

수중 MANET에서 비디오 트래픽의 전송성능

김영동*

Transmission Performance of Video Traffic on Underwater MANET

Young-Dong Kim*

요 약

음향채널을 주로 사용하는 수중통신환경은 지상통신환경과 달라 통신 서비스를 구축함에 있어 수중환경에 적합하게 전송성능을 분석하는 것이 필요하며, 통신망의 일반적 성능 뿐 아니라 통신 서비스별 전송 대상 트래픽의 전송성능을 분석하여 통신서비스에 적절한 트래픽처리 방안의 강구가 요구된다. 본 연구에서는 수중 MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서 비디오 트래픽의 전송 성능을 분석하고 이 결과를 토대로 비디오 트래픽 전송 방안을 제시한다. 본 연구는 NS(Network Simulator)-3에 기반한 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 수행하며, 전송 성능으로는 처리율, 전송지연, 패킷손실율을 사용한다.

ABSTRACT

Since the underwater communication environment, which is used mainly in acoustic channel, is different from terrestrial communication, it needs to analyze the appropriate transmission performance in underwater environment to implement the communication services. Appropriate traffic process method for a communication service is required through transmission performance of object traffic for the communication service. In this paper, transmission performance of video traffic on underwater MANET(Mobile Ad-hoc Network) is analyzed and video traffic configuration scheme on underwater MANET with results of performance analysis is suggested. This study is done with computer simulation based on NS(Network Simulator)-3. throughput, transmission delay, packet loss rate is used for transmission performance.

키워드

Underwater Communication, MANET, Video Traffic, Transmission Performance
수중 통신, 임시 통신망, 비디오 트래픽, 전송 성능

1. 서 론

최근 들어 수산업, 해양탐사, 해양자원개발, 군사적 목적 및 취미활동을 비롯한 수중산업의 발전과 더불어 수중 통신 분야에서도 단순 신호 전달 수준을 넘어 데이터, 음성/음향 및 영상 정보 등 다양한 통신

서비스의 구축이 요구되고 있다[1-2].

수중통신환경은 지상의 통신환경과 매우 달라 수중 통신에서 다양한 서비스를 구축함에 있어 지상통신환경의 통신 서비스 개발과는 달리 수중통신을 위한 특화된 구축 방법이 필요하다.

수중통신은 장거리 통신으로 주로 음향채널을 사용

* 교신저자 : 동양대학교 철도전기융합학과
• 접수일 : 2018. 10. 22
• 수정완료일 : 2018. 12. 19
• 게재확정일 : 2019. 02. 15

• Received : Oct. 22, 2018, Revised : Dec. 19, 2018, Accepted : Feb. 15, 2019
• Corresponding Author : Young-Dong Kim
Dept. of Electric Railway Convergence Science, Dongyang University,
Email : ydkim@dyu.ac.kr

하며 짧은 거리에서는 제한적으로 빛과 전파가 사용되기도 하나 일반적 통신수단으로 사용하기에는 현재 기술로는 무리가 있다. 특히 주요 지상통신영역에서 이용이 급속하게 증가하고 있는 비디오 전송 서비스의 경우 수중통신 환경에서는 그 적용이 원활하지 못하여 전송품질, 전송거리 및 기타 전송 성능면에서 매우 제한 적으로 사용되고 있다[3].

따라서 수중통신환경에서 적절한 수준의 비디오 트래픽을 적절한 수준의 전송 품질로 적절한 거리에서 활용할 수 있는 통신서비스의 개발 및 구축은 매우 중요한 필수적 수중통신의 과제라 할 수 있다.

본 연구에서는 수중통신환경에서 앞으로 사용이 확대될 것으로 예상되는 비디오 트래픽의 전송과 관련된 성능을 분석하고자 한다. 이 분석을 통하여 수중통신에 적절한 비디오 트래픽 구성 방법과 전송조건을 제시하고 한다.

본 연구는 NS(: Network Simulator)-3에 기반한 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 구성하고, 비디오 트래픽으로는 MPEG(: Moving Picture Experts Group) 비디오를 활용하며, 수중통신망으로는 MANET(: Mobile Ad-hoc Network)을 이용한다. 전송성능으로는 처리율, 전송지연, 패킷손실률 등을 사용한다.

본 논문은 II장에 수중통신환경, III장에서는 비디오 트래픽, IV장에서는 시뮬레이션 및 성능분석을 기술하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 수중통신환경

수중통신환경은 지상통신환경과 달리 전파속도, 전송매질, 감쇠 및 잡음의 영향, 통신공간 등이 매우 다른 특성을 갖는다.

수중전달매체로는 무선전파, 빛 및 음향을 사용하고 있으나 무선전파와 빛을 사용한 수중통신은 그 전송거리가 매우 짧아 특별한 통신 서비스 이외에 장거리 등의 전송에 활용하기에는 매우 곤란한 특징을 보이고 있어 수중 장거리 전송매체로는 주로 음향이 사용되고 있다[3].

수중전달매체로서 음향채널의 전파속도는 평균 1500[m/s]로 공기 중의 음향전파 평균속도 340[m/s]에 비해 약 4.4배 정도 빠르나 무선전파속도 3×10^8 [m/s]에

비해 20만배 느리며, 수중온도, 염도 및 잡음 등에 크게 영향을 받는다. 특히 잡음의 경우 노드간의 거리에 매우 의존적이다[4].

통신공간의 경우 그림 1과 같이 해수면을 기준으로 3차원의 입체공간으로 구성된다[4-5].

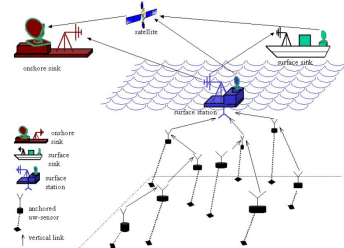


그림 1. 수중통신공간[5]
Fig. 1 Underwater communication space[5]

수중통신환경에서 음향채널의 전파속도는 전송거리, 수중온도, 염도 및 깊이에 따라 정의되며 식(1)과 같다[4], [6-7].

$$v = 1448.96 + 4.591 T - 5.304 \times 10^{-2} T^2 + 2.374 \times 10^{-4} T^3 + 1.340(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2} D + 1.675 \times 10^{-7} D^2 - 1.025 \times 10^{-2} T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13} TD^3$$

식에서 v 는 전파속도[m/s], T는 온도[°C], S는 염도[pspt], D는 깊이[m]를 나타낸다.

이외에 수중통신에서 영향을 미치는 요인으로 흡수 손실, 확산손실, 흡수손실 등의 손실에 의한 감쇠, 수중음향잡음, 위상지연 등이 있다[4].

III. 비디오 트래픽

VoD(: Video on Demand), CCTV(: Closed Circuit Television), IPTV(: Internet Protocol Television) 등의 주요 비디오 통신에는 주로 스트리밍 형태의 실시간 전송서비스가 사용된다. 스트리밍 비디오 트래픽의 구성에는 AVI(: Audio Video Interleave), H.263, MPEG-4 등이 사용되고 있다.

본 연구에서는 수중통신에서 비디오 전송을 수중 MANET의 센서 노드나 일반 노드가 관찰한 수중 비디오 정보를 다른 노드로 전송하는 것으로 간주하고 수중 MANET에서 전송할 비디오 서비스로 MPEG-4 포맷의 스트리밍 서비스로 한다.

MPEG-4는 저속통신 환경에서 스트리밍 비디오 서비스를 지원하기 위해 개발된 표준으로 장면정보와 음성정보로 구성된다. 본 연구에서는 수중정보의 특성을 고려하여 장면정보만을 대상으로 한다.

MPEG-4의 장면정보는 I(Intra-coded) 프레임, P(Predicted-coded) 프레임, B(Bidirectional-coded) 프레임의 조합으로 구성되는 GOP(Group of Pictures)를 사용하여 부호화된다. I 프레임은 픽처 프레임으로 부터 부호화되며, P 프레임은 가장 최근의 I 또는 P 프레임을 참조하여 부호화된다. 따라서 P 프레임을 재구성하기 위해서는 가장 최근의 I 또는 P 프레임을 반드시 사용할 수 있어야 한다. B 프레임은 인접한 두 개의 I 및 P 프레임을 사용하여 부호화되며 I 및 P 프레임은 B 프레임의 전후에 배치된다. 따라서 기본적인 반복요소는 IBB와 PBB이며 IBB는 반드시 사용되어야 하는 필수적 요소이다. 두 개의 연속적인 IBB 사이에 단일 또는 복수의 PBB가 사용되어 GOP가 구성된다[8].

GOP 구성을 보면 IBB와 PBB가 1:3으로 구성되는 24[f/s] 기준의 IBBPBBPBBPBB, 1:4로 구성되는 30[f/s]의 IBBPBBPBBPBBPBB 형식이 있으며 각 형식은 0.5초의 장면에 해당한다[8].

따라서 GOP 구성은 전송량 및 전송품질을 결정함에 있어 매우 중요한 영향을 미치게 된다.

IV. 시뮬레이션 및 성능

4.1 시뮬레이터 구성

본 논문은 수중 MANET에서 비디오 트래픽의 전송성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 분석한다. 시뮬레이터는 NS-3¹⁾를 기반으로 구성한다. 수중통신모듈은 NS-3에 기본적으로 제공되는 UAN(Underwater Acoustic Network) 기능을 사용한다. 이

를 토대로 수중 MANET 환경을 구축한 시뮬레이터를 구성한다.

4.2 시뮬레이션 환경

본 연구에서 시뮬레이션은 일정 규모의 3D 수중통신 공간에서 최대 5[m/s]의 속도로 이동하는 노드들로 구성된 MANET을 대상으로 한다.

시뮬레이션에서 각 노드들은 랜덤 이동을 하며 송수신 노드는 비디오 트래픽을 송신한다. 본 연구에서는 비디오 트래픽의 전송성능을 채널기준으로 개량하기 위해 송수신 노드를 각각 단일 노드로 설정한다.

전송모델은 NS-3가 일반적으로 제공하는 on/off 모델을 사용하며, 비디오 트래픽 전송 프로토콜로는 UDP(User Datagram Protocol)을 사용하고, 패킷 처리는 IPv4 스택을 사용한다. IPv4 스택을 사용할 경우 성능 데이터를 수집하기 수월하다.

주요 시뮬레이션 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

Parameters	Values
Network Scale	500×500×70[m]
Node Number	5
Node Mobility	3D Random Moving
Node Speed	Max. 5[m/s]
MAC	ALOHA
Channel Speed	5.0k ~ 2[Mbps]
Packet Size	188, 1380[Bytes]
Protocol	UDP

전송 대상인 비디오 트래픽은 MPEG-4에서 사용하는 I/P/B 프레임을 표 2와 같이 설정하여 사용한다 [9-10].

표 2에 제시된 I/P/B 프레임의 특성화 파라미터를 on/off 모델의 on-time과 off-time에 적용할 경우 MPEG-4 비디오 트래픽으로 가상화하여 시뮬레이션 트래픽으로 사용할 수 있다.

1) <https://www.nsnam.org>

표 2. 비디오 트래픽 파라미터
Table 2. Video traffic parameters

Frames	Time(seconds)	Size(bytes)
I	PDF	Lognormal
	μ	0.4026
	σ	0.0352
P	PDF	Lognormal
	μ	0.1396
	σ	0.0972
B	PDF	Gamma
	μ	0.0508
	σ	0.0338

PDF: Probability Distribution Function

4.3 프레임 성능분석

시뮬레이션은 표 1의 시뮬레이션 파라미터로 구성된 MANET에서 표 2의 파라미터를 따라 비디오 트래픽을 I/P/B 프레임 별로 구분하여 전송하며 수행하였다. 각 시뮬레이션은 180[s]간 수행하며 전송성능을 측정하였다.

시뮬레이션 결과를 그림 2~7에 처리율, 전송지연 및 패킷 손실율로 구분하여 패킷크기별로 제시하였다. 그림 2, 4, 6은 각각 처리율, 전송지연 및 패킷손실율을 전송속도 관점의 결과이고, 그림 3, 5, 7은 그림 2, 4, 6에 제시한 각각의 성능을 평균한 결과이다. 그림에서 I(1)/P(1)/B(1)은 각 프레임별로 188바이트 크기의 패킷의 결과를 의미하며, I(2)/P(2)/B(2)는 1380바이트의 표준 크기를 의미한다. 188바이트 패킷은 표준 크기 규격의 1/8정도에 해당하는 크기이다.

그림 2에서 처리율은 패킷전송에 사용된 채널의 사용되는 정도를 의미한다. 트래픽별 처리율은 약 49%였으며 전송속도가 낮은 경우에 처리율의 변동이 컸다. 프레임 유형별 처리율은 그림 3에 의하면 I 프레임이 P 트래픽과 B 트래픽에 비해 낮게 나타났는데 이는 I 프레임의 정보량이 큰 것과 관련된 것으로 분석된다.

전송지연은 그림 4에서 전송속도와 패킷크기에 따라 80[ms]~1.2[s]로 큰 차이를 보였으며, 요구조건 20 [ms]를 4배 이상 초과하였다. 이는 수중 음향채널의 속도에 기인한 것으로 네트워크 규모가 증가할 경우 더 증가할 것으로 예상된다. 그림 5에 의하면 지연을 개선하기 위해서는 패킷의 길이를 적절하게 짧은 크기로 조절이 필요할 것으로 보인다.

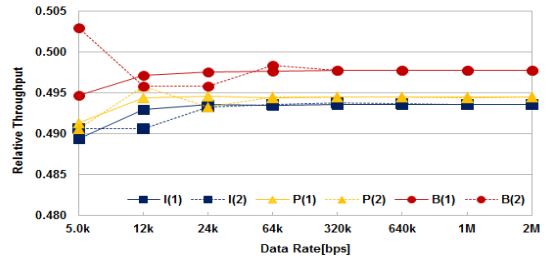


그림 2. 상대처리율
Fig. 2 Relative throughputs

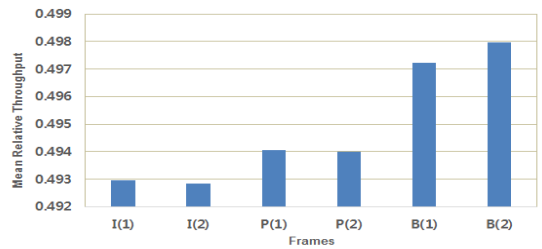


그림 3. 평균상대처리율
Fig. 3 Mean relative throughputs

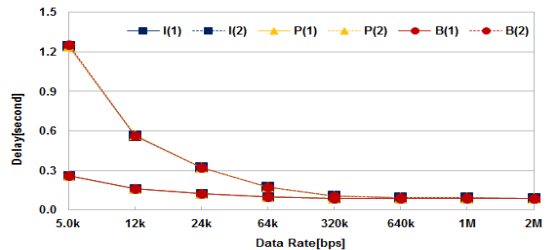


그림 4. 전송지연
Fig. 4 Transmission delay

패킷 손실율은 그림 6과 7에 의하면 약 47[%]에 이르는 것으로 나타났는데 이는 일반적으로 요구되는 전송품질 수준 5[%]를 매우 초과하는 결과로 이 성능 파라미터에 대한 개선이 필요하다.

그림 4, 5의 지연특성과 그림 6, 7의 패킷 손실율을 패킷길이 관점에서 비교하면 패킷길이에 따라 지연특성은 악화되지만 패킷손실율은 개선되고 있다. 이에 대해 지연과 품질의 측면에서 서비스 특성에 따른 선택이 필요하다.

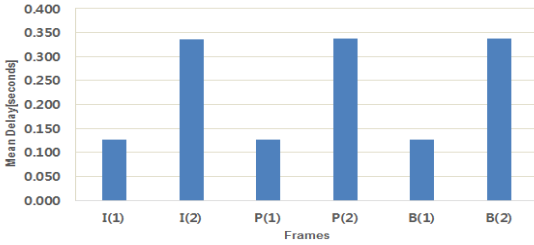


그림 5. 평균전송지연
Fig. 5 Mean transmission delay

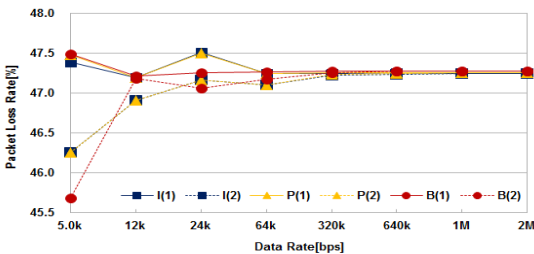


그림 6. 패킷손실률
Fig. 6 Packet loss rate

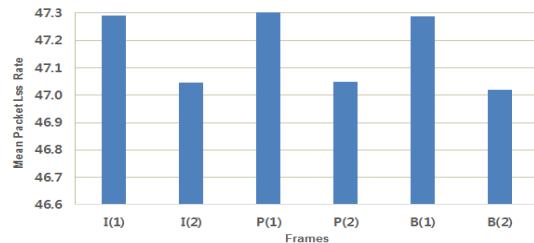


그림 7. 평균 패킷손실률
Fig. 7 Mean packet loss rate

4.4 GOP 분석 및 트래픽 모델

4.3절에서 기술된 I/P/B 프레임 전송성능분석 결과를 토대로 MPEG 비디오 GOP구성 방식별 성능으로서 각 GOP구성별 채널 이용율을 그림 8에 제시하였다.

그림 8은 표준 GOP구성으로 30프레임 방식과 24프레임 방식, 본 연구에서 임의로 제시한 18프레임 방식과 15프레임 방식의 전송 성능이다.

본 연구에서 제시한 18프레임 방식은 30프레임 및

24프레임과 같은 대칭구성으로 반복요소가 0.5초에 IBBPBBPBB로 반복되어 1초간 18프레임을 이루며, 15프레임은 1초간에 IBBPBBPBBIBBPBB로 비대칭으로 구성하였다. 15프레임의 경우 1초간에 IBB 반복요소는 2회를 유지하는 반면에 PBB 반복요소를 줄이므로 움직임이 낮은 동영상에 대하여 전송품질의 저하를 방지하며 프레임 수를 줄여 움직임의 추적 횟수를 낮추는 것을 의미한다. 수중환경에서 움직임은 수중압력으로 인해 공기 중의 움직임에 비해 현저히 낮아질 수 있어 수중환경에서 관찰되는 비디오 정보를 수중에서 전송할 경우 이 환경적 특성을 고려할 필요가 있는 것이다.

그림 8에서 GOP(1)은 각 방식별 패킷길이 188바이트 전송, GOP(2)는 각 방식별 1380바이트 길이 패킷 전송의 성능을 의미한다.

그림 8에서 표준방식인 GOP30을 기준으로 GOP18은 약 40%, GOP15는 약 52%의 채널 이용율 개선이 있으며, GOP24 기준으로 GOP18은 25%, GOP15는 40%의 채널 이용율 개선이 이루어진다. 따라서 GOP18 또는 GOP15방식을 사용할 경우 표준방식은 GOP30이나 GOP24에 비해 최대 2배의 채널이용이 가능하며 작게는 1/4의 채널 이용 개선이 이루어진다.

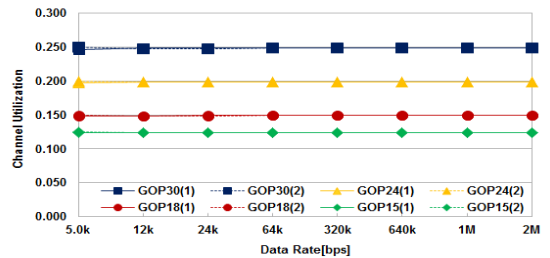


그림 8. 채널 이용율
Fig. 8 Channel utilization

V. 결론

본 연구에서는 지상통신환경과는 다른 특성을 가지는 수중통신환경에서 비디오 트래픽의 전송성능을 MPEG 구성 프레임 별로 구분하여 분석하고 그 결과를 토대로 수중통신에 적합한 GOP구성 방식을 제시하고 성능을 분석하였다.

수중비디오 통신에서는 고속통신환경의 MPEG에서 사용되는 표준 방식으로서 30프레임 또는 24프레임의 GOP 구성과는 달리 수중통신에 적합한 15 또는 18 프레임의 GOP 구성이 채널 운영 측면에서 유리한 것으로 나타났다. 이와는 별도로 전송지연과 패킷손실을 조건을 달성하기 위한 방안도 필요한 것으로 분석되었다.

본 연구에서 사용한 연구방법과 결과는 수중통신의 성능분석, 수중통신망구축 및 일반통신망 연구에 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

다양한 형태의 수중통신망 환경, 각종 비디오 트래픽 코딩방식 및 응용서비스 형태에 따른 추가적인 성능 분석이 추후 과제이며, 특히 사용자 관점에서 본 트래픽 전송 성능의 분석 또한 요구된다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음.

References

[1] J. Partan, J. Kurose, and B. Levine, "A Survey of Practical Issues in Underwater Networks," In *Proc. the 1st ACM Int. Workshop on Underwater Networks*, Los Angels, USA, Sept. 2006, pp. 17-24.

[2] A. Stefanov and M. Stojanovic, "Performance of Underwater Ad-Hoc Networks," In *Proc. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC 2010)-Fall*, Ottawa, Canada, Sept. 2010, pp. 1-5.

[3] C. Gussen, P. Diniz, M.Campos, W. Martins, F. Costa, and J. Gois, "A Survey of Underwater Wireless Communication Technologies," *J. of Communication and Information Systems*, vol. 31, no. 1, 2016. pp. 242-255.

[4] Y. Kim, "Transmission Performance of MANET on 3D Underwater Communication Environments," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 6, 2017, pp. 997-1002.

[5] I. Akyildiz, D. Pompili, and T. Melodia, "Challenges for Efficient Communication in

Underwater Acoustic Sensor Networks," *ACM Special Interest Group on Embedded review*, vol. 1, issue 2, July 2004, pp. 3-8.

[6] Y. Kim, "Transmission Performance of VoIP Traffics on Underwater MANET," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 12, Dec. 2016, pp. 1187-1192.

[7] A. Sehgal, I. Tuma, and J. Schonwalder, "AquaTools : An Underwater Acoustic Networking Simulation Toolkits," In *Proc. IEEE Oceans Conf.*, Sydney, Australia, May 2010, pp. 1-10.

[8] Y. Kim, "Transmission of Multimedia Traffic over Mobile Ad-hoc Networks," *J. of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 9, no. 1, Feb. 2005, pp. 95-101.

[9] W. Campo-Munoz, E. Astaiza-Hoyos, and L. Munoz-Sanabria, "Traffice modelling of video-on-demand service through NS-3," *J. of DYNA*, vol. 84, no. 202, Sept. 2017, pp. 55-64.

[10] W. Campo Munoz, H. Bermudez, and E. Hoyos, "Characterization of traffic of video streaming service based on lexical analyzers," *J. of Ingeniare*, vol. 26, no. 3, Jan. 2018, pp. 448-458.

저자 소개



김영동(Young-Dong Kim)

1984년 광운대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)
 1986년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)

1990년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 동양대학교 철도전기융합학과 교수
 ※ 관심분야 : 통신프로토콜, MANET, VoIP, 수중통신, 컴퓨터시뮬레이션, ICT 융합 등