

# 수중 다중 매체 통신 라우팅을 위한 통합 MAC 기반의 프로토콜 계층 모델

신동현\*, 김창화\*\*

\*,\*\*강릉원주대학교 컴퓨터공학과

\*dhshin@cs.gwnu.ac.kr, \*\*kch@gwnu.ac.kr

## A Protocol Layer Model based on Integrated MAC for Underwater Multi-media Communication Routing

DongHyun Shin\*, Changhwa Kim\*\*

\*,\*\*Department of Computer Science&Engineering,  
Gangneung-Wonju National University

### 요약

본 논문은 수중 다중 매체를 사용하는 수중 무선 네트워크에서 수중 다중 매체 라우팅을 지원하는 프로토콜 계층 모델을 제안한다. 이 모델은 상향식 방식의 모델로써 각 물리 매체가 갖는 장점이 대부분 활용하여 수중 통신에 활용할 수 있는 장점이 있으며, 이 모델에 대한 프로토콜 계층 구조, 수중 노드와 수중 통신 매체에 부여되는 주소, 프로토콜 계층별 주요 기능과 인터페이스를 제시한다. 논문에서 제시된 수중 다중 매체를 위한 프로토콜 계층을 통해 수중 다중 매체 통신의 기반이 될 수 있으며, 제안한 프로토콜 계층 모델 기반으로 실제 구현 시 불안정한 수중 통신 환경에서 안정적으로 통신에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

수중 통신은 수중에서 통신 매체를 사용하여 데이터를 송·수신 하는 것을 의미하며, 인간이 쉽게 접근할 수 없는 수중에 숨어있는 석유, 가스 하이드레이트 등의 자원 탐사와 군사 모니터링, 수중 및 지상간의 정보 교환에 필수적인 요소이다[1,2,3].

수중 환경에서 주로 사용되는 통신 매체는 주로 음파가 사용되는데, 그 이유는 전파는 수중에서 심한 감쇠 현상으로 통신 거리가 매우 짧은 단점이 있지만 음파는 수중에서도 비교적 긴 통신 거리를 갖기 때문이다[4].

그러나 음파는 온도, 염도, 탁도, 소음 등의 주위 환경에 굉장히 민감하게 반응하기 때문에 통신 장애가 빈번하다. 한편, 광, 자기장 등의 매체는 수중에서 수십m 이내의 통신 거리를 갖지만 음파에 비해 낮은 에너지 소모, 빠른 통신 속도, 넓은 대역폭을 가지는 장점이 있기 때문에 짧은 거리의 통신에서는 음파에 비해 유용할 수 있다. 각 매체가 가진 특징을 활용하여 짧은 거리에서는 광, 자기장 등의 매체

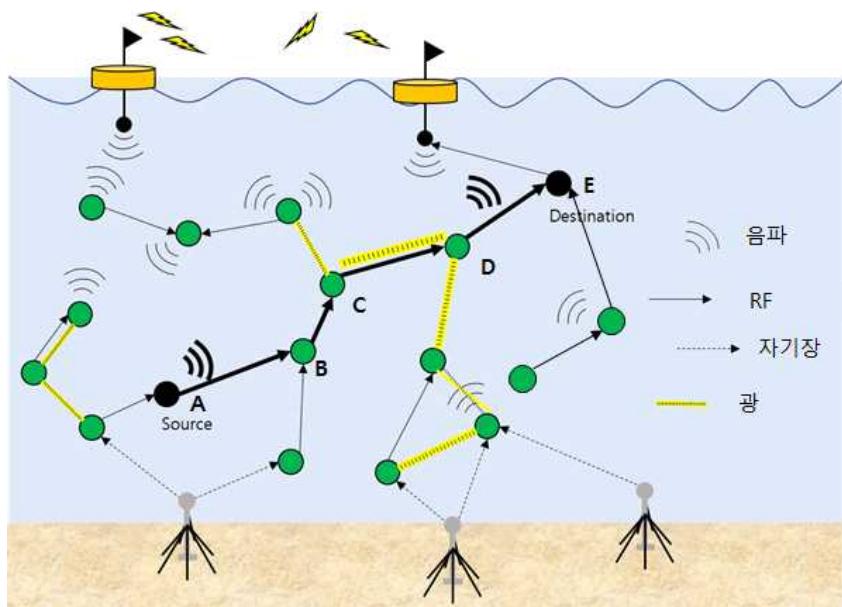
를 활용하고 긴 거리에서는 음파를 사용하는 등 통신 매체를 복합적으로 사용하여 통신한다면 통신 장애가 빈번한 수중 환경에서 더욱 안정적인 통신이 가능할 것이다[4,5].

이처럼 수중 다중 매체 통신을 활용하기 위해서는 다중 매체 통신 지원을 위한 인프라, 통신 프로토콜, 프로토콜 계층 등의 다양한 분야에서의 지원이 필요하다. 최근에 들어서야 이 분야에 대한 연구가 시작되었으며, 수중 다중 매체 통신을 위한 요구사항 분석, 수중 다중 매체 통신을 위한 시나리오 등의 아이디어 수준에서 소수의 연구가 진행되었다.

따라서, 본 논문에서는 기존에 연구된 수중 다중 매체 통신을 위한 시나리오와 요구사항을 지원하기 위한 통합MAC(Integrated MAC Data Link Layer, IM-DLL) 기반의 라우팅 계층을 중심으로 프로토콜 계층 모델 및 주요 기능과 인터페이스를 제안함으로써 수중 다중 매체 통신의 기반을 다지고 실제 구현 시 불안정한 수중 통신을 안정적으로 통신에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### 2. 수중 다중 매체 통신 네트워크 시스템 개념

\*\* 교신저자: 김창화(E-mail: kch@gwnu.ac.kr)



(그림 1) 수중 다중 매체 음파 통신

수중 다중 매체 기반의 네트워크 시스템은 음파 외에 광, 자기장, ELV/VLF 등의 매체를 복합적으로 사용하며, 하나의 매체에서도 여러 주파수 대역대를 활용할 수 있는 시스템을 의미한다. 다중 매체를 사용하는 통신 환경에서는 단일 매체를 사용하던 시스템의 특성과 상이하며, 본 절에서 각 특성을 논한다.

## 2.1. 수중 노드 및 다중 매체

수중 노드는 음파, 광파, 자기장 등 여러 매체에서 성능, 신뢰성 등을 고려한 최적의 통신 매체를 선택한다. 통신 환경이 변화될 경우 가장 적합한 통신 매체로 변경할 수 있어야하기 때문에 통신 매체에 따른 물리적 장치가 수반되어야 한다.

또한, 수중 다중 매체 통신 환경에서는 노드 별 사용 가능한 매체 종류가 상이할 수 있는데, 그림 1과 같이 어떤 노드는 음파와 광파를 사용할 수 있는 반면, 또 다른 노드는 음파, 광파, 자기장을 모두 사용할 수 있다.

## 2.2. 수중 통신 매체 링크

수중 다중 매체 통신 시스템에서 노드 간 링크를 설정할 때 크게 두 가지 방법이 있다.

첫째, 다중매체·다중연결 방법이다. 이 방법은 노드가 갖는 모든 매체를 식별하여 매체간 1:1 링크 설정 후 가장 적합한 매체를 선택하는 방법이다. 노드가 갖는 모든 매체에 대해 링크를 설정하기 때문에 초기 오버헤드가 발생하지만 사용 중인 매체에

장애가 발생한 경우 신속하게 대체 매체를 선택할 수 있는 장점이 있다. 둘째, 다중매체·단일연결 방법이다. 이 방법은 노드가 다중 매체를 가지고 있더라도 현 상황에서 가장 적합한 통신 매체간 링크만을 설정하는 방법이다. 다중매체·다중연결 방법에 비해 초기 링크 설정을 위한 오버헤드는 적게 발생하지만 통신 상황이 급변하여 링크를 재설정해야 하는 빈도가 증가하는 경우 오버헤드가 크게 발생될 수 있다.

## 2.3. 수중 다중 매체 라우팅

단일 매체 라우팅에서는 라우팅 경로의 흡에 적용되는 통신 매체가 동일하지만 다중 매체 라우팅에서는 통신 매체가 상이할 수 있다. 예를 들면, 그림 2와 같이 노드 A와 B사이에는 자기장, 노드 B와 C 사이에는 음파, 노드 C와 D사이에는 광 노드 D와 E사이에는 음파를 사용한 링크가 구성될 수 있다.

다중 매체 라우팅을 위해서는 여러 매체를 사용하여 통신하기 때문에 전송속도, 통신 대역폭, 전파지연 등이 모두 상이할 수 있기 때문에 통신 매체 간 흐름 제어기능, 프레임 제어 기능, 매체 링크 선택 등의 기능이 추가적으로 필요하다.



(그림 2) 수중 다중 매체 라우팅의 예

## 2.4. 수중 네트워크 및 물리적 주소

다중 매체 통신을 지원하는 노드는 여러 통신 매체를 갖지만 라우팅을 위해서 하나의 네트워크 주소를 갖는다. 수중 다중 매체 네트워크 주소는 라우팅 경로가 설정될 때 목적지 수중 노드의 네트워크 주소와 목적지로의 라우팅을 위한 이웃 노드의 네트워크 주소를 라우팅 테이블에 저장하고, 이 주소를 이용하여 라우팅이 진행된다.

물리적 주소 또한 모든 수중 노드에 유일하게 부여될 수 있지만 수중 노드에 부여되는 물리적 주소는 데이터 링크 계층 구성 방법에 따라 다를 수 있다. 구성 방법에 따라 매체별 물리적 주소가 요구될 수도 있고, 통합 계층을 활용하는 경우 하나의 주소만 요구될 수도 있다.

## 3. 통합 MAC 기반의 상향식 프로토콜 계층 모델

수중 다중 매체를 위한 계층은 크게 물리 계층, 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 상위 계층으로 구성된다. 본 절에서는 통합된 매체 데이터 링크 기반의 수중 다중 매체 라우팅을 위한 상향식 프로토콜 계층 모델(IM-DLL)을 제시한다.

### 3.1. 프로토콜 계층 구조

통합된 매체 데이터 링크 기반의 프로토콜 스택은 그림 3과 같이 개별 물리 계층, 통합 MAC (Integrated MAC Layer) 계층, 네트워크 계층, 상위

계층으로 구성된다. 계층 간 인터페이스를 통해 서비스 요청과 정보 전달 및 교환이 이루어진다.

### 3.2. 네트워크 주소 및 물리적 주소

네트워크 주소는 모든 수중 노드들이 동일한 체계의 유일하게 부여되며, 네트워크 계층에서는 이 주소를 라우팅 시 사용한다.

물리적 주소는 모든 수중 노드들이 동일한 체계의 유일하게 부여되며, 통합 MAC이 이 주소를 사용하여 이웃 노드의 통합 MAC 통신을 수행한다.

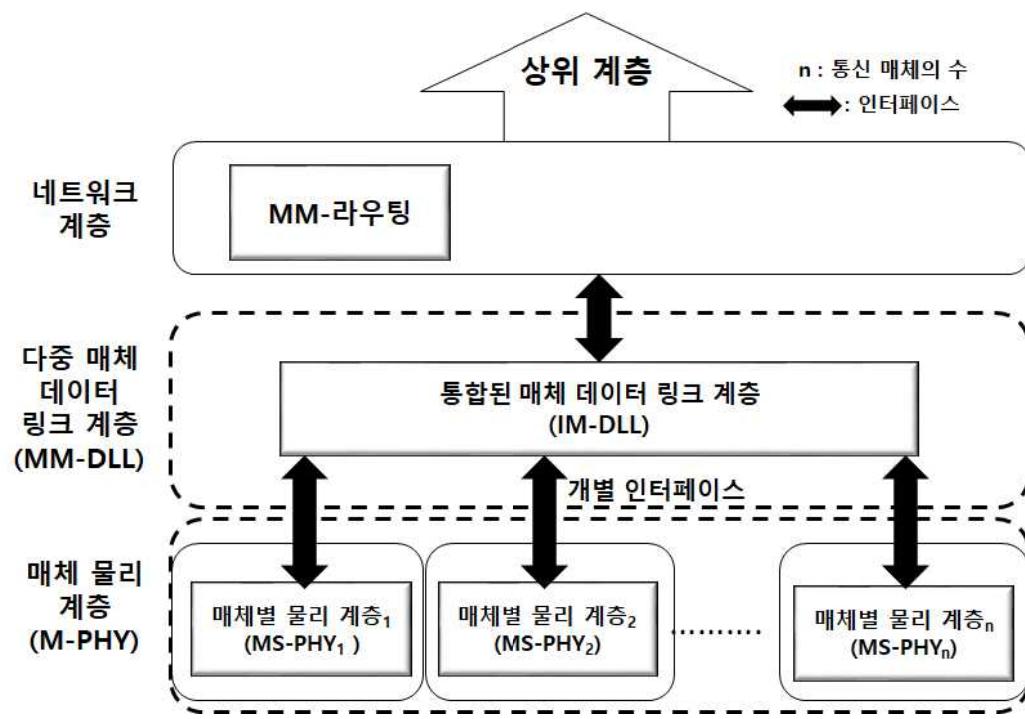
### 3.3. 계층별 주요 기능

#### 3.3.1. 개별 물리 계층

개별 물리 계층은 통합 MAC로부터 인터페이스를 통해 전달받은 요청 메시지를 개별 물리 계층 고유의 통신 매체를 통해 물리적으로 송신하거나 물리적으로 수신된 메시지를 인터페이스를 통해 통합 MAC로 전달하는 역할을 한다. 이때, 노드가 갖는 물리 매체의 종류는 모두 다를 수 있다.

#### 3.3.2. 통합 MAC 계층

통합 MAC의 주 기능은 네트워크 계층으로부터 인터페이스를 통해 전달받은 메시지 전달 요청 서비스를 수행하고, 그 결과를 네트워크 계층으로 전달 한다. 또한, 인터페이스를 통해 전달받은 메시지를 네트워크 계층으로 전달하는 기능도 주요 기능 중



(그림 3) 수중 다중 매체 라우팅을 위한 상향식 프로토콜 계층 모델

하나이다.

특히, 수중 다중 매체 통신에서는 상이한 여러 매체를 복합적으로 활용하여 통신하기 때문에 통신 장애 발생 시 대체 매체를 선택하기 위한 기능, 통신 대역폭 및 속도 등이 상이하여 데이터 처리 지연을 위한 데이터 과편화 및 흐름제어 등의 기능을 수행한다.

### 3.3.3. 네트워크 계층

네트워크 계층은 다음과 같은 기능을 공통적으로 수행한다.

- ① 상위 계층으로부터 수신된 메시지를 목적지 노드로 전달
- ② 통합 MAC로부터 수신한 메시지를 상위 계층으로 전달
- ③ 상위 계층과 통합 MAC의 메시지 송·수신을 위한 인터페이스
- ④ 상위 또는 하위 계층으로부터 수신된 메시지를 목적지 노드로 전달하기 위한 라우팅 경로 설정, 라우팅, 라우팅 복구 등의 기능 수행
- ⑤ 상위 계층으로부터 목적지 노드의 네트워크 주소와 전달 메시지 수신 시 라우팅에서 목적지 수중 노드에 이르는 경로에 존재하는 이웃 노드로의 메시지 전송 요청
- ⑥ 네트워크 주소와 통합 MAC 주소간의 변환

### 3.3.4. 상위 계층

상위 계층은 네트워크의 상위 계층을 의미하며, 프로토콜 계층 설계에 따라 트랜스포트 계층, 세션 계층, 응용계층 등이 될 수 있다. 상위 계층과 네트워크 계층 사이에는 정보교환을 위한 인터페이스가 존재하며 이를 통해 목적지 노드로 메시지 전달 서비스 요청과 관련된 정보를 교환하고 네트워크 계층으로부터 메시지를 수신받기도 한다.

## 4. 결론 및 향후 연구

수중 환경에서는 전파를 사용하여 통신할 경우 빛의 감쇠 현상으로 통신 가능 거리가 굉장히 짧아지기 때문에 주로 음파가 사용된다. 그러나 음파는 온도, 탁도, 부유물질 등 주위 환경에 민감하게 반응하기 때문에 통신 장애가 빈번한 단점이 있다.

이러한 문제 해결을 위해 본 논문에서는 통신 상황에 따라 음파와 광, 자기장 등의 매체를 복합적으로 통신하기 위한 통합 MAC 기반 라우팅 프로토콜 상향식 계층 모델을 제안하였다. 프로토콜 계층 모

델을 상향식으로 설계할 경우 개발이 어려울 수 있지만 각 매체의 장·단점을 대부분 반영할 수 있어 수중 통신의 안정성을 높일 수 있다는 점에서 하향식 설계에 비해 큰 강점이 있다.

본 논문에서 제안한 프로토콜 계층 모델은 최근 연구되고 있는 수중 다중 매체 통신을 위한 기반으로 될 수 있으며, 실제 구현을 위한 가이드가 될 수 있을 것으로 기대된다. 따라서 향후 연구로 본 논문에서 제안한 프로토콜 모델 계층 기반으로 기술 구현 가능성을 판단하기 위한 프로토타입 개발 연구를 수행하고자 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

This research was a part of the project titled “Development of the wide-band underwater mobile communication systems” funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea.

## 참고문헌

- [1] K.Y. Kim, J.H. Kim, S.Y. Kim, C.M. Hyuk, I.T. Ho, K.H. Lim, “Analysis of Underwater Channel Characteristics at South Sea of Korea”, Proceedings of the Korean Institute of Communication Sciences Conference, pp. 1222-1223, 2019.
- [2] H.G. Kim, H.S. Cho, “A Sensor-Node Searching Scheme for Initial Cell Configuration in Underwater Cellular Network”, Journal of the Korean Institute of Communication Sciences, Vol.44, No.1, pp 68-71, 2019.
- [3] D.H. Shin, S.J. Park and C.H. Kim, “Underwater acoustic communication technology and trends”, Journal of Electronics Engineering, Vol 45, No 5, pp.32-48, 2018.
- [4] D.S. You, D.H. Shin, S.S. Lim, S.H. Jeon and C.H. Kim, “Implementation of a Fragmentation Method for Flow Control in Underwater Multi-media Communication”, Journal of Korea Multimedia Society, Vol.23, No.7, pp.819-829, 2020.
- [5] D.S. You and C.H. Kim, “Approaches to the Design and Modularization for Implementing Multimedia-based Underwater Communication to Use Integrated MAC”, Journal of Korea Multimedia Society, Vol.22, No.11, pp.1259-1268, 2019.