

다중 전송 매체 통신을 위한 통합 MAC 설계 접근 방법

유동선, 김창화*

강릉원주대학교

e-mail : dsyoun@cs.gwnu.ac.kr, kch@gwnu.ac.kr

Integrated MAC Design Approaches for Multiple Media Communication

Dongsun You, Changhwa Kim*

Gangneung-Wonju University

요 약

하나의 수중 통신 매체를 사용하는 것은 통신 매체의 물리적 특성 혹은 수중환경에 따라서 통신이 안정적으로 수행되지 않는다. 따라서 본 논문에서는 다중 전송 매체들을 사용하기 위한 통합 MAC 설계 방식들을 제안한다. 이를 통해 수중 통신이 더 안정적으로 수행할 수 있도록 하며 이를 위한 설계 접근 방법으로 상향식, 하향식, 혼합식 방식을 통해서 제시한다. 이러한 설계방식들의 장단점을 비교해보고 이를 통해 다중 전송 매체 수중 통신을 위한 통합 MAC 설계 시에 도움을 주고자 한다.

1. 서론

수중환경은 지구 전체 면적의 70%이상을 차지하지만, 인간이 쉽게 접근하지 못하기 때문에 지상 환경에 비해 발전이 더뎠다[1]. 그렇기 때문에 수중에서의 자원탐사, 재난재해 방지, 수중환경 모니터링, 해양방위산업 등을 위한 연구가 꾸준히 진행되고 있다. 이러한 연구들은 통신과 깊은 관련이 있다. 수중에서 활동 가능한 무인 장치 등은 통신을 기반으로 운용되기 때문이다[2].

일반적으로 지상에서 많은 연구 되어 온 RF(Radio Frequency) 통신은 수중에서는 물의 매질 특성 때문에 전파의 산란과 극심한 감쇠현상으로 인해 전달 손실이 커 수중환경에서 RF통신을 사용하기는 어렵다. 따라서 수중 환경에서는 수 km 이상의 먼 거리까지 통신이 가능한 음파 통신이 주로 사용된다. 그럼에도 불구하고 수중 음파 통신은 RF 통신에 비해 높은 비트 에러율, 낮은 bandwidth, 높은 채널 점유율, 낮은 전파 지연, 주변 간섭에 민감하게

반응하는 단점들이 존재한다[3].

최근 들어 광, 자기장, LF(Low Frequency) 통신을 통한 수중 통신 연구가 진행됐으며 상호보완적인 장단점을 갖는다. 광 통신의 경우 Gbps의 통신 속도를 가지지만 100m 정도의 통신 거리를 가지며 탁도가 높은 경우 광 통신이 어렵다. 자기장 통신의 경우 수중환경의 영향을 거의 받지 않지만 10m 정도의 짧은 통신 거리를 가진다. LF 통신의 경우 수백 km의 통신 거리를 가지지만 지상에서의 송신소에서만 송신이 가능하며 수중에서는 수신만 가능하다. 이러한 단일 통신 매체들을 통합적으로 사용하면 서로의 단점을 보완해주고 더 안정적인 통신이 가능하다.

예를 들어 노드 간의 사이가 가까울 때는 통신 에너지가 소모가 큰 음파 통신을 사용하는 것이 아니라 광통신을 이용하다가 물고기 떼가 지나갈 때는 광통신이 아닌 자기장 통신을 이용하며 노드 간의 거리가 멀어져 광, 자기장 통신이 안 되는 경우에는 통신 거리가 먼 음파통신을 사용하는 것이다.

이러한 이유로 본 논문에서는 단일 수중 통신 매체들을 통합하여 사용하기 위한 다중 전송 매체 통합 MAC(Media Access Control) 설계 접근 방법을 모색한다. 2절에서는 단일 전송 매체들의 특성들을 비교해보고 3절에서는 통합 MAC 설계 구조에 사용 되는 용어들의 표기를 정의하고 4절에서는 다중 전송 매체 통합 MAC의 설계 접근 방법을 제안하며 5절에서 각 설계방식에 따른 장단점을 분석하고 6절에서 결론 및 향후 연구로 마무리 짓는다.

* Corresponding Author : Changhwa Kim

Address : (26403) 150, Namwon-ro, Heungeop-myeon, Wonju-si, Gangwon-do, Korea

Tel : + 83-33-760-8663

Fax : +84-33-760-8718

E-mail : kch@gwnu.ac.kr

* 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.

2. 수중 통신 전송 매체들의 특성 비교

수중 환경에서 RF 통신은 물의 매질 특성 때문에 감쇄 현상을 보여 통신 거리가 매우 짧아진다. 이러한 이유로 주로 통신 거리가 먼 수중 음파 통신이 사용한다. 수중 음파 통신의 단점을 보완하기 위한 수중 통신 매체들이 개발되고 있으며 광통신, 자기장 통신, LF 통신이 사용되기도 한다.

이러한 수중 음파 통신을 보완하는 수중 통신 매체들의 물리적 특성은 표 1과 같다[3,4].

- 무선 광 통신 : 무선 광 통신은 주로 LED를 이용하는 방식으로 주파수 범위에 따라 통신 거리가 다른 특징을 갖는다. 무선 광통신은 전파의 한 종류이기 때문에 수중에서 사용하면 빛의 굴절, 산란으로 인한 다중 간섭이 발생하여 통신 거리가 제한적이다. 또한 염록소, 유기물, 염분 등에 빛이 흡수되어 신호 세기가 줄어들 수 있다. 하지만 최대 Gbps 속도로 빠른 데이터 전송이 가능하다[5].
- 자기장 통신 : 자기장 통신은 30kHz~ 300kHz 대역의 주파수를 사용하며 자기장의 신호 세기가 전기장 세기보다 강한 특징을 가져 수중 환경에 큰 영향을 받지 않으며 낮은 주파수 대역을 이용함으로써 수중 및 지상 등 제약 없는 통신을 할 수 있다.
- LF 통신 : LF 통신 3~30kHz 대역의 주파수를 사용하며 매우 낮은 주파수 대역을 사용하기 때문에 통신 거리는 매우 길다. 하지만 안테나 설치비용이 다른 전송 매체보다 굉장히 비싸며 수중 환경에서는 수신만 가능하며 송신은 불가능하다.

표 1. 수중 통신 전송 매체들의 물리적 특성 비교

매체	주파수 대역	전파 지연	통신 거리
음파	20Hz~22.5KHz	1.5Km/s	수십 Km
광	10~150MHz	225,500Km/s	100m이내
자기장	30~300KHz	-	10m 이내
LF	3~30KHz	300,000Km/s	수백 Km (송신기)

3. 용어의 표기

통합 MAC 설계 구조에서 사용되는 용어의 설명은 다음과 같다.

- U_PHY_i : 특정 물리적 매체를 의미한다. 음파, 광 및 자기장 매체를 사용하여 다른 노드와 전기적 신호를 사용하여 비트 정보를 송수신하는 물리계층이다.
- U_MAC_i : 특정 MAC 계층을 의미한다. 음파, 광 및 자기장에 대한 채널을 제어하고 MAC 테이블을 통해 응답 지연 등을 관리한다.
- $Adaptor_i$: Integrated MAC과 U_MAC 의 서로 상이한 인터페이스가 다른 것을 연동하기 위한 역할을 하며 Integrated MAC에서 보내는 프레임을 U_MAC 에서 사용하기 위해 U_MAC 인터페이스에 맞게 변환을 해주며 반대로 U_MAC 에서 페이로드를 보낼 때 Integrated MAC의 인터페이스에 맞게 변환해주는 역할을 한다.
- Integrated MAC : 여러 전송 매체들을 사용하기 위해서 각 통신 매체의 MAC 정보를 통합적으로 관리한다. 세부내용은 다음과 같이 요약된다.
 - 흐름제어 : 각 전송 매체들의 통신 속도가 표 1을 통해서 서로 다를 수 있으며 이러한 속도 차이로 인한 최대 프레임 크기가 서로 상이할 수 있기 때문에 통합 MAC에서 이를 위한 기준 프레임을 정한다. 전송 매체가 기준 프레임보다 큰 프레임의 송신이 가능하면 조립화하며 전송 매체가 기준 프레임보다 작은 프레임을 송신할 경우에는 파편화를 진행한다.
 - 순서제어 : 통합 MAC의 기준 프레임으로 인한 파편화와 조립화가 필요하며 이를 위한 순서 번호를 부여하고 또한 각 프레임이나 ACK에 순서번호를 정한다.
 - 링크 관리 : 전송 매체들에 대한 정보, 인접 노드 및 링크 유형과 통신 할 때 사용되는 통신 매체를 결정한다. 노드 간의 다중 전송 매체들을 통한 초기 링크 설정을 한다. 초기 링크 설정은 단 하나의 전송 매체에만 링크를 설정하고 문제가 발생 시에 다른 매체를 선택하는 방식과 모든 전송 매체에 링크를 설정하는 방법이 있다.

- 매체선택제어 : 수중 통신을 위한 전송 매체 우선순위, 상황에 따라 사용될 전송 매체가 결정된다. 상황은 노드 간의 거리 및 수중 환경에 따라 다른데 수중 환경의 경우에는 탁도가 높아 광통신이 불가능하거나 음파를 사용하는 생명체가 지나다님으로써 음파 통신이 불가능한 경우가 있다.

4. 다중 전송 매체 통합 MAC 설계 방법

설계 접근 방법은 하향식, 상향식 그리고 혼합식 방식이 있다. 하향식은 전체의 구조와 틀을 만들고 점점 자세히 구체화하는 것이기도 하며 통합 MAC의 설계 후 그에 대응하는 인터페이스에 맞추어 각 전송 매체를 설계하는 방식이다. 상향식은 전송 매체의 인터페이스에 맞추어 통합 MAC을 설계하는 방식이다[6]. 혼합식 방식은 하향식과 상향식을 혼합 설계 방법을 말한다. 여기서 ①과 ②는 설계 순서를 의미한다. 이러한 설계방식들을 통한 통합 MAC 설계를 제시한다.

4.1 하향식 접근 방법

하향식은 통합 MAC의 설계 후 하위 계층들의 설계하는 방식이며 이러한 설계방식은 다음과 같이 설계된다.

4.1.1 통합 MAC에 따른 U_PHY 설계

그림 1과 같이 통합 MAC이 설계된 후에 통합 MAC 표준인터페이스에 맞추어서 하위 계층인 U_PHY들이 설계된다. 통합 MAC에서는 U_PHY들을 위한 프로토콜이 필요하며 매체접근제어 기능이 추가로 필요하다

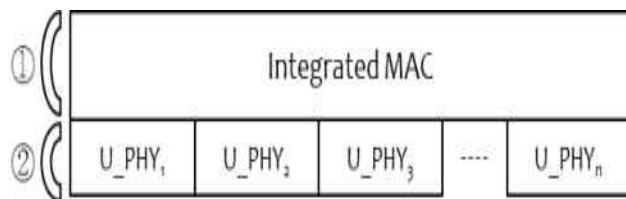


그림 1. 통합 MAC에 따른 U_PHY 설계

4.1.2 통합 MAC에 따른 U_MAC과 U_PHY설계

그림 2와 같이 통합 MAC에 따른 U_MAC과 U_PHY가 설계되며 U_MAC은 통합 표준인터페이스에 맞추어 설계된다.

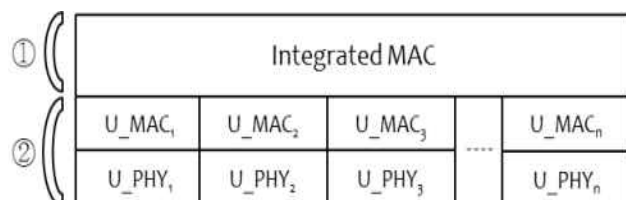


그림 2. 통합 MAC에 따른 U_MAC과 U_PHY 설계

4.2 상향식 접근 방법

상향식은 이미 설계된 U_PHY와 U_MAC에 맞추어 통합 MAC을 설계하는 방식이며 설계 방식들은 다음과 같다.

4.2.1 U_PHY와 U_MAC에 따른 통합 MAC 설계

그림 3은 그림 2와 같은 구조를 가지지만 통합 MAC에서 다른 기능을 가진다. U_MAC에서 사용되는 인터페이스의 정보 및 프로토콜 정보를 통합 MAC에서 가지고 있다.

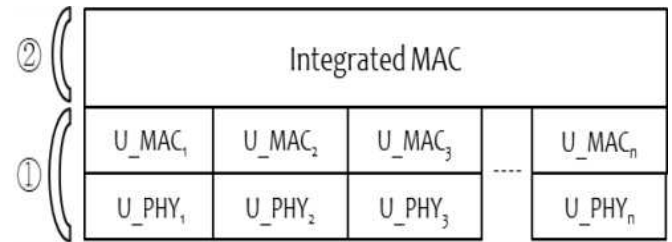


그림 3 U_PHY와 U_MAC에 따른 통합 MAC 설계

4.2.2 Adaptor를 이용한 통합 MAC 설계

그림 4는 4.2.1에서 통합 MAC이 U_MAC들의 인터페이스와 프로토콜 정보들을 가지고 있는 것이 아니라 Adaptor에서 통합 MAC 인터페이스로 변환해 주는 기능을 추가해서 설계되는 방식이다.

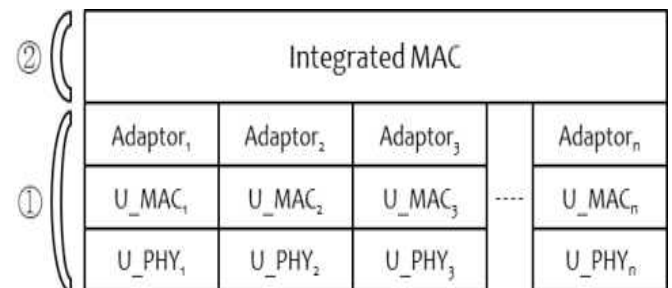


그림 4. Adaptor를 이용한 통합 MAC 설계

4.3 혼합식 접근 방법

혼합식 방식은 하향식의 4.1.2와 상향식의 4.2.2 방식을 혼합하여 통합 MAC을 설계하는 방식이다. 그림 5와 같이 나타낸다. 이는 통합 MAC의 인터페이스에 맞추어서 설계된다.

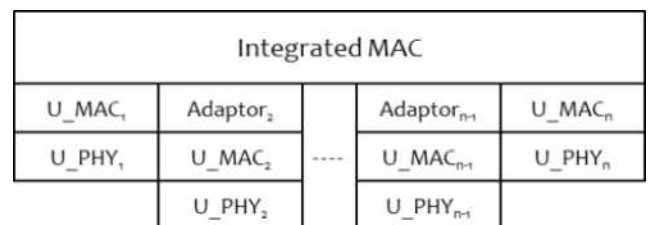


그림 5. 혼합식 방식의 통합 MAC 설계

5. 설계 방식에 따른 장단점

참고문헌

4절을 통해서 설계방식에 따라 통합 MAC을 설계하는 방식에 대해서 알아보았다. 각 설계 방식들에 따라서 장단점을 가진다.

하향식의 경우 통합 MAC의 인터페이스에 맞추어서 하위 계층들의 설계가 되기 때문에 설계 후에도 새로운 수중 통신 매체나 기존 수중 통신 매체를 추가할 수 있는 확장성을 가진다. 하지만 통합 MAC의 기능에 대한 세부적인 연구가 추가로 필요로 하다.

상향식의 경우에는 기존 설계가 된 수중 통신 매체들의 인터페이스에 맞추어서 통합 MAC의 설계가 돼야 하며 설계 후에 수중 통신 매체를 추가할 경우 다시 설계해야 하는 단점이 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위해 Adaptor를 사용하면 수중 통신 매체를 추가할 수 있는 확장성을 갖는다. 하지만 각 수중 통신 매체에서 수행하는 기능들이 서로 다른 수중 통신 매체에서 수행이 안 되는 경우가 발생할 수 있다.

혼합식의 경우에는 통합 MAC의 인터페이스에 맞추어서 설계되었기 때문에 하향식으로 설계된 하위 계층들의 기능들이 Adaptor로 설계된 수중 통신 매체에서도 사용이 가능한 장점을 가진다. 하지만 상향식에서 발생했던 Adaptor를 사용한 서로 다른 전송 매체들끼리 송수신하는 경우에는 각 전송 매체의 기능들이 수행이 안 되는 단점이 마찬가지로 발생할 수 있다.

이러한 방식들의 공통적인 장점은 단일 통신 매체를 사용하는 것보다 안정적이며 효율적인 통신이 가능하다는 점이지만 단점으로는 여러 가지 통신 매체들을 사용하기 때문에 이로 인한 오버헤드들이 존재한다는 점이다.

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 수중 환경에서 단일 전송 매체를 사용하는 것보다 안정적이며 효율적인 통신하기 위해서 다중 전송 매체 통신을 위한 통합 MAC 설계 접근 방법들을 제안하였다. 이러한 설계 방식들에 따라 가지는 장단점을 비교하였으며 이를 통해 설계자가 통합 MAC을 설계하려고 하는 환경에 따라 설계 방식 선택의 판단에 도움을 주고자 한다.

향후 연구로는 4.2.1 설계 방식을 통해서 설계된 통합 MAC의 연구를 진행하고 있으며 여러 전송 매체들을 통한 통신을 위해서 통합 MAC의 서로 상이한 데이터 속도로 인한 송수신 방법, 다중 전송 매체들의 동기화를 맞추기 위한 연구를 진행하고 있다.

- [1] S.J.Park, S.H. Park, S.K. Kim, and C.H. Kim, Underwater communication and ocean sensor network technology, Journal of Information Science and Technology Vol 28, No 7, pp79-88, 2010
- [2] 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
- [3] D.H. Shin, and C.H. Kim, Requirements for Underwater Communications Based on Multiple Wireless Underwater Communication Media, Proceedings of the Korean Institute of Communication Sciences Conference, pp.621-622, 2018.
- [4] H.J. Son, J.I. Kang, Thieu Quang Minh Nhat, Kim, S.G., and Choi, H.S.. A Study on Underwater Optical Communication System for Video Communication. Journal of the Korean Society of Ocean Engineers, Vol 32, No 2, pp.143-150, 2018.
- [5] D.S. Kwon, Trends in Underwater Wireless Optical Communication Technology, Journal of the Institute of Electronics Engineers, Vol 45 No 5, pp.49-56, 2018.
- [6] J.S. Park, and H.Y. Kang, A Study on System Modeling Methodology by Combining Bottom-Up Approach and Top-Down Approach, Korea Database Association Joint Conference, pp.409-433, 1995.
- [7] D.H. Shin and C.H. Kim, "A Method for Applying Multiple Wireless Communication Media to Underwater Communication", KSC 2017, pp. 1334-1336, 2017
- [8] D.H. Shin and C.H. Kim "Protocol Stack for Using Multiple Wireless Communication Media in Underwater Environment" KJCCS 2018, pp 1-6, 2018.