

수중로봇 HROV(Hybrid REDONE Vehicle) 개발

문용선 (순천대학교), 이영필 (레드원 테크놀로지(주) 로봇중앙연구소)

I. 서론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라는 수중로봇 산업이 발전하기에 최적의 입지조건을 가지고 있다. 그럼에도 불구하고 최근까지는 수중로봇에 대한 연구 및 개발이 많이 이루어지고 있지 못하였다. 그 이유로는 이전까지는 아직 우리나라의 로봇기술이 선진국에 비하여 상대적으로 부족한 수준이라 수중로봇 분야로의 확장이 어려웠던 이유도 있지만 가장 큰 이유는 수중로봇산업에 대한 필요성을 제대로 인식하지 못했기 때문이라 할 수 있다. 그러나 최근에는 로봇기술의 발달과 신 해양 산업의 필요성이 대두되면서 해저탐사 및 조난구조, 해양작업 등 여러 분야의 수중로봇에 대한 개발이 이루어지고 있다. 또한 최근에는 천암함 사태를 기점으로 국가 안보의식의 강화로 인하여 국방산업 분야에서도 국내 대기업들을 중심으로 수중정찰 및 수중기뢰 제거용 수중로봇 개발이 활발히 진행이 되고 있다.^[1-3] 이처럼 현재 국내 수중로봇 산업은 차세대 국가로봇산업을 선도할 수 있는 핵심 산업으로 떠오르고 있다.

본 기고에서는 수중로봇 개발을 위한 일환으로서 이더넷 기반의 모션 네트워크 및 정보 네트워크 기술을 이용한 수중로봇의 최적화된 네트워크 기반 모듈형 내장시스템 구조를 제안하며, 상기 구조를 적용한 HROV의 세부적인 적용사례에 대한 내용을 기술하고자 한다.

II. HROV 수중로봇 시스템

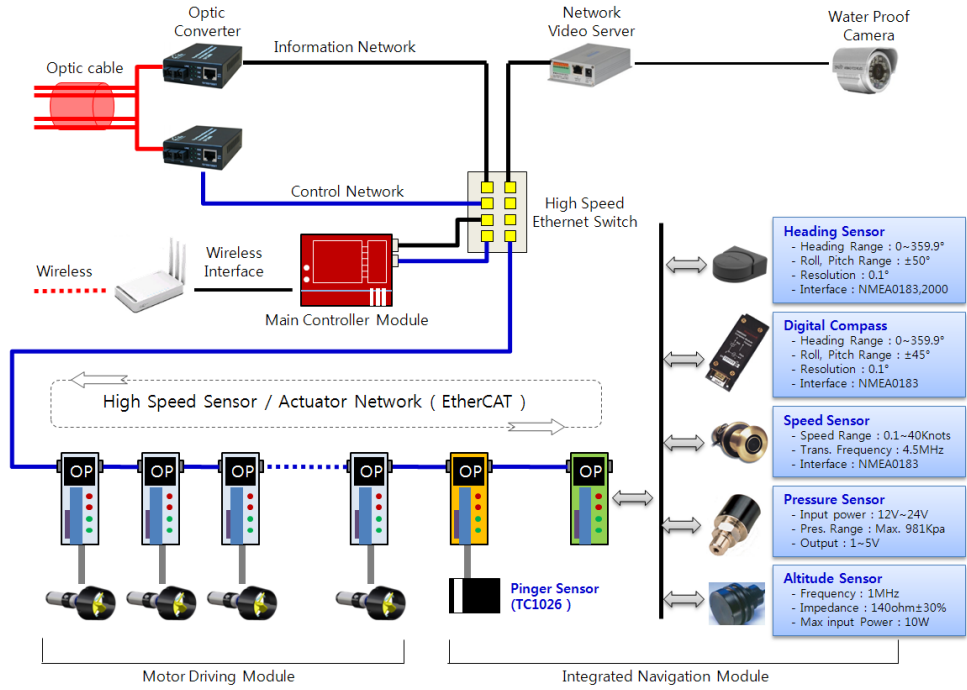
최상의 성능을 발휘하는 수중로봇을 구현하기 위해서는 기계, 전자, 통신, 제어 등 다양한 항목들에 대한 세심한 설계

가 요구된다. 최근 개발된 수중로봇들의 구현사례 및 핵심적인 특징들을 살펴보면 수중환경에서의 최적화된 동작을 위한 유선형 기구 및 방수 설계에 대한 내용과 수중로봇 모션제어를 위한 동역학 및 제어기 설계에 대한 내용이 주를 이루고 있다. 물론 이와같은 부분역시 수중로봇 개발에 있어 매우 중요시되는 부분이라 할 수 있다. 그러나 수중로봇의 개발에 있어 가장 중요한 부분은 수중로봇 운동의 근간이 되는 내부 기관(인간 : 근육, 감각, 신경 등)이라 할 수 있는 내장시스템의 설계가 가장 중요한 요소라고 할 수 있다. 당사에서 개발한 HROV 수중로봇의 핵심적인 특징 역시 이와 같은 내장시스템의 구조를 모사한 것이다.

1. HROV 시스템 구조

레드원테크놀로지(주)에서 개발한 HROV 수중로봇에는 내장시스템의 독립적인 운용과 유연한 구성(모듈 추가, 제거, 재구성 등)을 위하여 네트워크 기반의 모듈형 내장시스템 구조를 채택하였다. 즉, 로봇의 내부 기기들이 각각의 기능에 따라 모듈화 되어있으며, 모듈화된 기기들은 다시 각각의 용도에 따라 해당 네트워크로 통합되어 운용된다.

〈그림 1〉의 HROV 수중로봇의 내장시스템 구조를 통하여 알 수 있듯이 HROV 수중로봇의 내부 네트워크는 구성은 크게 비 실시간성 데이터 정보 송수신을 위한 정보 네트워크(Information Network)와 실시간 제어신호의 교환을 위한 제어 네트워크(Control Network) 이렇게 2개의 네트워크로 구성된다. 제어 네트워크로는 현존하는 가장 고속의 모션제어 네트워크 방식 중의 하나로 평가되는 이더넷 기반 모션 제어 네트워크를 적용함으로써 HROV 수중로봇의 고속의 모션제어 및 피드백을 수행하도록 하였다.^[4] 그리고 수중로봇의 실



〈그림 1〉 네트워크 기반 HROV 내장 시스템 구성도

시간 제어와는 무관한 영상 및 제어기 설정 등의 비 실시간성 정보를 처리하기 위하여 범용의 정보 네트워크인 이더넷 네트워크를 적용하였다. 또한 HROV의 특성상 장거리 통신을 위한 케이블 시스템 구현을 위하여 상위 제어기와의 통신 인터페이스로는 싱글모드 광통신 인터페이스 기술을 적용하였다.

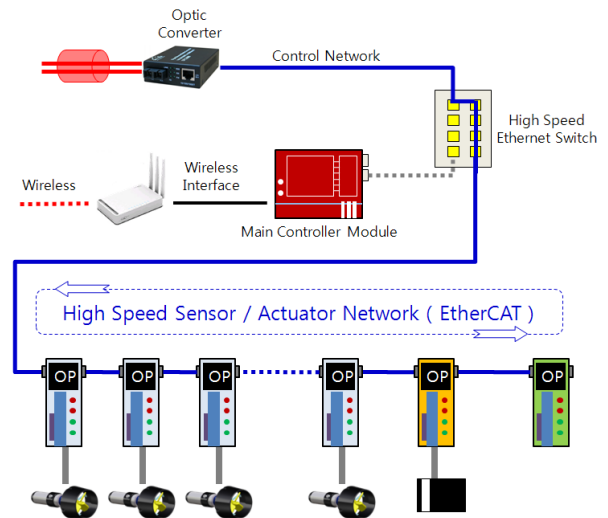
2. HROV 구동 모드

HROV 수중로봇은 내장시스템 설계 시 사용자의 네트워크 케이블 연결 방식에 따라 AUV (Autonomous Underwater Vehicle) 및 ROV (Remotely Operated Underwater Vehicle) 모드를 모두 적용이 가능하도록 설계 되었다. 구동모드의 변경 방법은 원격제어기의 네트워크 연결 유무에 결정이 된다. 즉, 원격 제어기에서 HROV에 연결된 광 모션 네트워크에 접속할 경우 네트워크 우선권은 원격 제어기 네트워크가 가지게 되어 다음의 〈그림 2〉와 같이 HROV의 내부 제어네트워크 연결이 이루어지게 된다. 이때 HROV 수중로봇은 ROV 동작 모드로 운용되게 되며 로봇 구동 및 모든 모션은 원격제어기의 동작 지령에 의해 수행이 되게 된다.

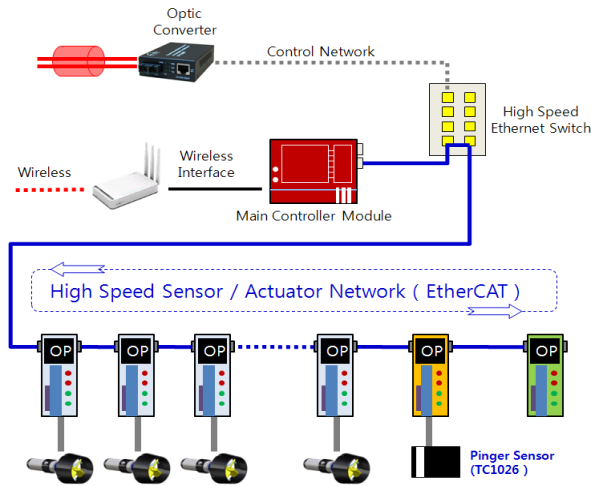
반면, 원격제어기의 광 모션 네트워크 접속을 차단할 경우 다음 〈그림 3〉과 같이 내부 제어기 네트워크가 자동으로 활성화 되어 내부 제어 네트워크가 구성이 되어 AUV 모드로 동작이 이루어지게 된다. AUV 동작 모드의 경우 원격 임무 지령과 기 저장된 제어기의 내장 프로그램에 의해 HROV의 모든 동작이 이루어지게 된다.

상기의 2개의 구동 모드의 경우 고속의 모션 네트워크의

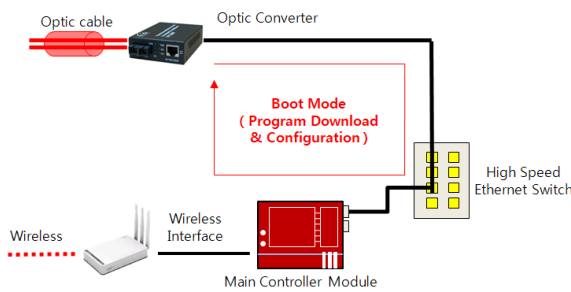
접속 방식에 따른 동작 모드의 변경을 나타내는데 이방식의 경우 네트워크의 특성상 별도의 IP를 지정하지 않아도 통신이 이루어진다는 장점이 있다. 이와는 달리 다음의 〈그림 4〉와 같이 HROV 수중로봇의 내부 정보 네트워크인 이더넷 네트워크를 이용한 동작 모드의 전환 또한 가능하게 되는데 이러한 모드의 경우 이더넷 통신을 적용하므로 별도의 IP 할당을 기 설정해 주어야 한다. 다음 〈그림 4〉는 HROV 수중로봇 내장 제어기 접속을 통한 구동 설정 및 내장 프로그램 다운로드를 위한 부트 구동 모드로의 전환을 나타낸다. 연결 방법은 원격 제어기에서 광 이더넷 케이블을 이용하여 내장 제어기의 IP로 접속하는 방식을 적용된다.



〈그림 2〉 HROV 수중로봇의 ROV 동작 모드를 위한 내부 네트워크 구성



〈그림 3〉 HROV 수중로봇의 ROV 동작 모드를 위한 내부 네트워크 구성



〈그림 4〉 내장 제어기 설정용 부트 모드 네트워크 연결 구성

3. HROV 내장 모듈

HROV 수중로봇은 각종 모션제어 및 센서계측을 위한 전용의 독립적인 기능을 수행하는 각종장치들이 모듈화되어 적용이 되어있다. 세부적으로 적용된 내장 모듈들은 다음과 같다.

가. MCM

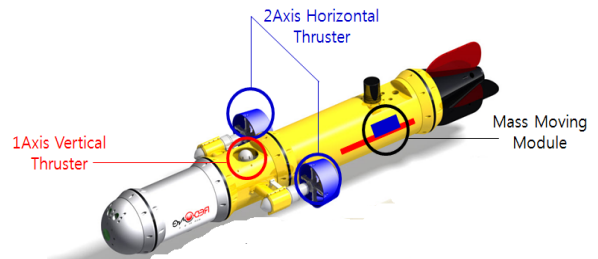
MCM은 Main Controller Module의 약자로 AUV 모드 설정 시 고속의 이더넷 모션 네트워크를 통하여 센서 및 액추에이터 시스템을 구동 및 제어하는 기능을 수행하는 메인 제어기 모듈이다. HROV에 적용된 MCM은 저전력 SBC(Single Board Computer)를 이용하여 구현을 하였다.

나. MDM

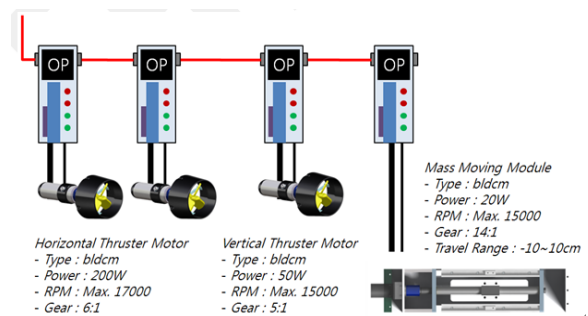
MDM은 Motor Driver Module로서 HROV 수중로봇에 적용된 BLDC 모터를 구동 및 제어하는 모듈을 말한다. HROV 수중로봇에는 다음과 같이 2Axis Horizontal Thruster, 1Axis Vertical Thruster, Mass Moving Module 등의 구동장치가 있으며 이러한 장치를 MDM 모듈로서 구동 및 제어하게 된다.

HROV에 적용된 MDM 모듈의 구성 및 적용 위치는 다음의 〈그림 5〉와 같다.

4축 모터 구동시스템으로 구성된 HROV 수중로봇을 제어하기 위하여 다음과 같이 4축의 MDM 모듈이 모션 네트워크를 통하여 연결되어 있다. MDM 모듈의 순서는 1, 2번 MDM 모듈이 Horizontal Thruster를 제어하며, 3번 MDM 모듈이 Vertical Thruster를 제어한다. 그리고 마지막 MDM 모듈이 Moving Mass Module을 제어하게 된다.



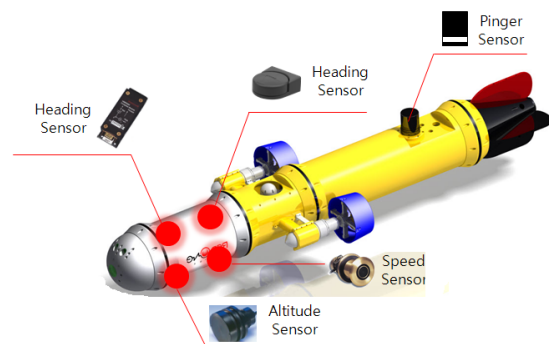
〈그림 5〉 MDM 모듈 적용 위치



〈그림 6〉 MDM 모듈 네트워킹 구조

다. INM

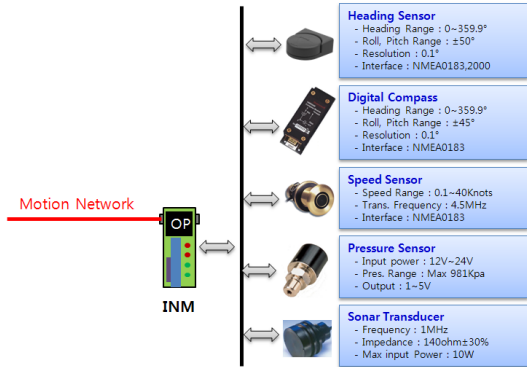
INM은 Integrated Navigation Module의 약자로서 HROV 수중로봇에 적용된 항법관련 센서들에 대한 종합적인 처리를 담당하는 모듈이다. 현재 HROV에 내장된 항법 센서들의 구성은 다음의 〈그림 7〉과 같다.



〈그림 7〉 INM 모듈 적용 위치



〈그림 7〉의 항법 센서들은 INM 모듈에 연결 및 신호 처리된 후 네트워크를 통하여 상위 제어기에 전송이 되는 구조를 가진다.

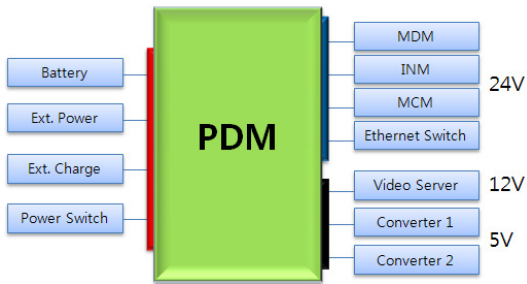


〈그림 8〉 INM 모듈 연결 구조

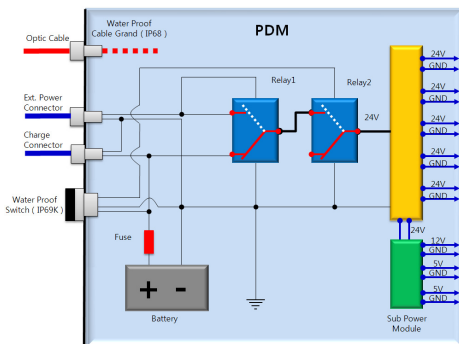
라. PDM

PDM은 Power Distribution Module의 약자로서 HROV 수중로봇에 적용된 각종 모듈의 전원을 메인 배터리 및 외부 전원으로부터 분배하여 공급하는 기능을 수행한다. PDM 모듈의 동작은 외부에 부착된 방수 스위치의 트리거 신호에 의하여 수행이 되며 실제 PDM 모듈에서 공급되는 전원은 24V, 12V, 5V 이다.

PDM 모듈의 내부 구조는 파워 릴레이를 이용한 전원 스위



〈그림 9〉 PDM 전원 입출력 구조



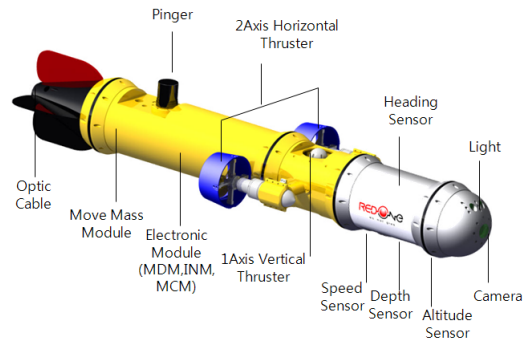
〈그림 10〉 PDM 모듈의 내부 구조 개략도

치 회로와 DC-DC 컨버터를 이용한 전원 생성회로 등으로 크게 구분이 된다. 다음의 〈그림 10〉은 PDM 모듈의 내부 구조에 대한 개략도를 나타낸다.

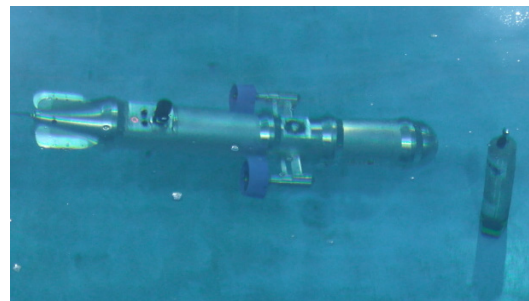
Ⅲ. HROV 구현

최종적으로 구현된 HROV 수중로봇의 외형 및 내장 시스템 구성은 〈그림 11〉과 같다.

다음의 〈그림 12〉, 〈그림 13〉은 HROV 로봇을 이용한 수조 및 해상 실험에 대한 그림을 나타낸다. 본 기고 주제의 특성상 성능 평가 및 세부적인 데이터에 대한 내용은 기재하지 않았다.



〈그림 11〉 HROV 외형 및 내장 시스템 구성



〈그림 12〉 HROV 수조 실험



〈그림 13〉 HROV 해상 실험

IV. 결론

본 기고에서는 고속 네트워크 기반의 모듈형 내장 시스템 구조를 적용한 수중로봇의 최적화된 내장시스템 구조에 대한 내용을 기술하였다. 그리고 실제 레드원테크놀로지(주)에서 개발한 HROV 로봇에 해당 시스템 구조를 적용 및 실 운용을 통하여 해당 시스템의 구현 가능성을 검증하였다.

범용의 이더넷 통신 기술과 이더넷 기반의 모션 제어네트워크 기술은 제어 프로토콜 자체는 다르나 동일한 이더넷 통신 프레임 공유하므로 Seamless 없는 통신을 가능하게 하며, 이를 혼용한 내장 시스템 구성시 네트워크 연결 방식에 따른 다양한 모드로의 전환 및 제어가 용이한 장점을 가지므로 복잡한 구조의 수중로봇 시스템 구현시 최적화된 내장 시스템의 분산 및 통합이 가능할 것으로 판단이 된다.

참고 문헌

- [1] Donald P. Brutzman, Form virtual word to reality : designing an autonomous underwater robot, pp,5-8, 2010,1
- [2] Dr.Dani Goldberg, Huxley: A Flexible Robot Control Architecture for Autonomous Underwater Vechcles, 2011
- [3] V.Ila, REconfigurable Architecture to Estimate the Motion of an Underwater Vehcile
- [4] Beckhoff, EtherCAT Communication, 2007



문 용 선

1983년 2월 조선대학교 전자공학과(공학사)
1989년 2월 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사)
1992년~현재 순천대학교 전자공학과 교수
<관심분야> 산업통신망 및 로봇, 실시간 모션 제어



이 영 필

2006년 2월 순천대학교 전자공학과(공학사)
2008년 2월 순천대학교 전자공학과(공학석사)
2008년~현재 레드원테크놀로지(주) 로봇 중앙연구소 연
구원
<관심분야> 로봇 제어, 모터 제어, 산업통신망