

수중 MANET에서 VoIP 트래픽의 전송 성능

김영동*

Transmission Performance of VoIP Traffics on Underwater MANET

Young-Dong Kim*

요 약

수중 MANET의 설계, 구축 및 운용에서 전송성능의 측정 및 분석은 네트워크 차원의 전송 파라미터를 중심으로 수행됨에 따라 성능 분석 결과가 네트워크 수준의 성능에 국한되고 있어 사용자 수준의 전송품질과 관련한 전송성능을 분석·고찰하기에는 미흡한 점이 있다. 본 논문에서는 수중 MANET에서 네트워크 수준의 전송성능 분석의 단점을 보완하고자 사용자 수준에서 요구되는 응용트래픽 관점에서 전송성능을 분석한다. 수중 MANET에서 활용도가 증가할 것으로 예상되는 음성트래픽을 대상으로 전송성능을 분석하고, MOS, CCR 및 EED 등의 음성 전송품질 요구조건에 적합한 수중 MANET 조건을 제시한다. 본 연구는 NS-2를 기반으로 구축된 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 수행하며, 음성 트래픽으로는 VoIP 규격을 사용한다.

ABSTRACT

Performance analysis results are limited to of network level, because network level transmission parameters are used for performance measure and analysis of network design, construction and operation on underwater MANET, With this way of performance analysis based on network level, it is not easy to analyze transmission performance related with user level transmission quality. In this paper, transmission performance focused on application traffic be required by user is investigated to supplement weakness of performance analysis based on network level. Voice traffic, which is expected to be increasingly used on underwater MANET, is considered as application service, Some conditions for underwater MANET will be proposed to support transmission quality, MOS, CCR and EED, etc.. A computer simulation based on NS-2 is used for performance measure, voice traffic is generated as VoIP specification.

키워드

Underwater Communication, MANET, VoIP, Simulation, Performance
수중 통신, 이동 임시망, 음성 트래픽, 시뮬레이션, 성능

1. 서 론

MANET(: Mobile Ad-Hoc Network)은 기지국, 중계, 교환기나 서버와 같은 통신기반 구조의 지원없이 단말기를 중심으로 구축되는 임시통신망으로 센서와

같은 소자 중심의 통신망에서 재난·구조, 탐험·탐사, 군사 분야 등 다양한 응용 통신 분야로 확대되고 있다.

최근 들어 해양·수중 산업이 급속하게 발전함에 따라 수중통신의 한 분야로서 수중 MANET에 대한 연

* 교신저자 : 동양대학교 철도전기융합학과
• 접수일 : 2016. 11. 13
• 수정완료일 : 2016. 12. 13
• 게재확정일 : 2016. 12. 24

• Received : Nov. 13, 2016, Revised : Dec. 13, 2016, Accepted : Dec. 24, 2016
• Corresponding Author : Young-Dong Kim
Dept. of Electric Railway Convergence Engineering, Dongyang University,
Email : ydkim@dyu.ac.kr

구가 증가하고 있으며[1-4], 자원 활용을 위한 해저 환경 탐험·탐사, 여가 선용을 위한 취미활동, 해상 조난 및 재난을 위한 구조 활동뿐만 아니라 군사적 목적의 탐지 및 통신수단의 확보 등에 활용되고 있다.

수중통신 환경은 온도, 염도에 따라 전파속도를 달리하는 수중전달매체, 3D 공간으로 구성되는 통신 공간 등을 기반으로 하고 있어 지상통신 환경과 매우 다른 특성을 갖는다. 수중통신은 지상통신에서 기본적으로 활용되는 통신기반구조의 구축이 용이하지 않아 단말기를 중심으로 구축·운영되는 MANET의 활용에 적합한 통신환경으로 고려된다. 수중 MANET은 해저 환경 정보 수집뿐 아니라 수중 정보전달 등 여러 유형의 통신 응용서비스를 위한 비교적 양호한 통신환경 구축에 활용될 수 있다.

수중 MANET의 연구 분야 가운데 전송성능의 측정 및 분석은 수중 MANET의 설계, 구축 및 운용의 토대를 이루고 있어 많은 관심이 대상이 되고 있다. 그러나 수중 MANET의 전송성능 측정·분석에 관한 대부분의 연구결과들은 네트워크 수준의 전송 파라미터를 대상으로 하고 있어 분석 결과가 네트워크 수준의 성능에 국한되고 있어 이 연구 결과들로 사용자 수준의 전송품질과 관련된 전송성능을 분석·고찰하기에는 미흡함이 있다.[5-6].

본 논문에서는 수중 MANET에서 전송성능으로서 네트워크 수준에 기반한 성능분석의 미흡함을 보완하기 위해 사용자 수준에서 요구되는 응용 트래픽 관점의 전송성능을 분석하고자 한다. 문자, 음성, 영상 등 사용자 수준의 여러 응용서비스 가운데 미래 수중통신에서 활용도가 급격하게 증가할 것으로 예상되는 음성 서비스를 대상으로 전송성능을 분석한다.

수중 MANET 환경에서 G.711, G.723.1, G.726-32, G.729A, GSM.AMR, iLBC 등 다양한 표준규격에 따라 생성되는 음성 트래픽을 VoIP(: Voice over Internet Protocol) 규격에 따라 전송하고 전송성능을 측정·분석 한다. 전송성능의 측정·분석에는 MOS(: Mean Opinion Score), CCR(: Call Connection Rate) 및 EED(: End-to-End Delay) 등의 음성전송품질 표준 척도를 사용한다. 분석결과를 토대로 수중통신환경에서 MANET 구축 조건을 제안한다.

본 연구는 NS(: Network Simulator)-2를 기반으로 구축한 컴퓨터 시뮬레이션을 사용한다.

본 논문은 II장에서 수중통신환경에 관하여 소개하며 III장에서 시뮬레이션과 성능분석 결과를 기술하고, IV장에서 결론을 맺는다.

II. 수중 통신 환경

수중통신환경은 전파속도, 신호감쇠, 통신공간 등 여러 측면에서 지상통신환경과는 매우 상이하다. 수중에서 주로 사용되는 음향채널의 전파속도는 평균 1500[m/s]로 공기 중의 음향전파속도에 비해 4.4배정도 빠르지만 무선신호의 전파속도에 비해서는 매우 느린 특성이 있으며, 수중통신에서 감쇠는 노드간의 거리에 매우 민감하다. 이외에 3차원으로 취급되는 수중통신 공간 또한 중요한 특징 중의 하나이다.

수중통신환경에서 음향채널의 전파속도는 수중 온도, 깊이 및 염도에 따라 변화되며 다음의 식(1)과 같이 정의된다[7].

$$v = 1448.96 + 4.591T - 5.304 \times 10^{-2}T^2 + 2.374 \times 10^{-4}T^3 + 1.340(S - 35) + 1.630 \times 10^{-2}D + 1.675 \times 10^{-7}D^2 - 1.025 \times 10^{-2}T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13}TD^3 \quad (1)$$

여기서, v 는 음향의 전파속도[m/s], T 는 온도[°C], S 는 염도[ppt], D 는 깊이[m]이다.

한편 수중 통신에서 감쇠는 흡수손실, 확산손실 등 여러 요인에 의해서 발생되며, 흡수손실에 의한 감쇠는 다음의 식(2)와 같다[8].

$$10 \log a(f) = \begin{cases} \frac{0.11f^2}{1+f^2} + \frac{44f^2}{4100+f} + 2.75 \times 10^{-4}f^2 + 0.03, & f \geq 0.4 \\ 0.02 + \frac{0.11f}{1+f} + 0.11f, & f < 0.4 \end{cases} \quad (2)$$

여기서, $a(f)$ 와 f 는 각각 감쇠와 주파수를 의미하며 각각의 단위는 [dB/km]와 [Hz]이다.

이외에 보다 정확한 수중통신환경 모델을 설정하기 위해서는 확산손실뿐 아니라 수중에서 발생될 수 있는 각종 잡음이 고려되어야 한다.

III. 시뮬레이션 및 성능 분석

3.1 시뮬레이터 구성

본 논문에서는 수중통신환경에서 응용서비스 수준의 음성트래픽 전송성능 분석을 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하였다. 시뮬레이터는 NS-2를 기반으로 수중채널환경, VoIP 모듈을 추가하여 구축하였다. 수중채널 환경은 UAC(: Underwater Acoustic Channel) 모듈[8]을 활용하였으며, VoIP 기능을 NS2VoIP 모듈[9]을 사용하였다. NS2VoIP는 음성서비스의 표준 전송품질 척도인 MOS, CCR 및 EED를 측정할 수 있다.

시뮬레이션에서 음성트래픽은 NS2VoIP 모듈을 사용하여 처리하였다. 시뮬레이션에 사용될 여러 음성코덱은 NS2VoIP가 지원하는 기본코덱 외에 ITU-T 표준에 적합하게 별도의 코드를 추가하여 활용하였다.

그림 1은 시뮬레이터 구동 화면을 보여주고 있다.

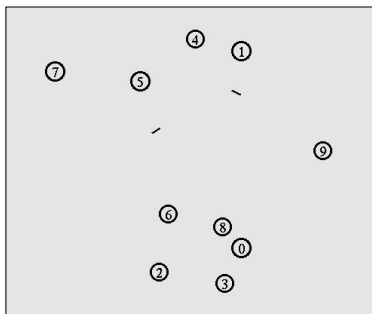


그림 1. 시뮬레이션 실행 화면
Fig. 1 Simulation execution screen

3.2 시뮬레이션 환경

시뮬레이션에서 각 노드들은 수중환경에 구축된 MANET내에서 NS-2의 setdest 기능을 사용하여 생성된 시나리오 파일에 따라 최대 1[%]의 속도로 랜덤 이동을 한다. 노드들은 랜덤 이동 중에 다른 노드와 VoIP 방식에 따라 음성 데이터를 전송한다.

수중 MANET은 $100 \times 100[m^2] \sim 750 \times 750[m^2]$ 으로 AODV(: Ad-hoc On-demand Distance Vector) 프로토콜, TDMA(: Time Division Multiple Access) 방식으로 동작하며, G.711, G.723-1, G.726-32, G.729A, GSM-AMR, iLBC 코덱을 사용하여 트래픽을 생성한다. 네트워크 내의 노드는 10으로 설정하였으며, 호연

결 수는 3으로 하였다.

시뮬레이션에서 사용된 주요 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table 1. Simulation parameters

| Parameters | Values |
|-----------------|--|
| Network Scale | 1×1, 2×2, 3×3, 5×5, 6.7×6.7 Unit : 100n×100n[m ²] |
| MAC | TDMA |
| Routing | AODV |
| Nodes | 10 |
| VoIP Connection | 3 (Max. 5) |
| VoIP Traffic | G.711, G.723-1, G.726-32, G.729A, GSM.AMR*, iLBC |

* GSMAMR : Global System for Mobile communication Adaptive Multi Rate

3.3 성능 요구 수준

VoIP 전송성능의 표준평가척도에는 MOS, CCR 및 EED가 사용되고 있다. 이 척도들의 표준품질 요구조건은 $MOS \geq 3.6$, $CCR \geq 95[\%]$, $EED \leq 300[ms]$ 이다 [10-12]. 비표준 평가척도로서 PLR(: Packet Loss Rate) $\leq 5[\%]$ 가 사용되기도 한다. 본 논문에서는 표준 평가척도인 MOS, CCR 및 EED를 사용하여 수중 통신환경의 음성트래픽 성능을 분석한다.

3.4 성능 분석

시뮬레이션은 수중 MANET의 규모를 표 1에 제시한 바와 같이 $100 \times 100[m^2] \sim 750 \times 750[m^2]$ 에서 5단계로 증가시키며 수행하였으며, 각각 600[초]간의 시뮬레이션을 통하여 전송성능을 측정하였다.

시뮬레이션 결과를 그림 2~7에 MOS와 EED로 구분하여 제시하였다. 그림 2~5는 네트워크 규모에 따른 성능이며, 그림 6과 7은 VoIP 코덱별 성능이다.

그림 2와 3의 네트워크 규모에 따른 MOS는 1.3~2.2로 VoIP 표준품질 요구조건 3.6에 약 39~64[%] 미달하고 있으며, 네트워크 규모가 증가할수록 MOS 성능이 낮아지는 것으로 측정되었다. MOS 1.3~2.2는 속달된 수준의 통신 운영자가 아니면 전송정보를 습득하기 어려운 수준의 전송품질에 해당한다.

그림 4와 5는 네트워크 규모에 따른 EED로 네트

워크 규모가 증가할수록 점차 증가하는 것으로 측정되었으며, 그 값은 500~1400[ms]로 전 구간에서 표준 품질 요구조건 300[ms]를 약 1.7~4.7배 초과하고 있다.

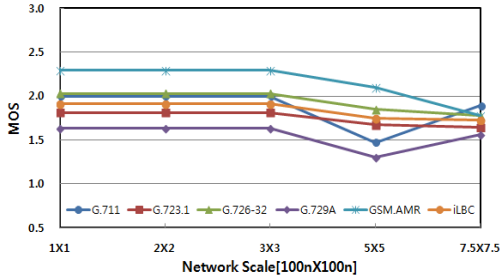


그림 2. 네트워크 규모 따른 MOS
Fig. 2 MOS on network scale

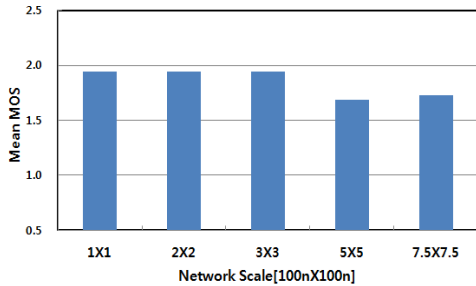


그림 3. 네트워크 규모 따른 평균 MOS
Fig. 3 Mean MOS on network scale

그림 6과 7에서 VoIP 코덱별 평균 MOS와 EED를 제시하고 있다. 트래픽 코덱별 MOS는 그림 2와 6에서 GSM.AMR이 다른 코덱에 비해 비교적 높았고 G.729A가 가장 낮았다. G.711과 G.729A의 경우 동일한 시뮬레이션 조건임에도 다른 코덱과는 달리 네트워크 규모가 커질 경우 MOS가 불안정해지는 것으로 측정되어 수중 네트워크용으로 사용할 경우 주의가 필요한 것으로 나타났다.

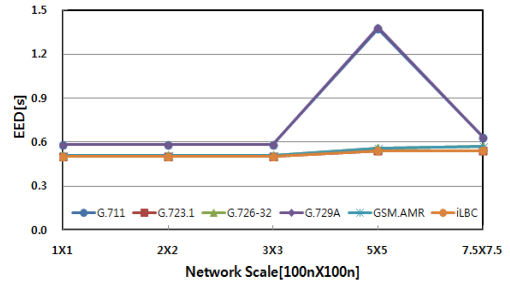


그림 4. 네트워크 규모 따른 EED
Fig. 4 End-to-end delay on network scale

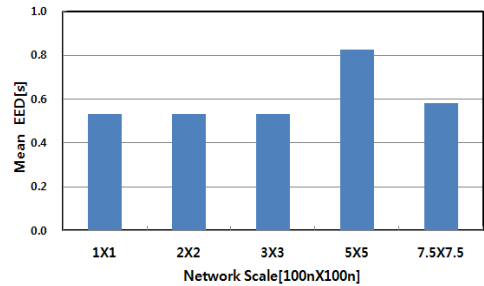


그림 5. 네트워크 규모 따른 평균 EED
Fig. 5 End-to-end delay on network scale

그림 4와 7에 따르면 코덱별 EED는 G.723.1, G.726-31, GSM.AMR 및 iLBC의 경우 500[ms]수준으로 전송품질 요구수준 300[ms]를 1.7배 초과하고 있으나 네트워크 규모에 따른 변화가 크지 않은 것으로 측정되었다. G.711와 G.729A 코덱은 평균 EED가 약 700[ms]로 전송품질 요구수준을 2.3배 이상 초과하였으며, 네트워크 규모가 증가함에 따라 지연 변화가 안정적이지 않은 것으로 나타나 수중 MANET의 코덱으로 사용할 경우 주의가 필요한 것으로 분석되었다.

EED 특성의 경우 G.723.1이 다른 코덱에 비해 비교적 양호하였고, G.729A가 가장 저조했다.

VoIP 표준평가척도 가운데 CCR의 경우 본 논문에서 수행한 모든 경우의 시뮬레이션에서는 시도한 연결수 3에 대해 성공한 연결 수가 3으로 관찰되어 요구수준 95[%]를 만족하였다.

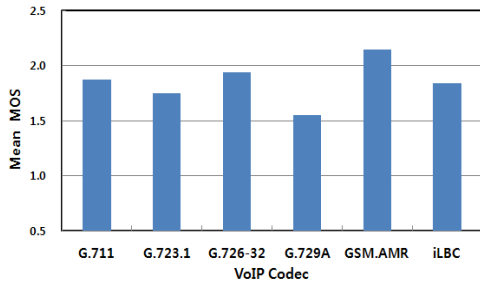


그림 6. VoIP 코덱에 따른 평균 MOS

Fig. 6 Mean MOS on VoIP codec

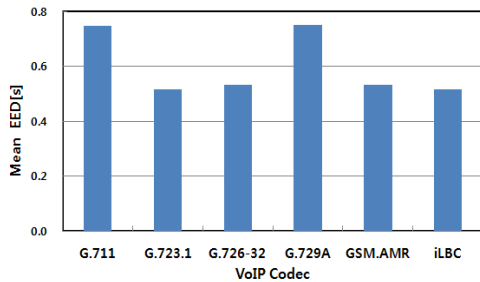


그림 7. VoIP 코덱에 따른 평균 EED

Fig. 7 Mean end-to-end delay on VoIP codec

3.5 수중 MANET 조건

그림 2~7의 시뮬레이션 결과에 따르면 수중 MANET 환경에서 VoIP 전송은 MOS와 EED는 전송 품질 요구 수준에 상당히 못 미치는 것으로 측정되었으며, 특정 코덱의 경우 네트워크 규모에 따라 전송 성능이 불안정한 것으로 나타났다.

따라서 수중 MANET에서 음성서비스를 구축할 경우 음성 코덱의 압축방법 개선 등을 통하여 MOS 개선 방안이 모색되어야 한다.

아울러 수중 통신환경에 적합한 MAC(: Media Access Control) 프로토콜 개발 등을 통하여 EED를 개선하여야 한다.

IV. 결론

본 논문에서는 수중 MANET에서 응용서비스 수준의 전송 성능을 VoIP 음성 트래픽을 대상으로 컴퓨터

터 시뮬레이션을 사용하여 측정하고 분석하였다.

컴퓨터 시뮬레이션 결과에 따른 성능분석 결과 MOS와 EED가 각각 1.3~2.2, 500~1400[ms]로 전송 품질 요구 조건 3.6에 67[%]미달하고, 300[ms]에 4.7배를 초과하는 등 크게 미달하는 수준이었으며, CCR의 경우 100[%]로 요구수준 95[%]를 만족하는 것으로 나타났다.

따라서 수중 통신환경에서 음성서비스 구축을 위해서는 MOS를 개선할 수 있는 음성코덱, EED를 개선할 수 있는 적절한 MAC 프로토콜 개발이 필요한 것으로 분석되었다.

본 논문에서 사용한 응용서비스 관점의 전송성능 분석 방법과 분석결과는 수중 통신환경에서 응용서비스 개발 및 구축에 활용할 수 있을 것으로 생각한다.

3D 수중통신환경을 비롯하여 감쇄, 염도 및 온도 등의 변화에 따른 성능 분석 및 전송품질 요구조건을 충족할 수 있는 수중 통신 프로토콜 개발이 추후 과제라 할 수 있다.

감사의 글

이 논문은 2015년도 동양대학교 학술연구비의 지원으로 수행되었음.

References

- [1] J. Partan, J. Kurose, and B. Levine, "A Survey of Practical Issues in Underwater Networks," In *Proc. of the 1st ACM Int. Workshop on Underwater Networks*, Los Angeles, USA, Sept., 2006.
- [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.
- [3] B. Woodward, "Underwater Telephony : Past, Present and Future," *I. Phys. Colloques*, vol. 51, no. C2, Feb. 1990, pp. C2-591-C2-594.
- [4] B. Woodward and H. Sari, "Underwater Voice Communications using Digital Techniques," *J. of Physique IV France*, vol. 4, no. C5, May, 1994, pp. C5-469-C5-472.
- [5] Y. Kim, "Transmission Performance of Voice

Traffic on Underwater MANETs," In *Proc. Int. Conf. on Korea Institute of Information and Communication Engineering 2012*, Istanbul, Turkey, June 2012.

- [6] Y. Kim, "Transmission Performance of Application Performance on Underwater MANETs," In *Proc. Conf. on Korea Institute of Information and Communication Engineering 2013*, vol. 17, no. 1, Mokpo, Korea, May 2013. pp. 557-560.
- [7] A. Sehgal, I. Tuma, and J. Schonwalder, "AquaTools : An Underwater Acoustic Networking Simulation Toolkits," In *Proc. IEEE Oceans Conf.*, Sydney, Australia, May 2010.
- [8] A. F. Harris III and M. Norzi, "Modeling the Underwater Acoustic Channel in ns2," In *Proc. of 2nd Int. Conf. on Performance Evaluation Methodologies and Tools*, Nantes, France, Oct. 2007.
- [9] A. Bacioccola, C. Cicconetti, and G. Stea, "User - level Performance Evaluation of VoIP using NS-2," In *Proc. 2nd Int. Conf. on Performance Evaluation Methodologies and Tools*, Nantes France, Oct. 2007.
- [10] D. Choi, "Evaluation of VoIP Service Quality under the Roaming of Mobile Terminals," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 4, Aug. 2012, pp. 747-752.
- [11] D. Choi, "Evaluation of VoIP Capacity for IEEE 802.11b WiFi Environment under Voice Coding Methods," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 2, Apr. 2012, pp. 243-248.
- [12] B. Kim, "Software-based Quality Measurement of Mobile VoIP Services," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 1, Jan. 2011, pp. 55-60.

저자 소개



김영동(Young-Dong Kim)

1984년 광운대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)

1986년 광운대학교 대학원 전자통신학과 졸업(공학석사)

1990년 광운대학교 대학원 전자통신학과 졸업(공학박사)

1995년~현재 동양대학교 철도전기융합학과 교수

※ 관심분야 : 통신프로토콜, MANET, VoIP, 수중통신, 컴퓨터 시뮬레이션, ICT 융합 등