

수중 데이터 통신을 위한 MAC(Media Access Control) 프로토콜 설계

여진기*, 임용곤**, 이흥호*, 이승민*
 *충남대학교 전기공학과, **한국해양연구소

MAC Protocol Design for Underwater Data Communication

Jin-Ki Yeo*, Young-Kon Lim**, Heung-Ho Lee*, Sung-Min Lee*

*Dept. of Electrical Engineering Chung-Nam Univ.

**KRISO(Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering)

Abstract - This study proposes a new efficient MAC(media access control) protocol to establish the ultrasonic communication network for underwater vehicles, which ensures a certain level of maximum throughput regardless of the propagation delay of ultrasonic and allows fast data transmission through the multiple ultrasonic communication channel.

In this study, a media access control protocol for underwater communication network that allows 'peer-to-peer' communication between a surface ship and multiple underwater system is designed, and the proposed control protocol is implemented for its verification

underwater telemetry links system)은 수중환경에서 제어신호, 이미지정보, emergency정보 그리고 상태정보와 같은 데이터를 전송하기 위해 필요하다. 이러한 작업을 수행하기 위하여 초음파 수중 원격측정 링크 시스템은 그림1과 같은 필터와 전단증폭기(preamplifier)를 포함한 트랜스듀서, 수중초음파 모뎀, 신호 변·복조기 그리고 DSP module을 포함하는 링크 시스템이 제안되었다. 시스템의 설계구성은 그림1과 같다. 디지털신호처리 장치에서 센서신호는 D/A 컨버터에 의해 디지털 데이터로 변환되고, 디지털 처리된 센서 데이터는 DSP 프로세서의 메모리에 저장되고 저장된 데이터는 RS-232C를 통해 메인 컴퓨터로 전송된다. 초음파 통신용 모뎀은 상태정보(위치, 방향, 속도, 힘 etc)등과 같은 측정된 데이터를 선박이나 플랫폼에 전송한다. 데이터를 전송하기 위해 제한된 주파수 대역에서 고효율을 가지는 변조방식으로 $\pi/4$ QPSK 방식이 초음파 모뎀에 사용되며 중심주파수 50kHz, 주파수대역 10kHz를 갖는 트랜스듀서가 시스템에 적용된다. 선박에서 $\pi/4$ QPSK 복조기술을 이용하여 수신된 데이터를 초음파 모뎀이 변조하고 JPEG 보드를 이용하여 이미지 데이터를 복원한다. 선박의 오퍼레이터는 디스플레이 장비를 이용하여 수중시스템의 상태, 이미지정보, 측정된 센서 데이터를 모니터 할 수 있다.

1. 서 론

최근, 해양개발에 대한 관심의 증가로 수중로봇이나 AUV(Autonomous Underwater Vehicle)와 같은 무인 장비의 개발이 진행되고 있다. 수중시스템은 초음파 디지털통신 시스템을 이용함으로써 선박(surface ship)에서 수중으로 제어신호를 수신받고, 수중에서 관측된 정보를 송신한다. 더욱이, 선박이나 플랫폼에서 수중관측장비를 제어하려는 노력이 시도되고 있다. 이러한 시스템을 수행하기 위해서는 해양에서 선박과 수중장비와의 정보를 교환하는 초음파 디지털 통신 네트워크가 확립되어야 한다. 본 논문은 전단증폭기, 변/복조, 인코딩/디코딩 시스템의 초음파센서(트랜스듀서)와 같은 서브(Sub)시스템을 포함하는 수중 초음파 디지털 데이터 측정 링크와 수중 네트워크를 위한 media access control 프로토콜을 제안한다.

2. 본 론

2.1 Acoustic-Based Underwater Telemetry system

초음파를 이용한 수중 원격측정시스템의 개발은 수중 초음파용 센서, 수중관측장비 그리고 새로운 해양관측 기술을 제공하는 장비들과 실시간으로 통신할 수 있게 한다. 초음파 전송은 radio frequency (RF)와 광학에너지가 수중환경에서 심하게 감쇄되는 반면 초음파 신호는 다른 신호와는 달리 신호의 전파가 양호한 특성을 가지고 있다. 심해에서 작업하는 AUV는 심해상황을 사람에게 알려주는 기능을 수행하고 AUV 작업공간에서 AUV와 해상플랫폼(surface plant)가 서로 상호작용한다. 이곳은 몇 대의 수중관측장비 또는 플랫폼이 하나의 작업을 수행하기 위하여 서로 상보적인 작용을 수행한다.

초음파 수중 원격측정 링크시스템(acoustic-based

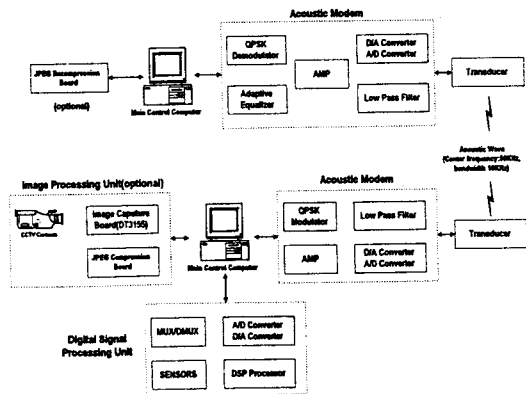


Fig1. A system configuration of acoustic based underwater telemetry links system

2.2 Limitation to underwater to access control protocol design

수중 초음파 통신 네트워크의 프로토콜 설계조건은 지상의 RF시스템이나 마이크로파 시스템의 조건과는 다르

고, 마이크로파에 기반을 둔 프로토콜은 수중환경에서는 효과가 좋지 못하며 전파지연은 프로토콜 선택에서 중요한 영향을 미친다. 예를들어, 두 개의 수중 네트워크에서 상대적인 전파지연은 packet size를 1~100배의 범위로 작게하고, 동일한 지형범위(100~1000 square Km)와 패킷길이에서 지표면에 대해 빛과 소리의 전파 속도의 비를 때문에[7] 이러한 전파지연은 크기의 차수를 작아지도록 한다. 이러한 중요한 차이는 수중시스템의 network delay에서 전파시간을 중요한 구성요소로 만든다. 또 다른 고려는 수중모뎀의 여러 가지 다른 환경에 있다. 이러한 다양성은 단방향 전파시간에서 큰 변화를 가져오고 전체 동기화의 이용을 억제하고 이것은 모든 time-sharing 또는 time-slotted 프로토콜을 요구한다. 초음파 원격측정 채널은 효율적인 네트워크 프로토콜의 설계에 있어서 고려해야할 다른 특징들을 가진다.

수중초음파통신의 high level layer service는 access flow control signals, sensors data, positioning data로 구성된다. 이러한 신호들에서 이미지 전송을 위한 traffic 정보는 10~50kbps 비트 전송 속도(8)를 필요로 한다. 그러나 물리계층에서 이용되는 초음파 트랜서듀서는 1~10kbps 비트 전송속도를 지원할 수 있다. 저속의 비트 전송속도는 측정된 데이터와 flow control signal을 실시간으로 전송하는데 제약을 받는다. 더욱이 하나의 채널이 다채널 미디어에서 공통 채널을 이용하는 것은 어렵다. 그러므로 각각에 대해서 다른 주파수대역을 갖는 다중채널이 낮은 비트 전송 속도 채널을 통하여 high level layers 계층에서 service를 전송하는 것이 이용되어야 한다. 또한 수중 네트워크 설계자는 throughput과 예상되는 지연사이에서 균형을 유지하는 프로토콜을 합성한다. 왜냐하면 어떤 프로토콜의 throughput과 평균 packet delay은 전송매체와 송수신기 모두 물리적인 특성에 크게 의존하기 때문이다.

2.3 Access Flow Control Design of Protocol

Access flow control protocol의 기본기능은 목적지에 logical link control의 높은 sub-layer로부터 프레임을 전달하는 것이다. access flow control 처리하기 위해 각각의 국(station)에 공통전송 채널을 이용하는 access flow control function과 collision에 의해 발생하는error detection function이 요구된다. CRC(cyclic Redundancy code) bit pattern은 처음과 끝을 나타내는 프레임에 추가된다. 조건을 만족하는 access frame format이 그림2에 제시되어 있다. 프레임 형태는 SDLC(Synchronous Data Link Control) 프레임 형태와 비슷하다.

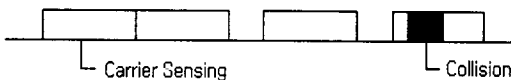


Fig2. Frame format of MAC portocol

이 시스템에서 다루고 있는 초음파 수중 통신망의 환경은 station을 이용하기 위한 다중 station과 다중 초음파 채널을 가지고 있다. 각각의 station은 다중채널에서 하나의 채널을 통하여 목적지(destination)에 프레임을 전송할 수 있다.

2.3.1 Carrier Sensing

그림3의 carrier sensing transition 알고리즘은 각각의 채널에 대한 idle time이 축적되는 overflow가 increasing flag에 의해 발생할 때 동작한다. 만약 carrier sensing이 검출되면 관계된 채널의 flag은 '0'

이되고 타이머는 다시 동작한다. 전송채널에 대한 carrier sensing은 비트 단위로 검출된다.

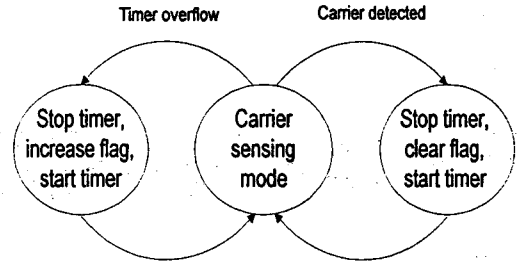


Fig3. The carrier sensing static diagram

2.3.2 Receiving Frame

그림3에서 carrier sensing mode에서 receiving frame mode은 관련된 station에 'ACK'신호를 전송한 후 carrier sensing mode로 전환하고 frame error가 발생할 때 수신된 프레임을 처리한다. 만약 다른 station에 프레임 에러가 발생하면 'NAK(Negative Acknowledgement)' 신호가 다른 station에 전송되고 수신된 프레임을 취소한 후 carrier mode로 전환된다. 수신 state transition diagram이 그림4에 나타나있다.

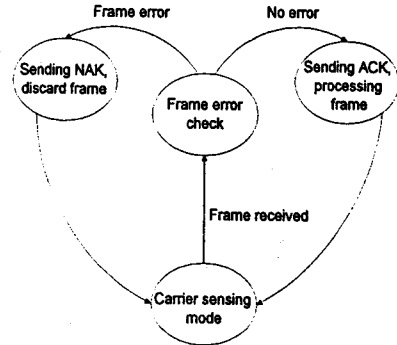


Fig.4 The receiving state transition diagram

2.3.3 Transmission Frame

전송프레임은 그림5의 전이과정에서 프레임 전송신호를 요구함으로써 확립된다. 전송프레임에서 여러개의 초음파채널 중 하나의 초음파채널이 선택되어야 한다. 첫 번째 stage에서 자신의 station으로 전송할 수 있고 destinate station에서 프레임을 받은 candidate channel을 찾게된다. candidate channel을 찾는 과정은 그림6에 나타나있고, 프레임전송에 대한 candidate channel은 그림7의 과정에서 선택된다. 전송 frame channel은 가장 긴 'idle' time channel일 때 선택되고 프레임 전송과정을 마친 후 'ACK' receiving mode로 돌아간다. 만약 이 과정에서 'idle' channel이 없다면 carrier sensing은 관련된 candidate channel을 찾고 'idle' channel이 검출될 때 'idle' channel에서 프레임 전송과 함께 'ACK' receiving mode로 돌아간다.

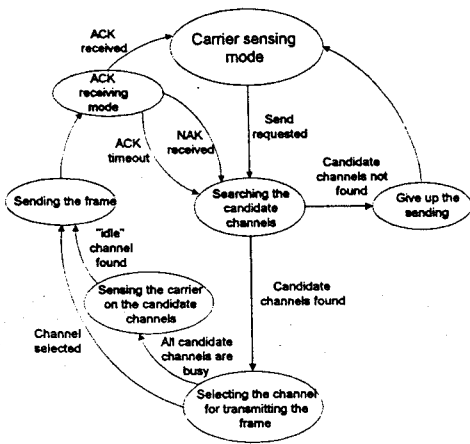


Fig5. The Sending state transition diagram

- [1] Acampora, AS and Zhang, "A throughput/Delay Comparison : Narrowband versus Broadband Wireless LAN's", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol.42, No.3, 1993
- [2] Baggeroer, A, "Acoustic Telemetry An Overview" IEEE Trans. on Commun., Vol.OE-9, pp.229-235, 1984
- [3] Halsal, F, "Data Communication Computer Networks and Open Systems", Addison-Wesley Press, pp.216-230, 1992
- [4] Proakis, JG, "Digital Communication", McGraw Hill Press, 1983
- [5] Catipovic, "Performance Limitations in Underwater Acoustic Telemetry" IEEE Oceanic Eng. VOL.15, NO.3, pp.205-216, 1990
- [6] Karki, KC and Patankar, "Calculation Procedure for VisCous Incompressible Flows in complex Geometries" Numerical Heat Transfer, Vol.14, pp. 295-307, 1988
- [7] Wesley, WC, "Optimal Message Block Size for Computer Communications with Error Detection and Retransmission Strategies" IEEE Trans. on Commun., Vol.14, pp. 295-307, 1974
- [8] William, SB, "Underwater Acoustic System Analysis 2nd Edition", Prentice Hall Press.

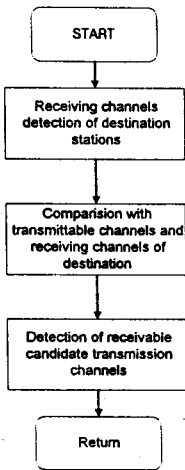


Figure 6. The procedure for searching candidat channels

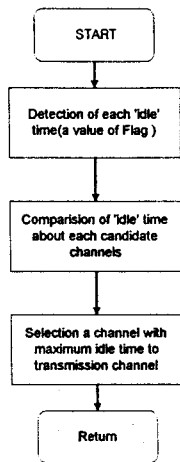


Figure 7. The procedure for selecting the sending channel

3. 결 론

본 논문은 높은 비트 전송속도, 전단증폭기, 변·복조, 엔코딩·디코딩 시스템을 가지는 트랜서듀서 같은 서브시스템을 포함하는 수중초음파 디지털 데이터 원격 측정 링크 설계방법을 제안한다. 또한 수중 vehicle network에서 새로운 media access control 프로토콜을 제안한다. 이 시스템은 초음파 전파지연에 관계없이 최대 throughput을 보장하는 수중 관측장비의 초음파 디지털 데이터 통신망을 확립하는데 목적이 있고 초음파 다 채널을 통한 고속 데이터 전송을 하도록 한다. 해상 플랫폼과 다중 수중시스템 사이의 peer-to-peer통신을 가능하게 하는 초음파 기반 통신모델과 통합된 통신네트워크를 위한 media access control 프로토콜이 제안되었다. 제안된 설계방법은 수중작업을 위한 multiple vehicle를 제어하는 것을 가능하게 하고 수중 초음파 통신채널에서 전파지연에 관계없이 최대 throughput을 보장하고 다 채널을 통하여 high-bit rate로 데이터를 전송하는 것을 가능하게 한다.