

장기 동작 신뢰성을 고려한 수중 복합 탐지 시스템 설계

정 현 주[†]

A design of hybrid detection system with long term operating reliability in underwater

Hyun-Ju Chung[†]

Abstract

Recently, the systems using multiple sensors such as magnetic, acoustic and pressure sensor are used for detection of underwater objects or vehicles. Those systems have difficulty of maintenance and repair because they operate underwater. Thus, this paper describes a hybrid detection system with long term operating reliability. This has a multi-signal transmission structure to have a high reliability. First, a signal transmission & receiving part, which transfers data from underwater sensors to land and receive control message from land through optical cable, has 4 multi-path. Second, the nodes for signal transmission are connected dually each other with single-hop construction and sensors are connected to a couple of neighboring nodes. This enables the output signal to transmit from a node to the next node and the next but one node together. Also, the signal from a sensor can be transmitted to two nodes at the same time. Therefore, the system with this construction has high reliability in long term operation because it makes possible to transmit sensor data to another node which works normally although a transmission node or cable in system have some faults,

Key Words : a hybrid detection system, sensor, signal transmission node, detection of underwater object, reliability

1. 서 론

수중 물체를 탐지하고 식별하기 위해서는 대상물체로부터 수중에 형성되는 음향이나 자기장을 탐지하는 방법이 주로 사용되고 있으며, 여러 선진국에서는 이를 산업용 및 군사용 등 다양한 분야에 활용하기 위해 활발한 연구를 하고 있다^[1-6].

음향신호는 수중에서 공기보다 빠른 속도로 수 km 이상의 먼 거리까지 전파되는 특성을 가지고 있어서 원거리에서도 탐지할 수 있는 장점을 가지고 있으나 계절, 수심 등 주변 환경에 많은 영향을 받는다. 특히 천해(淺海)에서는 해면과 해저 바닥면에서 음파의 반사와 산란이 심하고 담수에 의한 매질의 특성이 상이하므로 오탐지 확률이 높다^[7]. 반면, 자기장은 수중이든 공기중이든 전파되는 특성이 동일하고 주변환경에 의한 신호의 왜곡이 음향신호에 비하여 현저하게 적으

므로 근거리에서는 탐지하고자 하는 물체를 아주 정확히 탐지할 수 있다. 하지만 음향신호처럼 아주 먼 거리까지 전파되지 않고 신호원으로부터 거리가 멀어짐에 따라 신호의 크기가 급격히 감소하므로 탐지할 수 있는 영역이 상대적으로 협소하다는 한계를 가지고 있다. 따라서, 음향과 자기를 복합적으로 탐지하는 시스템을 구성하여 음향 신호와 자기장 신호가 가지는 장점을 활용하면 수중의 물체를 좀 더 효과적으로 탐지할 수 있다. 한편, 수중에서 광범위한 영역을 담당하기 위해서는 여러 위치에서 동시에 이들 신호를 모니터링해야 할 필요가 있으므로 외국에서는 다감지 다점 방식을 활용하고 있다^[8,9]. 이것은 여러 개의 센서들로 이루어진 단위모듈을 하나 혹은 그 이상을 직렬로 연결하여 사용하게 되는데 운용 환경이 수중이라는 점과 매우 광범위한 영역에서 운용된다는 특수성때문에 시스템에서 장애가 발생할 경우 수리가 매우 힘들다. 따라서 수중 운용형 탐지 장비는 수년 이상 장기간 동작하더라도 시스템의 성능에 있어서는 장애가 발생되지 않아야 하므로 장기 동작 신뢰성을 고려한 설계가 요구된다.

국방과학연구소(Agency for Defence Development)

[†]Corresponding author: hyunju30@daum.net

(Received : March 2, 2005, Accepted : March 17, 2005)

따라서, 본 논문에서는 수중 물체를 효율적으로 탐지하기 위한 복합 탐지 시스템에 대해서 소개하고, 이러한 수중 운용형 탐지 장비에 있어서 시스템의 운용시 신호 전송과 관련된 일부 구성품에서 장애가 발생하더라도 정상적인 동작이 보장되며 장애로 인한 성능저하가 최소화될 수 있는 다중 신호전송부의 설계에 관해서 기술한다.

2. 복합 탐지 시스템의 구조

복합 탐지 시스템은 수 km 떨어진 수중부와 육상부 사이의 신호전송과 전원공급을 위하여 광/전기 복합구조 케이블로 구성된 수중 광-전기 케이블, 수중 센서신호를 육상으로 전송하고 육상으로부터의 제어명령을 수중 센서로 전송하기 위한 신호 송·수신부, 표적을 탐지하기 위한 수중 탐지센서부 및 육상의 전원 공급장비로부터 전원을 공급받아서 탐지센서부 및 신호 송·수신부의 동작 전원으로 변환하는 수중 전원부로 구성된다. 그림 1은 이러한 복합 탐지 시스템의 개략적인 구조를 보여준다.

신호 송·수신부는 탐지센서부로부터 전송되어온 데이터 패킷 신호를 사용하여 광-전기 변환기의 입력신호를 생성하는 데이터 패킷 전송기, 다수의 데이터 패킷 전송기와 광-전기 변환기들 간의 연결 경로를 설정하여 주는 절체기(絶體機) 및 육상으로부터 전송된 제어신호의 광→전기 변환, 데이터 패킷 신호를 전기→광 변환하는 광-전기 변환기로 구성된다. 탐지 센서부는 두 종류의 탐지센서[A형 센서 ($A_1 \sim A_{2m}$), B형 센서 ($B_1 \sim B_m$)] 및 신호전송노드(node)($N_1 \sim N_m$)로 구성된다. 수중 전원부는 장거리 전송을 위하여 고 전압 형태로 전송된 전원을 수 km 단위의 탐지센서부에 공급하기 위한 중간 동작전압으로 변환하는 1차 전원들과 탐지

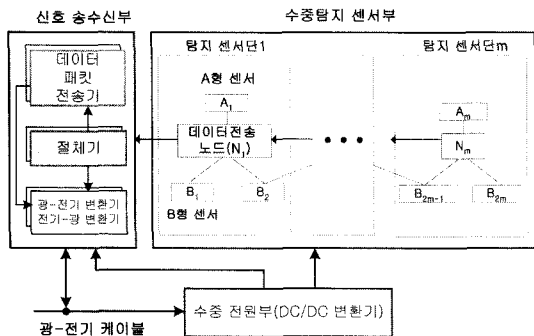


그림 1. 복합 탐지 시스템의 개략도
Fig. 1. A schematic diagram of a hybrid detection system.

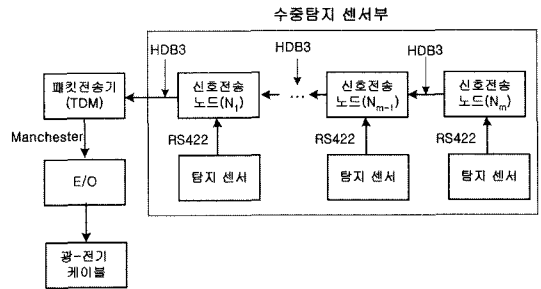


그림 2. 복합 탐지 시스템의 신호전송 방식
Fig. 2. Coding for signal transmission in a hybrid detection system.

센서단을 구성하는 각 구성품에 동작전원을 공급하는 2차 전원들로 구성된다.

3. 복합 탐지 시스템의 신호전송 구조

센서로부터 계속된 자료는 수 km 이상의 경로를 통하여 전송되므로 통신상에 있어서 유입될 수 있는 잡음을 차단할 필요가 있다. 따라서 모든 데이터는 디지털 형식으로 전송한다. 그림 2는 센서 데이터를 신호전송 노드(node)와 신호 송수신부를 거쳐서 최종적으로 광-케이블로 전송하는데 있어서의 통신방식 보여준다. 탐지 센서와 데이터 전송노드간에 있어서 데이터 전송 중 유입되는 잡음이나 거리에 따른 신호 크기의 감쇄 등은 무시할 수 있을 정도로 작지만 장거리 전송에 유리한 RS-422 통신방식으로 데이터를 전송한다. 노드간의 데이터 전송은 E1 통신 방식, 전송 신호는 HDB3 (High Density Bipolar3) 코드로 부호화하여 사용한다^[10]. 그림 1의 신호 송수신부에서 전기-광 변환기(E/O)의 구동은 0 또는 1 상태만 가능하므로 HDB3 등의 양극성을 기반으로 하는 코딩은 사용이 불가능하다. 따라서 Manchester 코드로 부호화하여 신호전송 노드로부터의 센서 데이터를 육상의 광케이블로 전송한다.

각각의 탐지센서로부터 획득한 데이터를 수중 광케이블까지 전송하는 과정을 신호전송 노드간 데이터 전송, 탐지센서와 신호전송 노드간의 데이터 전송 및 신호 전송 노드와 광케이블간의 데이터 전송 등 크게 3부분으로 나누어 설명하면 다음과 같다.

3.1. 수중 탐지 센서부

가. 신호 전송 노드간의 데이터 전송

수중 탐지 센서부는 다수의 탐지 센서단으로 구성되어 있다. 탐지센서단은 두개의 B형센서와 하나의 A형 센서 및 신호전송 노드로 구성되고, 각각의 신호전송

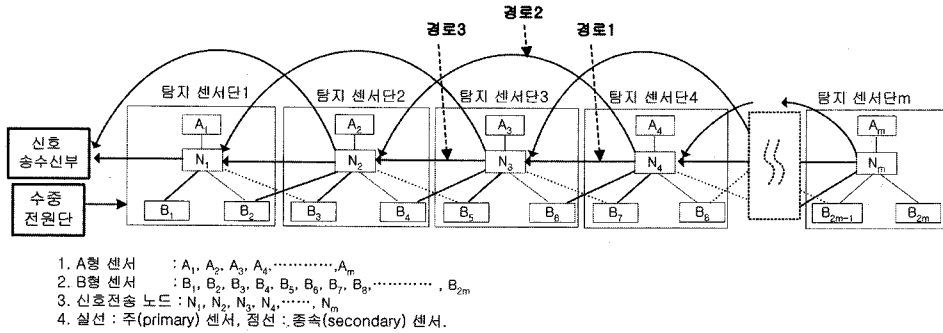


그림 3. 복합 탐지 시스템에서 신호전송노드 및 탐지센서들의 연결구조

Fig. 3. The connection structure of signal transmission nodes and detection sensors in a hybrid detection system.

노드는 서로 직렬로 연결되어 있는 것이 기본적인 구조이다.

신호전송 노드간의 데이터 전송은 그림 3과 같이 복합 탐지 시스템의 시작 노드(N_m)에서 데이터 패킷(packet)을 생성하고, 센서 데이터(A_m, B_{2m-1}, B_{2m})를 수집하여 다음 노드($N_{m-1}, N_{m-2}, \dots, N_1$)로 전달하면서 각 노드의 센서 데이터를 수집하여 신호 송수신부로 전송한다.

노드간의 데이터 전송이 그림 3에서 단일경로(경로 1, 경로 3)만으로 이뤄질 경우는 전송구조가 간단하다는 장점을 가지고 있지만 중간에 어느 하나의 신호전송 노드(N_m)에서 장애가 발생되면 고장난 노드 이전 노드(N_{m+1})들로부터 전송되어온 모든 데이터는 다음 노드(N_{m-1})로 전송하는 것이 불가능하므로 시스템 전체가 그 기능을 상실할 수도 있는 취약점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 최소화하고자 단일홉(single hop) 데이터 패킷 전송기술을 적용한다^[11-13]. 이것은 신호전송 노드의 입출력단을 두개씩 구성하여 노드로부터 동일한 데이터가 2개의 출력단을 통하여 전송되는데 그림 3에서 볼 수 있듯이 하나의 출력은 바로 다음 노드의 입력단으로 연결되고, 다른 하나의 출력은 한 노드를 건너 뛴 노드의 입력단으로 연결되어 이중으로 데이터를 전송하는 것이다. 그림 3은 위에서 설명된 수중탐지 센서부에서 신호전송 노드간의 연결구조 및 탐지센서와 신호전송노드 사이의 연결 구조를 상세히 보여주고 그림 4는 그림 3에서 설명된 노드의 구조도이다.

각 노드는 패킷을 입력 받는 제 1 노드 입력단(IN[P]) 및 제 2 노드 입력단(IN[S])과 상기 입력단으로부터 입력 받은 패킷들 중에서 하나의 패킷을 선택하는 패킷 선택기와 패킷 선택기로부터 선택된 패킷을 이웃한 노드들로 출력하는 제 1 노드 출력단(OUT[P]) 및 제 2 노드 출력단(OUT[S])으로 구성된다.

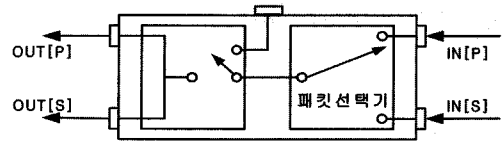


그림 4. 신호 전송 노드의 입출력 구조

Fig. 4. Input and output structure of a signal transmission node.

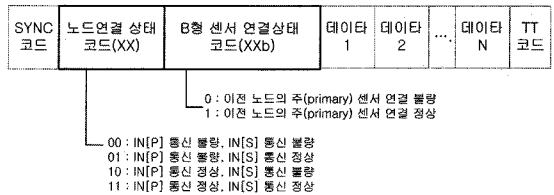


그림 5. 통신 패킷내의 상태정보 코드

Fig. 5. State information code in communication packet.

데이터 패킷내에는 그림 5와 같이 이전 노드의 상태 코드가 포함되어 있는데 상태정보 코드는 노드 간의 연결상태 코드와 각 노드에 부착되는 B형 센서 정보의 정상 획득여부를 나타내는 센서 연결 상태코드로 구성된다. 노드 연결상태 코드는 현재 노드와 이전 노드들과의 통신에 있어서 정상 유무를 판단하기 위하여 4가지(00, 01, 10, 11) 값을 가지는데, 전송 케이블의 불량이나 이전 노드의 출력단 및 현재 노드의 입력단의 장애와 같은 원인으로 인하여 데이터 전송이 불량인 경우는 0이 되고 정상인 경우는 1이 된다. 그림 5는 이러한 탐지 센서부의 신호전송과 관련된 통신 패킷에 있어서 사전에 정해진 1~m까지의 일련의 데이터 필드 앞에 붙여진 각 노드의 상태정보 코드를 보여준다.

신호 전송 노드간의 데이터 전송 방법을 그림 3의 2번 노드(N_2)-4번 노드(N_4)를 예들들어 설명하면 다음

과 같다. 노드4(N₄)는 동일 데이터를 2개의 출력단(OUT[P], OUT[S])에서 경로1과 경로2를 통하여 3번 노드(N₃)와 2번 노드(N₂)로 이중으로 전송한다. N₂ 노드의 입력단은 N₃ 노드로부터 경로3을 통해서 전송된 데이터 패킷을 IN[P]에서 전송 받고, N₄ 노드로부터 경로2를 통해서 전송된 데이터 패킷은 IN[S]에서 전송 받는다. 일단 IN[P] 데이터 패킷이 정상(노드연결 상태 코드 : 10 또는 11)이면 IN[P] 패킷을 수신하고 IN[S]로 수신된 패킷은 삭제한다. 만일 IN[P]로 전송된 패킷이 비정상이고 IN[S]로부터 수신된 패킷이 정상(노드 연결 상태코드 : 01)이면 IN[P]으로 전송된 패킷은 폐기하고 IN[S]로 전송된 패킷을 수신한다. 그리고 IN[P]와 IN[S]로 전송된 패킷이 모두 비정상(노드연결 상태 코드 : 00)이면 IN[P]와 IN[S]로부터 수신된 패킷을 모두 폐기하고 새로운 패킷을 생성한 후 센서 데이터를 수집하여 2개의 출력단을 통하여 다음노드로 전송한다.

따라서 N₃의 노드에서 장애가 발생되더라도 이전 노드들로부터 수신된 센서 데이터를 경로 2를 통하여 N₂ 노드로 전송하는 것이 가능하다. 이러한 데이터 전송방법은 모든 신호전송노드에 동일하게 적용된다. 그림 6은 위에서 설명된 노드간 데이터 전송에 있어서 패킷 처리 방법을 보여주는 순서도이다.

나. 탐지센서와 신호전송 노드간의 데이터 전송

수중 탐지 센서부는 두 가지의 탐지 센서 즉 A형 센서와 B형 센서로 구성이 된다. A형 센서는 탐지할 수 있는 범위가 비교적 넓다. 따라서 하나의 A형 센서가

신호전송 노드와의 연결 케이블의 장애, 신호전송 노드의 장애, A형 센서 자체의 장애 등으로 그 기능을 상실하더라도 시스템 전체의 성능 저하에는 큰 영향을 미치지 않는다. 반면, B형 센서는 정밀한 탐지가 가능하지만 그 탐지 반경이 비교적 단거리이므로 센서 하나가 그 기능을 상실하면 전체 시스템의 성능 저하를 불러온다. 따라서 임의의 센서 고장시에도 탐지 능력을 최대한 확보하고, 센서의 다중화 효과를 구현하기 위하여 신호전송 노드와 단일 연결 구조를 가지는 A형 센서와는 달리 B형 센서는 기본적인 연결구조 이외에 이전 혹은 다음 탐지센서단의 신호전송 노드와 연결되는 추가 결합구조를 가지도록 그림 3과 같이 구성한다.

그림 3에서 탐지센서단2의 경우를 예를들어 추가 결합 구조를 설명하면, 센서 B₃은 노드 N₂ 뿐만 아니라 다음 탐지센서단1의 노드 N₁에도 연결되고, 센서 B₄ 또한 노드 N₂와 이전의 탐지센서단3의 노드 N₃로도 연결된다. 따라서 하나의 신호전송 노드에는 4개의 B형 센서가 연결되는 구조를 가진다. 이러한 센서와 신호전송 노드의 다중 연결구조에서 데이터 처리방법을 상세히 설명하면 다음과 같다. 그림 5의 통신 패킷내의 상태정보 코드에 이전 노드(N₃)에서 수행된 주(Primary) 센서(B₄, B₅)들의 연결상태 코드가 포함된다. 임의의 신호전송 노드에 연결된 4개의 단거리 탐지센서는 표 1과 같이 지정하게 되는데, 노드 N₂의 경우는 B₂, B₃, B₄, B₅ 센서가 연결되어 있다. 바로 다음 신호전송 노드(N₁)와 연결된 센서(B₂, B₃)들은 주(Primary) 센서로, 바로 이전 노드(N₃)와 연결된 센서(B₄, B₅)들은 종속(Secondary) 센서로 지정하고, N₃에서 주 센서(B₄, B₅)와의 연결상태에 따라 센서 연결상태 코드를 갱신한다. N₂ 노드를 예를 들어 상세히 살펴보면, 신호전송 노드(N₂)에 새 데이터 패킷이 입력되면 이전 노드들(N₃, N₄)과의 연결 상태코드가 정상인지를 확인하고, 이전 노드(N₃)에서 수신된 데이터 패킷이 정상이면 센서 연결 상태코드를 확인한다. 센서 연결상태 코드가 11이면 이전 노드(N₃)에 연결된 주 센서(B₄, B₅)는 모두 정상적인 정보처리가 되었음을 의미하므로 현재의 노드에서는 종속관계로 설정된 센서(B₄, B₅)에 대한 재처리를 생략한다. 만일 상태코드가 00인 경우는 이전 노드에 연결된 주 센서(B₄, B₅) 모두가 정상적으로 처리되지 않았음을 의미하므로 현재노드(N₂)에서 종속관계로 설정되는 해당 센서(B₄, B₅)를 다시 처리하거나, 상태코드가 01인 경우는 이전 노드에 연결된 주 센서 중에서 B₄ 센서만 정상적으로 처리되지 않았음을 의미하므로 현재 노드에서 해당 센서(B₄)를 다시 처리하고, 상태코드가 10인 경우는 이전 노드(N₃)에 연결된 주

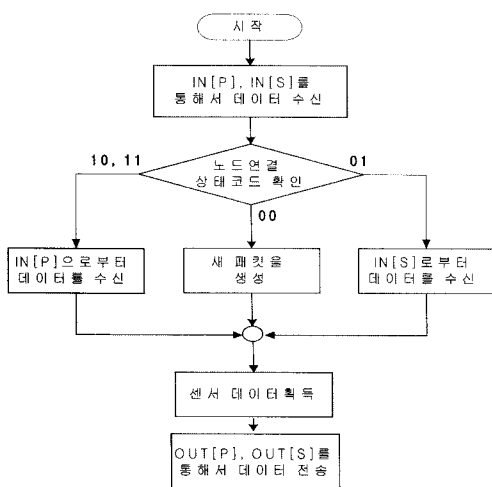


그림 6. 신호전송노드간 데이터 전송 방법을 설명하기 위한 순서도

Fig. 6. Flow chart to describe data transmission method between signal transmission nodes.

표 1. 노드에 따른 센서의 주/중 연결상태

Table 1. Primary/secondary state of sensors as node sequence

신호전송 노드	N1	N2	N3	N4	...
탐지센서					
B1	주 센서				
B2	중속 센서	주 센서			
B3	중속 센서	주 센서			
B4		중속 센서	주 센서		
B5		중속 센서	주 센서		
B6			중속 센서		
B7			중속 센서	주 센서	
B8				주 센서	
.				.	.
.				.	.

센서 중에서 B₅ 센서만 정상적으로 처리되지 않았음을 의미하므로 현재 노드(N₂)에서 해당 센서(B₅)만을 다시 처리한다. 노드 연결상태 코드가 불량(01, 00)이면 바로 이전노드(N₃)로부터 수신되는 데이터 프레임이 정

상적이지 않으면서 이전노드(N₃)에서 처리된 주 센서(B₄, B₅) 정보는 신뢰할 수 없음을 의미하므로 현재의 노드(N₂)에서 해당 센서(B₄, B₅)들에 대한 재처리를 수행한다. 따라서, 수중 탐지 센서부에서 연속된 신호전송노드의 장애를 제외한 다수의 신호전송 노드에 장애가 발생되거나 B형 센서와 신호전송 노드간의 어느 한 연결 케이블에 문제가 발생되더라도 B형 센서의 데이터 전송은 정상적으로 이루어진다. 그림 7은 위에서 설명된 장애가 발생된 노드와 연결된 B형 센서의 정보를 재처리 하는 방법을 보여주는 순서도이다.

다. 단일 홉(Single hop) 구조와 센서의 이중 연결 구성에 의한 시스템의 효과

그림 8은 위에서 설명된 신호전송 시스템의 효과를 설명하기 위한 것으로 노드 N₂와 노드 N₄에서 다중으로 장애가 발생한 경우 B형 센서 데이터가 신호전송 노드로 전송되고, 신호전송 노드간 데이터가 전송되는 경로를 보여준다.

각각의 B형 센서는 2개의 노드에 이중으로 연결되어 있으므로 노드 N₂와 N₄에서 장애가 발생된 경우 센서 B₃은 노드 N₂ 대신 노드 N₁에서 데이터의 처리가 이루어지고 센서 B₄도 노드 N₂ 대신 노드 N₃에서 데이터의 처리가 이루어진다. 센서 B₇와 B₈도 노드 N₄ 대신 N₃와 N₅에서 데이터가 처리된다. 그리고 노드간의 데이터 전송 시스템도 단일홉 구조로 구성하였으므로 노드 N₂와 노드 N₄가 그 기능을 상실하더라도 경로 1과 경로 2 및 경로3을 통하여 노드 5와 노드 3 그리고 노드 1 사이의 통신은 정상적으로 이루어진다. 그러므로 모든 B형 센서 데이터를 정상적으로 신호 송수신부로 전송할 수가 있다. 그리고 A형 센서는 앞에서 언급

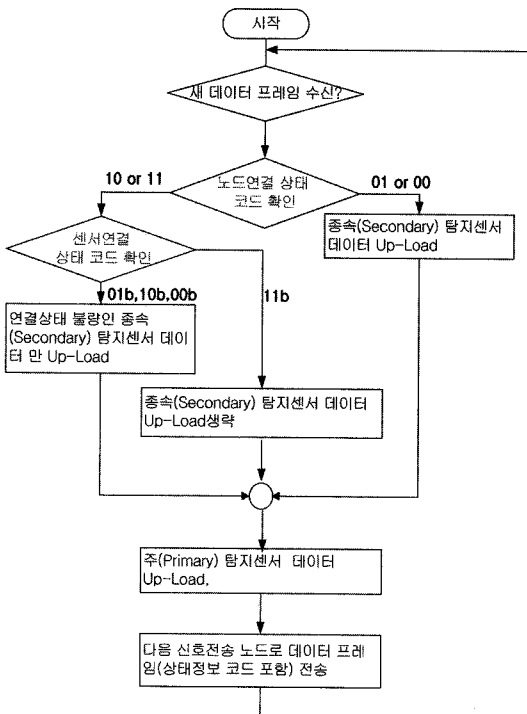


그림 7. 장애가 발생된 노드와 연결된 센서 데이터를 전송하는 방법을 설명하기 위한 순서도

Fig. 7. Flow chart to describe the data transmission of sensor connected to node with faults.

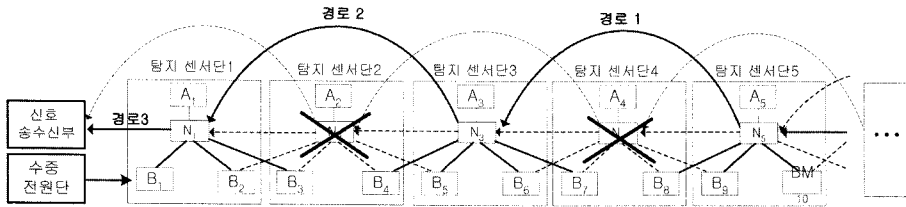


그림 8. 복합 탐지 시스템에서 다중으로 노드에 장애가 발생된 경우 데이터의 전송 경로
Fig. 8. Path for transmission of data when fault occurs in multiple nodes of a hybrid detection system.

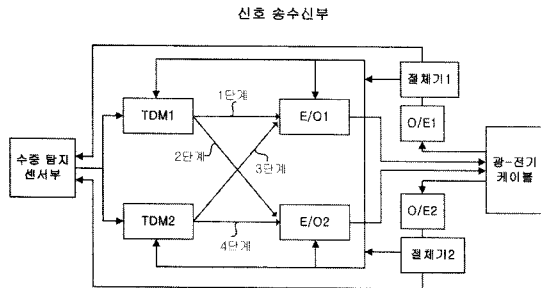


그림 9. 신호송수신부 개략 구성도
Fig. 9. Schematic diagram of a signal transmission and receiving unit.

되었듯이 탐지 범위가 넓으므로 A_1, A_3, A_5 만 동작을 하여도 그 기능을 충분히 수행한다.

3.2. 신호 송수신부

신호 송수신부는 동일한 성능과 기능을 가지는 각각 2개씩의 TDM(time division multiplexer) 노드(데이터 패킷 전송기), 전기 → 광 변환기(E/O), 광 → 전기 변환기(O/E) 및 절체기(絶體機)로 구성된다. 그림 9에서 볼 수 있듯이 신호 송수신부에서 TDM 노드는 수중 탐지 센서부로부터 전송된 신호를 수신하여 E/O로 전송하고, E/O는 TDM 노드로부터의 전기적인 신호를 광신호로 변환하여 광케이블을 통해 육상으로 전송한다. TDM 노드와 E/O의 동작은 4단계의 절체단계를 가진다. 1단계는 TDM1과 E/O1이 동작하는 단계, 2단계는 TDM1과 E/O2가 동작하는 단계, 3단계는 TDM2와 E/O1이 동작하는 단계, 4단계는 TDM2와 E/O2가 동작하는 단계이다. 1단계부터 4단계까지는 TDM 노드와 E/O의 고장이 발생하면 현 절체단계에서 다음 절체단계로 한 단계씩 순차적으로 변환된다. 이러한 1단계부터 4단계까지의 절체단계의 변환은 육상의 제어 명령에 의해서 절체기에서 이루어지고, 제어명령은 동일한 정보를 가지고 육상으로부터 2개의 O/E를 거쳐 절체기로 수신된다.

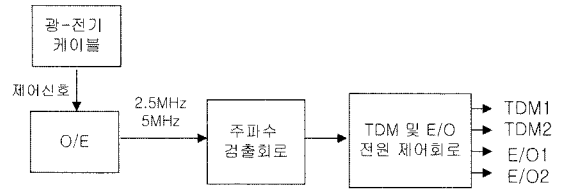


그림 10. 절체기의 구성도
Fig. 10. Schematic diagram of a net switch.

절체기는 그림 10과 같이 주파수 검출회로, TDM& E/O 전원 제어회로로 구성되는데, 주파수 검출회로는 육상으로부터 수신되는 제어신호의 주파수를 검출하여 수신된 주파수중 절체 명령에 해당하는 주파수의 신호가 수신되면 절체 명령을 TDM&E/O 전원 제어회로에 전달하고, TDM&E/O 전원 제어기는 절체 명령이 주파수 검출회로로부터 수신되면 4단계의 절체단계중 다음 절체단계에서의 TDM 노드와 E/O 전원의 동작 제어 신호를 출력한다. 절체기2도 절체기1과 마찬가지로 육상으로부터의 수신되는 제어신호를 수신하여 TDM 노드와 E/O의 동작 제어신호를 출력한다.

절체회로는 육상으로부터의 2.5 MHz, 5 MHz의 2가지 주파수 중 어느 한 가지의 주파수를 가지는 제어신호를 O/E를 통하여 수신하게 되는데, 신호 송수신부가 정상적으로 동작할 경우는 육상으로부터 2.5 MHz에 해당하는 신호가 O/E를 통하여 수신된다. 주파수 검출회로는 2.5 MHz의 신호를 수신하면 아무런 동작을 하지 않는다. 만약 TDM노드나 E/O의 장애가 발생하여 절체단계를 변환시킬 필요가 있을 경우, 육상으로부터 5 MHz의 주파수를 가지는 신호가 수신되고, 5 MHz의 명령이 수신되면 절체명령이 주파수 검출회로로부터 TDM&E/O 전원 제어회로에 전달된다. TDM&E/O 전원 제어회로가 절체 명령을 수신하면 현 절체 단계는 한 단계 다음의 절체 단계로 변환된다. 절체단계의 변환이 완료 후 O/E로부터 다시 2.5 MHz에 해당하는 주파수가 주파수 검출회로에 전달된다. 그림 11은 이러한 절체 명령에 따른 TDM&E/O 전원 제어회로의 동

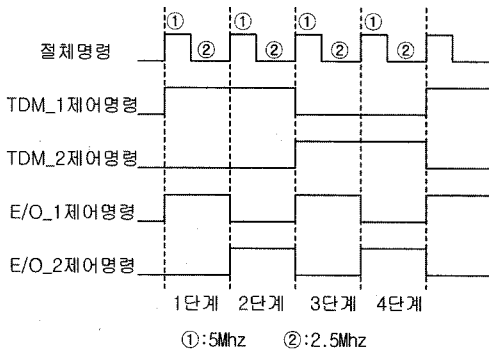


그림 11. TDM&E/O 전원 제어회로의 동작 상태
Fig. 11. The operating state of TDM&E/O power control circuit.

작 상태를 상세히 보여준다.

시스템의 절체 단계에 따른 TDM노드와 E/O의 동작을 상세히 설명하면, 시스템이 동작 후 초기에는 TDM1과 E/O1이 동작하는 그림 9에서의 1단계로 동작된다. 만일 TDM1과 E/O1 사이 통신 불량 발생하면 5 MHz의 주파수에 해당하는 절체 명령이 절체회로에 전달되고, 절체단계는 2단계로 변환된다. 만일, 1단계에서 통신 장애의 원인이 E/O1의 고장이었다면 2단계는 TDM1과 E/O2가 동작하는 단계이므로 TDM 노드와 E/O 사이의 통신은 정상일 것이다. 만일 E/O1의 고장이 아니고 TDM1이 고장이면, 2단계는 TDM1과 E/O2가 동작하는 단계이므로 TDM노드와 E/O 사이의 통신은 비정상이고 절체단계는 3단계로 전환된다. 3단계는 TDM2와 E/O1이 동작하는 단계로 1단계에서 E/O1이 정상인 반면 TDM1이 고장이었다면 TDM노드와 E/O의 통신은 정상일 것이다. 만일, TDM1과 E/O1 모두 고장이라면 TDM1과 E/O1을 포함하는 통신은 불가능하고, 4단계 즉 TDM2와 E/O2가 동작하는 단계로 전환된다. 상기와 같은 방법으로 신호 송신부의 신호전송단계를 1단계부터 4단계까지 4중화한다.

또한, 육상의 제어 신호를 안정적으로 절체기에 전송하기 위해서 2개의 O/E가 병렬로 연결되어 있다. 시스템 초기에는 O/E1이 동작하고 O/E1에서 장애가 발생될 경우 O/E2가 동작한다.

TDM 노드와 E/O의 제어를 위한 절체기는 절체기1과 절체기2 2개로 구성되고, 2개의 절체기는 모두 TDM과 E/O의 동작을 제어하는 기능을 가진다. 절체기도 O/E와 마찬가지로 시스템 초기는 절체기1만 동작하지만 절체기1이 고장나면 그 기능을 할 수가 없으므로 동일한 기능을 가지는 절체기2가 그 기능을 담당하게 된다.

4. 결 론

본 연구에서는 수중 물체를 효율적으로 탐지하기 위하여 다종의 센서를 이용한 복합 탐지 시스템을 개발하였다. 그리고 이러한 수중 운용형 탐지 장비에 있어서 시스템의 운용시 신호 전송과 관련된 일부 구성품에서 장애가 발생하더라도 정상적인 동작이 가능하고, 장애로 인한 성능 저하가 최소화될 수 있는 다중 신호 전송부의 설계 방법에 대해서 연구하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

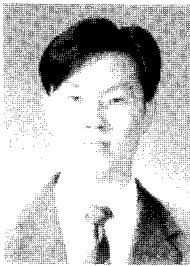
첫째, 신호전송 노드간의 데이터 전송은 single hop 패킷 전송망으로 구성하여 데이터의 전송 구조를 이원화하고 둘째, 센서와 신호 전송 노드간의 데이터 전송은 탐지 센서를 두개의 인접한 신호전송 노드에 이중으로 연결함으로써 연속된 신호전송 노드의 고장을 제외한 부분적인 노드의 고장은 시스템의 탐지 성능에 전혀 문제가 되지 않는다. 그리고 셋째, 신호 송수신부는 4단계의 절체 단계를 가지는 4중화된 구조로 설계하여 시스템의 운용성을 400%까지 확장한다.

따라서 시스템이 오랜 시간동안의 동작으로 인하여 신호전송 케이블 및 노드의 어느 한 구성품에서 장애가 발생하더라도 전체 시스템의 정상 동작이 가능하므로 시스템 설치 후 수리가 곤란하거나 수리 비용이 고가인 분야에 응용하면 시스템의 안정적인 동작과 함께 경제적인 면에서도 효과가 크다.

참고 문헌

- [1] Te-Chih Liu and H. Schmidt, "Concurrent navigation and sea-bottom targets detection using acoustic sensors on AUV", *OCEANS 2003. Proceedings*, vol. 5, pp. 2404-2409, 2003.
- [2] P. Cloutier, D. Oehme, and R. Stebbings, "A Vector Magnetometer System for Detection, Tracking, and Survey of Submerged and Buried Transmission Cables and Lines from Controlled Submersible Vehicle", *OCEANS*, vol. 8, pp. 94-94, 1976.
- [3] A. Dandridge and G. B. Cogdell, "Fiber optic sensors for Navy applications", *LCS, IEEE [see also IEEE LTS]*, vol. 2, no. 1, pp. 81-89, 1991.
- [4] T. Fujimoto, M. Mizuno, and K. Kanayama, "Electromagnetic-induction vehicle sensor detecting the gradient of magnetic flux", *Vehicular Technology Conference, IEEE 40th*, 6-9, pp. 86-91, 1990.
- [5] J. E. McFee, R. O. Ellingson, and Y. Das, "A total-field magnetometer system for location and identification of compact ferrous objects", *Instrumenta-*

- tion and Measurement, IEEE Transactions on*, vol. 43, no. 4, pp. 613-619, 1994.
- [6] Wiegert, R., "Magnetic anomaly guidance system for mine countermeasures using autonomous underwater vehicles", *OCEANS 2003. Proceedings*, vol. 4, pp. 2002-2010, 2003.
- [7] Robert J. Urick, Principles of underwater sound, Peninsula Publishing, Los Altos, pp. 172-182, 1983.
- [8] F. Bucholtz, D. M. Dagenais, C. A. Villarruel, C. K. Kirkendall, J. A. McVicker, A. R. Davis, S. S. Patrick, K. P. Koo, G. Wang, H. Valo, E. J. Eidem, A. Andersen, T. Lund, R. Gjessing, and T. Knudsen, "Demonstration of a fiber optic array of three-axis magnetometers for undersea application", *Magnetics, IEEE Transactions on*, vol. 31, no. 6, pp. 3194-3196, 1995.
- [9] F. Bucholtz, C. A. Villarruel, A. R. Davis, C. K. Kirkendall, J. A. McVicker, A. R. Davis, S. S. Patrick, K. P. Koo, G. Wang, H. Valo, E. J. Eidem, A. Andersen, T. Lund, R. Gjessing, and T. Knudsen, "Multichannel fiber-optic magnetometer system for undersea measurements", *Lightwave Technology, Journal of*, vol. 13, no. 7, pp. 1385-1395, 1995.
- [10] Bernard Sklar, *Digital Communications*, Prentice Hall International Edition, 1988.
- [11] K. M. Al-Tawil, Abd-El-Barr, M., and Ashraf F., "A survey and comparison of wormhole routing techniques in a mesh networks", *Network, IEEE*, vol. 11, no. 2, pp. 38-45, 1997.
- [12] Ni, L. M. and McKinley, P. K., "A survey of wormhole routing techniques in direct networks", *Computer, IEEE*, vol. 26, no. 2, pp. 62-76, 1993.
- [13] D. C. Green, *Data Communication*, Longman Scientific & Technical, 1991.



정 현 주 (鄭賢珠)

- 1975년 12월 5일생
- 2000년 부산대학교 전기공학과 졸업 (공학석사)
- 2004년 부산대학교 전기공학과 졸업 (공학박사)
- 현 국방과학 연구소 전자기 기술팀 연구원
- 주관심 분야 : 자기센서를 이용한 탐지 시스템 설계, EMI/EMC