게 해안, 해양공학 또는 지구물리학의 연관된 실험·실측자료의 획득시에는 미소시간의 변화보다는 실시간(real time)에 따른 장시간의 물리량의 변화가 주 관심사인 경우가 많다. 따라서 측정방법과 기간이 제한되어 있는 장치보다는 실시간에 따라서 다양한 측정계획을 수행할 수 있는 측정장치와 방법이 우선하게 된다. 이때 측정계획은 각각의 실험목적과 제한조건에 따라 유도되어야 하기 때문에 일반 데이터 수집장치에서 흔히 쓰이는 프로그래밍 언어인 기계어(machine language), 어셈블러(assembler), 혹은 매크로언어(macro language) 등의 저등급 언어(low level language) 등은 실험자가 상당한 시간을 들여 습득하고 응용해야 되는 단점이 있다. 반면에 실험자가 이미 습득한 범용의 고급언어(high level

language)를 이용할 수 있는 데이터 수집장치가 있다면 기계를 조작하기 위해서 들이는 수고와 시간을 상당히 절약할 수 있다. 본 연구에서는 이와 같은 요구사항을 충족시킬 수 있도록 개인용 컴퓨터의 병렬포트를 이용하여 손쉽게 조작하고 운영할 수 있는 데이터 수집장치를 설계하였다.

개인용컴퓨터(IBM PC and compatibles)의 병렬포트(parallel port)는 평상시에는 프린터를 연결하여 인쇄를 수행할 목적으로 쓰이지만 컴퓨터와 외부의 장치가 데이터를 주고받는 경우에도 유효 적절하게 사용될 수 있다. 또한 병렬포트를 이용할 경우에는 실험실에서 흔히 발생하는 불필요한 접촉에 의한 합선의 위험과 설치의 어려움을 줄일 수 있는 장점이 있다. 또한 직렬포트(serial port)에 비하여 데이터의 전송속도가 빠르고 컴퓨터와의 접속이 상대적으로 간단한 장점도 있다. 결과적으로 PC의 병렬포트를 이용한 데이터 수집장치는 그 장치가 간단하고 고급언어를 이용할 수 있는 동시에 속도 또한 빠르기 때문에 앞서 검토된 여러 가지 제한 조건을 충분히 만족시킬 수 있다. 최근 들어 책 한권크기 보다 작은 노트북 컴퓨터가 속속 등장하고 있기 때문에 이러한 병렬포트를 이용하는 데이터 수집장치는 전원과 측정환경이 양호하지 못한 현장측정에도 유효 적절히 이용할 수 있어서 그 응용가능성은 실로 무한하다.

### 2.3.2 소프트웨어의 특성

데이터 수집장치의 하드웨어를 개인용 컴퓨터의

```
int getbyte(int ch)
{
    int cbyte,chn,b4b7,lb,bit3,bit2,bit1,bit0;
    chn = (ch-1)*4; /* Multiplexer bits for channel selection */
    outp(0x378,chn); /* bring START low to initialize */
    outp(0x37A,0); /* select high nibble(inverted) */
    outp(0x378,1+chn); /* initiate conversion */
    outp(0x378,chn); /* back to stand-by */

    b4b7 = (inp(0x379) ^ 0x80) & 0xF0; /* get high nibble */
    b4b7 = (inp(0x379) ^ 0x80) & 0xF0; /* get current update */

    outp(0x37A,1); /* select low nibble(inverted) */
    lb = inp(0x379) ^ 0x80; /* get low nibble */
    lb = inp(0x379) ^ 0x80; /* get current update */

    bit3 = (lb & 0x80) / 0x80*8;
    bit2 = (lb & 0x40) / 0x40*4;
    bit1 = (lb & 0x20) / 0x20*2;
    bit0 = (lb & 0x10) / 0x10*1;

    cbyte = b4b7 + bit3 + bit2 + bit1 + bit0;
    return cbyte;
}
```

그림 2. C 언어를 이용한 데이터 수집장치(PPDL8)의 제어프로그램 예

병렬포트를 이용하여 제어하기 때문에 병렬포트를 직접 제어할 수 있는 컴퓨터 언어라면 친숙한 고급언어를 그대로 이용할 수 있다. 예를 들면 C, C+, Pascal, Visual Basic 등이 있다. 또한 공학계산에서 가장 흔히 쓰이는 Fortran 도 C 나 Assembler의 라이브러리를 연결하여 이용할 경우에는 무리 없이 쓰일 수 있다. 결과적으로 데이터 수집 프로젝트의 핵심사항중 하나인 데이터 수집장치의 효과적 운용에 필요한 기기습득기간(learning curve)을 파격적으로 단축할 수 있기 때문에 하드웨어의 성능이 미치는 어떠한 응용분야에서도 시간 절약과 경제적인 효율을 극대화 할 수 있다. 이러한 고급언어를 이용할 수 있는 장점 이외에도 Visual Basic을 이용할 경우에는 사용자 인터페이스(user interface) 프로그램을 쉽게 설계할 수 있기 때문에 데이터 수집장치의 하드웨어에 친숙하지 못한 초보자들에게도 사용과 습득의 편리함을 동시에 제공할 수 있다. 그러나 무엇보다도 이러한 고급언어를 직접 이용할 수 있는 최대의 장점은 역시 복잡하고 정교한 데이터 수집계획을 쉽게 프로그램 할 수 있다는 것이다. 이에 더하여 실시간에 따른 물리량의 변화에 따라서 데이터 수집계획을 수립함으로써 장시간에 걸친 측정에 따른 데이터 저장장소 부족을 최대한 방지할 수 있다. 데이터 수집장치를 제어하는 프로그램이 그림 2 와 같이 사용자의 데이터 수집프로그램과 완전히 분리됨으로써 사용자는 오직 실험계획과 준비에만 몰두할 수 있는 또 다른 장점이 있다.

그림 2 에 제시된 C 프로그램은 본 논문에서 설계된 병렬포트 데이터 수집장치 (8 bit Parellel Port Data Logger, PPDL8)에 직접 응용된 제어 프로그램의 예이며 이 장치에 대한 설명은 다음 장에서 언급되었다. 그림에서 볼 수 있듯이 데이터 수집장치를 제어하는 프로그램은 간단한 C 의 내장함수 Int과 Outp를 이용한 병렬포트의 제어 명령어의 간단한 조합이므로 C 언어에 친숙치 못한 사용자도 쉽게 사용할 수 있다.

### 3. 병렬포트 데이터 수집장치(PPDL8)의 설계

데이터 수집장치에 필요한 가장 핵심적인 부품은

앞서 언급한 A/D converter chip 이다. 따라서 성능이 우수한 A/D chip의 선택은 데이터 수집장치 설계의 반 이상을 달성한 것과 같다. 최근 들어서 전자회로의 집적화가 가속되면서 몇 년전에는 도저히 상상이 불가능했던 우수하고 크기가 작은 A/D chip이 속속 등장하고 있다. 이런 A/D chip 들은 또한 여러 채널과 간단한 버스(bus) 구조를 채택하고 소모전력 또한 매우 작기 때문에 데이터 수집장치의 설계가 한층 간소화되었다. 또한 전자적인 접속 신호도 보통의 컴퓨터가 채택하고 있는 TTL(Transistor to Transistor Logic, Horowitz and Hill, 1990)을 채택하고 있기 때문에 컴퓨터를 이용하여 제어와 운용을 하는데도 전혀 무리가 없다. 결과적으로 데이터 수집장치를 설계하는 일은 이제 각분야에 정통한 기술자들이 그 분야의 데이터 수집계획의 특성과 상황에 맞는 독자적인 장치를 설계 제작 운용할 수 있을 정도로 진보되었다고 할 수 있다.

### 3.1 PC 병렬포트의 특성과 입력신호의 고찰

노트북 컴퓨터의 확산과 현장실험의 중요성이 증대하면서 확장장치 스톱트(add-on card slot)가

없는 노트북 컴퓨터를 이용하기 위해서 병렬포트를 인쇄용만이 아닌 다른 목적으로 쓰는 예가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 예를 들어 음성카드, 하드디스크, 스피커, 컴퓨터 연결장치등에 다양하고 효과적으로 쓰이고 있기 때문에 병렬포트의 중요성이 점점 더해지고 있다.

컴퓨터의 병렬포트를 제어하고 신호를 읽기 위해서는 PC의 BIOS(Basic Input Output System)을 직접 조작해야 한다. 보통의 PC 호환 컴퓨터에서는 컴퓨터 주소의 번지수를 16 진수로 표시할 경우에 0×378, 0×379, 0×37A가 병렬포트를 제어하고 이용하는데 관련된 번지수이다. 이러한 병렬포트의 번지수는 각각 바이트(byte)로 구성되어 있으므로 도합 3×(8 bit) = 24 bit의 정보를 이용하여 전자신호를 주고받을 수 있다. 표 1은 상기한 병렬포트의 각각의 bit의 기능을 설명한 것이다(Bergsamn, 1995).

데이터 수집장치의 설계는 우선 A/D chip의 선택으로 시작되므로 선택된 chip의 특성을 나타내는 설명서를 반드시 함께 구하여야 한다. 사용설명서의 충분한 검토가 이루어진 후에는 컴퓨터와의 접속방법을 결정해야 한다. 본 논문에서는 PC의 병렬포트를 이용하기 때문에 8 bit bus나 4 bit bus

표 1. PC 병렬포트 bit 의 기능과 역할

address	bit number	I/O	inverted	function	DB25_pin
0×378	bit1	O	n	D0	2
	bit2	O	n	D1	3
	bit3	O	n	D2	4
	bit4	O	n	D3	5
	bit5	O	n	D4	6
	bit6	O	n	D5	7
	bit7	O	n	D6	8
	bit8	O	n	D7	9
0×379	bit4	I	y	ERROR	15
	bit5	I	n	SELECT	13
	bit6	I	n	PAPER_END	12
	bit7	I	n	ACK	10
	bit8	I	n	BUSY	11
0×37A	bit1	I/O	y	STROBE	1
	bit2	I/O	y	AUTO FEED	14
	bit3	I/O	n	INIT	16
	bit4	I/O	y	SEL_INPUT	17

를 사용하는 A/D chip이면 무난하므로 앞서 언급한 ADC0809와 병렬포트는 데이터 수집장치를 구성하는 데 적절히 쓰일 수 있다. 이 두 가지 A/D chip 자체가 이미 풍부한 기능을 갖추고 있기 때문에 설계시에는 데이터의 접속방법과 매뉴얼에서 제안된 timing diagram 을 구현하는 회로가 설계의 주요한 과제이다. A/D chip 보조회로의 설계와 더불어 설계시에 특별히 노력을 기울여야 할 것은 전원장치의 설계이다(박귀태와 임영철, 1992). 보통의 경우 데이터 수집장치는 전지나 어댑터를 이용하여 직류전원을 공급받는 것으로 간주되기 때문에 입력전원의 전압과 전류의 변화가 시간에 따라서 요동하거나 하강하는 것이 통상적이다. 그러나 A/D converter 의 정확한 동작을 위해서는 항상 일정한 전압을 유지해야 하므로 보통 전지와 어댑터의 전원을 그대로 쓰면 최종 변환된 값이 부정확하게 된다. 따라서 데이터 수집장치에는 전압조정기(voltage regulator)를 설치해서 기준전압의 요동을 최소화하여야 한다. 본 논문에서 제시된 데이터 수집장치는 전체 부품의 수가 4개인 저 전력 회로이기 때문에 저 전력 직류전압조정기를 사용하여 최적화 설계를 도모하였다.

### 3.2 8 bit 데이터 수집장치(PPDL8)의 설계

8 bit A/D converter는 비록 그 분해능은 떨어지나 주어진 측정조건과 계획에 따라서는 그 효율과 경제성이 크게 증가한다. 8 bit A/D chip의 가격은 12 bit chip에 비하여 5-10 배정도 싸기 때문에 고분해능이 필요치 않은 경우에는 경제적이고 설계가 단순화되는 장점이 있다. 또한 일반적으로 분해능이 낮을수록 변환속도가 빠르기 때문에 고속으로 데이터를 측정할 때에는 상대적인 장점이 더해진다. 그림3 은 ADC0809를 이용하여 설계된 데이터 수집장치 PPDL8의 회로도이다.

그림에서 볼 수 있듯이 PPDL8은 중앙에 위치한 A/D converter chip, ADC0809 외에도 버퍼 기능과 신호의 강도를 유지시켜주는 LS244, 스위치 역할을 담당하는 HC14 그리고 전압조정기인 LM2936을 볼 수 있다. 위와 같이 간단한 데이터 수집장치도 만약 컴퓨터의 병렬포트를 이용하지 않고 독자적으로 작동할 수 있도록 설계한다면 두뇌 기능에 해당하는 마이크로 프로세서, 데이터 저장장치인 RAM 등을 추가로 설치하고 배선 또한 복잡하게 되며 전문적인 전자회로의 지식과 기계어 프로그래밍 기술이 요구되기 때문에 대부분의 경우 설계영역이 비전문가에게는 제한될 수밖에 없다. 그러나 그림 3 에서 처럼 컴퓨터의 병렬포트를 이용하면 이와 같은 모든 문제는 아주 쉽게 해결된다.

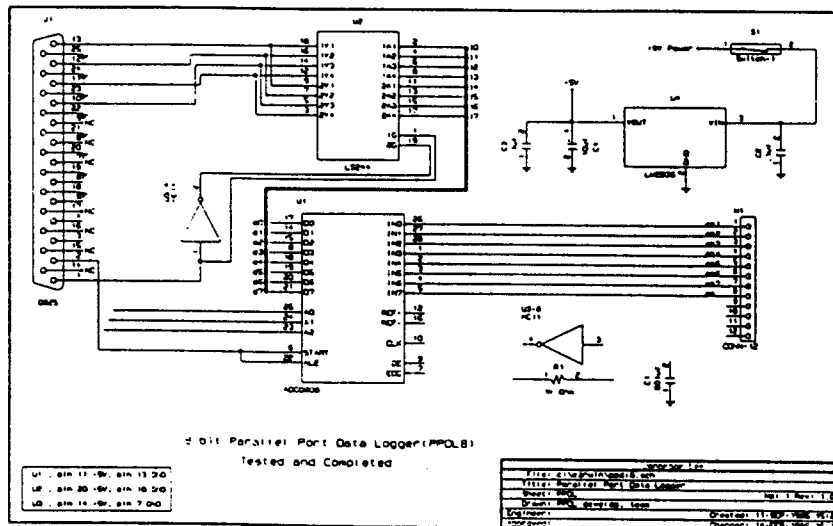


그림 3. 데이터 수집장치 PPDL8 회로도

실제로 PPDL8은 만능기판을 이용하여 납땀이나 와이어(wire) 접속법을 이용하여 제작한다. PPDL8의 제작이 끝나면 DB25 커넥터를 이용하여 컴퓨터의 병렬포트에 연결한 후 그림 2에 제시된 프로그램을 수행하여 원하는 센서의 신호를 읽을 수 있다.

#### 4. 데이터 수집장치 프로그램의 개발

하드웨어를 조작하고 외부와의 통신을 담당하는 프로그램의 개발에 있어서는 첫 번째로 선택된 프로그래밍 환경의 디버거(debugger) 기능을 살펴 보아야 한다. 왜냐하면 외부의 신호가 병렬포트에 입력되므로 병렬포트의 정보, 즉 bit 값을 수시로 검토해야 하기 때문이다. 따라서 좋은 디버거를 갖춘 프로그래밍 소프트웨어를 선택하면 설계와 테스트에 소비되는 긴 시간을 상당히 단축할 수 있다. 일 예로 마이크로 소프트사의 Quick-C와 Visual Basic 프로그램은 디버깅과 프로그래밍 환경이 뛰어나기 때문에 하드웨어를 위한 프로그램의 개발에는 물론이고 최종 운영프로그램의 작성에도 많은 장점을 갖추고 있다. 특히 Visual Basic 언어는 데이터 수집장치를 제작하는 많은 회사들이 표준으로 채택하고 있는 점에 미루어 그 효용성은 이미 입증되고 있다고 하겠다.

##### 4.1 설계와 검증시 필요한 프로그램

데이터 수집장치의 개발을 위해서는 첫째로 개발용 프로그램이 병렬포트로 직접 액세스 할 수 있어야 하기 때문에 내장된 함수 중에서 이러한 기능을 담당하는 함수(Inp(), Output())가 있는지를 살펴 보아야 한다. PC 환경에서 쓰이는 C 컴파일러는 이런 함수가 필수적이기 때문에 통상적으로 모든 컴파일러에는 이런 함수를 갖추고 있다. 그러나 Visual Basic 프로그램에서는 이 기능이 제외되어 있으므로 이를 사용할 경우에는 C 프로그램을 이용하여 라이브러리를 짜거나 별도의 패키지 화일을 설치해야 한다. 이런 패키지 화일은 쉽게 구할 수 있기 때문에 큰 어려움은 없다 (Appleman, 1993). C 나 Visual Basic이 사용자

에게 용이치 않은 경우에는 MS-DOS 에서 기본적으로 제공하는 Quick-Basic을 이용하여도 좋다. 비록 Basic은 속도가 C나 Visual Basic을 이용할 경우보다 느린 점은 있지만 하드웨어와 소프트웨어의 개발시에는 Basic 언어의 특수성(interpreter language)으로 인한 장점도 적지 않다. 설계시의 프로그램은 병렬포트를 제어하거나 읽어들이는 명령이 대부분이므로 소프트웨어의 개발은 하드웨어의 개발과 병행하여 순차적으로 그 기능을 검토하면서 진행하는 것이 바람직하다. 초기에는 사용자를 위한 GUI(Graphical User Interface) 프로그램은 하드웨어의 동작과는 상관이 없으므로 하드웨어를 제어하는 프로그램이 완전한 부프로그램으로 될 수 있도록 작성해야 GUI 프로그램을 짤 때 효과적으로 디버깅을 할 수 있다.

하드웨어 설계시에는 하드웨어 동작에 관련된 모든 매개변수(parameter)들의 값을 검토하는 것이 통상적이기 때문에 디버거의 breakpoint 선택과 watch flag 등을 이용하여 수시로 매개변수의 값을 검토할 수 있는 프로그래밍 환경을 설정해 놓는 것이 바람직하다. 앞절에서 제시된 그림 2의 프로그램은 이러한 순차적인 과정을 거쳐서 완성된 제어용 프로그램으로서 사용자가 제작한 본 프로그램에 연결시켜 그대로 사용할 수 있다.

##### 4.2 완성된 데이터 수집장치의 프로그램

하드웨어의 개발과 제어프로그램의 개발이 끝나면 사용자나 초보자를 위한 응용프로그램을 작성하는 것이 매우 바람직하다. 일반적으로 데이터 수집장치의 사용자는 데이터 수집장치에 대한 이해가 충분치 못하므로, 그래픽화면을 통하여 사용자의 이해와 편리를 도모하는 GUI는 하드웨어의 설계 못지 않게 중요한 사항이다. GUI 프로그래밍을 할 수 있는 여러 가지 프로그램들이 있으나 그중 Visual Basic 언어는 매우 독특한 방법을 채택하여 GUI를 보다 빠르고 쉽게 구성할 수 있도록 설계되어 있고 하드웨어의 테스트와 GUI 프로그래밍을 수행할 수 있어서 어느 프로그래밍 환경보다도 효율을 극대화 할 수 있다.

GUI 프로그래밍시에는 현재의 선택된 입력채널,



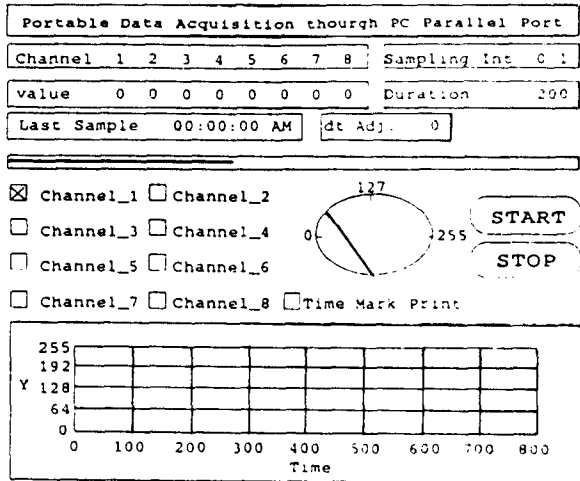


그림 4. PPDL을 위한 Graphical User Interface (GUI) 의 예

측정빈도, 기간 등을 입력할 수 있는 패널과 시간에 따른 측정된 자료의 값과 그래프를 표시해주는 것이 바람직하다. 그림 4 는 이러한 사용자의 편의를 위하여 작성된 프로그램의 예이다.

## 5. 데이터 수집장치의 응용

본 연구에서 개발된 데이터 수집장치(PPDL8)는 초고속의 데이터 수집시를 제외한 일반적인 데이터 수집계획에 그대로 응용할 수 있다. 센서의 전기적 신호의 범위가 통상 데이터 수집장치의 입력범위인 0-5 Volt 이고 센서의 출력전류가 허용범위 안에 들 때는 센서의 신호를 직접 데이터 수집장치의 입력단에 연결 사용할 수 있다. 센서의 출력이 미소하거나 보정이 필요할 경우에는 증폭, 필터회로등을 통한 후 최종적인 신호의 변화대를 데이터 수집장치의 입력 허용범위안에 들도록 하는 신호조절과정이 꼭 필요하다. 이때 많이 쓰이는 전자회로는 op-amp (operational amplifier)를 이용한 증폭회로로서 입력신호의 크기를 조절하고 동시에 데이터 수집장치를 센서의 오동작으로부터 보

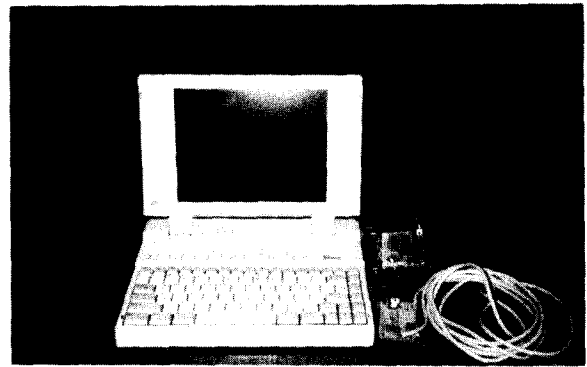


그림 5. 노트북컴퓨터에 연결된 데이터 수집장치 (PPDL8)

호하는 격리의 효과, 그리고 임피던스(impedance)를 맞추어 주는 등 다목적인 효과를 얻을 수 있다(Horiwitz and Hill, 1990). op-amp 회로는 표준화된 회로가 많이 발표되고 책으로까지 간행되었기 때문에 별 어려움 없이 설계가 가능하리라 생각된다. 여기서는 데이터 수집장치의 개발이 주목적이므로 부가적인 회로가 필요치 않은 고성능 센서를 사용하여 그림 5와 같이 노트북컴퓨터에 데이터 수집장치를 연결시켜 온도와 거리 그리고 탁도를 측정하는 응용 예를 제시하고자한다.

### 5.1 온도측정의 예

온도는 해안·해양, 넓은 호수를 비롯한 거의 모든 수공학분야에서 빈번하게 측정되고 이용되는 물리량이다. 방류수의 온도확산 문제라든지 온도차에 의해서 발생하는 밀도류, 환경문제 등을 해결하기 위해서는 측정이 꼭필요한 물리량이다.

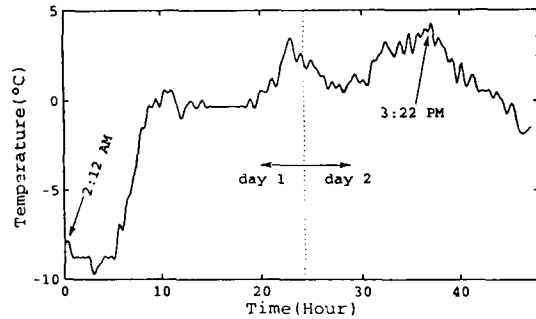
일반적으로 공학분야에서 온도측정용으로 흔히 이용되는 센서는 열전쌍(theromister) 센서이다. 사용되는 재료의 성질에 따라서 다양한 센서가 응

용되고 있으나 그 중 선형성이 뛰어난 프래티늄(platinum)을 이용한 센서가 가장 우수하다. 그러나 이러한 센서는 보통 선형성에 문제가 항상 제시되고 부가적인 신호처리회로를 구성해야하는 등 여러 가지로 불편한 점이 있다. 또 정확도와 변화 폭에 있어서도 흔히 수공학에서 요구하는 상온의 범위를 벗어나는 경우가 대부분이다. 따라서 본 논문에서는 최근에 아날로그 디바이스(Analog Device)사에서 개발된 AD11001을 이용하기로 한다. AD11001은 접속이 간단하고 값이 싸며 정확도 또한 떨어지지 않는 장점이 있다. 무엇보다도 최종 출력이 데이터 수집장치의 입력단에 그대로 입력될 수 있는 0-5 Volt의 신호이고 온도의 변화를 -50℃에서 100℃까지 측정할 수 있는 장점이 있다. 그리고 소비전력 또한 매우 적으며 반도체를 이용한 센서이기 때문에 내구성도 탁월하다(Voltage output temperature sensor with signal conditioning, 1994). 필자들의 의견은 AD11001은 상온을 취급하는 모든 경우의 온도측정 계획에 유�효 적절히 사용될 수 있으리라 사료된다. 그림 6(a)는 AD11001 센서와 PPDL8을 이용하여 이틀간에 걸쳐서 기온의 변화를 매 10분마다 측정된 결과를 도시한 것이다. 그림에서 보듯이 온도의 국소적인 변화와 일변화의 모습을 정확하게 나타내고 있다.

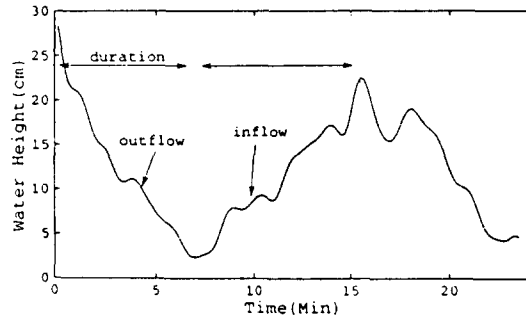
## 5.2 거리측정의 예

거리를 측정한다든지 물의 깊이를 측정할 때 흔히 쓰이는 장치는 음파거리측정기(acoustic distance meter)이다. 이러한 음파거리측정기는 센서에서 출력된 초음파(ultrasonic wave)가 메아리가 되어 돌아오는 시간을 측정함으로써 거리로 환산할 수 있다. 음파의 속도는 온도, 압력, 밀도 등 여러 가지 요인에 의해서 변하나 공기중에서는 340 m/s 내외, 수중에서는 1500 m/s 내외에서 유지된다. 흔히 해안·해양분야에서 사용되는 바닥에 설치된 초음파 파고계도 이를 이용한 것으로서 파고의 변화를 방해하지 않고 자연 그대로 기록할 수 있는 장점이 있다. 이러한 초음파 거리측정기를 실험실에서 응용할 경우에는 수조 수위 변화를 실시간적으로 읽어 낼 수 있고 그 측정속도 또한 고

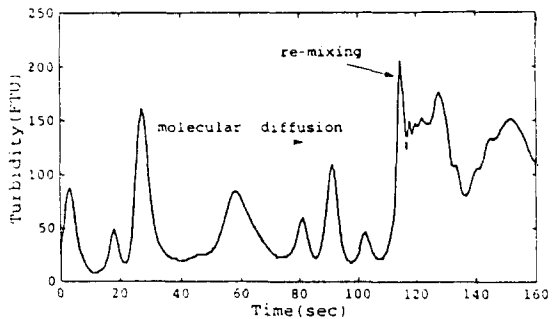
속으로도 할 수 있어 이용범위가 넓다. 본 연구에서 개발된 PPDL8의 입력채널은 8개이므로 8지점의 수위를 동시에 측정할 수 있으며, 그림 6(b)는 이러한 초음파 거리측정 센서를 이용하여 간단한 수조내 한 지점의 수위변화를 매 10초당 측정된 결과를 보여주는 응용 예이다.



(a) PPDL8을 이용한 온도변화의 측정예



(b) PPDL8을 이용한 수위변화의 측정예



(c) PPDL8을 이용한 탁도변화의 측정예

그림 6. PPDL8을 이용한 온도, 수위 및 탁도변화의 측정예

그림에서 보듯이 PPDL8은 시간에 따른 수위의 변화를 자세하게 나타내고 있다. 여기서 응용된 센서는 Polaroid사에서 개발된 센서로서 공기중에서 수면의 변화를 감지할 수 있도록 설계되었으며, 따라서 이러한 센서는 홍수시 하천의 수위를 육상에서 실시간으로 측정하는데 에도 매우 유용하게 쓰일 수 있다.

### 5.3 탁도측정의 예

부유사나 수중생물 혹은 다른 요인에 의하여 탁도가 증가하면 수중환경의 변화나 정수장으로 유입되는 원수의 질에 문제가 발생할 수 있어 수환경에 매우 민감하다. 비단 이러한 문제들뿐만 아니라 교각의 세굴문제와 관련된 유사의 이동 및 침강 등의 동적인 해석을 할 때도 탁도의 측정은 유사의 양을 추론해 낼 수 있으므로 아주 유용하게 쓰여진다. 이러한 탁도의 측정에는 탁도측정계가 많이 이용되어 왔으며 탁도측정계중 하나인 OBS(Optical Backscatter Sensor)는 광파 다이오드를 이용하여 광파를 투사한 후 검사체적(control volume) 내에 물체의 산란작용에 의한 광파손실의 크기를 읽어냄으로써 수중의 탁도를 환산해내는 센서이다. 따라서 제한 탁도까지는 scatterer의 밀도에 비례하여 탁도가 선형적으로 증가하고 이러한 탁도의 변화를 OBS는 전기적인 신호로 변화하며 이러한 전기적 신호의 변화는 PPDL8에 연결되어 실시간적으로 측정, 기록될 수 있다.

본 논문에서는 최근에 새로이 개발된 Sea Point, Inc. 의 탁도계를 이용하여 실험실수조에서 탁도의 변화를 측정하였다(Seapoint turbidity meter, 1995). 선택된 탁도계는 표준적인 출력신호대 (0-5 Volt)를 유지하면서 다양한 농도의 변화를 측정할 수 있도록 게인(gain)조절 기능이 내장되어 있어서 미지의 수중탁도도 측정할 수 있도록 설계되었다. 또한 완전한 방수기능과 취급이 간편한 이점도 있다. 그림 6(c) 은 이 탁도계를 이용하여 초기 투여된 scatterer가 확산(diffusion)에 의해서 탁도가 변화는 모습을 도시한 것이다.

## 6. 결 론

대부분의 학교나 연구소에서 실험·실측기기를 자체기술 없이 수입에만 의존한 결과, 기기의 효과적인 사용이나 사소한 고장에도 고가의 장비가 활용되지 못하거나 과대한 수리비용이 지출되고있는 토목·환경공학분야의 현실에 비추어, 이제라도 실험·실측의 중요성을 새롭게 인식하고 이 분야에 대한 독자적인 기술개발과 기술축적이 이루어져야 하며 본 연구는 토목·환경공학에 종사하는 전문연구원이나 기술자들이 데이터 수집장치를 직접 제작하고 사용함으로써 전반적인 연구의 성과와 질을 높이기 위하여 시도되었다.

여기서 개발된 PPDL8은 PC의 병렬포트를 이용하여 현장에서 간단하게 데이터를 수집할 수 있는 장치로서 누구나 손쉽게 제작하여 사용할 수 있도록 설계되었다. 이 데이터 수집장치에는 입력채널이 8개가 되어 토목, 환경분야에서 요구하는 다수의 물리량을 동시에 측정할 수 있는 길을 열어 놓았으며 개인용컴퓨터의 병렬포트를 이용하였기 때문에 노트북컴퓨터에 연결시킬 경우 전기의 공급이 어렵거나 측정환경이 나쁜 경우에도 측정이 가능하여 현장측정의 응용가능성을 제고시키고 있다. 또한 사용자가 직접 데이터 획득프로그램을 제작할 수 있고 입력되는 자료는 즉시 로터스나 엑셀 등 스프레드 시트에 입력될 수 있기 때문에 기존에 사용하던 여러 가지 보조프로그램을 아무런 어려움 없이 그대로 이용할 수 있어 그 발전가능성을 더하고 있다.

## 감사의 글

이 논문은 1995년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며 연구비 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

박귀태, 임영철 (역) (1992). IBM PC 와 센서의 인터페이스. 대영사.

- 정정화, 박민용 (역) (1990). 디지털 전자회로. 회중당.
- Appleman, D. (1993). *Visual Basic programmer's guide to the Windows API*. Ziff-Davis Press, Emeryville, California.
- Data acquisition linear devices (Databook). (1989). National Semiconductor Corp., Santa Clara, CA.
- Fraden, J. (1993). AIP handbook of modern sensors, American Institute of Physics.
- Horiwitz, P., and Hill, W. (1990). The art of electronics, 2nd ed., Cambridge University Press, Cambridge, New York.
- Bergsamn, P. (1995). "Make your PC operate as a multiple metering devices", *Microcomputer Journal*, CQ Communications Inc., Jan/Feb issue.
- Seapoint turbidity meter: User manual*. (1995). Seapoint Sensors Inc., King Stone, NH.
- Voltage output temperature sensor with signal conditioning. (1994). Analog Devices, Norwood, MA.

〈접수: 1996년 1월 12일〉