
MANET에서 패킷취합을 이용한 VoIP 성능 개선

김영동*

VoIP Performance Improvement with Packet Aggregation over MANETs

Young-Dong Kim*

요 약

본 논문에서는 짧은 길이의 패킷을 일정길이를 갖는 하나의 패킷에 취합하여 전송하는 기법인 패킷취합을 MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서 전송되는 VoIP(Voice over Internet Protocol) 트래픽에 적용하여 전송 성능을 개선하고 그 결과를 측정·분석하였다. 전송성능측정에는 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 구현한 VoIP 시뮬레이터를 사용하였다. 시뮬레이션에서 VoIP 트래픽은 G.711, G.729A, GSM.AMR 및 iLBC를 사용하여 생성하였으며, 이 트래픽을 전송하여 MOS(Mean Opinion Score), 종단간 네트워크 지연, 패킷손실율 및 전송대역을 측정하였다. 결과로서 MOS는 약 98%, 종단간 네트워크 지연의 경우 6.4배, 패킷손실율의 경우 32배의 개선을 보였다. 반면에 전송대역은 최대 약 10% 증가하였다. 끝으로 본 논문은 측정된 결과를 토대로 MANET에서 패킷취합을 사용한 VoIP 구현기준을 제시하였다.

ABSTRACT

In this paper, VoIP(Voice over Internet Protocol) transmission performance for MANET(Mobile Ad-hoc Networks) is improved and analyzed with packet aggregation scheme which is aggregating some of short length packets to one large packet and sending to networks. VoIP simulator based on NS(Network Simulator)-2 is implemented and used to measure performance of VoIP traffic transmission. In this simulation, VoIP traffics are generated with parameters of some codes such as G.711, G.729A, GSM.AMR and iLBC. MOS(Mean Opinion Score), end-to-end network delay, packet loss rate and transmission bandwidth are measured. Performance improvements of 98% for MOS, 6.4times for end-to-end network delay, 32times for packet loss rate is shown as simulation results. On the other hand, transmission bandwidth is increased about maximum 10%. Finally, VoIP implementation guide for the performance with packet aggregation is suggested.

키워드

MANET, VoIP, MOS, Aggregation, Simulation

1. 서 론

MANET(Mobile Ad-hoc Network)은 기반구조를 사용하지 않고 일시적으로 구성되는 통신망으로서 그 편리성으로 인해서 화재, 전쟁, 지진과 같은 긴급 재난 통신용 네트워크, 센서 네트워크, 어로용 단거리 해상

통신환경에 유용하게 사용될 수 있다.

모바일 통신의 확대에 따라 MANET의 응용분야도 제한된 영역에서 일상생활 환경이나 일반 업무 분야로 확대 될 것으로 예상되며 MANET이 처리해야할 트래픽이 데이터 뿐만 아니라 음성, 사진, 영상 등으로 매우 다양해질 것으로 생각된다.

* 동양대학교 정보통신공학부(ydkim@dyu.ac.kr)

접수일자 : 2010. 03. 23

심사(수정)일자 : 2010. 04. 12

게재확정일자 : 2010. 06. 14

한편 인터넷전화인 VoIP(Voice over Internet Protocol) 전화는 사용이 급속하게 증가하고 있어 유선 전화는 물론이고 모바일 전화까지도 대체할 것으로 예상된다. 그러나 모바일 VoIP가 대중화된다고 하더라도 이는 중계국과 같은 기반통신구조의 활용을 전제로 하는 것으로 기반구조의 사용이 어려운 통신환경에서 VoIP 서비스의 사용을 보장하는 것은 아니다. 따라서 기반구조가 없는 MANET과 같은 통신환경과 관련한 VoIP 연구는 매우 의미있는 일이라 할 수 있다.

MANET에서 VoIP에 관한 연구는 SIP(Session Initiation Protocol) 구축, SIP 성능분석 및 VoIP 성능분석 등으로 분류된다. 이 가운데 VoIP 성능분석은 MANET에서 전송되는 음성 트래픽의 성능을 정성적 또는 정량적으로 분석하는 연구로서 MOS(Mean Opinion Score), 네트워크 지연, 패킷손실율 등을 주요 분석대상으로 한다[1][2][3].

MANET에서 VoIP 전송은 통신거리, 전송대역, 전송방식 등의 제약으로 인해서 기반구조 네트워크에 비해 전송성능이 현저하게 감소될 뿐만 아니라 트래픽 형식, 라우팅방식을 비롯하여 MANET 구현방식에 따라 성능의 변동이 매우 크다. 본 논문과 같이 MANET에서 VoIP 전송성능을 개선하고 안정화하는 연구는 MANET에서 VoIP 구축을 위해서 반드시 필요한 과정이라 할 수 있다.

VoIP 전송성능개선에는 패킷취합방식, PMM(Packet Multiplex and Multicast) 방식 등이 주로 사용된다[4]. 패킷취합은 인코딩 규칙에 따라 생성되는 짧은 길의 음성 데이터를 각각 분리하여 패킷화하는 대신에 일정한 개수를 모아서 하나의 패킷으로 취합하여 전송하는 방식이며, PMM 방식은 여러 소스에서 발생하는 음성 스트림을 모아서 하나의 패킷에 다중화하고 이를 멀티캐스팅 방식으로 전송하는 방식이다. 두 방식은 모두 유선 VoIP 전송에서 라우터와 라우터간의 전송에서 주로 사용된다.

MANET에는 라우터와 같은 장치가 사용되지 않는 것으로 전제로 하므로 본 연구에서는 단일 송신기를 기준으로 패킷을 모아서 전송하기 용이한 패킷취합을 사용하여 VoIP 트래픽의 전송성능을 개선시켜보았다. 전송성능 측정 및 분석 대상 파라미터로 MOS, 네트워크 지연, 패킷손실율과 전송대역을 사용했으며, 전송되는 VoIP 트래픽으로 G.711, G.729A, GSM.AMR, iBL

등을 사용했다.

전송성능측정은 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 수행되었으며, 시뮬레이터는 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 VoIP 모듈을 추가하여 구축하였다. 전송성능을 측정·분석한 결과 패킷취합방식을 사용할 경우 MOS는 약 98%, 종단간 전송지연이 6.4배, 패킷손실율이 최대 32배 개선됨을 확인할 수 있었다. 한편, 전송대역은 최대 약 10%가 증가하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장은 서론이며, 2장에서는 패킷취합에 대해서 설명한다. 3장 시뮬레이션 및 성능분석을 기술하였으며, 마지막으로 4장 결론에서 연구결과 및 향후의 연구방향을 제시함으로써 논문을 맺는다.

II. 패킷취합

MANET의 경우 라우팅 정보 갱신과 같은 네트워크 제어 트래픽이 많아 VoIP 트래픽의 전송성능이 기반구조 네트워크에 비해 매우 낮다. MANET에서 트래픽의 양을 줄이는 것은 VoIP 성능개선에 매우 중요한 요인으로 작용하게 된다. 따라서 본 연구에서는 MANET에서 VoIP 트래픽의 전송성능을 개선을 위해서 패킷취합방식을 사용하였다.

VoIP에서 패킷취합은 그림 1과 같이 송신단에서 인코딩된 단위 데이터 가운데 수신지가 같은 여러 개를 취합하여 하나의 패킷으로 구성하여 송신하고 수신단에서 이를 분해하여 각 단위 데이터 별로 디코딩하는 방식이다. VoIP 패킷취합은 패킷측면에서는 패킷 오버헤드 비중을 줄여 패킷전송효율을 증가시키며, 네트워크 측면에서는 전송트래픽이 줄어 네트워크 효율이 증가되고, 이는 음성통화품질의 향상과 연결된다.

기반구조 통신망의 경우 패킷취합은 단말기나 라우터에서 행하게 되며 여러 소스에서 생성되는 트래픽을 하나의 패킷에 취합하는 것을 의미한다. 그러나 본 연구에서는 단일 소스에서 발생하는 여러 단위 데이터를 하나의 패킷에 취합하여 구성하는 것으로 가정한다. 본 연구에서 대상으로 하는 MANET VoIP가 하나의 단말기에서 하나의 연결만을 생성하는 것을 전제로 하였기 때문이다.

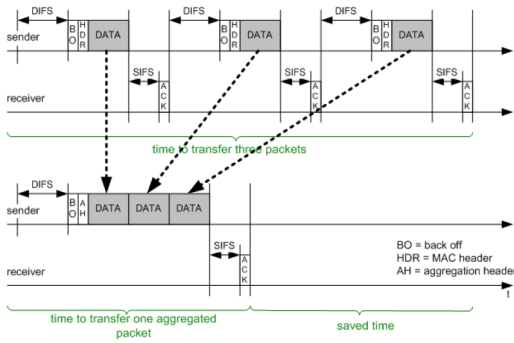


그림 1. 패킷취합의 원리[5].
Fig. 1 Principle of packet aggregation[5].

III. 시뮬레이션

3.1. 시뮬레이터

본 논문의 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 진행되었다. 사용된 시뮬레이터는 NS-2 2.33을 기반으로 구축하였다[6]. MANET 기능은 NS-2가 제공하는 ADHOC 기능을 사용하였으며 MANET 노드의 이동성은 부가의 시나리오 파일을 사용하여 구성하였다. 이 시나리오 파일은 자체 제작한 별도의 프로그램을 사용하여 NS-2 ADHOC 기능이 요구하는 형식에 맞추어 생성하였다. NS-2는 VoIP 트래픽 처리를 지원하지 않으므로 시뮬레이터의 구성에는 VoIP 패치인 NS2VoIP를 사용하였다[7]. NS2VoIP는 VoIP 트래픽에 대한 MOS, 지연, 패킷손실 측정기능을 제공한다.

3.2 시뮬레이션 환경

본 연구에서 MANET 기본환경은 랜덤 이동 노드가 각각 하나의 VoIP 연결을 생성하거나 또는 수신할 수 있는 것으로 설정하였다.

일정한 영역 내에 랜덤하게 분포한 네트워크 내의 노드들은 시나리오 파일에 정해진 랜덤한 값에 따라 단말기 단위로 랜덤한 방향과 랜덤한 속도로 이동한다. 이동속도는 사람의 이동속도를 전제로 2m/s이하로 설정하였다. 이 속도로 이동할 경우 최대 이동속도는 7.2km/h가 된다. 따라서 단말기는 2m/s이하의 속도로 랜덤한 이동중에 다른 단말기로 VoIP 트래픽을 송신하거나 수신한다.

한 단말기가 생성할수 있는 VoIP 연결의 최대수는

1로 설정하였으므로 하나의 MANET내에 존재할수 있는 VoIP 연결의 최대수는 네트워크 내에 존재하는 단말기 총수의 1/2이다.

이외에 본 연구의 시뮬레이션에 사용된 기본적인 파라메타는 다음과 같다.

라우팅 : DSDV

MAC : 802.11

통신영역 : 670×670m

노드수 : 30

연결수 : 10

트래픽 : G.711/G.729A/GSM.AMR/iLBC

네트워크 지연 : 지수분포

3.3 VoIP 트래픽

시뮬레이션에서 사용된 VoIP 트래픽은 표 1에 제시한 각 코덱의 특성에 따라 생성된다.

표 1. 트래픽의 특성.
Table 1. Characteristics of traffic.

코덱	비트율 (Kbps)	샘플 간격 (ms)	샘플 크기 (Bytes)	페이로드 (Bytes)
G.711	64	10	80	160
G.729A	8	10	10	20
GSM.AMR	12.2	20	31	31
iLBC	13.3	30	38	50

3.4 성능 파라미터

시뮬레이션에 측정된 파라미터는 MOS, 네트워크 지연, 패킷손실율, 전송대역이다. MOS와 네트워크 지연은 시뮬레이션 결과로부터 직접 측정되며, 패킷손실율과 전송대역은 시뮬레이션 결과를 연산하여 얻어진다.

음성전화 통화품질 평가 척도 중에 하나인 MOS는 ITU-T P.800에 제시된 통계적 방식에 의한 주관적 평가척도로서 5(Excellent), 4(Good), 3(Fair), 2(Poor), 1(Bad)의 등급으로 통화품질을 평가한다[8]. 통신서비스별 MOS 요구수준은 유선전화 경우 4.0이상, 이동전화와 VoIP 전화의 경우 3.6 이상이다[9].

ITU-T P.800에 의하면 MOS의 주관적 평가를 E-모델과 대응시켜 객관적 방법으로 측정할 수 있는 방법을 제시하고 있다[7]. 본 연구에서는 이 방법을 사

용하여 MOS를 측정한다.

네트워크 지연은 종단간 지연으로 요구수준이 150ms이다[9].

패킷손실율에 전송패킷에 대한 손실된 패킷의 수로서 [(전송패킷수-수신패킷수)/전송패킷수]로 계산되며 요구수준은 1%~5%이다.

전송대역은 트래픽의 전송에 사용된 단위시간당 대역으로 [초당 전송된 패킷수 × VoIP 패킷길이]이며, 패킷길이는 40바이트 헤더와 트래픽별 페이로드의 합으로 구성된다.

3.5 시뮬레이션 결과 및 분석

그림 2~5는 각각 패킷취합수에 따른 MOS, 네트워크 지연, 패킷손실율, 전송대역을 각각 보여준다.

그림 2는 30개의 노드로 구성되는 MANET에서 10개의 연결이 존재할 경우에 대한 패킷취합이 MOS에 미치는 영향을 보여준다. 그림 2에서 패킷취합 수에 따라 MOS가 증가하거나 감소함을 볼 수 있다.

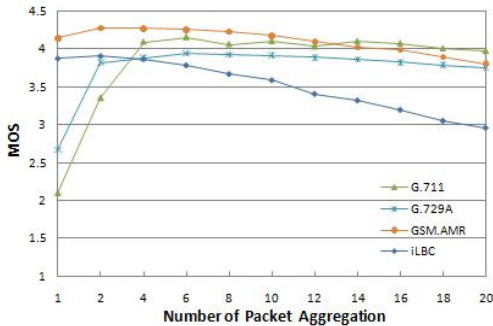


그림 2. 패킷취합수에 따른 MOS.
Fig. 2 MOS vs. number of packet aggregation.

표 2에 의하면 G.711의 경우 패킷취합수가 6일 때 최대 MOS인 4.15를 보였으며 패킷 취합이 없을 때에 비해 개선율이 98%였다. G.729A는 패킷취합수가 6일 때 3.94로 최대 MOS를 보였으며, 개선율은 48%였다. 한편 GSM.AMR이나 iLBC의 경우는 패킷 취합에 따른 MOS 개선율이 각각 3%와 1%로 G.711이나 G.729A에 비해 매우 낮음을 알 수 있다.

최대 MOS를 나타낸 취합수 이상의 패킷을 취합한다 하더라도 MOS는 오히려 감소한다. 그림 2에서 G.711, G.729A, GSM.AMR의 경우는 그 감소율이 낮

은 반면에 iLBC 패킷 취합에 따라 감소율이 매우 높음을 알 수 있다.

표 2. 패킷취합에 따른 MOS 개선율.
Table 2. MOS improvement according to packet aggregation.

트래픽	MOS (N)	MOS (M)	개선율 (%)	취합수
G.711	2.10	4.15	97.62	6
G.729A	2.67	3.94	47.57	6
GSM.AMR	4.14	4.27	3.14	2/4
iLBC	3.87	3.91	1.03	2

MOS(N) : 패킷취합이 없을 때의 MOS.
MOS(M) : 패킷 취합에 따른 최대 MOS.
취합수 : 최대 MOS일 때의 패킷 취합수.

그림 3은 패킷취합수에 따른 네트워크 지연을 보여준다. 패킷취합을 사용하지 않을 때에 비하여 패킷취합수가 일정 수에 이르기까지 지연이 급격히 개선되며, 그 이상의 패킷취합에서는 일정 지연을 유지함을 알 수 있다. 그림 3에서는 패킷취합수가 8이상일 때 일정지연이 유지되는 것을 볼 수 있다. 그림 3에서 최대 개선은 G.711에서 취합수 1의 0.96초에서 취합수 10의 0.13초로 약 6.4배였다.

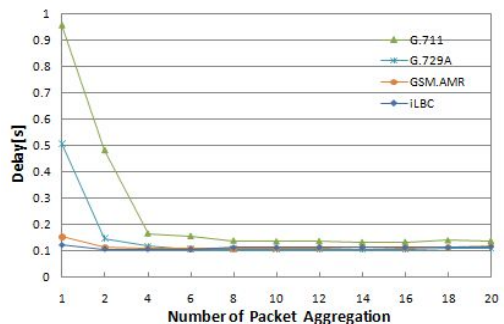


그림 3. 패킷취합수에 따른 지연.
Fig. 3 Network delay vs. number of packet aggregation.

그림 4는 패킷취합수에 따른 패킷손실율의 변화이다. 그림 4에서 패킷취합수가 일정값인 6에 이르기까지 패킷손실율이 급격하게 감소하며, 그 이상의 패킷취합에서는 패킷손실율이 일정값을 유지하고 있다. 패

킷손실율은 G.711이 32%에서 1%로 개선되어 최대 32배의 개선을 보였다.

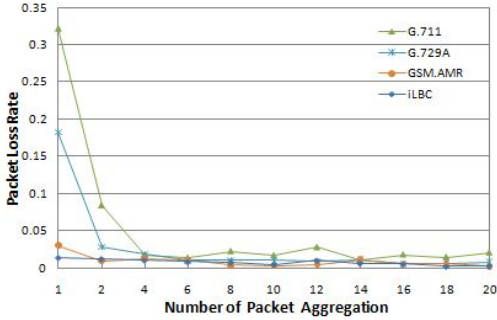


그림 4. 패킷취합수에 따른 패킷손실율.
Fig. 4 Packet loss rate vs. number of packet aggregation.

그림 5는 패킷취합수에 따른 전송대역의 변화이다. 패킷취합에 따른 전송대역의 변화는 크게 발생되지 않는 것으로 측정되었다. 다만 G.711의 경우 패킷 취합에 따라 최대 10%의 증가가 관측되는 것을 비롯하여 약간의 변화가 있는 것으로 관찰되었다.

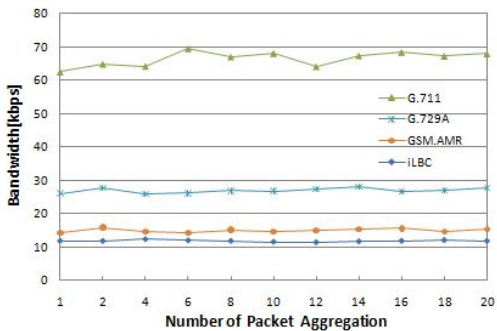


그림 5. 패킷취합수에 따른 전송대역.
Fig. 5 Network delay vs. number of packet aggregation.

그림 2~5와 표 3에 의하면 본 연구에서 사용한 시뮬레이션 환경에서 가장 적절한 패킷취합수는 6인 것으로 판단된다. MOS의 경우 6이상에서 일반적으로 감소하게 되며, 지연이나 패킷손실율 역시 패킷취합수 6이상에서 일정 값을 유지하여 변화가 매우 미미하고, 전송대역은 패킷취합에 따라 뚜렷한 변화를 보여주지

못하기 때문이다.

이 조건을 사용할 경우 VoIP 품질기준인 MOS 3.6 이상, 종단간 지연 150ms 이하인 기준조건을 모두 충족하게 된다. 또한 코덱별로 차이가 있으나 1% 미만의 손실율을 허용하는 패킷손실율의 경우 패킷취합수가 6이상인 경우 그 손실율이 대체적으로 요구조건을 충족하고 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 MANET에서 패킷취합을 사용한 VoIP 트래픽의 전송 성능을 분석하였다.

본 연구에서는 하나의 단말기 내에서 발생하는 단일 스트림으로부터의 여러 단위 데이터를 하나의 패킷에 취합하는 단일 스트림 패킷취합을 전제로 하였다. 전송 대상 트래픽으로 ITU-T가 표준으로 제정한 음성코덱규격에 따라 생성된 트래픽을 사용하였다.

본 연구를 통하여 패킷취합을 사용하여 MOS 약 98%, 종단간 네트워크 지연 6.4배, 패킷손실율 32배의 개선 등 향상된 VoIP 성능을 확인할 수 있었다. 반면에 전송대역의 경우 최대 약 10%의 증가가 확인되었다.

본 연구에서 제시한 결과는 MANET에서 VoIP 시스템 설계와 구축에 필요한 기초 자료로서 사용될 수 있을 것으로 생각한다. 아울러 본 연구에서 제시한 방법과 결과는 MANET에 적합한 VoIP 프로토콜 개발 및 도입에 활용될 수 있을 것으로 예상된다.

그러나 본 연구에서 제시한 단말기 내에서 단일 트래픽 패킷 취합 방법을 실제 MANET 환경에 도입하기 위해서는 취합에 따른 음성 정보의 실시간성 보정을 위한 추가의 연구가 전제되어야 한다.

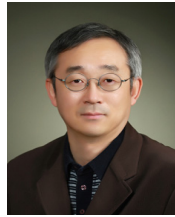
참고 문헌

- [1] M. Castro, A. Kassler, "SIP in hybrid MANETS - A gateway based approach", Proceedings of Swedish National Computer Networking Workshop, Lulea, Sweden, Oct., 2006.
- [2] M. Castro, A. Kassler, "Challenges of SIP in Internet Connected MANETs" Proceedings of

International Symposium of Wireless Pervasive Computing, San Juan, Puerto Rico, Feb., 2007.

- [3] J. Chen, Y. Cheng, Y. Tseng, Q. Wu, "A Push-Based VoIP Service for an Internet-Enabled Mobile Ad Hoc Network", Proceedings of 3rd IEEE VTS Asia Pacific Wireless Comm. Symposium, Los Alamitos 2006.
- [4] W. Wang, S. Liew, V. Li, "Solution to Performance Problems in VoIP over a 802.11 Wireless LAN", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Volume 54, Issue 1, Jan., 2005.
- [5] N. Bayer, M. Castro, P. Dely, A. Kessler, "VoIP service performance optimization in pre-IEEE 802.11s Wireless Mesh Networks", IEEE Int. Conf. on Circuits & Systems for Communications (ICCSC2008), Shanghai, China, 2008.
- [6] <http://nsgm.isi.edu/nsgm>.
- [7] A. Bacioccola, C. Cicconetti, G. Stea, "User-level Performance Evaluation of VoIP using ns-2", Proceedings of 2nd International Conference on Performance Evaluation Methodology and Tools, Oct., 2007.
- [8] ITU-T Recommendation P.800, Methods for subjective determination of transmission quality, Aug., 1996.
- [9] TTA, "인터넷전화서비스 품질평가 절차서 (Ver2.0)", 2005. 1.

저자 소개



김영동(Young-dong Kim)

1984년 2월 광운대학교 전자통신공학과 졸업 (공학사)

1986년 2월 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)

1990년 8월 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학박사)

현재 동양대학교 정보통신공학부 교수

※ 주 관심분야 : 통신프로토콜, MANET, VoIP, 컴퓨터 시뮬레이션