

300m급 수중ROV 개발에 관한 연구

이 종 식* · 이 판 목* · 이 종 무* · 홍 석 원**

(1993년 12월 20일 접수)

A Study on Development of 300m Class Underwater ROV

Jong-S. Lee* · Pan-M. Lee* · Chong-M. Lee* · Seok-W. Hong*

Key Words : ROV(수중무인탐사기), Surface unit(수상제어기), Underwater Vehicle(수중탐사기), Thruster(추진기), Tether cable(테더케이블)

Abstract

A 300 meter class ROV(CROV300) is composed of three parts : a surface unit, a tether cable and an underwater vehicle. The CROV300 control system consists of a surface controller and a vehicle controller. The vehicle controller is based on two processors : an Intel 8097 - 16-bit one chip micro-processor and a Texas Instruments TMS320E25 digital signal processor. In this paper, the surface controller, the vehicle controller and peripheral devices interfaced with the processors are described. These controllers transmit/receive measured status data and control commands through RS422 serial communication. Depth, heading, trimming, camera tilting, and leakage signals are acquired through the embedded AD converters of the 8097. On the other hand, altitude of ROV and obstacle avoidance signals are processed by the DSP processor and periodically fetched by the 8097. The processor is interfaced with a 4-channel 12-bit D/A converter to generate control signals for DC motors and several transistors to handle the relays for on/off switching of external devices.

1. 서 언

CROV300은 해저를 감시관찰하는 것이 주요 목적으로, 지정된 궤도를 추적하면서 해저정보를 실시간으로 수상에서 관독할 수 있어야 한다. 본 연구에서 개발한 ROV는 소나를 이용하여 해저의

측위 및 지형정보를 얻고자하므로, 실시간으로 수상에서 관독할 수 있도록 DSP 프로세서를 장착한 제어기를 개발하였다. 수심신호나 방위각신호, 횡경사각신호 혹은 주변장비의 구동명령신호 등은 소나와 같은 고속의 신호처리를 요구하지 않으므로 범용의 컨트롤러를 이용하여 ROV제어기를 구성하는 것이 바람직하다. Fig. 1은 개발된

* 한국기계연구원 선박·해양공학연구센터 해양기술연구부

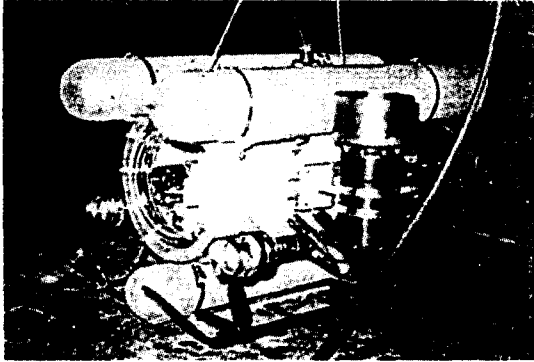


Fig. 1 CROV300 : a 300m class ROV

CROV300의 수중탐사기를 보여주고 있다.

마이크로프로세서가 내부의 로직 시퀀스에 의하여 명령어(Instruction Code)를 읽고, 해석하며, 이 결과에 따라 제어 로직을 진행하는데 반하여 마이크로컨트롤러를 마이크로프로세서의 기능과 그밖에 수반되는 범용적 주변기능(메모리, I/O포트, 카운터/타이머 등)외에 특수기능(A/D, PWM 등)까지를 단일 패키지로 일원화한 것을 의미한다. 마이크로컨트롤러의 가장 큰 특징은 레지스터 제어방식인데, 이는 모든 기능들이 레지스터를 기초로 하여 수행되며, 따라서 소프트웨어의 개발도 간단하게 진행될 수 있다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 A/D변환기가 내장된 8096계열의 16비트 단일 칩 프로세서인 8097을 이용하여 CROV300 수중탐사기의 컨트롤러로 사용하였고, 기존의 사용 경험이 있는 TSM320E25 DSP 프로세서를 이용하여 소나신호를 고속으로 처리할 수 있는 이중 프로세서구조의 제어기를 개발하였다. 본 연구에서는 두 프로세서의 특성에 관하여 설명하고 설계된 ROV제어기의 하드웨어구조 및 주변 인터페이스된 기기에 대하여 기술하였다.

2. 시스템 사양

본 시스템은 주요기능을 수심 300m까지의 해역에서 카메라를 이용한 조사로 하였다. 전체 수중작업시스템은 크게 수상제어기(SU), 수중탐사기(Vehicle), 테더케이블 및 데이터 수신기로 Fig.

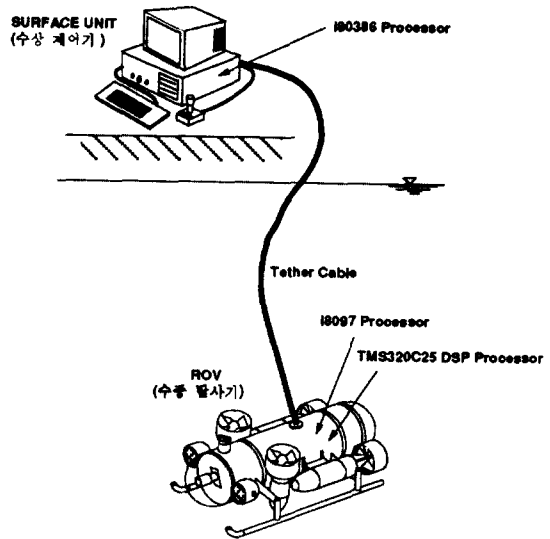


Fig. 2 Organization of CROV300

2와 같이 구성하여, 기능을 분산하였다. Fig. 3은 개념설계로 결정된 외형을 보여준다. 이 외형에 따른 크기는 Table 1에 표시하였다.

Table 1. Main Particulars of CROV300

Item	Dimension
Material	Aluminum, Acryl
Weight in Air	77.5kg
Weight in Water	about 0.0kg
length of ROV	850mm
Width of ROV	730mm
Height of ROV	500
Main Hull Length	655mm(60 + 500 + 95)
Main Hull Dia.	300mm
No of thruster	Horizon. 2, Vertical 2
Tether Length	400m
Tether Diameter	12mm
No. of Sig. Line	12pin
No. of Bnoy. Module	Upper 2, Lower 1

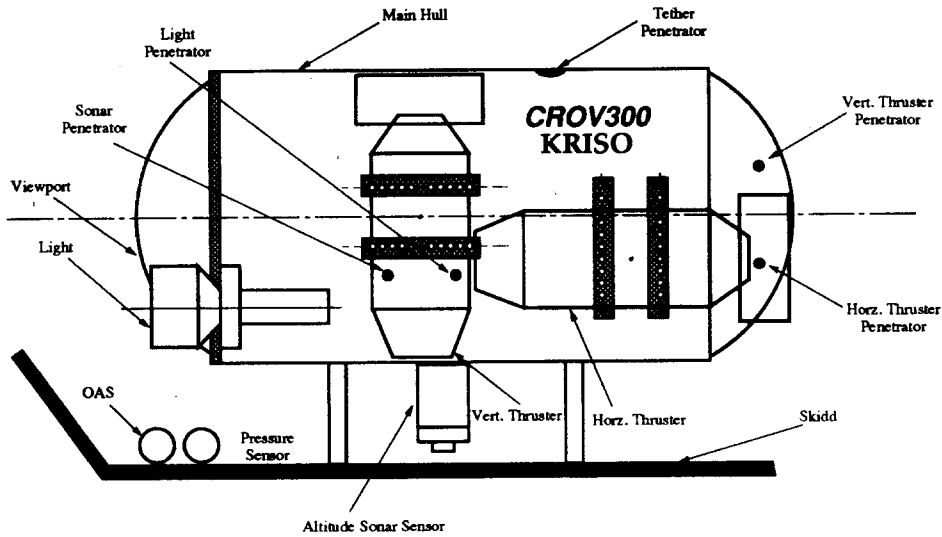


Fig. 3 Conceptual Design of CORV300

- 주 실린더형 본체
- 추진기 및 D/C 모터제어기 : 임무수행에 직접 관계되는 추진기는 4개의 추진기(수직추진기 2개와 수평추진기 2개)에 의하여 3자유도(전후, 상하, 수평면내 회전)를 갖게 하였다.
- 탐사용 칼라 비디오카메라 : 수중영상시스템은 수중에서 자동초점기능, 줌 기능 및 자동노출 기능을 갖춘 비디오 카메라가 설치되었다.
- 측위용 소나 센서와 트랜스미터 2개
- 선수각 계측용 마그네틱 컴퍼스 ; 컴퍼스는 수중작업시에 해양구조물과 같은 자성체의 영향을 받지 않는 자이로컴퍼스방식이 바람직하나, 공간의 여유와 비용등을 고려하여 모형시험에 적합한 자속 게이트 방식의 마그네틱 컴퍼스를 사용하였다.
- 250W 인공조명등 2개
- 전원 변압기
- SU와의 신호 통신 시스템
- 잠수 및 부상시의 자세조정용 중심이동(Weight Moving)시스템
- 기타 부 시스템을 운용 관리하는 마이크로프로세서
- 중성부력/복원력 조절용 부력재 모

3. CROV300의 수상제어기 설계

3.1 주 제어기

수상의 제어기는 CROV300을 운용하는 총괄시스템으로 다음과 같은 작업을 수행할 수 있어야 한다.

- 작업조건 및 추진기의 이득조정 기능
- 수중탐사기와 수상제어기간의 통신
- 수중 비디오카메라 신호의 화상신호처리
- 수중 작업현황 및 ROV 상태의 가시화
- 전원공급, 위험경보장치 및 자동차단장치

본 하드웨어시스템은 실용화시 고려되어야 할 사항인 탑재장비의 소형·경량화, 장거리신호전송에 대비한 데이터 통신방식 및 수상제어기와 ROV를 연결하는 테더케이블의 간결화 등을 구현하기 위한 개념으로 설계되었다. Fig. 4는 개발된 CROV300 종합시스템의 개략도를 나타내며, 그림의 상단이 수상제어기를 나타내는 부분이다.

수상제어기의 주 CPU는 산업용으로 시판되는 인텔 80386DX 보드를 슬롯에 연결하여 제작된 소형의 시스템으로서, 통신을 위한 시리얼포트,

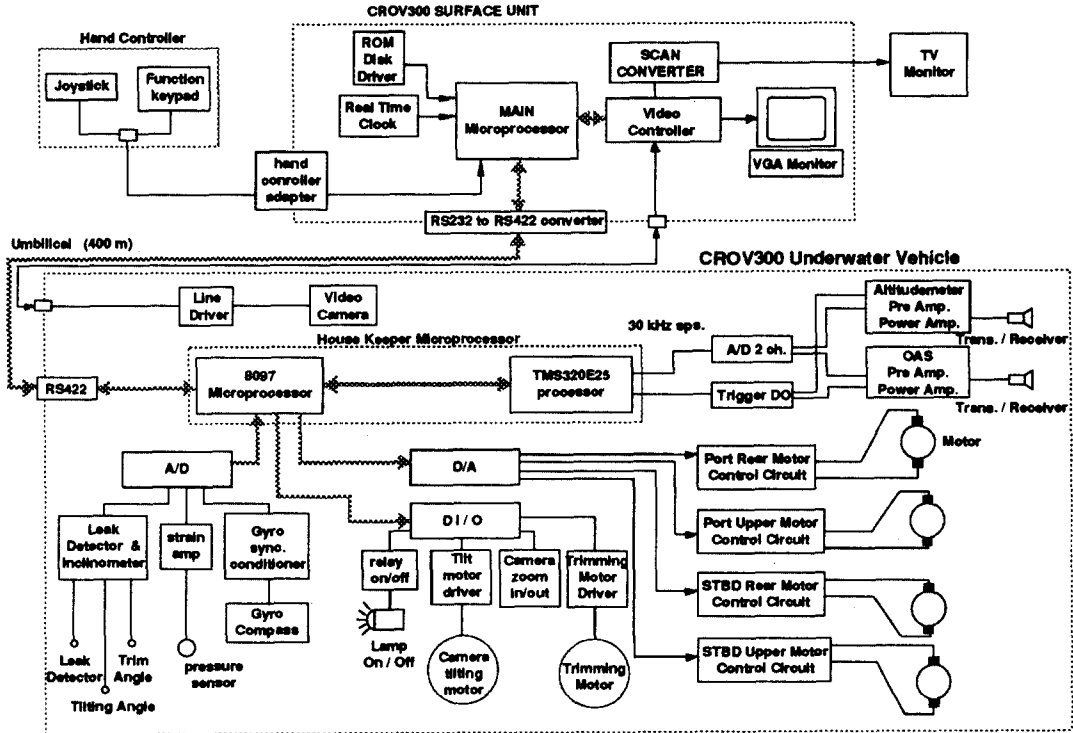


Fig. 4 Schematic Diagram of the CROV300 System

수제어기 인터페이스용으로 개조된 게임카드, ROM 디스크 드라이브용 카드를 확장슬롯에 연결하여 수상 주제어기를 구현하였다. 모니터는 일반 VGA 모니터(640×480해상도)를 사용하였고 이를 위하여 VGA카드를 슬롯에 연결하였다. 수중비디오 신호를 VGA 모니터에 화상신호 처리하기 위하여 서두미디어의 비디오드림(Video Dream)을 사용하였으며, 이를 위한 멀티미디어카드가 슬롯에 연결되었다. 따라서, 확장슬롯은 CPU 보드를 포함하여 6개를 필요로 한다.

주제어기의 제어명령 입력은 수제어기(Hand Controller)를 통하여 이루어진다. 수제어기는 키보드제어기와 게임포트를 조합하여 소형으로 구성하였다. 또한 수중의 비디오 신호와 VGA 그래픽신호가 혼합되어 처리된 디지털화상을 VCR에 녹화할 수 있도록 비디오 스캔컨버터를 설치하였고, 출력단자를 컨트롤 패널에 설치하여 BNC 커넥터 연결가능하게 제작하였다.

3.2 수제어기

수제어기는 기능선정을 위한 키패드와 추진기 제어명령을 위한 조이스틱부분으로 구성되어 있다. 기능선정 키패드는 IBM PC의 키보드 컨트롤러를 개조하여 제작하였다. 기능 키패드에는 128 바이트 RAM 8-비트 마이크로컨트롤러인 8049 AH가 설치되어 있으며, 6MHz의 크리스탈이 클럭을 제공하고, EPROM 2764가 74373레치를 통하여 연결되며, 3-8 디코더 74138이 2개 연결되어 키 매트릭스를 디코딩하게 된다. 수제어기에는 13개의 기능선정 보턴키가 설치되어 있다. IBM PC의 기능키(Function Key)와 특수키를 이용하여 키패드를 제작하였으므로, 필요시에는 일반 키보드를 연결하여 수상제어기를 범용 PC처럼 사용할 수 있다.

수제어기에는 추진기 제어명령을 입력할 수 있는 조이스틱이 설치되어 있다. 이 조이스틱은 3축제어용 조이스틱으로 x-전진방향 y-횡진방향

및 z-회전방향으로 제어 명령을 지령할 수 있으나, 본 연구의 ROV에서는 횡진이 불가능한 구조이므로 x-방향과 z-회전방향을 사용하였다. 사용된 조이스틱은 최대 저항값이 10k Ω 이다. 0-10k Ω 사이의 값의 변동전압을 IBM PC 호환의 게임포트에서 측정하게 된다. 이 게임포트는 LM558 Quad Timer를 이용하여 수제어기의 조이스틱 저항값을 주기로 바꾸어 PC에서 판독하는 구조이다. 조이스틱 입력의 변동에 의한 해상도가 0-255비트가 되도록 내부의 저항값과 콘덴서를 조정하였다.

3.3 그래픽-비디오 인터페이스

수중의 NTSC 방식의 화상신호와 수상제어기의 VGA 그래픽 화상의 혼합을 목적으로 서두미디어(주)의 비디오드림을 구입하여 설치하였다. 이 비디오드림의 주요 기능은 다음과 같다.

- VGA 모니터 상에 동영상과 그래픽/문자결합 기능
- 디지털이징 된 화면의 캡취기능 및 파일링
- 소프트웨어적인 화면조정

비디오드림은 비디오 RAM 부분, 윈도우 제어 부분으로 구성되어 있다. 본 연구에서는 비디오 신호와 VGA신호의 혼합기능이외에, 혼합된 VGA 신호를 다시 NTSC신호로 변환하는 스캔컨버터를 설치하였다.

3.4 통신포트

수중탐사기는 수심 300m에서 작업을 수행해야 하므로 적어도 400m의 테더케이블을 필요로 하며, 따라서 RS232C와 같은 통신방식으로는 불가능하므로 RS422방식을 이용하는 것이 타당하다. RS422방식은 100Kbps의 전송속도를 가지면서 최대 1.2Km의 거리에서 통신이 가능한 방식이다. 한편, 수상제어기와 일반 범용 PC와의 통신을 위해서는 RS232C 방식을 이용하는 것이 편리하다. 따라서, COM1 포트는 ROV와의 통신용으로 사용되며 이를 위하여 RS422 방식으로 다시 변환하는 컨버터를 설치하였고, COM2 포트는 범용 PC와의 통신용으로 RS232C 방식으로 통신 가능하다.

주제어기의 COM1 포트로부터의 Null Modem 방식의 Rx, Tx, GND 신호를 받을 수 있는 MAX 232C, 수중탐사기의 RS422포트와 연결되는 Rx⁺, Rx⁻, Tx⁺, Tx⁻를 주고받을 수 있는 Dual Differential Line Driver, Receiver인 9638, 9637 IC를 이용하였다. 통신 스피드는 9600bps로 고정하였다. 수중탐사기와 수상제어기의 통신은 비동기방식을 이용하였으며, 통신오류에 의한 오동작을 방지하기 위하여 CRC방식을 이용, 통신 데이터를 점검하도록 했다.

3.5 디지털출력

누수방지를 위한 마그네틱 브레이크를 구동하기 위해서 수상제어기에 디지털 출력을 할 수 있는 기능을 필요로 한다. 본 연구개발에서는 별도의 디지털 출력보드를 이용하지 않고 기존 보드-게임용 조이스틱 보드에서 버스라인과 컨트롤 신호를 뽑아내어 구현하였다. PC의 어드레스버스(AD2, AD5-Ad9)와 어드레스버스 중 AD3와 AD4가 OR 게이트 된 게임포트 중간의 라인을 이용하여 번지수를 지정하였다. 일반적으로 많이 사용되는 오픈콜렉터 타입의 8비트 콤포레이터 74688을 이용하였으며, 이용된 번지수는 0 \times 205-0 \times 207번지 중 아무 번지나 "0" 혹은 "1"을 포트출력하면 된다. 출력신호의 유지를 위하여 7474 D-플립플롭을 이용하였다. 누수가 발생하지 않은 정상작동시에는 "0"이 출력되며, 누수발생시 "1"이 출력된다.

4. 테더케이블

CROV300에 사용된 테더케이블은 네덜란드의 De Regt Special Cable사의 IC-009-12 수중케이블로서 10Line으로 구성되었다. 비디오 신호 전송용 동축케이블(2 Lines : 신호선, GND), 440V 전력공급용 전선(2 Line : AC⁺, AC⁻), 통신용 Twisted Pair Lines(5 Lines : Rx⁺, Rx⁻, Tx⁺, Tx⁻, Shield), 스페어 라인(1 Line)

비디오 신호용 동축선의 전기적 특성은 다음의 Table 2와 같다.

Table 2. Spec. of the Tether Cable

Compo.	Capac.	Imped.	Attenuation	
	at 1KHz	at 100KHz	(dB/100m)	
Calculated	68	75	3.4	5.7
Actual			7.2	11.0

또한, 동축선의 직류저항은 $72\Omega/100m$ 로 상당한 수치를 나타내었다. 표에서 보는 바와 같이 400m 테더케이블을 이용함에 있어 비디오동축선을 비디오앰프 없이 사용하는 것은 무리한 일이다. 따라서, 비디오앰프를 ROV내에 내장하고 수상제어기에도 신호증폭을 위한 비디오앰프가 필요하다. 본 연구에서 사용한 비디오 신호처리용 미디어 보드가 어느 정도의 신호 최적증폭기능이 있었으므로 케이블의 임피던스를 튜닝함으로써 신호를 개선시킬 수 있었다. 본 연구에서 수중탐사기에 비디오 신호증폭용앰프를 설치하여 테스트를 수행하였으나, 앰프설치시에 고역은 상당히 개선되는 반면에, 카메라 전면에서 물체가 급격히 이동할 경우에 화면의 떨림이 존재하여 본 연구에는 앰프를 사용하지 않았다.

트위스트페어 신호선 및 전력선의 전기적 특성은 다음 Table 3과 같다.

Table 3. Spec. of Power Signal Line

Components	R_cond	R_ins	R_ins
	Ωkm	$500VDC$ $M\Omega * km$	$500VDC$ V
Signal Line	94.2	500	60
Power Line	20.5	500	250

400m의 테더케이블을 사용할 경우에 전력선을 통하여 손실되는 전압강하는 $16.4V$ 이므로 전체 시스템 설계시에 이를 고려하여 전기장치를 제작하였다. 통신을 위한 신호선은 저 전압으로 구동되며 RS422를 이용한 통신방식이므로 본 연구개발에 적합하였다.

5. CROV300의 수중탐사기

5.1 마이크로프로세서 및 DSP

수심신호나 방위각신호, 횡경사각신호 혹은 주변장비의 구동명령신호 등은 소나와 같은 고속의 신호처리를 요구하지 않으므로 A/D변환기를 내장한 인텔사의 범용 16비트 단일 칩 컨트롤러인 8097 프로세서를 이용하고, 소나신호 연산처리를 위한 프로세서로서 TMS320E25 DSP 프로세서를 이용하여 ROV제어기를 구성하였다. Fig. 5는 수중탐사기 부분에 있어서 두개의 프로세서에 의하여 제어되도록 설계된 CROV300 시스템의 종합 구성도이다. 전체시스템에서 소나부분을 제거하고자 할 경우에는 소나관련 전용 프로세서인 DSP 프로세서를 제어기에서 분리하여도 전체시스템의 작동에는 지장이 없도록 설계되었다.

CROV300에 탑재되는 장비는 수심측정용 압력 센서, 방위계측센서, 추진기용 DC서보모터, 고도 측정용 소나 및 장애물회피소나, 카메라 줌인/줌아웃, 틸팅 및 조명장치 On/Off, 테더케이블을 통한 수상제어장치와의 통신을 위한 장치, 및 누수 경보장치로 구분될 수 있다. 인텔사의 8097 프로세서와 TI사의 TMS320E25 DSP 프로세서의 인터페이스는 다음과 같다.

◎ 8096과 주변기기의 인터페이스

포트0을 통하여 8개의 아날로그 입력신호의 인터페이스를 구현할 수 있다. 본 연구에서 소요되는 아날로그 신호수는 5개이다. 포트1을 통하여 8개의 디지털 입출력제어가 가능하다. 이 포트를 통하여 다음과 같은 장치가 제어되도록 설계하였다. 이 포트의 출력단에 Relay 혹은 트랜지스터를 인터페이스 시켜 On/Off용 아날로그 신호로 변환하였다.

DC 서보모터 구동을 위한 아날로그 출력신호 발생용 D/A변환기가 8097에 내장되어있지 않으므로 D/A변환기를 인터페이스 하였다. 메모리의 4000H-4003H에 추진기 제어용 아날로그 출력신호를 각각 Write하면 출력될 수 있도록 디자인하였다.

◎ DSP-8097 인터페이스

DSP프로세서와 인터페이스는 DSP프로세서에서 소나신호 연산이 끝났을 때 계산결과를 8097에 연결된 D-latch에 데이터 저장하면서, Data Ready 신호를 8097의 EXT INT 포트에 전송하여 8097에 인터럽트를 발생시키도록 설계하였다. 이 인터럽트가 발생하면 8097 프로세서는 작업을 멈추고 DSP에서 전송된 데이터가 저장된 레지스터에서 데이터를 폐치해오는 작업을 수행하며, 이 데이터를 처리하여 실제 거리 및 장애물신호로 변환하여 내장 RAM상의 어드레스에 저장하는 작업을 수행하고 귀환한다. 한편, 데이터를 성공적으로 폐치하면 PWM의 펄스 듀티를 최대로 하여 High상태를 만들어 DSP프로세서에 새로운 루틴 수행을 위한 인터럽트로 사용하였다.

이들 두 프로세서를 탑재한 실제 PCB기판은 8097 부분, DSP 부분, 및 DSP를 위한 아날로그 부분 등 3조각으로 나뉘어져 있어 필요시 각각 독립적으로 구동될 수 있는 구조로 설계제작되었다.

TMS320E25 DSP프로세서의 아날로그 신호 인터페이스는 연산성능을 극대화하기 위하여 한 A/D변환기에 대하여 연산을 수행한 후에 다음의 A/D변환기로 새로운 신호처리를 수행하도록 설계되었다. 따라서 S/H 또는 멀티플렉서를 이용하지 않았다. D/A변환기도 같은 방법으로 설계되었다. DSP 프로세서는 EPROM이 내장된TMS320E25를 이용하였다.

연산이 수행되어 얻어진 데이터를 8097에 전송하기 위하여 TMS320E25의 상태를 나타내는 출력전용 XF 플레그를 이용하였으며, 8097에서의 데이터 처리 상태는 입력전용 BIO 플레그를 이용하여 두 프로세서간의 데이터 송수신을 구현하였다. 두 프로세서는 분리된 데이터 버스를 갖는다.

5.2 모터드라이버

본 연구에서 사용된 모터는 일본 다마가와세이키사의 TS3881N2 E187 및 TS3881N1 E187형의 DC 서보모터를 사용하여 각각 수직축의 추진기

및 수평축의 추진기로 사용하였다. 이들 모터의 정격은 다음과 같다.

Talbe 4. Spec. of DC Servo Motors

	TG3881N2	TG3881N1
Rated Torque	6.8Kgcm	4.2Kgcm
Rated Voltage	24V	4V
Rated Ampere	5.0A	3.1A
Tacho Output	7V/1000RPM	

본 연구에서는 ROV내에 설치할 수 있는 전용의 소형 모터드라이버를 개발하였다. 개발한 모터드라이버는 스위치모드 드라이버인 Monolithic LSI L292를 이용하여 설계하였으며, $-10V \sim +10V$ 의 전압범위에서 정, 역 1000rpm을 제어할 수 있도록 제작하였다.

제작한 모터드라이버는 트랜지스터를 이용하여 설계되었기 때문에, 이곳에서 전압강하에 의한 발생열이 상당히 발생하여 TR의 방열을 위하여 수중탐사기 본체에 연결된 방열구조를 구현하였다. 이의 문제점을 해결하기 위해서 FET형의 Linear IC를 이용하여 재 설계하는 것이 방열구조 뿐만 아니라 수상선에서 공급되는 전력의 손실을 조금이나마 줄일 수 있을 것으로 판단된다.

5.3 아날로그 신호입력

본 연구에서 사용한 8097은 8채널의 A/D변환기를 내장하고 있다. 이들 A/D변환기는 10비트의 해상도를 가지며 0-5V의 신호를 입력으로 받으므로 아날로그 신호는 Unipolar이며 5V이내의 값을 가져야 한다. A/D변환기의 신호취득 스피드는 12MHz의 클럭을 가지며 S/H기능이 있는 경우에 1채널 당 $26.33\mu\text{sec}$ 가 소요된다. 따라서 8채널의 신호를 모두 취득할 경우에 0.181msec(약 5KHz)가 소요된다. CROV300의 경우에는 8097의 신호처리 스피드이면 처리하기에 충분하였다.

◎ 방위계측장치

ROV의 선수방위정보를 계측, 수상의 운용자가 ROV를 조종하는데 필요한 방위 컴퍼스를 ROV내에 설치하였다. 선박이나 항공기에 사용하는 방

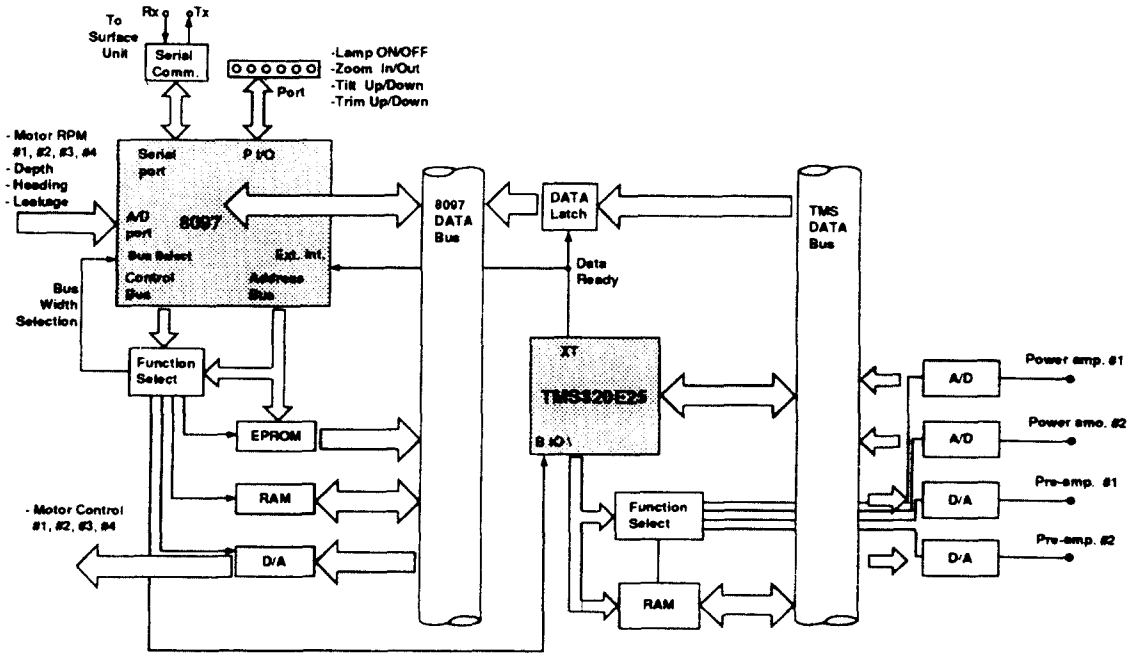


Fig. 5 Block Diagram of the CROV300 Controller

위컴퍼스로는 자이로 컴퍼스 등이 있으나 부피가 크고, 고가의 장비로서 본 ROV에 적용하기에는 곤란하기 때문에 실험용으로 일본의 로직크래프트(주)에서 개발된, 자속 게이트 방식으로 지자기를 검출하여 방위정보를 지시하는 전자식 컴퍼스인 지자기 센서 LC370K를 선정하여 사용하였다.

◎ 수심계측장치

CROV300에는 영국의 Druck Ltd. 제품의 압력 센서인 PDCR 811를 이용하여 수심을 계측하였다. 이 압력센서의 특성은 다음 표와 같다.

개발된 CROV300의 수중탐사기에는 +12V의 전원이 유효하며, 센서에 흐르는 전류가 10mA를 넘지 않게 조정하면 가능하였으므로, 이 전원을 이용하여 센서의 구동전압으로 사용하였다. 따라서, 센서의 최대출력은 120.38mV가 된다. 압력센서의 앰프는 OP앰프를 이용하여 제작하였으며, 최대수심일 때에 3V의 값을 갖도록 게인을 조정하였다. 이 압력신호는 최대 5V인 10비트의 A/D 변환기를 통하여 신호취득되므로 비트 당 해상도

는 0.190m가 된다.

Table 5. Spec. of Pressure Transducer

Pressure Range	35Barg
Supply Voltage	10Volt
Zero Offset	0± mV
Span	100± 3mV
Nonlinearity	max± 0.1% BSL
Temp. Error Band	max± 0.1% BSL
Temperatur Range	-20~+80°C
Full Range Output	100.3mV at 23°C

◎ 경사각 계측장치

카메라의 경사각도 및 CROV300의 트림각도의 계측을 위하여 1-turn 포텐서미터를 이용하였다. 카메라 틸팅각도 계측용 포텐서미터는 카메라의 회전축에 부착하였으며, 트림경사각 계측용은 CROV300의 베이스 플레이트에 설치하였다. 경사각의 앰프는 OP앰프를 이용하여 제작하였으며, 이 경사각신호는 압력신호와 마찬가지로 최대 5V인 10비트의 A/D 변환기를 통하여 신호취득된

다. 그러나 8비트의 데이터만이 통신되므로 실제 계측치는 8비트 데이터와 같게 되며, 비트 당 해상도는 각각 0.50도, 1.06도가 된다.

◎ 누수감시장치

CROV300의 누수발생시에 해수가 침투하는 형태가 서서히 스며드는 모드로 발생할 것이라고 가정하였다. 이것은 수중탐사기가 바다에 진수될 때에 초기에 누수가 발생하지 않으면 수심이 깊어질수록 선체에 가해지는 압력이 증가하여 실링 부가 더욱 밀착되므로 누수가능성이 더욱 감소한다. 따라서 ROV가 파손되지 않는 한 누수문제는 전해에서 발생할 가능성이 크므로, 누수형태가 제트류같이 뿜는 모드가 아니고 스며드는 모드일 것이다.

누수발생 시 주 선체 바닥의 0.5cm 높이에 설치된 감지라인이 함선되게 하여 기준치를 초과하면 누수발생신호를 생성하는 구조로 설계하였다. 누수발생이 일어나면 8097에서 5비트의 누수신호 0x13(10011b)를 수상제어기로 송신하고 수상에서 전원을 차단하는 구조이다. 누수센서전압은 8097의 아나로그 입력포트인 P0.4를 통하여 취득된다. 누수감지 센서의 회로는 CMOS IC 4093을 이용하여 노이즈에 둔감한 센서로 제작하였다.

5.4 아나로그 신호출력

추진기를 구동하기 위한 제어명령이 수상제어 기로부터 입력되어 테더케이블을 통하여 수중탐사기에 전송되는 과정은 디지털신호이다. 이때의 신호는 12비트 신호이다. 수중탐사기의 8097 프로세서에서 각각의 추진기에 대한 제어명령은 2바이트의 값을 가지나 12비트만이 유효하다.

본 연구에서는 D/A 변환을 위하여 Analog Devices사의 12비트 D/A 변환기인 AD664 IC를 이용하여 8097과 인터페이스 하였다. 포트 I/O를 위한 어드레스 디코딩은 PAL 16L8A를 이용하여 구성하였고, D/A 변환을 위한 포트번지는 0x4000-0x4003 번지를 이용하였다. 이 제어신호는 16비트의 데이터 버스를 필요로 하므로 D/A 변환기를 작동시킬 경우에는 16비트 데이터 버스가 선택되도록 설계하였다.

한편, 8097에는 PWM 펄스 출력포트가 있어서 이를 이용한 아나로그 출력을 제어할 수 있다. 본 연구에서는 앞서 언급한 TMS DSP 프로세서와 8097 프로세서간의 컨트롤용으로 이 포트를 이용하였다.

5.5 디지털 신호출력

포트1을 통하여 8개의 디지털 입출력제어가 가능하다. 이 포트는 준쌍방향성 포트로서 약한 내부 풀업을 가지므로 TR을 구동하기에는 용량이 부족하다. 따라서, 외부에 1kΩ의 풀업저항을 설치하여 충분한 양의 전류를 공급할 수 있게 설계했다.

포트1을 이용하여 라이트 On/Off, 카메라의 줌인/줌아웃, 카메라의 틸팅각도 Up/Down, ROV의 트림각도 Up/Down 등을 위한 장치가 제어되도록 설계하였다. 이 포트의 출력단에 Relay 혹은 트랜지스터를 인터페이스 시켜 On/Off용 아나로그 신호로 변환하였다.

- P1.0 : Light On/Off(1/0)
- P1.1 : Camera Zoom In
- P1.2 : Camera Zoom Out
- P1.3 : Camera Tilt Up
- P1.4 : Camera Tilt Down
- P1.5 : Trim Up
- P1.6 : Trim Down
- P1.7 : Spare

라이트의 On/Off를 위하여 릴레이를 사용하였다. 라이트에 공급되는 전원이 220V로 고압이므로 안전도를 높이기 위하여 라이트의 On/Off는 SSR을 이용하고 릴레이는 이 SSR을 On/Off하는 구조로 설계되었다. 카메라의 줌인/줌아웃은 카메라에 내장된 소형의 DC 모터를 이용하였으므로 릴레이만으로 회로의 개폐를 제어하였다. 한편, 카메라의 틸팅제어 및 ROV의 트림제어를 위한 외부 설치 DC 모터의 양 방향 On/Off 제어를 위하여 2개의 TR을 이용한 구조로 설계하였다. 이들 모터는 양단에 설치된 리미트 스위치에 도달했을 경우에는 회로가 오픈된다.

6. 운용 소프트웨어

6.1 주 시스템 운용 S/W

Fig. 6은 개발된 ROV의 전체 제어프로그램의 유통계통을 그린 그림으로서, 수상제어기의 제어 프로그램인 CROV_SU의 파일 입출력관계 흐름을 보이고 있다. 본 연구에서는 CROV_SU 및 수중탐사기의 주프로그램인 CROV_UV는 C언어를 이용하여 프로그램 되었다.

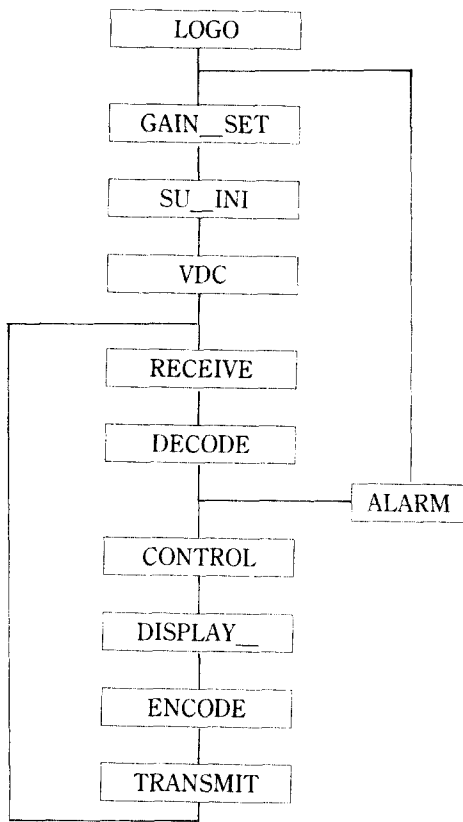


Fig. 6 Flow Chart of CROV_SU

수상제어기의 CROV_SU는 다음과 같은 기능을 수행한다. 먼저 CROV300의 로고를 화면에 표시해주고 수중탐사기의 제어를 위한 조정값들을 수제어기로부터 읽어들인다. 다음 수상제어기의 각종 인터페이스 H/W(통신카드, VGA카드 등)를

초기화하고, 비디오 신호를 모니터 화면에 띄워주기 위한 소프트웨어인 VDC를 구동시킨다. 시스템의 제어를 위한 데이터를 수제어기의 키 입력, 추진기 제어를 위한 조이스틱 입력을 읽고, 이를 처리하여 원하는 제어신호를 계산하고, 통신포트를 이용하여 제어신호를 수중 ROV로 전송하고, 수중 ROV로부터의 계측신호(수심, 방위각 등)를 수신하며, 현재의 수중 ROV 상황을 쉽게 파악할 수 있도록 각 추진기의 제어신호, 기타 명령(자동제어 모드 등), 계측수심, 방위각, 카메라 경사정도, 수중 ROV의 경사정도를 그래픽 처리하여 보여주고, 자동제어 명령을 생성하여 수중탐사기인 ROV로 보내는 역할을 한다.

제어루틴은 먼저 위치신호를 수신한 후에 지정된 제어모드에서 계산된 추진명령을 송신하는 방식으로 구성되었다. 매 시간스텝마다 깊이계측, 제어명령송신, ROV의 현재 상황을 그래픽 신호로 표시하는 과정이 반복된다.

제어모드는 조이스틱을 이용한 수동제어, 자동수심제어 및 자동전수제어 등을 위한 P제어 등 수동과 자동의 2개 모드로 구분된다. 수동 모드에서는 조이스틱의 최소값, 최대값을 21 등분하여서 정지상태, 양의 신호 10단계, 음의 신호 10단계로 명령을 지령할 수 있도록 설계하였다. Fig. 6에 도시된 함수의 역할을 다음과 같다.

- LOGO
: CROV300 로고의 화면 출력
- GAIN_SET
: 수중탐사기의 추진기 출력 이득 조정, 제어 입력
- SU_INI
: 수상 제어기의 통신 포트와 VGA 카드를 초기화
- VDC
: 비디오 화면을 모니터에 초기화
- RECEIVE
: 비동기직렬통신/데이터 수신
- DECODE
: 수신 데이터의 디코딩
- ALARM
: 누수경고문출력/브레이커구동

- CONTROL
: 수제어기의 제어명령 입력, 계측 데이터/
제어명령을 이용한 제어 데이터 형성
- ENCODE
: 통신을 위한 데이터 코딩
- TRANSMIT
: 데이터의 순차적 송신

6.2 수중탐사기 운용 소프트웨어

8097제어시스템의 가장 주된 임무는 수상선으로부터의 제어명령을 수신하여 이를 성실히 수행하고, 해저상황을 계측하여 이를 수상의 오퍼레이터에 전달하는 것이다.

CROV300의 시스템 운용소프트웨어는 8097프로세서 제어를 위한 어셈블리어 및 C96언어로 작성되며, TM320E25 DSP는 어셈블리어로 작성된다. 8097 프로세서의 운용프로그램은 아래의 작업을 담당한다.

- CROV300의 매개변수의 초기화 및 저장
- 수상 주제어시스템과의 직렬통신 및 CRC 체크
- 해저계측을 위한 아나로그 신호취득
- 수신명령을 이용한 제어신호 변환
- 주변장치 구동용 아나로그 신호발생
- 외부 인터럽트 처리
- TSM320E25로부터의 데이터 패치 및 DSP 제어

8097은 전원을 공급하면 리셋트가 프로세서에 가해지면 이때에 프로세서는 0x2080번지로 점프한다. 8097의 칩구성레지스터(Chip Configuration Register)는 프로그램수행 전에 버스폭은 16비트, 출력 스트로브 모드, 어드레스 유효 스트로브로 지정하였다.

인터럽트는 외부인터럽트만을 이용하도록 마스크하였다. I/O 레지스터 1은 PWM 핀의 기능을 지정하고 일부 인터럽트를 제어한다. 시리얼 통신은 보오레이트(Baud Rate)를 9600으로 선정하여 수행되었다. 통신방식은 Mode 1을 이용하고, 수신 인터럽트 방식을 이용하였으므로, 시리얼포트 컨트롤 레지스터 SP_CON을 01011001b로 초

기화하였다.

리셋트 시에 8097의 디지털 출력포트는 모두 "1"을 지정하므로 초기값이 모두 제로로 되도록 초기화하여야 한다. 본 연구에서 개발한 ROV의 디지털 포트는 카메라구동, 트림조정 및 라이트 On/Off에 관련된다. 이중 라이트에 관련되는 포트는 초기값 "1"이 주어질 때에 OFF 되도록 H/W를 설계하여야 한다. 통신 프로그램 및 CRC 체크 루틴 및 통신용 데이터의 코딩/디코딩도 수상제어기의 소프트웨어와 같은 방법으로 진행되나, 수상제어기의 디코딩/코딩에 해당되어 역순인 점이 다르다.

TMS320E25 구동용 어셈블러 프로그램은 다음의 작업을 수행한다.

- 신호제어를 위한 인터럽트 관리
- A/D변환기를 통한 송신파형의 송신트랜스듀서로의 전송
- D/A변환기를 통한 수신파형의 측정 및 저장
- Matched Filtering를 이용한 거리 혹은 장애물 연산
- 연산결과의 8097로의 전송

인터럽트 서비스 루틴은 DSP 프로세서로부터 전송된 소나신호 결과를 읽는 과정을 수행하고 TMS DSP의 재시동을 위한 컨트롤 플레그를 생성하며 이 데이터를 실제 유효 데이터로 변환하는 작업을 수행한다.

7. 결 언

본 연구에서는 16비트 단일 칩 프로세서인 Intel 8097 프로세서를 이용하여 300m급 CROV300의 시스템을 구현하였으며, 소나 신호와 같이 고속의 실시간 신호처리를 요하는 장비가 탑재될 경우에 대비하여 DSP 프로세서인 TMS320E25와 인터페이스 시킬 수 있는 구조로 제어기를 설계하였다. 설계된 ROV 컨트롤러는 수상선과 RS422 통신방식으로 데이터를 송수신하며, DSP프로세서로부터의 데이터를 D-레치를 통하여 패치하는 방식으로 취득한다. 8097프로세서의 아나로그 입력은 내장 A/D변환기를 이용하였고, 아나로그

출력의 인터페이스는 D/A 변환기 및 8097의 병렬 입출력 포트를 이용하여 구현하였다. 8097과 TSM320E25프로세서간의 제어신호는 외부인터럽트와 보드 상태 플래그를 이용하여 생성되며, 데이터 버스를 공유하지 않는다.

후 기

본 논문은 과학기술처의 첨단연구사업의 일환으로 수행된 "300m급 수중ROV 개발" 과제의 연구결과 일부임을 밝혀둔다.

참 고 문 헌

- 1) 홍석원, 이종식 외, "300m급 수중ROV 개발", 선박해양공학연구센터, UNC294-1724. D, 1993.
- 2) 가남사 편집부, "RS232C 인터페이스의 사용법-RS232C에 의한 퍼스컴의 기초지식", RS232C 시리즈 1, 1988.
- 3) 가남사 편집부, "RS232C 인터페이스 응용사례집-RS232C의 계측제어를 중심으로한 응용사례실명", RS232C 시리즈 2, 1988.
- 4) 나종래, 문세홍, 유영재(1989), "센서컨트롤러-인텔 8096 구조와 설계(16비트 단일칩 컨트롤러)", Ohm사
- 5) 문세홍(1993), "단일칩 마이크로컨트롤러 동향과 전망", "8096 계열구조와 프로그래밍", 전자과학, 93년 4월호
- 6) 이종식(1990), "다중음향파를 이용한 정밀측심기 개발 연구", 해사기술연구소 연구보고서, UCE454-1383. D
- 7) 최원우, 이진섭, 이상훈(1991), "16비트 마이크로 컨트롤러 87C196KB 아티텍처", 전자과학, 91년 2월호, 3월호
- 8) 홍도천 외(1991), "해양작업시스템개발(II)", 해사기술연구소, BSN231-1474. D
- 9) 홍도천 외(1992), "해양작업시스템개발(III)", 해사기술연구소, UCN264-1603. D
- 10) Analog Devices(1990), "Data Conversion Products Data Book", 1989/90
- 11) Franklin, G.F., Powell, D., Workmann, M.L. (1990), "Digital Control of Dynamic Systems", Addison Wesley
- 12) Intel Co.,(1988), "iC-96 Compiler User's Guide"
- 13) Intel Co.,(1989), "SBE-96 User's Manual"
- 14) Oppenheim, V.(1978), "Application of Digital Signal Processing", Prentice Hall, New York
- 15) Riling, W.D.(1990), "A Microcomputer-based Controller for an Autonomous Underwater Vehicle(AUV)", Naval Postgraduate School, California, March
- 16) Texas Instruments(1988), "TMS320-C25 User's Guide"