

# 수중 네트워크를 위한 다중접속 프로토콜의 평가

\*김락훈, 김태중, 심태보  
송실대학교 정보통신공학부

e-mail : pinkpanda127@naver.com, gustav@dreamwiz.com, tbshim@ssu.ac.kr

## Evaluation of Multiple Access Protocol for Underwater Acoustic Network

\*Lack-Hoon Kim, Tae-Jung Kim, Taebo Shim  
School of Information and Communication Engineering  
Soong-sil University

### Abstract

The purpose of this paper is to propose a CSMA/CA protocol to reduce the delay time and increase the throughput of the original CSMA/CA protocol. In underwater environments, the efficiency of the protocol is reduced due to the increase of the propagation delay time, which results in increase of the collision possibility causing lowering of the transmission efficiency.

### I. 서론

수중 센서 네트워크의 어플리케이션으로는 지진 모니터링, 자원탐사, 재난 방지 등이 있다[1]. 수중 환경에서 이러한 어플리케이션들을 수행하기 위해서는 지상의 무선 센서 네트워크와는 다른 제약 조건들을 극복해야 된다. 수중 센서 네트워크의 가장 큰 특징은 통신을 위하여 지상의 RF 신호 대신 음파(acoustic) 신호를 사용하는 것이다. 음파 신호를 사용하는 이유는 수중 환경에서 RF신호는 노드의 최대 전송 전력으로 1미터 이상 전파하지 못하기 때문이다[2]. 수중에서의 물리적 링크의 품질을 저하시키는 열악한 환경에서 신뢰성 높은 통신을 하기 위해서 ARQ 절차가 반드시 포함되어야 하고, Stop and Wait(SW) ARQ가 수중 환경에 적합하다. 본 논문에서는 수중 환경 특성을 고려하여 효율을 높일 수 있는 SW ARQ 기법을 제안하며, 구성은 다음과 같이 이루어져있다. 2장에서는 수중음향 통신 환경을 소개하고, 3장에서는 SW ARQ 기법을 제안한다. 4장의 시뮬레이션 결과를 통해 5장에서 결론을 맺도록 한다.

### II. 수중음향통신 환경

전파를 통신 매체로 하는 지상의 센서 네트워크와 비교하였을 때, 수중음향 센서 네트워크가 가지고 있는 문제점은 다음과 같다[3].

- 높은 통신 에러율 : 음파가 열로 전환되는 등 감쇠 현상이 심하게 발생하며, Doppler spread, bottom bounce 등으로 인하여 통신 에러율이 높다.
- 느린 전송 속도 : 전파의 속도가  $3 \times 10^8$  m/s인 것에 비해 음파의 속도는 약 1,500m/s로 매우 느리며, 이것은 수중환경에 따라 가변적이다.
- 다중경로와 페이딩 : 다중 경로에 의한 간섭현상이 쉽게 발생하고 페이딩에 의해 주파수 대역이 제한된다.

### III. 제안하는 SW ARQ 기법

#### 2.1 시스템 모델

성능 분석을 위하여 본 논문에서 제안한 CSMA/CA 프로토콜은 슬롯화 된 p-persistent CSMA 방식의 프로토콜로 모델링하였다. 시간 축은 슬롯크기  $a$ 로 나누어 있으며, 모든 패킷은 전송이전에  $\ell$ 개의 슬롯으로 구성된 DIFS 지연동안 채널을 감지하고, 전송을 시도한다. 또한 패킷 전송시간은 단위시간 1로 고정하였다고 가정하고 기본단위시간으로 설정하였다.

제안하는 수중음향 프로토콜의 성능평가를 위한 환경은 그림 2에서 보는 것과 같이 201m 수심의 동해를 모델로 하여 천해환경을 모의하였다. 또한 그림 3에 모의 환경 토폴로지를 나타내었다. 각 노드의 수신신호 준위  $S$ 는 송신신호 준위  $SL$ 에서 전달손실  $TL$ 과 소음준위  $N$ 을 뺀 값으로 식 (1)과 같다.

$$S = SL - TL - N \tag{1}$$

수중소음은 천해에서의 50dB 정도로 분포한다고 가정하였다[4].

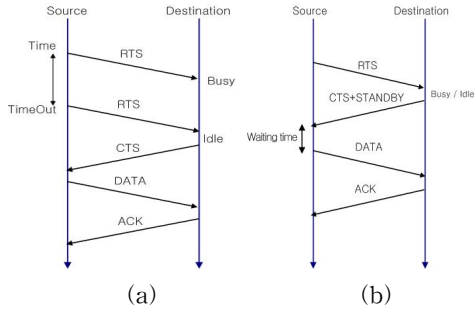


그림 1. (a) 기존 SW ARQ  
(b) 제안하는 SW ARQ

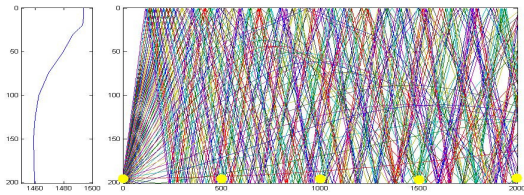
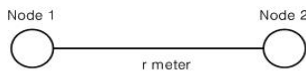


그림 2. 수중통신 채널의 음속구조 및 음선



Bit rate = 10 kbit/s  
Frequency = 10 kHz  
Transmittig power = 185dB

그림 3. 모의 환경 토폴로지

#### IV. 시뮬레이션 결과

모델링된 수중 채널과 함께 프로토콜을 적용하여 수중 네트워크에서 제안하는 프로토콜의 성능을 그림 4부터 그림 6까지 나타내었다. 그림 4는 각각의 거리에 따라 설치된 노드에서 1,000 바이트 길이의 패킷을 보낸다고 가정하고, 트래픽 G가 1일 경우 최대 처리율을 나타낸 것으로서 거리가 증가함에 따라 처리율은 감소하는 것을 볼 수 있다. 그림에서 실선으로 표시된 곡선이 수학적 분석의 결과이고, 점선으로 표시된 것은 각 위치에서의 최대 처리율에 대한 시뮬레이션 결과이다. 그림 5에서는 기존 프로토콜과 제안하는 프로토콜의 성능이 약 22% 향상했음을 알 수 있다. 또한 그림 6에서 전파 지연 대 전송지연의 비로 표현되는 슬롯시간 a의 값이 증가할수록 처리율은 떨어지는 것으로 나타났다.

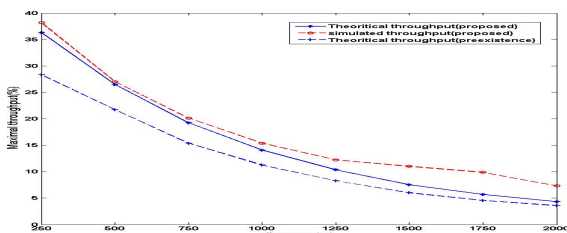


그림 4. 위치에 따른 최대 처리율

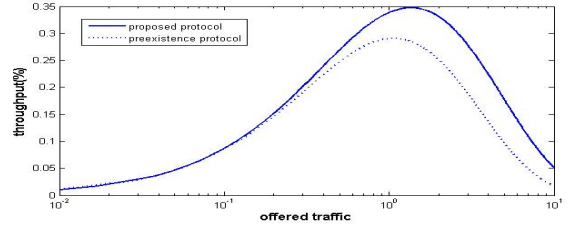


그림 5. 기존 프로토콜과 제안된 프로토콜의 성능비교

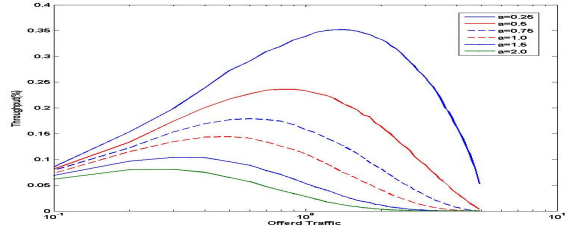


그림 6. a값의 변화에 대한 처리율

#### V. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 모델링 된 수중 네트워크 환경에서 CSMA/CA 프로토콜을 제안하고 그 성능의 변화를 시뮬레이션을 통해 확인하였다. 그 결과 제안하는 프로토콜의 성능이 약 22% 향상되는 것을 확인하였다. 실제 해양 환경과 유사한 모델링을 통해 제안하는 프로토콜이 우수함을 다른 프로토콜과의 비교 실험도 필요할 것으로 보인다.

#### 참고문헌

- [1] I. F. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "Underwater Acoustic Sensor Networks : Research Challenges," Ad Hoc Networks(Elsevier), Vol.3(3), pp.257-259, May 2005
- [2] B. Zhang, G. S. Sukhatme, and A. A. G. Requicha, "Adaptive sampling for marine microorganism monitoring," in IEEE/RSJ International Conference on intelligent Robots and system, VOL.2, pp.1115-1122, 2004
- [3] J. H. Cui, Z. Ji and W. Wang, "Low-Cost Attack against Packet Delivery, Localization, and Time Synchronization Services in underwater Sensor Networks," Proc. of 4th ACM Workshop on Wireless Security, pp.87-96, 2005
- [4] L. B. Bertholf, "Shallow Water Ambient Noise Level in the Tongue of the Ocean", 1969