

---

# MANET에서 VoIP 트래픽의 전송성능

김영동\*

## Transmission Performance of VoIP Traffic over MANETs

Young-Dong Kim\*

### 요 약

본 논문에서는 시뮬레이션을 사용하여 MANET(Mobile Ad-hoc Network)에서 VoIP(Voice over Internet Protocol) 트래픽의 전송성능을 측정·분석하였으며, 이를 토대로 VoIP 구현 조건을 제시하였다. 시뮬레이션에는 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 한 VoIP 시뮬레이터를 구현하여 사용하였으며, 시뮬레이션에 사용한 VoIP 트래픽은 G.711, G.723.1, G.726-32, G.729A, GSM.AMR, iLBC 규격을 기준으로 생성하였다. 이 트래픽을 670×670m 50노드 규모의 MANET 환경에서 전송하고, VoIP 전송 성능으로 MOS(Mean Opinion Score), 네트워크 지연, 패킷손실율, 전송 대역을 측정하였다. 측정결과에 대한 정규화분석을 통하여 VoIP 서비스 품질 조건을 충족하는 VoIP 연결수가 15이하임을 확인하였다.

### ABSTRACT

In this paper, some performance characteristics of VoIP(Voice over Internet Protocol) for MANET(Mobile Ad-hoc Networks) with simulation is studied and appropriate condition for implementation of VoIP service is suggested. VoIP simulator is implemented with NS(Network Simulator)-2. VoIP traffic for simulation is generated with some codecs of G.711, G.723.1, G.726-32, G.729A, GSM.AMR and iLBC. As simulation results for traffic transmission under 670×670m 50node MANET environment, performance data for MOS(Mean Opinion Score), network delay, packet loss rate and transmission bandwidth are measured. Normalized analysis about measured results shows that maximum VoIP connection satisfying VoIP service quality condition is 15.

### 키워드

MANET, VoIP, MOS, 지연, 시뮬레이션

### Key word

MANET, VoIP, MOS, Delay, Simulation

## I. 서 론

기반 구조를 사용하지 않고 일시적으로 구성되는 통신망인 MANET(Mobile Ad-hoc Networks)은 그 편리성으로 인해서 다양한 분야 특히 화재, 지뢰 및 방사능 탐지나 어로용 단거리 해상 통신환경에 유용하게 사용될 수 있다.

MANET 응용분야는 제한된 영역에서 일상생활 환경이나 일반 업무 분야로 확대될 것으로 보이며, 이에 따라 MANET이 처리해야할 트래픽도 데이터 위주에서 음성, 사진, 영상 등으로 다양해질 것으로 예측된다.

한편 인터넷 전화인 VoIP(Voice over Internet Protocol) 전화는 실용화 단계를 지나 보급단계에 이르고 있으며, 그 편리성으로 인해 멀지 않은 시간에 기존 방식의 전화 서비스를 대체할 것으로 보인다. 이러한 경향은 유선전화 부문에 두드러지고 있으나 모바일 인터넷이 대중화된다면 VoIP 전화가 모바일 전화도 대체하게 될 것으로 예상된다.

모바일 VoIP가 대중화된다 하더라도 중계국과 같은 기반구조를 사용하기 어렵거나 사용이 불가능한 통신 환경에서는 VoIP 서비스의 사용이 불가능해진다. 따라서 기반구조가 없는 MANET에 VoIP 서비스를 적용하는 것은 매우 의미있는 일이라 할수 있다.

MANET에 VoIP를 적용하는 연구는 SIP(Session Initiation Protocol) 구축, SIP 성능분석, VoIP 성능분석 등의 형태로 진행되고 있다.

MANET에서 SIP 구축은 VoIP 시스템을 MANET 단말기에 구현하는 연구로서 유선 SIP 서버를 소형화하여 미들웨어 형태로 커스텀화하는 형태로 진행되고 있다 [1][2].

SIP 성능분석과 관련된 연구는 MANET 상에서 VoIP 전화의 호설정과 유지와 같은 호 관리와 관련된 성능을 분석하는 연구로서 시뮬레이션을 사용하여 연구되고 있다. 호 설정 시간, 호 유지율 등이 연구의 주요 관점이다 [3][4].

VoIP 성능분석은 MANET에서 전송되는 VoIP 트래픽의 전송성능을 분석하는 것으로 음성트래픽이 제한된 자원을 가지는 MANET에서 전송되어지는 정도를 정량적 또는 정성적으로 분석하는 것이다. 이와 관련된 연구로는 네트워크 지연, 패킷손실율과 같은 네트워크 파

라메타를 중심으로 한 연구결과가 발표되고 있다 [5][6].

한편 VoIP 성능분석과 관련한 연구는 최근에 이르러 고정인터넷을 대상으로 E-모델을 사용한 전송 트래픽의 MOS(Mean Opinion Score) 측정·분석으로 확대되고 있다.

따라서 본 연구에서는 MOS 측정 기법을 MANET으로 적용하여 MANET에서 전송되는 VoIP 트래픽의 전송성능을 측정·분석하여 보았다. 또한 네트워크 지연, 패킷손실율, 전송대역을 측정·분석하였다.

전송되는 VoIP 트래픽은 G.711, G.723.1, G.726-32, G.729A, GSM.AMR 및 iLBC 규격으로 생성하였으며 이를 다양한 환경의 MANET에서 전송하고 전송성능을 측정하였다. 측정결과와 정규화 분석을 통하여 MANET에서 VoIP구축에 활용될 기준을 제시하였다.

본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하여 수행되었으며, 시뮬레이터는 NS(Network Simulator)-2를 기반으로 VoIP 모듈을 추가하여 구축하였다.

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

## II. VoIP 전송품질

### 2.1 E-모델

E-모델은 ITU-T G.107에 표준으로 제정된 전화 통화 품질을 객관적으로 측정하는 도구로서 VoIP 품질 평가에도 널리 사용되고 있다 [7].

E-모델의 결과는 R-값이며 식(1)과 같이 지연, 패킷손실, 장애요인, 품질기대값 등으로 구성된다.

$$R = R_0 - I_s - I_d - I_e + A \quad (1)$$

식(1)에서  $R_0$ 는 송수신 잡음과 관련된 신호대잡음비,  $I_s$ 는 측음과 양자화 잡음 등 음성신호에 발생하는 장애,  $I_d$ 는 지연과 에코현상에 의한 장애,  $I_e$ 는 코딩과 패킷 손실에 의한 음성신호의 왜곡을 의미한다. 지연은 주로 종단간 지연이 평가 대상으로 사용되며, 패킷 손실은

은 패킷 전송 중에 발생하는 여러 요인으로 인해 패킷이 손실되는 값의 비율을 나타낸다. 부가요소인 A는 네트워크 액세스 유형에 따른 품질감쇄를 나타내는 값으로 [0,20]의 범위를 가지며, 재래식(광대역) 시스템의 경우 0, 빌딩 내에서 운영되는 셀룰러 시스템의 경우 5, 야외 또는 차량이동 시스템의 경우 10, 다중홉 위성연결과 같이 도달하기 어려운 시스템의 경우 20이다.

ITU-T G.109에 의하면 R 값에 따른 QoS(Quality of Service) 등급은 5개의 등급으로 [0, 100]의 범위에서 Best/High/Medium/Low/Poor로 구분되는데 90 이상이 Best 등급이고 60 미만이 Poor 등급이다[8].

**2.2 MOS**

MOS는 통계적 방식에 의한 주관적 의미의 평가 척도로 ITU-T P.800에 규정되어 있다[9].

MOS에서는 대화형 의견 테스트, 청취 의견 테스트, 인터뷰 및 조사 테스트 등을 거쳐 인간 평가자가 5(Excellent), 4(Good), 3(Fair), 2(Poor), 1(Bad)의 5등급으로 통화품질을 측정한다.

MOS의 개략적 수준으로는 4~5인 경우 고품질로 톨(toll) 품질에 해당하며, 3.5~4는 중품질로 자연스러운 통화수준이고, 3~3.5는 저품질로 대화는 가능하지만 품질저하가 느껴지는 수준이며, 2.5~3은 군사품질로 대화가 가능하지만 집중이 요구되는 수준이다.

통신서비스별 MOS 요구수준은 유선전화 4.0 이상, 이동전화와 VoIP 전화 3.6 이상이다.

**2.3 추정 MOS**

주관적 평가척도인 MOS의 경우 인간 평가자에 의한 통화품질 평가라는 면에서 인간과 가장 친숙한 평가인 반면에 정확성과 공정성이 떨어지며, 평가에 많은 시간이 걸리며 고비용이라는 단점이 있다. 이런 단점을 보완하기 위해 식(2)와 같이 R값에서 추정되는 추정 MOS가 통화품질 측정에 널리 사용되고 있으며 R값과 추정 MOS 사이의 관계는 표 1과 같다[7].

$$\begin{aligned}
 R < 0 & : MOS = 1 \\
 0 \leq R \leq 100 & : MOS = 1 + 0.035R + R(R - 60)(100 - R)^{-6} \\
 R > 100 & : MOS = 4.5
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

표 1. R값과 추정MOS의 관계[7].  
Table 1. Relation between R-factor and MOS[7].

R 값	추정MOS	내용
90	4.34	매우만족
80	4.03	만족
70	3.60	일부사용자 불만족
60	3.10	대부분의 사용자 불만족
50	2.58	거의 모든 사용자 불만족

**2.4 VoIP 서비스 품질**

E-모델, MOS 이외에도 여러 가지 전송품질 평가척도가 있다.

VoIP서비스에 요구되는 품질기준은 표 2와 같다[10]. 표 2에서 MOS 기준은 표 1에 따라 R값으로부터 추정한 값이며, 접속품질은 SIP 프로토콜의 연결성공률을 나타내는 것이다.

이외에 VoIP 패킷 손실율 품질 기준은 1%~5%가 사용되고 있다.

표 2. VoIP 서비스 품질[10].  
Table 2. VoIP Service Quality[10].

품질지표		품질기준
통화품질	R값	≥ 70
	MOS	≥ 3.6
	중단간 지연	≤ 150ms
접속품질	호 성공율	≥ 95%

**2.5 MANET VoIP**

VoIP 음성트래픽은 RTP 프로토콜을 사용하여 전송된다. 이 음성 트래픽은 MANET의 환경에 의하여 많은 지배를 받게 되며, 지연이나 손실에 민감하다.

현재 시험적으로 연구되고 있는 MANET의 VoIP의 경우 단말기의 수가 적고 연결의 수가 많지 않을 경우는 통화품질이 모바일 진화정도에 이르고 있어 통화에 큰 지장은 없다.

그러나 단말기의 수가 많아지고 VoIP 연결이 증가할 경우 통신서비스 품질이 급격하게 저하되어 사용하기 곤란한 문제점이 발생된다. 아울러 트래픽이 통과하는 홉(hop)의 수가 증가할 경우 통신이 단절되는 문제점도 발생되고 있다.

따라서, MANET에서 VoIP 서비스를 구현하기 위해서는 서비스품질기준을 충족하는 구현기준을 개발하는 것이 필요하다. 본 논문에서는 다양한 MANET 환경에서 VoIP 전송성능을 측정하고, 이를 분석하여 MANET에서 VoIP 구현에 필요한 기준으로서 VoIP 서비스 품질 조건을 만족하는 구현조건을 제시한다.

### III. 시뮬레이션

#### 3.1 시뮬레이터

본 논문에서 사용된 시뮬레이터는 NS-2 2.33[11]과 NS2VoIP 패치[12]를 사용하여 구축하였다.

성능측정에는 VoIP 패치가 지원하는 VoIP 트래픽에 대한 MOS, 지연 측정기능을 사용하였으며, 패킷손실율과 전송대역은 측정된 데이터를 사용하여 추출하였다.

노드 이동성은 시나리오파일을 사용하여 구성했다. 이 시나리오 파일은 자체 제작한 프로그램을 사용하여 NS-2 Adhoc이 요구하는 형식에 맞추어 생성하였다.

#### 3.2 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 MANET에서 VoIP 전송성능 측정을 위해 랜덤하게 이동하는 노드들로 구성된 MANET을 기본 네트워크 환경으로 설정하였다.

일정한 영역의 네트워크 내에 랜덤하게 분포한 노드들은 시나리오 파일에 정해진 값에 따라 랜덤한 방향과 랜덤한 속도로 이동한다. 이동속도는 사람의 이동속도를 전제로 2m/s 이하로 설정하였다. 이 속도로 이동할 경우 최대 이동속도는 7.2km/h가 된다.

MANET 특성을 고려하여 한 단말기가 생성할 수 있는 VoIP 연결의 최대수는 1로 가정하였다. 따라서 하나의 MANET내에 존재할 수 있는 VoIP 연결의 최대수는 네트워크 내에 존재하는 단말기 총수의 1/2을 초과하지 않는다.

시뮬레이션에 사용된 파라메타는 다음과 같다.

라우팅 : DSDV/AODV, MAC : 802.11  
 통신영역 : 670m×670m, 노드 : 20/30/40/50  
 트래픽 : G.711/G.723.1/G.726-32/G.729A/  
 GSM.AMR/iLBC

#### 3.3 트래픽

시뮬레이션에서 사용된 VoIP 트래픽은 표 3에 제시한 각 트래픽의 특성에 따라 생성된다.

표 3. 트래픽의 특성[6][13][14].  
 Table 3. Characteristics of traffic[6][13][14].

코덱	비트율 (Kbps)	샘플 간격 (ms)	샘플 크기 (Bytes)	페이로드 (Bytes)
G.711	64	10	80	160
G.723.1	5.3/6.4	30	20/24	20/24
G.726-32	32	5	20	80
G.729A	8	10	10	20
GSM.AMR	12.2	20	31	31
iLBC	13.3	30	38	50

#### 3.4 시뮬레이션 결과 및 분석

3.2와 3.3절의 조건에 따른 시뮬레이션 결과로서 MOS, 지연, 패킷손실율, 전송대역을 그림 1~그림 9에 제시하였다.

그림 1은 30개의 노드로 구성되는 MANET에서 연결의 수가 MOS에 미치는 영향을 보여준다. 그림 1에 의하면 연결의 수가 증가할수록 MOS가 급격히 감소하며, 트래픽에 따라 MOS 값이 차이가 많았다. 반면에 라우팅 방식간에는 큰 차이를 보이지 않았으며, DSDV가 AODV에 비해서 대체로 성능이 좋았으나 G.711과 G.729A의 경우는 AODV가 DSDV에 비해서 양호했다. G.723.1과 iLBC의 경우 라우팅이 DSDV일 때 모든 구간에서 MOS값이 VoIP 통화품질 요구조건인 3.6 이상이었으며, AODV의 경우 DSDV에 비해서 다소 낮았으나 DSDV에 준하는 값을 보였다. GSM.AMR은 연결에 따라 MOS값이 다소 큰 폭으로 변했으나 연결수가 많을 때를 제외하고는 G.723.1이나 iLBC에 비해 오히려 우수한 성능을 보였다. 반면에 G.711과 G.729A의 경우 연결의 수가 6을 초과할 경우 MOS가 3.5 이하로 낮아져서 일반적인 목적의 MANET에서는 사용이 곤란한 것으로 측정되었다. 군사적인 목적이나 화재나 탐험/탐사와 같은 상당한 수준의 집중력을 가진 사용자가 사용하는 MANET임을 가정한다 하더라도 G.711이나 G.729A 트래픽으로 구성되는 연결은 최대 10을 넘지 못함을 알 수 있다.

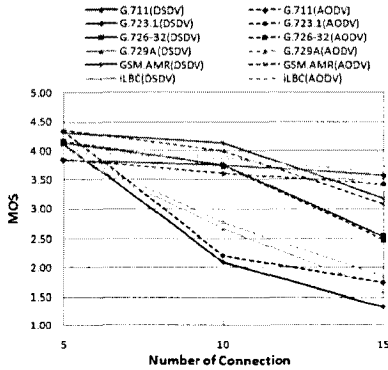


그림 1. 연결수에 따른 MOS.  
Fig.1. MOS vs. number of connection.

그림 2는 노드 수에 따른 MOS의 변화를 보여준다. 그림 2에서 연결의 수는 10으로 설정했다. 이는 노드 수 20에 대한 최대 연결의 수이다. 그림 2에서 G.723.1과 GSM.AMR 트래픽은 노드수의 증가에 크게 영향을 받지 않고 품질기준을 만족하는 높은 MOS 값을 유지하고 있음을 볼 수 있다. 반면에 G.711과 G.729A는 노드수가 증가함에 따라 MOS 값이 점차 낮아지는 것으로 측정되었다.

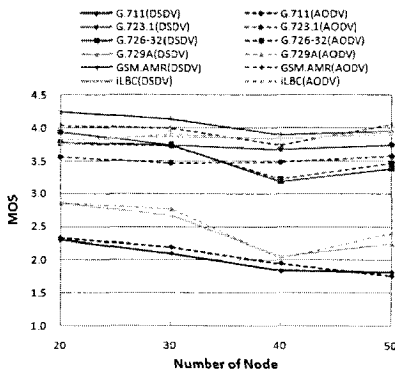


그림 2. 노드수에 따른 MOS.  
Fig. 2. MOS vs. number of node.

그림 2에서 MOS값은 노드수가 20~40인 구간에서 감소하나 노드가 50에서는 증가하고 있다. 이는 노드 수가 20~40인 구간에서는 제한된 MANET 영역 내에서 노드수의 증가가 라우팅을 위한 제어정보의 증가를 초래하게 되어 나타나는 현상이며, 노드수가 50인 경우는 일정 수준 이상의 노드가 MANET에 존재할 경우 노드

의 증가가 라우팅 유지에 도움이 되기 때문인 것으로 판단된다. 이런 경향은 MOS 뿐만 아니라 전송지연, 패킷 손실을, 전송대역에서도 공통적으로 발견되었다.

그림 3은 노드수 30, 연결수 10일 때 네트워크 지연에 따른 MOS의 변화를 보여준다. 네트워크 지연에 대한 MOS의 변화는 각 트래픽 유형별로는 크지 않았으나 트래픽 유형간에는 차이가 매우 큰 것으로 측정되었다.

표 2의 종단간 지연 150ms를 기준으로 할 때 GSM.AMR이 가장 높은 MOS 값을 가졌으며, G.723.1과 iLBC가 MOS 조건을 만족했다. 그러나 G.711과 G.729A의 MOS 값은 매우 낮았다. 라우팅 방식간에는 별차이가 없었으나 G.711의 경우 다른 트래픽과 달리 AODV가 DSDV보다 상당히 높게 측정되었다.

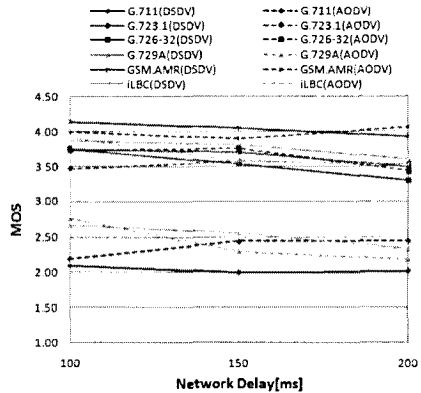


그림 3. 네트워크 지연에 따른 MOS.  
Fig. 3. MOS vs. network delay.

그림 4는 노드수가 30일 때 연결수에 따른 지연의 변화이며 연결이 증가함에 따라 지연이 다소 증가함을 보였다. 그림 4에서 지연조건 150ms를 만족하는 연결수는 G.711, G.729A, G.729A, G.726-32, G.723.1(AODV), GSM.AMR(AODV)이 5~8로 비교적 낮았으며, GSM.AMR(DSDV), G.723.1(DSDV), iLBC가 10~13으로 상당히 양호했다.

그림 5는 연결수가 10일 때 노드 수에 따른 트래픽별 네트워크 지연을 보여준다. 그림 5에서 노드수가 증가함에 따라 지연이 다소 증가함을 알 수 있으며, DSDV가 AODV에 비해 성능이 우수했다. 지연조건 150ms를 충족시키는 노드의 수는 iLBC(DSDV), G.723.1(DSDV)이 50으로 양호했으며, iLBC(AODV), GSM.AMR(DSDV)

이 30으로 측정되었다. G.711과 G.729A의 경우 지연이 다소 높아 성능이 낮은 것으로 나타났다.

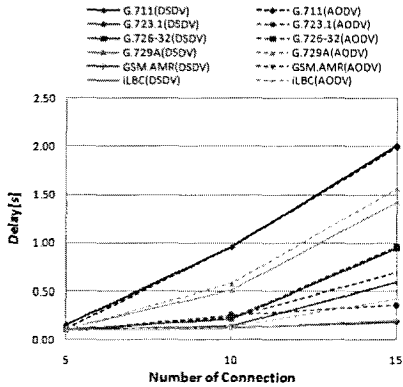


그림 4. 연결수에 따른 지연.  
Fig. 4. Network delay vs. number of connection.

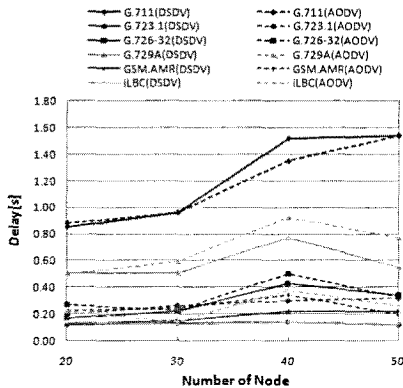


그림 5. 노드수에 따른 지연.  
Fig. 5. Network delay vs. number of node.

그림 6은 노드수가 30일 때 연결의 수에 따른 패킷 손실율의 변화를 보여준다. 그림 6에서 패킷 손실율은 연결이 증가함에 따라 트래픽별로 증가함을 알 수 있다. 라우팅 방식에 따라서는 AODV가 DSDV에 비해서 각 트래픽 별로 우수했으며, G.711이 가장 성능이 낮았고, iLBC가 가장 우수하게 측정되었다. G.723.1과 iLBC가 95%이상의 전송율을 보였으며, G.711과 G.729A는 37~56%의 손실율을 기록했다.

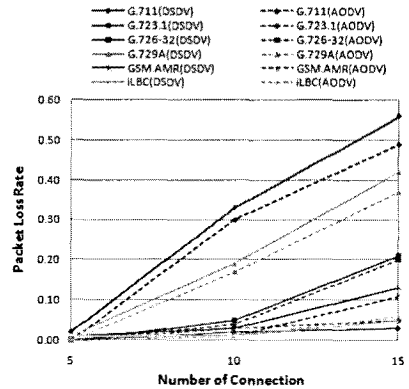


그림 6. 연결수에 따른 패킷손실율.  
Fig.6. Packet loss rate vs. number of connection.

그림 7은 연결수가 10일 때 노드의 수에 따른 패킷 손실율을 보여준다. 패킷손실율은 노드수에 따라 다소 변화가 있는 것으로 측정되었다. G.711과 G.729A의 경우 손실율이 다른 트래픽에 비해서 상대적으로 매우 높았다. iLBC, G.723.1, GSM.AMR의 경우 매우 우수한 전송율을 보였다.

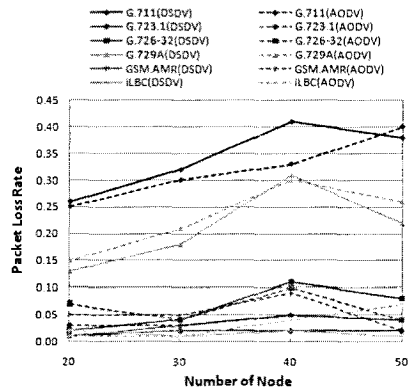


그림 7. 노드수에 따른 패킷 손실율.  
Fig. 7. Packet loss rate vs. number of node.

그림 8은 노드수가 30일 때 연결의 수에 따른 단일 연결별 평균전송대역을 제시하고 있다. 각 트래픽의 전송대역은 연결의 수와 무관하게 일정한 수준을 유지함을 알 수 있다. 그러나 G.711의 경우 연결수의 증가에 따라 전송대역이 감소하는 것으로 측정되었으며, DSDV와 AODV간에도 상당한 차이를 보였다.

전송대역은 G.723.1(AODV)가 6kbps로 가장 우수했으며, G.711(DSDV)가 61kbps로 가장 높았다.

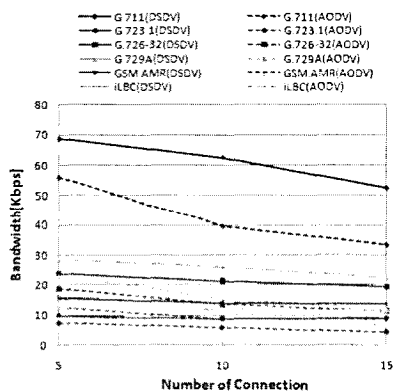


그림 8. 연결수에 따른 전송대역.  
Fig. 8. Bandwidth vs. number of connection.

그림 9는 연결수가 10일 때 노드수에 따른 트래픽의 전송대역이다. 각 트래픽의 전송대역이 노드수의 증가에도 불구하고 G.711을 제외한 트래픽의 전송에서 일정 수준을 유지하고 있음을 알 수 있다. 전송대역은 노드 40에서 G.723.1(AODV)이 5kbps로 가장 우수했으며, G.711(DSDV)가 노드 20의 환경에서 64kbps로 가장 높은 전송대역을 사용했다.

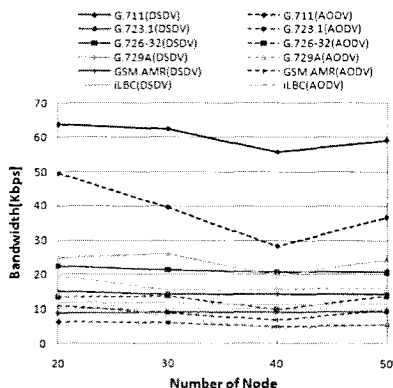


그림 9. 노드수에 따른 전송대역.  
Fig. 9. Bandwidth vs. number of node.

### 3.5 MANET-VOIP 구현 조건

그림 10은 3.4절의 시뮬레이션 결과를 2.4절의 VoIP 서비스 품질 조건에 맞추어 분석한 결과이다. 각각의 결

과는 2.4절의 서비스 조건을 기준으로 정규화하였다.

본 논문의 정규화 분석은 백분위 값을 사용한 성능 분석 방법으로 서로 다른 척도를 가지는 성능 파라미터를 동일한 척도로 규격화해서 그 성능의 증감을 비교하기 위한 방법이다. 본 논문에서는 품질 기준을 1로 설정하고 그 증감을 백분위로 표시하며 1 이상의 값은 성능의 증가를, 1 미만의 값은 성능의 감소를 의미한다.

그림 10에서 MOS 값은 3.6, 지연은 150ms, 패킷손실율은 2%로 정규화 하였다.

이 과정에서 지연과 패킷 손실율은 높은 값이 성능 감소를 의미하고, MOS은 성능의 증가를 의미하므로 척도의 의미가 같아지도록 정규화 하였다.

3.4절에 제시된 여러 분석 자료 가운데 2.4절의 서비스 품질기준을 만족하는 경우는 그림 10과 같이 iLBC(DSDV), iLBC(AODV), G.723.1(DSDV)이고 시뮬레이션의 오차를 감안한다면 GSM.AMR(DSDV) 정도를 포함한다.

따라서 50개 이하의 노드가 보행속도로 이동하는 670×670m규격의 MANET에서 VoIP 서비스는 동시연결 15개 이하로 운영되어야 하며 iLBC나 G.723.1 또는 GSM.AMR 방식으로 트래픽을 생성해야 한다.

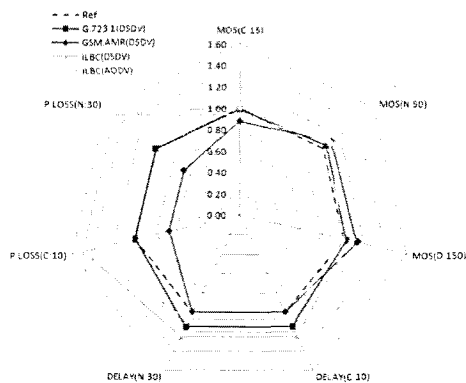


그림 10. 정규화분석.  
Fig. 10. Normalized Analysis.

## IV. 결론

본 논문에서는 MANET에서 VoIP 트래픽의 전송 성능을 분석하였다. 전송 대상 트래픽으로 ITU-T가 표준

으로 제정한 음성규격에 따라 생성된 트래픽을 사용하였다.

시뮬레이션을 통하여 최대 50노드, 670×670m MANET을 대상으로 다양한 네트워크 환경에 대한 VoIP 성능을 측정하였으며, 그 결과의 정규화 분석을 통하여 iLBC 방식의 트래픽으로 동시연결 15개 이하일 경우 MOS, 종단간 지연, 패킷손실율 등의 VoIP 서비스 품질이 만족됨을 확인하였다.

본 논문에서 제시한 결과는 MANET에서 VoIP 시스템 설계와 구현에 필요한 자료로서 사용될수 있으며, 제시한 방법은 MANET에 적합한 VoIP 프로토콜 개발 및 평가에 활용될 수 있을 것으로 생각된다. MANET 토폴로지 변화, 전송방식에 대한 변화에 대한 영향을 살펴보는 것이 추후 과제이다.

### 참고문헌

[ 1 ] S. Leggio, J. Manner, A. Hulkkonen, K.Raatikainen, "Session Initiation Protocol Deployment in Ad-Hoc Networks : a Decentralized Approach", 2nd IWVAN, London, May, 2005.

[ 2 ] P. Stuedi, G. Alonso, "Wireless Ad Hoc VoIP", Proceedings of the 2007 Workshop on MINCNA, Port Beach, USA, Nov. 2007.

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

[ 4 ] M. Castro, A. Kassler, "Challenges of SIP in Internet Connected MANETS" Proceedings of International Symposium on Wireless Pervasive Computing, San Juan, Puerto Rico, Feb., 2007.

[ 5 ] H. Zhang, J. Homer, G. Einicje, K. Kubik, "Performance Comparison and Analysis of Voice Communication over Ad Hoc Network", Proceedings of 1st IEEE International Conference on Wireless Broadband and Ultra Wideband Communications (AusWireless'06), Sydney, Australia, Mar., 2006.

[ 6 ] 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.

[ 7 ] ITU-T Recommendation G.107, The E-model, a computational model for use in transmission planning, May, 2000.

[ 8 ] ITU-T Recommendation G.109, Definition of categories of speech transmission quality, Sep. 1999.

[ 9 ] ITU-T Recommendation P.800, Methods for subjective determination of transmission quality, Aug., 1996.

[10] TTA, "인터넷전화서비스 품질평가 절차서(Ver2.0)", 2005. 1.

[11] <http://nslam.isi.edu/nslam>.

[12] 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.

[13] K. Rahmes, "Voice over IP(VoIP) for Wireless Broadband Network Engineers", NetLogix White Paper at <http://www.netlogix.com/pdf/NetLogix-Whitepaper-VoIP-over-Wireless-Broadband.pdf>

[14] S. Nguyen, C. Okino, W. Walsh, L. Clare, "Space-based Voice over IP Networks", Aerospace Conference, 2007 IEEE, Mar., 2007.

### 저자소개

김영동(Young-Dong Kim)



1984년 광운대학교  
전자통신공학과 공학사  
1986년 광운대학교 대학원  
전자통신공학과 공학석사

1990년 광운대학교 대학원 전자통신공학과 공학박사  
1989년~1995년 대덕대학 정보통신공학과 조교수  
1995년~현재 동양대학교 정보통신공학부 교수  
2003년~2004년 미국 UCSC 연구교수  
※관심분야: Communication Protocol, MANET, WMN  
VoIP, Network Simulation.