

---

# 대규모 MANET에서 VoIP 트래픽의 종단간 성능

김영동\*

## End-to-End Performance of VoIP Traffics over Large Scale MANETs

Young-dong Kim\*

### 요약

본 논문에서는 대규모 MANET을 대상으로 VoIP 트래픽의 종단간 성능을 측정하고 분석하여 보았다. 측정된 결과의 분석을 통하여 대규모 MANET에서 사용 가능한 VoIP 구현조건을 제시하였다. 성능측정은 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 기반으로 제작한 VoIP 시뮬레이터를 사용하였다. 시뮬레이션을 통하여 접속품질로서 호연결율, 전송품질로서 MOS, 네트워크지연, 그 이외의 평균척도로서 패킷손실율을 측정하였다. 본 논문의 결과로서 대규모 MANET에서 VoIP 구축과 운영에 적합한 조건이 단일 네트워크 규모로 최대 10~15km<sup>2</sup>이내, 노드수로 500여개, 호연결수로 100여개임을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, End-to-End VoIP(Voice over Internet Protocol) performance over large scale MANET(Mobile Ad-hoc Networks) is evaluated. VoIP implementation model, which can be used for large scale MANET, is suggested through this evaluation. VoIP simulator based on NS-2 network simulator is used for performance measurement. Call connection ratio as a connection performance, MOS and network delay as a transmission performance, packet loss rate as other performance is measured with this simulation. Finally, maximum 10~15km<sup>2</sup> as a single MANET, 500 nodes and 100 call connections is suggested for VoIP implementation and operation conditions over large scale MANETs.

### 키워드

MANET, VoIP, MOS, Performance, Simulation

## 1. 서론

MANET(Mobile Ad-hoc Network)은 기반구조를 사용하지 않은 네트워크로 탐사, 화재, 전쟁, 지진과 같은 긴급/재난 통신에 편리하게 사용될 수 있는 장점이 있어 모바일 통신 분야의 여러 영역으로 응용이 확대될 것으로 예상된다. MANET 응용분야의 확대는 MANET이 처리할 트래픽이 데이터 중심에서 음성, 사진, 영상 등으로 다양화되는 것을 의미한다.

한편 인터넷 상의 음성 서비스는 인터넷 전화인 VoIP(Voice over Internet)를 중심으로 발전하여, 기존 유선전화를 급속하게 대체하고 있을 뿐만 아니라 모바일 전화영역으로 그 변화의 추세를 확대할 것으로 예상된다.

모바일 VoIP는 중계국이나 기지국과 같은 기반구조 네트워크의 사용을 전제로 하는 것으로서 기반구조통신을 사용하기 어려운 환경에서 VoIP 사용을 보장할수 있는 것은 아니다. 따라서 통신기반구조의 사용을 전제

---

\* 동양대학교 정보통신공학부(ydkim@dyu.ac.kr)

접수일자 : 2010. 12. 10

심사(수정)일자 : 2011. 01. 14

게재확정일자 : 2011. 02. 09

로 하지 않은 임시통신구조인 MANET 환경에서 VoIP 시스템 구현과 관련된 성능을 분석하는 것은 적절하고 필요한 일이라 생각된다.

MANET 환경에서 VoIP 성능분석 연구는 호의 연결과 관리와 관련된 호연결율, 음성 트래픽의 전송성능을 정성적 또는 정량적으로 분석하는 연구로서 MOS(Mean Opinion Score), 네트워크 지연, 패킷손실율 등을 주요 분석대상으로 하고 있다[1][2]. MANET에서 VoIP 전송은 네트워크의 규모, 노드의 수, 연결의 수, 통신거리, 전송대역, 전송방식 등의 파라메타에 의존하며, 트래픽 형식, 라우팅 방식을 비롯하여 MANET 구현방식에 따라 성능의 변동이 매우 크다[3][4].

MANET에서 VoIP 연구는 네트워크 규모나 연결의 수에서 볼 때 비교적 소규모인 MANET에서 소수의 인원이 VoIP를 사용하는 것을 전제로 한 노드의 수와 연결의 수의 변화에 따른 성능분석을 주로하고 있다. MANET의 서비스 대상 분야에 속하는 대형 레저분야나 해양분야를 고려할 때, MANET의 규모, 노드 및 연결의 수 등에서 대형화가 예상된다. 따라서 본 논문은 대규모 MANET에서 종단간 VoIP 전송성능을 분석하고 VoIP 구현조건을 제시하고자 한다.

본 논문은 대규모 MANET 환경을 전제로 종단간 VoIP 성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 분석하였다. 시뮬레이터는 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 VoIP 모듈을 추가하여 구성하였다. 성능 측정에는 접속품질로서 호연결율, 전송품질로서 MOS, 네트워크 지연, 패킷손실율을 주요 대상 파라메타로 사용하였다. 전송되는 트래픽은 GSM.LAMR을 사용했으며, 네트워크 규모, 노드 수 등의 변화에 따른 성능을 측정하였다. 측정된 결과를 분석하여 대규모 MANET 구축에 필요한 네트워크 규모에 대한 VoIP 구현조건을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. I장은 서론이며, II장은 기본이론, III장은 시뮬레이션 그리고 IV장에서 연구결과 및 향후의 연구방향을 제시함으로써 논문을 맺는다.

## II. 기본이론

MANET은 기반구조 없이 임시적으로 구성되는 네

트워크여서 운영되는 통신영역의 규모나 지리적 환경 등이 매우 다양하며, 사용자의 수나 전송되는 트래픽의 규모와 같은 서비스 사용 환경 또한 매우 가변적이다.

통신영역의 규모면에서 MANET은 1km(1X1km) 미만의 영역이 주로 연구대상이다. 그러나 일부의 연구는 1~5km<sup>2</sup>의 대규모 영역으로 구성되는 MANET을 연구대상으로 하고 있으며, 영역이 25km<sup>2</sup>(5X5km)인 MANET을 대상으로 연구가 이루어지기도 한다.[3] 노드의 수에서 보면 MANET은 10여개의 노드로 구성되는 네트워크가 있는가 하면, 1000여개 이상의 노드로 구성되는 네트워크도 있다[4]. 아울러 WiFi 방식을 기준으로 한 전파도달거리 역시 IEEE 802.11x에 따라 10m 남짓한 거리에서 1km에 이르는 등 여러 환경 변수가 다양하게 제시되고 있다[3].

본 연구에서는 통신 영역, 노드 수 및 WiFi 전파도달거리 등을 고려하고, 기존의 연구 결과들을 참조하여 영역으로서 1~25km<sup>2</sup> 규모와 200~500여개의 노드 및 100여개의 호연결이 존재하는 네트워크를 성능분석 대상으로 설정하였다.

VoIP 트래픽은 경우 실시간성이 보장되어야 하므로 데이터 중심의 트래픽과는 달리 네트워크 상태나 환경 파라메타의 변화에 의하여 그 성능이 매우 민감하게 영향을 받게 된다. 특히 VoIP가 사용되는 환경이 MANET일 경우, MANET의 여러 가지 환경적 요인에 의한 영향을 더 많이 받게 된다. 예를 들면 경로 선정 알고리즘에 의하여 음성 트래픽의 전송 성능에 직접적 영향이 가해질 수 있으며, 무선신호전달거리, 신호전파방법, 노드 이동패턴 등에 따라 제어 트래픽이 발생하게 되어 음성트래픽의 성능에 간접적으로 영향을 주게 된다. 이런 환경 조건에 의하여 이동하는 노드들에 대하여 경로단절이 발생 가능성이 있을 뿐 아니라 경로유지 및 경로재설정에 필요한 제어트래픽이 발생하여 VoIP 트래픽에 영향을 주게된다.

모바일 VoIP 서비스 품질 지표에는 접속품질로서 호연결율, 통화품질로서 MOS, 종단간 지연이 있으며, 그 이외 품질로서 패킷손실율 등이 사용되며 요구수준은 표 1과 같다[5].

표 1에서 제시된 통화품질로서 MOS는 음성전화 통화품질 평가척도로 ITU-T P.800에 제시된 통계적 방식에 따라 주관적 평가등급인 5(Excellent),

4(Good), 3(Fair), 2(Poor), 1(Bad)의 등급으로 평가된다. 그러나 주관적 평가의 평가자별 편차 발생의 문제점을 최소화하기 위해 ITU-T P.800은 MOS의 주관적 평가를 E-모델과 대응시켜 객관적 방법으로 측정할 수 있는 방법을 제시하고 있다[6]. 통신 서비스별 MOS 요구수준은 유선전화의 경우 4.0이상, 이동전화와 VoIP 전화의 경우 3.6이상이다.

모바일 네트워크의 경우 VoIP 패킷의 종단간 전송 지연의 요구수준은 300ms이며, 접속품질로서 호연결율에 대한 요구 수준은 95%이다.

표 1. M-VoIP 통화품질  
Table 1. M-VoIP Voice Quality

품질지표		요구수준
통화품질	MOS	≥3.6
	종단간 지연	≤300ms
접속품질	호성공율	≥95%

표 1을 유선 VoIP 서비스 품질과 비교하면 MOS와 호성공율은 같고, 종단간 지연은 유선 VoIP의 150ms보다 2배 높은 300ms로 제시되어있다. 이는 종단간 지연이 150ms인 경우 사용자가 지연을 인지하지 못하는 점, 300ms인 경우 지연이 인식되나 사용자가 수용할만한 수준인 점, 이동통신 음성 통화의 경우 지연 수준이 260~280ms인 점을 감안하여 결정한 수준이다.

기타 서비스 품질로서 패킷손실율은 전송패킷에 대한 손실된 패킷의 비율로 요구수준이 연구 결과에 차등으로 보이고 있으나 대체로 1%~5%로 제시되고 있다.[7][8].

### III. 시뮬레이션

#### 3.1. 시뮬레이터

본 논문의 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 진행되었으며, 시뮬레이터는 NS-2 2.33을 기반으로 구축하였다[9]. MANET 기능은 NS-2가 제공하는 기본 기능인 ADHOC 기능을 사용하였으며 MANET 노드의 이동성은 자체 제작한 시나리오 파일 생성 프로그램 사용하여 NS-2 ADHOC 기능이 요구하는 형식에 맞추어 지원되도록 하였다. NS-2는 VoIP 트래픽

처리를 지원하지 않으므로 시뮬레이터의 구성에는 VoIP 패치인 NS2VoIP를 사용하였다[10]. NS2VoIP 패치는 코덱의 규격에 맞추어 VoIP 트래픽을 생성하고 전송하는 기능이 제공되고 있다. 본 논문에서는 이 NS2VoIP에서 제공되는 기본 기능을 확장하여 VoIP 시뮬레이터를 구성하였다.

#### 3.2 시뮬레이션 환경

본 논문의 시뮬레이션에서 각 단말기들은 일정한 영역의 MANET 내에 랜덤하게 분포하며, 시나리오 파일에 정해진 랜덤한 값에 따라 단말기별로 독립적으로 랜덤한 방향과 랜덤한 속도로 이동한다. 단말기의 이동속도는 사람의 이동속도를 전체로 2%이하로 설정하였다. 이 속도로 이동할 경우 최대 이동속도는 7km/h가 된다.

각 단말기들은 최대 2%속도의 랜덤 이동 중에 다른 단말기들과 VoIP 트래픽을 송신하거나 수신한다. 하나의 단말기가 생성할수 있는 VoIP 연결의 최대수는 1로 설정하였다. 따라서 하나의 MANET내에 존재할수 있는 최대 VoIP 연결수는 네트워크 내에 존재하는 단말기 총수의 1/2이 된다.

이외에 본 논문의 시뮬레이션 환경은 다음과 같다.

- 라우팅 : DSDV
- MAC : 802.11g(운용속도 : 54Mbps)
- 통신영역 : 1X1km, 2X2km, 3X3km,  
4X4km, 5X5km
- 노드수 : 200, 300, 400, 500
- 연결수 : 100
- 트래픽 : GSM.AMR
- 네트워크 지연 : 지수분포

시뮬레이션에서 사용된 VoIP 트래픽은 GSM.AMR 코덱규격에 따라 12.2kbps 비트율, 20ms 샘플간격, 31바이트 샘플크기, 31바이트 페이로드로 생성하였다. GSM.AMR 규격에 따라 생성된 VoIP 패킷은 패킷취합규칙을 사용해서 송신측에서 4개 단위로 취합해서 송신된다. MANET의 VoIP 전송에서 GSM.AMR 코덱방식이 타 코딩방식에 비하여 전송성능이 우수하며, GSM.AMR에서 패킷취합수가 4일 때 MOS가 가장

우수하기 때문이다[11].

### 3.3 성능 파라미터

본 논문에서 성능분석에 사용한 평가척도는 호연결율, MOS, 네트워크 지연, 패킷손실율이다. 본 논문에서 구축한 시뮬레이터로 측정 가능한 파라미터는 호연결율, MOS와 네트워크 지연, 송수신패킷수, 초당패킷송신율 등 이다. 이 가운데 호연결율, MOS와 네트워크 지연은 시뮬레이션에서 측정된 결과를 직접사용하며, 패킷손실율은 송수신패킷수를 사용하여 산출한다.

### 3.4 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서는 위의 3.1~3.3 절에 제시된 조건에 따라 컴퓨터 시뮬레이션을 60초간 실행하여 결과를 얻었다.

그 결과로서 그림 1~4는 각각 노드 수에 따른 MANET 규모별 호연결율, MOS, 네트워크 지연 및 패킷손실율을 각각 보여준다. 그림 1~4에서 운영되는 호연결수는 100개이다.

그림 1은 노드 수 변화에 따른 호연결율로서 3X3km 이하 규모의 MANET에서는 요구조건인 95%의 호연결율을 충족시키고 있으며, 4X4km 규모의 MANET은 평균 96%의 호연결율을 보여주고 있으나 구간별로 95%를 불충족하는 경우가 발생하여 불안전함을 보였다. 그리고 5X5km 규모의 MANET에서는 호연결율이 77%로 현저히 낮아 요구조건을 충족하지 못하고 있다.

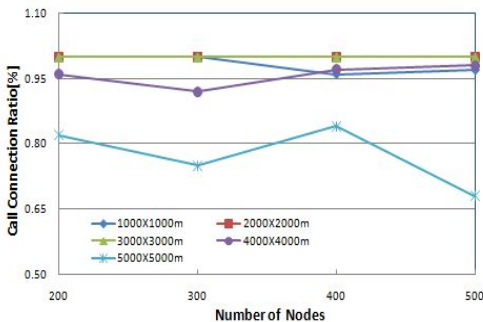


그림 1. 노드 수에 따른 호연결율  
Fig. 1 Connection ratio vs. number of nodes

5X5km 규모 MANET에서 호연결율이 현저히 낮은 것은 25km<sup>2</sup> 면적의 MANET에 랜덤이동노드가 200~500개 존재한다 하더라도 노드 수에 비해 MANET 규모가 커서 라우팅을 유지하기 곤란한 위치에 위치하거나 이동하는 노드가 존재하기 때문이다.

그림 1의 결과에 의하면 VoIP 구축에 적절한 MANET 규모는 단일 네트워크로 볼 때 최대 10~15km<sup>2</sup> 이내가 되어함을 알 수 있다.

그림 2는 각 규모의 MANET에서 노드 수 변화에 따른 MOS를 보여준다. 그림 2에서 각 규모의 MANET에서 VoIP MOS 요구조건인 3.6이 충족됨을 볼 수 있다. 그러나 그 값이 노드의 수에 따라 다소 변동이 있는 것으로 나타나고 있다.

그림 2에서 1X1km~3X3km 규모 MANET의 경우 대부분의 호가 연결되지만 1X1km 규모는 범위가 좁아 VoIP 연결간의 통화품질이 큰 변동없이 우수하게 되고, 2X2km~4X4km규모의 경우 VoIP 이동단말기가 넓은 영역에 분포하게 되어 연결 유지/관리에 오버헤드가 발생하기 때문에 MOS가 저하되는 것으로 볼 수 있다. 그런데, 3X3km 규모 MANET의 MOS가 4X4km나 5X5km 규모 MANET의 MOS 보다 낮게 측정된 것은 MOS 값을 측정에 호 연결이 성공한 노드들만을 대상으로 하였기 때문이다.

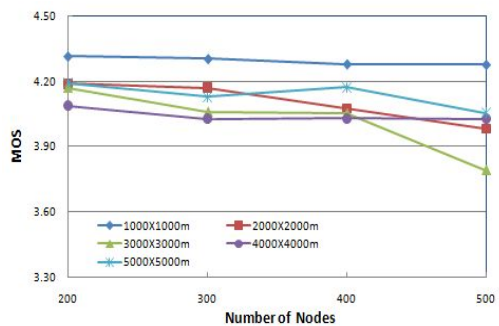


그림 2.. 노드 수에 따른 MOS  
Fig. 2 MOS vs. number of nodes

그림 3은 노드 수에 따른 네트워크 지연을 보여주고 있다. 그림 3에서 시뮬레이션 결과들에 다소 변화가 발생하는 것을 보여주고 있으나 네트워크 지연 요구수준인 130ms 내외로 모바일 VoIP 지연 요구수준인 300ms를 충족함은 물론 유선 인터넷 서비스 품질

인 150ms의 요구수준도 충족함을 보여주고 있다.

표 1에서 기준으로 제시된 모바일 VoIP 중단간 지연 요구수준이 비록 300ms라 하더라도 이 기준을 적용할 경우 상당한 수준의 전송품질 저하가 측정되어 권장할 만 것 아닌 것으로 나타나고 있으므로 본 논문에서 측정된 결과가 적절한 것으로 파악된다.

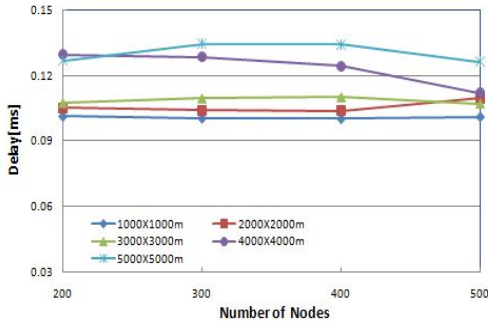


그림 3. 노드 수에 따른 지연  
Fig. 3 Network delay vs. number of nodes

그림 4는 패킷손실율로서 1~5%인 요구수준을 대체로 만족시킴을 알수 있다. 네트워크 규모가 클수록 패킷손실율이 증가함을 보이는데 이는 호가 연결된 후라 하더라도 노드 이동에 따른 패킷손실이 발생하기 때문이다. 2X2~4X4km 규모 MANET에서 패킷손실율이 5X5km 규모 MANET 보다 높은 것은 5X5km 규모 MANET에서 호연결율이 낮아 패킷손실 발생 가능성이 낮기 때문이다.

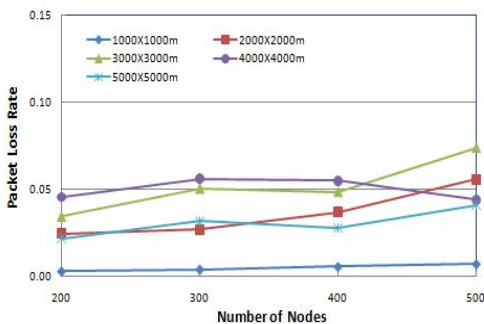


그림 4. 노드 수에 따른 패킷손실율  
Fig. 4 Packet loss rate vs. number of nodes

### 3.5 VoIP 구현 조건

3.4 절의 시뮬레이션 결과 분석에서 살펴본 바와 같이 대규모 MANET에서 VoIP를 구현함에 있어서 MANET 규모는 최대 10~15km<sup>2</sup> 이내가 적절하며, 노드의 수를 500여개로 가정할 경우 연결의 수는 100여개 내외가 적합하다.

## IV. 결론

본 논문에서는 대규모 MANET에서 VoIP 전송성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석하고 대규모 MANET VoIP 구현에 적절한 구현조건을 제시하였다.

본 논문에서 제시한 연구 결과로서 대규모 MANET에서 VoIP를 구현하기 적합한 대규모 MANET의 규모는 단일 네트워크로 최대 크기로 10~15km<sup>2</sup>이내가 적절하며 노드의 수로는 500여개, 호연결의 수는 100여개 내외가 적합하였다.

본 논문에서 제시한 결과는 대규모 MANET에서 VoIP 시스템 설계와 구축에 필요한 자료로서 중요하게 사용될 수 있을 것으로 생각한다.

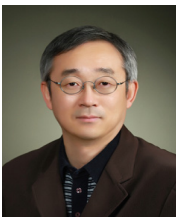
본 논문의 연구 결과에서 발견된 문제점으로서 대규모 MANET에서 저하되는 호연결율을 개선하여 MANET 규모를 증가시키기 위한 적절한 방법에 대한 추가의 연구가 향후 필요하다.

## 참고 문헌

- [1] M. Castro, A. Kessler, "SIP in hybrid MANETS - A gateway based approach", Proceedings of Swedish National Computer Networking Workshop, Lulea, Sweden, Vol.4, Oct., 2006.
- [2] M. Castro, A. Kessler, "Challenges of SIP in Internet Connected MANETs" Proceedings of International Symposium of Wireless Pervasive Computing, San Juan, Puerto Rico, Vol.2, Feb., 2007.
- [3] S. Kurkowski, T. Camp, M. Colagrosso, "MANET Simulation Studies : The Incredible", SIGMOBILE Mob. Comput. Commun.

- Rev., Vol. 9, No. 4, pp.50~61, Oct. 2005.
- [4] S. Kurkowski, T. Camp, M. Colagrosso, "MANET Simulation Studies : The Current State and New Simulation Tools", Technical Report MCS-05-02, The Colorado School of Mines, Feb., 2005.
  - [5] TTA, "Voice Quality Criteria of Mobile Internet Telephony", 2009.
  - [6] ITU-T Recommendation P.800, "Methods for subjective determination of transmission quality", 1996.
  - [7] A. Chan, S. Liew, "Performance of VoIP over Multiple Co-Located IEEE 802.11 Wireless LAN", IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol.8, No.8, pp.1063~1076, Aug., 2009.
  - [8] H. Zhang, M. Bialkowski, G. Einicke, J. Homer, "An Extended AODV Protocol for VoIP Application in Mobile Ad Hoc Network", ECTI Trans. on. Electrical Engs, Electronics, and Communications, Vol. 7, No. 2, pp.114~121, Aug., 2009.
  - [9] <http://nsgam.isi.edu/nsgam>.
  - [10] 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, Vol.2, Oct., 2007.
  - [11] Young-Dong Kim "VoIP Performance Improvement with Packet Aggregation over MANETs", Journal of KIECS, Vol. 5, No. 3, pp. 275~280, Jun., 2010.

### 저자 소개



#### **김영동(Young-dong Kim)**

1984년 광운대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)

1986년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학석사)

1990년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 졸업(공학박사)

현재 동양대학교 정보통신공학부 교수

※ 관심분야 : 통신프로토콜, MANET, VoIP, 컴퓨터 시뮬레이션