韓國海洋工學會誌 第10卷 第3號, pp.162~167, 1996. 8

◉ 論 文

마이크로프로세서 기술에 기초한 실시간 파고 계측용 용량식 파고계의 개발

김 제 윤* · 김 환 성** · 김 상 봉***

(96년 5월 7일 접수)

Development of a Capacitance-type Wave Recorder for Measuring Real-Time Wave Height Based on Microprocessor Technique

Je-Yoon Kim* · Hwan-Seong Kim** · Sang-Bong Kim***

Key Words : Capacitance-type Wave Recorder(용량식 파고계), Real-Time(실시간), Microprocessor(마이크로프로세서)

Abstract

This paper deals with an implementation method for the one chip microprocessor (8097)-based capacitance type wave recorder for a measuring real-time wave height. The system was developed to make it possible to real-time remote sensing the wave height by deploying the RS-232/422/485 communication methods. The system test results for the developed system such as linearity, system stability and robustness of the disturbance was also verified through the performance tests of the system.

Furthermore, the system was developed after due consideration with connecting the public network such as satellite mobile communication system and LAN, through the deploying VLSI(Very Large Scale Integration) design techniques.

Ⅰ. 서 론

해양개발에 있어서 기초가 되는 것은 해양 환경의 정밀한 관측이라고 할 수 있다. 특히, 해양 환경의 기본적인 정보인 파도를 계측한다는 것은 매우 중요한 일이다. 그리고 파도는 높이(파고), 주기, 진행 방향(파향), 진행 속도 등 관측되어야 할 많은 요소들을 포함하고 있다.

* 부경대학교 해양산업공학과 대학원
** 부경대학교 기계공학과
*** 부경대학교 기계공학과

실제적으로 파도에 관한 정보중에서 파고의 계측은 해양관측의 기초로써 가장 중요하다고 할 수 있다. 이 파고의 계측을 위한 장치로는 수압형(pressure-type), 초음파형(ultrasonic-type), 마이크로파형(microwave-type), 전극형(probe-type) 파고계 등 여러 가지가 선진국에서는 이미 많이 개발되어 있고, 최근에는 자이로와 초음파센서를 결합한 파고계가 개발되어 선박이나 실해역에 많이 사용되고 있는 실정이다[1) 2)]. 그러나 우리 나라의 경우에는 3면이 바다로 둘러 쌓여 있어 해양개발의 중요성을 인식하면서도 경제성과 수익성의 관계로 인해 해양계측장치의 개발은 다른 선진국에 비해 많이 뒤떨어져 있는 실정이다.

본 논문에서는 파고 계측기 중에서 높은 주파수의 파고가 측정 가능하며, 오차율이 적으며 실험실이나 연구소 등에서 실험 장치용으로 널리 사용되고 있는 용량식 파고계를 개발 대상으로 하여 파고계의 센서와 드라이브를 개발하였다. 또한 간편하게 휴대하면서 신호처리가 가능할 뿐만 아니라 PC와도 결합하여 실시간적으로 원거리에서 데이타 처리 가능한 복합형 파고계를 단일 칩 마이크로프로세서 기술과 RS-232C/422/485 통신기술에 기초하여 개발하였다. 그 특징으로서는 근거리 및 원거리의 다점 데이타를 수 msec 시간 단위의 샘플링마다 실시간적으로 처리가 가능하며, 장시간 인력사용없이 데이타 처리가 가능하도록 소프트웨어를 개발하였다.

II. 본 론

1. 시스템의 구성

용량식 파고계의 전체 하드웨어는 데이타 수집 및 그래픽 처리용의 486급 PC, 용량식 센서, 센서 드라이브, 그리고 센서 드라이브의 아날로그 신호를 처리하는 단일칩 마이크로프로세서(16bit 8097BH)로 구성되어 있다.

센서에 의해 측정된 파고는 센서 드라이브를 통해서 전기적 신호로 변환되고, 마이크로 컴퓨터(8097BH)에 의해서 파고를 계산하게 된다. 마이크로 컴퓨터는 이 값을 RS422/485통신에 의해 PC로 전송하고, 동시에 자체의 LCD 출력장치를 통해 실시간적으로 데이타를 디스플레이 한다. 데이타 및 그래픽 처리용 PC는 여러 대의 마이크로 컴퓨터와 다중 RS422/485통신을 함으로써 여러 곳에 설치된 센서로부터 파고의 정보를 받아서 저장하고 그래픽을 행한다.

Fig. 1은 한대의 PC와 다수의 파고 센서로부터 데이타를 수집하는 통신 네트워크의 기본적인 레이아웃을 나타내고 있다. 여기서, PC와 다수의 단일칩 마이크로 컴퓨터간에는 RS422/485 통신을 이용한 다중 통신이 이루어지게 된다.

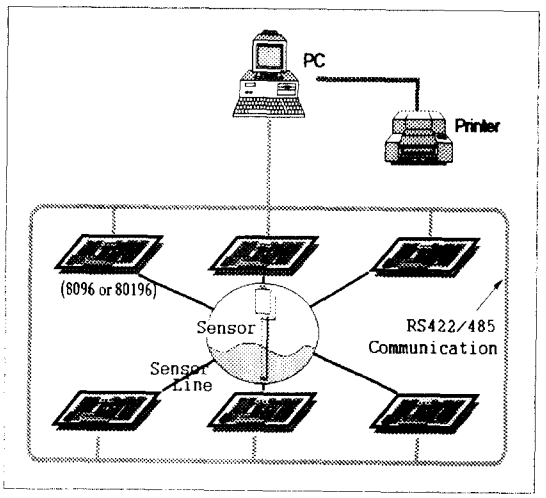

Fig. 1 System layout for communication network

본 장치에 사용된 16bit 8097BH 마이크로프로세서의 기능은 몇 개의 부분으로 나누어 질 수 있는데, 16bit CPU 부분과 프로그램이 가능한 고속 입출력 유닛(High Speed Input/Output Unit), 아날로그를 디지탈로 바꾸는 A/D 변환기, 직렬통신 포트, 그리고 디지탈 신호를 펄스폭 변조(PWM : Pulse Width Modulation)로 변환해 주는 PWM포트를 내장하고 있다. 또한 소자의 전체 동작을 지원하고 클럭 발생기 등의 부분과 프로그램이 가능한 I/O등이 있다[3),4)]. Fig. 2는 마이크로 컴퓨터의 기능을 도식화하여 센서 드라이브와 PC와의 결합을 보여주고 있다.

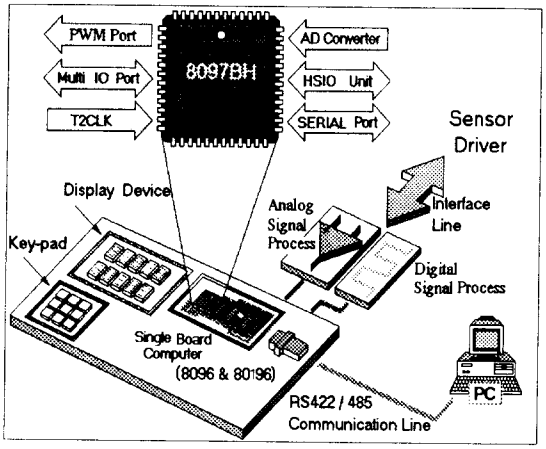

Fig. 2 Schematic diagram of 8096

본 장치에서 마이크로 컴퓨터는 센서로 부터의 전기적인 신호를 인식하기 위한 10bit의 A/D 변환 기능과 보정(calibration)을 위한 Key 입력포트, PC와의 데이타 통신을 위한 기능(422/485 통신 이용), 그 외 파고를 계산하기 위한 연산 기능과 계산된 파고 및 현재의 작업 상황을 표시하는 LCD(Liquid Crystal Display)의 출력 기능이 사용되고 있다.

2. 용량식 파고계의 원리

본 장치의 전기용량식 파고계(capacitance-type wave recorder)는 전극형파고계(probe-type wave recorder)일종으로써 피복선을 사용하여 도선과 해수 사이의 정전용량의 변화를 검출해서 파도의 높이를 측정하는 가변 콘덴서의 원리를 이용한 장치이다. 그림 Fig. 3은 용량식 파고계의 원리를 간략화하고 있다.

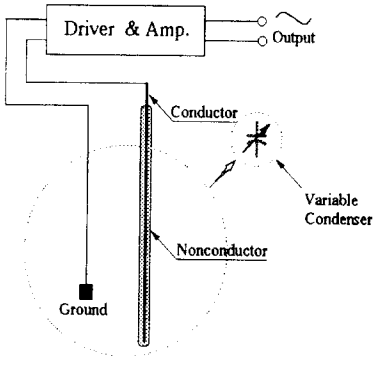

Fig. 3 Theory of capacitance-type wave recorder

콘덴서의 정전용량은 두 전극간 거리와 두 전극의 면적 그리고 전극 사이의 유전체에 의해 결정된다. 용량식 파고계는 전극의 거리는 일정하므로 두 전극 사이의 유전체의 유전율과 전극 면적에 의해서 두 전극 사이의 정전용량이 변화하게 된다.

정전용량 C 는

$$C = \frac{\varepsilon}{d} s \text{ [Coulomb]}$$

ε : 유전율

d : 전극간 거리

s : 전극 면적

으로 된다. 여기서, 유전율은 두 전극 사이의 유전체에 의해 결정되는데, 공기가 약 1인데 반해서 물은 78 정도의 값을 가진다. 따라서 공기에 비해서 물의 유전율은 대단히 높은 편이므로 물이 전해질이 되었을 경우 거의 도통 상태가 되기 때문에 두 전극은 절연되어야 한다. 교류전류를 인가할때 콘덴서 저항, 즉 임피던스는

$$Z_c = \frac{1}{j\omega C}$$

여기서

$$\omega = 2\pi f$$

f : 입력전원의 주파수

으로 되므로 정전용량과 임피던스 사이에는 반비례의 관계를 가지므로 정전용량이 커지게 되면 임피던스는 작아지게 된다. 센서의 내부구조는 고정 콘덴서와 가변 콘덴서, 즉 센서에 의해서 분압되기 때문에 임피던스의 변화는 전압의 변화로 검출되어 이 전압의 변화로부터 쉽게 파고를 측정할 수 있게 된다.

3. 센서 드라이브

본 장치에 있서 드라이브는 크게 사인파 발생부(sine-wave generator)와 실효치(RMS : root mean

square) 변환회로로 구성되며, 그 외 노이즈 필터 회로, 비례증폭 발진기, OP Amp를 결합하고 있다. 사인파 발생부에서 만들어진 사인파는 센서에 인가되고 센서의 임피던스 변화에 따라 검출되어지는 전압이 노이즈 필터와 비례증폭 발진기를 거쳐 실효치 회로에서 실효치로 변환된다. 이 값은 다시 증폭기에서 증폭되어 단일 칩 마이크로 컴퓨터의 아날로그 입력부로 입력되어 파고를 계산하게 된다. Fig. 4는 센서 드라이브의 구성도이다.

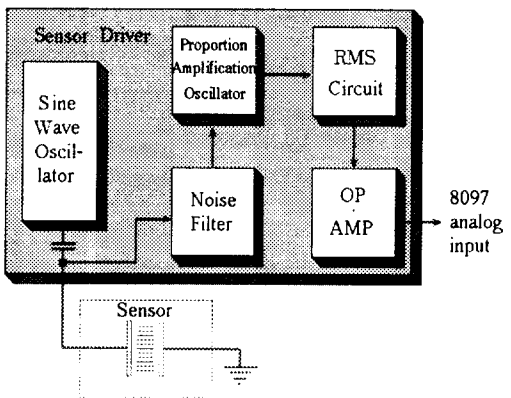

Fig. 4 Construction diagram of sensor driver

위의 그림에서 알 수 있듯이 센서는 하나의 가변 콘덴서로써 고정 콘덴서와 직렬로 연결되어 전압분배의 원리에 의해 센서의 콘덴서 용량의 변화는 전압의 변화로 변환되고 있다. 또한, 본 방식의 도입으로 인하여 센서의 한 극을 접지 함으로써 용량식 파고계의 중요한 문제점 중의 하나인 센서간의 간섭를 해결할 수 있다.

센서 드라이브의 최종 출력치는 0~5V이내이고, 이 출력치의 아날로그값이 마이크로 컴퓨터의 입력 채널로 입력되어 파고를 계산하므로 수위에 대한 마이크로 컴퓨터에서 계산된 용량식파고계의 최종 분해능 W_h 는

$$W_h = \frac{C_l}{2^{10}} \text{ [mm/bit]}$$

이다. 단, C_l는 센서의 길이[mm]를 나타내며, 분모의 2^{10}은 본 장치에 사용된 마이크로 컴퓨터에 내장된 10bit A/D 변환기의 분해능을 나타낸다.

4. 소프트웨어의 구성

4.1 8096 마이크로 컴퓨터 측의 프로그램

앞 장에서 언급한 바와 같이 마이크로 컴퓨터의 프로그램은 크게 A/D Converting, Calibration, 파고 계산, LCD 출력, PC와의 통신 부분으로 나누어진다. Fig. 5는 마이크로 컴퓨터부의 Flow chart를 나타낸다.

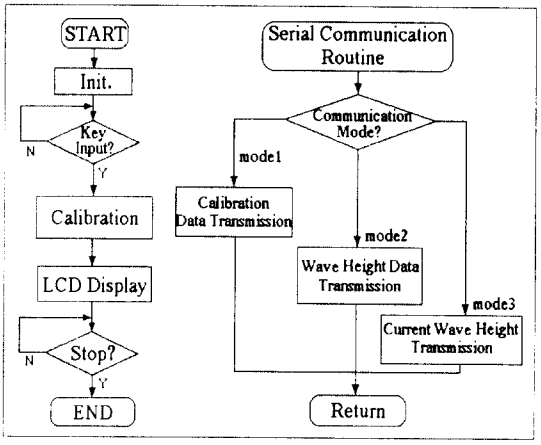

Fig. 5 Flow chart of 8096 program

4.2 PC 측의 프로그램

PC측의 프로그램은 8096측의 통신 부분과 데이타의 그래픽, 데이타의 저장으로 나누어진다. Fig. 6는 PC측의 Flow chart를 나타낸다.

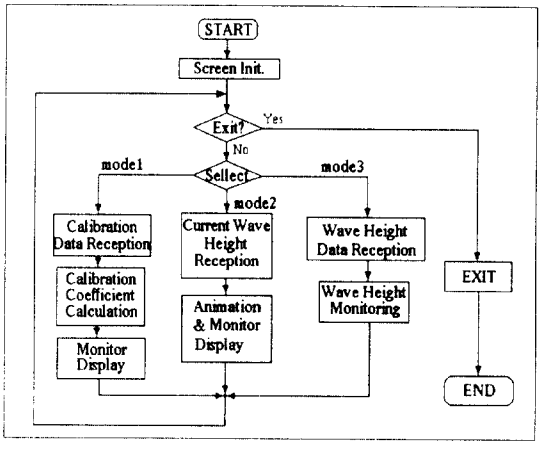

Fig. 6 Flow chart of PC program

5. 실험 및 결과

5.1 실험 방법

본 장에서는 센서의 성능 검사를 위하여 센서를 조파기가 설치된 수조에 설치하고, 안정성과 선형성 및 간섭에 대한 실험을 하였다. 실험에 사용된 센서의 전체 측정 길이는 35cm이다. 본 장치의 유효성을 검증하기 위하여 3가지의 기본적인 실험이 행해졌다. 첫째 센서를 임의의 지점에 고정하고 잔물결이 완전히 없는 상태를 유지하면서 장시간동안(약12시간) 파고를 측정하였다. 둘째로 선형성을 관찰하기 위해서 센서를 약 2cm간격으로 등분하고 각 지점의 센서 출력값을 측정하였다. 마지막 실험으로 센서의 간섭에 대한 특성을 시험하기 위하여 5개의 센서를 한 수조에 설치하여 실험을 하였다. 3개의 센서(Ch3, Ch4, Ch5)는 설치시 최소의 간격(센서 드라이브간에 접촉)으로 하였고, 나머지 두개의 센서(Ch1, Ch2)는 인위적으로 수직 상하 운동을 시켜 실험을 행하였다.

5.2 실험 결과

Fig. 7은 약 16시간 동안 시간의 경과에 따른 센서의 안정성 실험을 행한 결과를 나타내고 있다. 그림에서도 알 수 있듯이 센서의 정점 안정성은 오차율 약 0.8%이내로 만족할 수 있는 결과를 보여주고 있다.

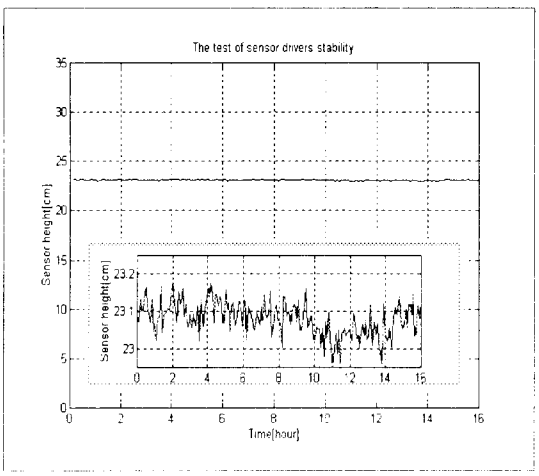

Fig. 7 Experimental result for sensor stability

Fig. 8은 센서의 선형성 실험의 결과를 도표에 나타내고, 그 데이타를 MATLAB 소프트웨어를 이용하여 피팅한 결과를 보여주고 있다. 이 실험에서 측정시의 오차를 감안하여 보면 선형성에 대해서 충분히 보장됨을 알 수 있다. 이 실험에 의한 피팅 결과의 수식은 다음과 같이 주어진다.

$$y_s = 0.9064x_{vout}^2 + 2.7798x_{vout} - 1.2647$$

여기서,

y_s : 파고의 높이

x_{vout} : 파고에 대한 센서의 아날로그 출력

이다.

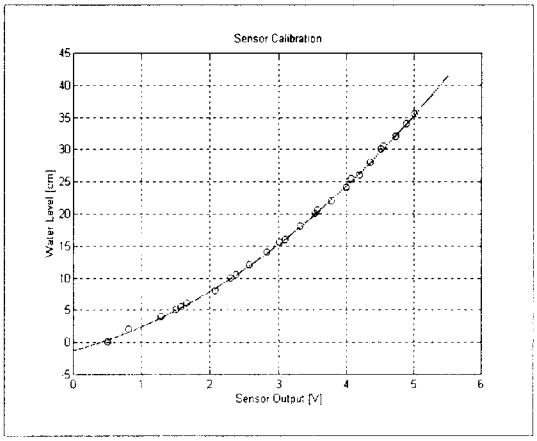

Fig. 8 Experimental result for sensor linearity

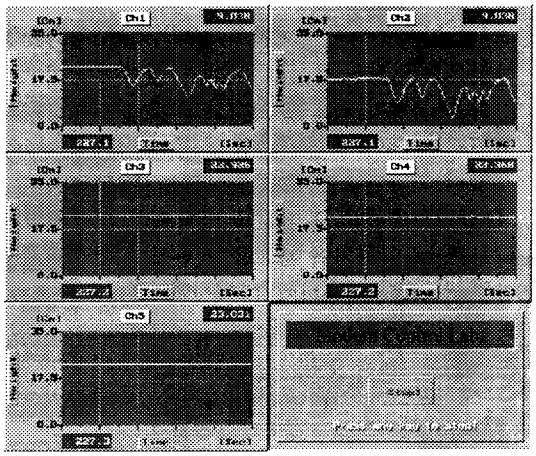

Fig. 9 Experimental results for multi sensors under wave generation

Fig. 9는 간섭에 대한 센서의 특성실험을 다지점에 대해 실시간으로 데이타 처리한 실험결과이다. 센서를 설치시 최소의 간격(센서 드라이브간에 접촉 시킴:약 4cm)으로 하여 실험해도 거의 간섭현상이 일어나지 않는 것을 확인했으며, 특히 센서를 접촉시켜도 거의 간섭현상이 일어나지 않았다. 이 실험을 통하여 간섭문제에 대한 우려는 완전히 배제할 수 있었다.

Fig.10은 1대의 측정장치로 조파기에 의해서 만들어진 파고를 실제로 측정하여 모니터링한 결과를 보여준다.

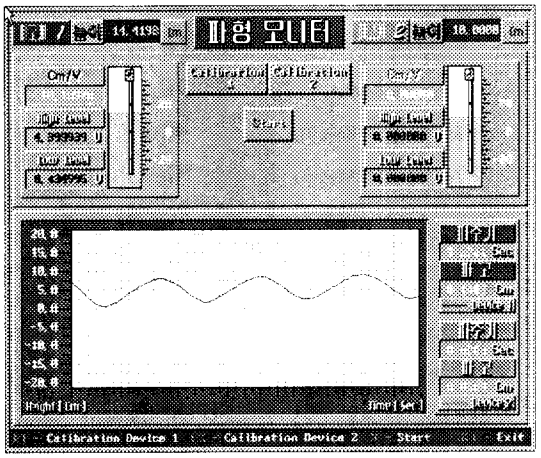

Fig. 10 Experimental result for single sensor under wave generation

Ⅲ. 결 론

본 논문에서는 실험장치나 연구실에서 사용하기 편리한 용량식 파고계를 개발하였으며, 단일 칩 마이크로 컴퓨터와 PC를 기본으로 하여 여러 곳의 데이타를 실시간적으로 처리할 수 있는 측정 장치를 개발하였다.

본 장치를 도입함으로써, 종래의 방법에 비해 노력을 경감시킬 뿐만 아니라, 실시간적으로 다점 데이타 처리를 RS232C/422/485 통신으로 실현함으로써 원거리 통신이나 고정확도의 데이타 처리를 가능하게 하였다.

마이크로 컴퓨터 기술을 기반으로 하여 개발되었으므로 근거리 지역의 유선통신 또는 특정 지역의 무선통신으로 인한 데이타를 처리가 가능하며, 또한 설치 장소에 구애됨이 없이 실시간 데이타 수집이 가능하다. 앞으로 무선통신(무선 LAN)을 이용하여 데이타를 수집할 수 있는 시스템을 구성하는 것이 향후 과제로 남아 있다.

후 기

이 논문은 1995년도 한국과학재단의 산학협력과제 지원비에 의하여 연구된 결과의 일부임을 밝혀두며, 이에 관계자 여러분께 감사의 말씀 드립니다. 아울러, 본 계측기의 개발과 실용화를 위해 적극적인 지원을 해주신 한국기계연구원 선박·해양공학연구센터 해양기술연구부의 여러 연구원들님께도 감사의 말씀 드립니다.

참 고 문 헌

1) 柳田博明 編, 金榮海 譯, "센서尖端技術 -센서材料와 시스템의 高度化-", 機電硏究社, 1993
2) 레귤레이터센터 硏究會 編, 編輯部 譯, "센서의 作用과 最適利用", 機電硏究社, 1993
3) 나종래, 문세홍, 유영재, "인텔 8096 구조와 설계", Ohm사, 1991
4) 김경환 외 6명, "16비트 마이크로프로세서 응용 및 실험", 홍릉과학 출판사, 1988
5) 김상봉, 김환성, "메카니칼 시스템에 One-Chip 마이크로 컴퓨터의 응용", 한국박용기관학회지, 제16권, 1호, 1992
6) 강호원, 이성호, 김재윤, 정석권, 김상봉, "양어장 자동화 시스템의 개발. 1. 모형 수조를 중심으로", 한국수산학회지, 제28권, 제3호, 1995
7) 강호원, 이 욱, 이성호, 김진호, 김상봉, "선박 자동화를 위한 멀티 컴퓨터 시스템의 구성", 한국해양공학회 춘계논문발표회, 1994
8) 이 욱, 강호원, 김상봉, "선박 ISC 시스템의 소프트웨어 및 하드웨어의 구성", 한국해양공학회 추계논문발표회, 1994