와이브로망에서 VoIP를 이용한 그룹통신 서비스 성능분석

김명균* · 엄윤성**

Performance Analysis of Group Communication using VoIP in WiBro Networks

Myung-kyun Kim* · Yun-sung Eom**

이 논문은 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비에 의하여 연구되었음

요 약

와이브로망에서는 멀티캐스트 서비스 구현을 위해 MBS(Multicast Broadcast Service) 기능을 정의하고 있다. 그러나 현재 국내에서 이용되고 있는 대부분의 와이브로망 장비들의 경우 MBS 서비스를 지원하지 않고 있어 멀티캐스팅 기반 서비스를 구현하는데 제한을 가지고 있다. 본 논문에서는 와이브로망에서 VoIP 기반 그룹통신 시스템을 유니캐스트 기반으로 구현하는 경우와 멀티캐스트 기반으로 구현하는 경우에 대해 성능분석을 수행하였다. 성능분석은 각각의 경우에 대해 서비스를 위해 필요한 네트워크 자원의 양, 서비스를 위한 최대지연시간과 그룹멤버들 사이의 서비스 지연시간의 차이 등의 측면에서 QualNet 시뮬레이터를 통해 수행하였다. 성능분석 결과, 유니캐스트를 이용한 VoIP 기반 그룹통신 서비스의 경우에는 그룹내의 사용자 수가 증가함에 따라 자원의 요구량이 증가하여 와이브로망에서 지원할 수 있는 그룹 및 사용자의 수가 제한되며, 그룹통신 시스템이 본격적으로 사용할 경우 와이브로망내에서 멀티캐스트 자원이 필요함을 알 수 있었다. 또한 유니캐스트를 이용한 VoIP 기반 그룹통신 서비스의 경우 VoIP 서비스에서 요구하는 최대지연시간을 충족하는 범위에서 패킷번들링을 이용하면 패킷당 오버헤드를 줄여 전체 시스템에서 수용할 수 있는 그룹 및 사용자의 수를 증가시킬 수 있음을 확인 할 수 있었다.

ABSTRACT

MBS (Multicast Broadcast Service) is defined in WiBro networks for implementing multicast-based services. However, most of the WiBro networks currently used in Korea do not have the MBS functionality and it causes some difficulty in implementing multicast-based services. This paper evaluates the performance of VoIP-based group communication services when implementing using the following two cases: unicast-based and multicast-based group communication systems. The performance evaluation is done using QualNet for each case in terms of the amount of network resource for the service, the delay and delay jitter of packets, and the difference of the delay of members in a group. The simulation result shows that the number of groups and members in a group in a WiBro network is limited because the amount of network resource for the service is increased according to the number of members in a group, and so, the MBS service is required in a WiBro network for a fully-fledged service of VoIP-based group communications. The simulation result also shows that, when a packet bundling is used, the number of groups and members in a group that can be supported in a WiBro network can be increased due to the decrease of the amount of network resource for the service.

키워드

와이브로, 그룹통신, VoIP, 패킷번들링

Key word

WiBro, Group Communications, VoIP, Packet Bundling

* 정회원 : 울산대학교 (교신저자, mkkim@ulsan.ac.kr)
** 준회원 : 울산대학교

접수일자 : 2011. 04. 18
심사완료일자 : 2011. 05. 09

Ⅰ. 서 론

와이브로 (또는 와이맥스) 시스템은 고정형 와이브로와 모바일 와이브로 시스템으로 분류된다. 고정형 와이브로 시스템은 기존 무선인터넷 기술인 Wi-Fi의 커버리지(coverage)와 속도를 개선하기 위해 개발한 기술로 IEEE 802.16을 기반으로 하고 있으며, 모바일 시스템은 이동성을 추가한 IEEE 802.16e를 기반으로 개발된 기술이다[1, 2, 3]. 와이브로 시스템의 장점으로는 넓은 범위의 전송반경, 높은 전송속도, 높은 이동성 지원, 그리고 효율적인 멀티미디어 서비스를 위한 MBS (Multicast and Broadcast Service) 지원 등이 있다.

현재 국내에서 와이브로 서비스는 본격적으로 서비스가 이루어지지 못하고 제한된 범위에서 서비스가 이루어지고 있다. 최근 국내 'H'사의 조선산업 현장에 와이브로 서비스를 도입하여 선박제조 현장을 실시간 모니터링하는 시스템 및 현장 작업자 간의 효율적인 그룹통신을 지원하기 위한 VoIP 기반 그룹통신 시스템을 구축하였다. 그러나 현재 와이브로망의 장비들이 MBS 서비스를 지원하지 않아 유니캐스트 방식을 이용하여 그룹통신시스템을 구축하였다. 유니캐스트 기반 그룹통신시스템의 경우, 패킷을 그룹내 모든 사용자에게 각각 따로따로 전송하게 되어 그룹서버 부하, 무선자원 소비, 종단간 지연시간이 증가하는 원인이 된다. 뿐만 아니라 음성패킷의 경우, 패킷당 프로토콜 오버헤드가 높기 때문에 무선자원 낭비를 더욱 초래하게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위한 방법으로는 멀티캐스트를 이용하는 방법과 패킷번들링을 이용하는 방법이 있다. 멀티캐스트 방법은 앞서 설명한 것과 같이 그룹서버에서 그룹멤버에게 패킷을 동시에 전송하는 기술이고, 패킷번들링은 작은 크기의 다수의 VoIP 패킷을 하나의 패킷으로 묶어 하나의 패킷에 전송함으로써 패킷당 프로토콜 오버헤드를 줄이는 방법이다. 이렇게 함으로써 무선자원의 효율을 증가시킬 수 있다 [4,5,6,7].

본 논문에서는 와이브로망에서 VoIP 기반 그룹통신 시스템을 유니캐스트 기반으로 구현하는 경우와 멀티캐스트 기반으로 구현하는 경우에 대해 성능분석을 수행하였다. 또한 유니캐스트를 이용한 VoIP 기반 그룹통신 시스템의 경우 VoIP 서비스에서 요구하는 성능을 만족하면서 패킷의 오버헤드를 줄이기 위해 패킷번들링을 사용하는 경우에 대한 성능 분석을 하였다. 성능분석은 각각의 경우에 대해 서비스를 위해 필요한 네트워크 자원의 양, 서비스를 위한 최대지연시간과 그룹멤버들 사이의 서비스 지연시간의 차이 등의 측면에서 QualNet 시뮬레이터를 통해 수행하였다. 성능분석 결과, 유니캐스트를 이용한 VoIP 기반 그룹통신 서비스의 경우에는 그룹 내의 사용자 수가 증가함에 따라 자원의 요구량이 증가하여 와이브로망에서 지원할 수 있는 그룹 및 사용자의 수가 제한되며, 그룹통신 시스템이 본격적으로 사용될 경우 와이브로망 내에서 멀티캐스트 자원이 필요함을 알 수 있었다. 또한 유니캐스트를 이용한 VoIP 기반 그룹통신 서비스의 경우 VoIP 서비스에서 요구하는 최대지연시간을 충족하는 범위에서 패킷번들링을 이용하면 패킷당 오버헤드를 줄여 전체 시스템에서 수용할 수 있는 그룹 및 사용자의 수를 증가시킬 수 있음을 확인 할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 구성 된다. 2절에서는 본 논문과 관련된 연구에 대해 기술하고, 3절에서는 유니캐스트 및 멀티캐스트에서 그룹통신 서비스의 수학적 모델링을 통한 성능분석에 대해 기술한다. 4절에서 Qualnet 시뮬레이터를 이용하여 멀티캐스트와 유니캐스트를 이용한 그룹통신 서비스에 대한 시간적 측면에서의 성능분석에 대해 기술하고, 5절에서 본 논문의 결론에 대해 기술한다.

Ⅱ. 관련 연구

본 절에서는 본 논문에 관련된 와이브로 기술, 그룹통신 기술 및 와이브로 기술에서 패킷번들링 기술에 대해 기술한다.

2.1 와이브로 시스템

와이브로는 점대점 연결에서 완전한 휴대형 접근에 이르기까지 다양한 방식으로 먼 거리에 걸쳐 무선으로 자료를 제공하는 것을 목표로 하는 통신 기술로 IEEE 802.16 표준에 기반을 두고 있다. 와이브로 시스템은 OFDM에서 발전시킨 OFDMA라고 불리는 시 분할과 주파수 분할을 합친 PHY를 사용하여 전송하며, 프레임 전송은 [그림 1]과 같이 5ms 길이의 프레임 구조에 하향링크 (downlink)와 상향링크 (uplink)로 나누어 전송하고 있다.

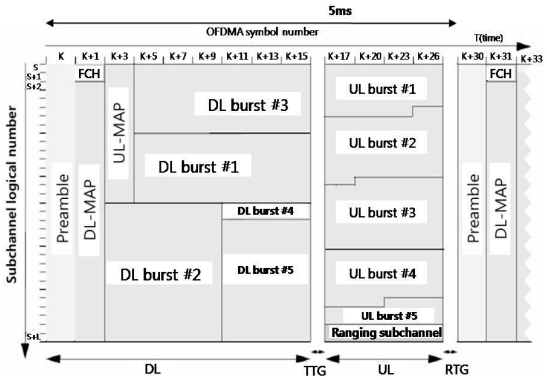

그림 1. 와이브로 시스템 프레임 구조
Fig. 1 Frame Structure of Wibro System

와이브로 시스템에서는 각 사용자 단말의 채널 상태에 따른 최적의 인코딩을 통해 전송하여 네트워크의 성능을 높이기 위한 AMC(Adaptive Modulation and Coding) 기술을 사용하고 있다. 와이브로 시스템에서 지원되는 AMC 기술은 무선 채널에서 채널상태에 따라 MCS(Modulation and Coding Scheme) 레벨을 선택하여 최대의 데이터 속도를 얻도록 하는 기술이다. MCS 레벨은 BPSK부터 64QAM까지 있으며, 기지국에서 채널상태를 알 수 있도록 하기 위해 각 사용자 단말들은 파일럿(pilot) 채널을 통해 수신된 채널상태 정보를 기지국에 피드백한다. [그림 2].

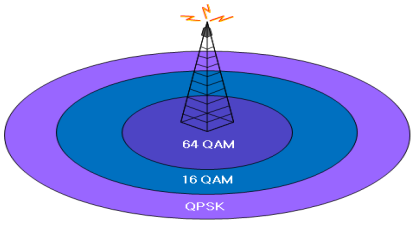

그림 2. AMC 전송 기법 환경
Fig. 2 Environment of AMC Transport scheme

2.2 VoIP 기반 그룹통신 시스템

그룹통신 서비스를 위해서는 [그림 3]과 같이 그룹통신서버, ACR(Access Router), 기지국, 그리고 사용자 단말들로 구성된다. 그룹통신서버는 그룹 멤버 관리, 그룹통신 서비스의 관리, 그룹 내 멤버들 간의 발언권 중재 등의 기능을 수행하며, ACR과 기지국들은 그룹통신 서비스를 위한 와이브로망 내의 연결들에 대한 관리를 수행하며, 각 사용자 단말은 그룹통신 서비스 기능을 추가한 와이브로 시스템 단말이 사용된다.

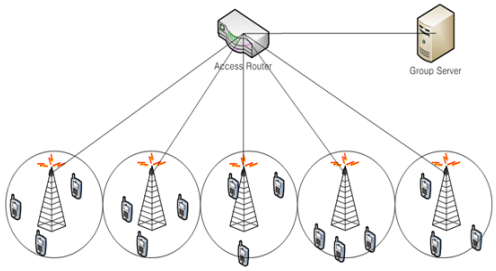

그림 3. 그룹통신 시스템 구조
Fig. 3 Structure of Group-Communiction System

일반적인 그룹통신 서비스에서 그룹 조인/탈퇴 기능이 요구되는데 각 사용자 단말들이 그룹의 멤버가 되기 위해서 [그림 4]와 같은 조인 절차를 수행하게 되며, 그룹에서 탈퇴하고자 할 경우에는 [그림 5]와 같은 탈퇴절차를 수행해야 한다.

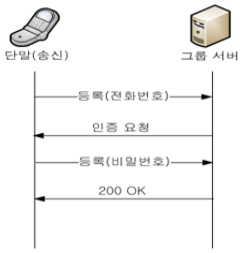

그림 4. 그룹서버에 조인하는 절차
Fig. 4 Step to join on the Group server

그림 5. 그룹서버에서 탈퇴하는 절차
Fig. 5 Step to leave on the Group Server

2.4 패킷번들링

본 논문에서는 산업현장에서 작업자 간 그룹통신을 위한 VoIP 기반 그룹통신 시스템에 대한 성능분석을 수행하였으며, VoIP 패킷 전송은 각 사용자의 음성 코덱을 통해 주기적으로 생성된 음성 데이터를 IEEE 802.16 MAC, IP, UDP, RTP, SIP 프로토콜을 통해 전송

된다. 일반적으로 음성 코덱으로 생성되는 하나의 음성 데이터 크기는 작지만 (약 44바이트), 각 프로토콜을 거치면서 붙여지는 헤더로 인해 네트워크 대역폭의 낭비가 많아진다. 이러한 대역폭 낭비를 줄이기 위해 [그림 7]과 같이 다수의 음성 데이터를 합쳐 하나의 MAC 패킷으로 만드는 방법을 패킷번들링이라고 한다 [4, 5, 6].

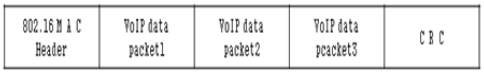

그림 6. 패킷번들링 후의 PDU 구조
Fig. 6 PDU structure after Packet-bundling

패킷번들링을 하면 패킷 오버헤드를 줄일 수 있지만 음성 코덱에서 생성되는 음성 데이터를 바로 전송하지 않고 나중에 생성된 음성 데이터와 합쳐 하나의 패킷을 통해 전송함으로써 앞에 생성된 음성 데이터들은 지연시간이 늘어나게 된다. 일반적으로 음성 코덱은 음성 데이터를 20ms마다 생성하는데 만약 2개의 음성 데이터를 하나의 패킷에 번들링하여 전송할 경우, 앞에 생성된 음성 데이터는 20ms의 추가 지연시간이 발생된다. N개의 패킷을 번들링 할 경우, 최대 전송지연시간은 (20 * (N-1))ms 만큼 추가 발생하게 된다.

Ⅲ. 와이브로망에서 그룹통신 서비스를 위한 자원할당량 분석

3.1 와이브로망에서 그룹통신 서비스

와이브로망에서 VoIP 기반 그룹통신 서비스는 그룹의 멤버들이 [그림 4]에서와 같이 그룹에 조인한 후 송신 단말에서 전송한 VoIP 패킷은 그룹통신 서버를 통해 그룹내의 각 멤버들에게 전송된다. 그룹통신 서버에서 각 멤버들에게 전송할 때, 유니캐스트 기반 그룹통신 시스템에서는 [그림 7]과 같이 그룹통신 서버가 멤버들에게 각각 서로 다른 1:1 연결을 통해 전송하며, 멀티캐스트 기반 그룹통신 시스템에서는 [그림 8]과 같이 그룹통신 서버가 멤버들에게 하나의 멀티캐스트 연결을 통해 동시에 전송하게 된다.

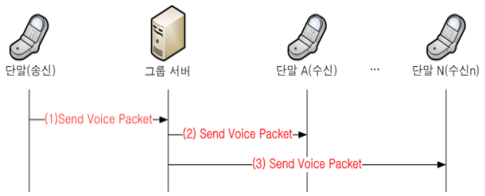

그림 7. 유니캐스트 기반의 그룹통신 서비스
Fig. 7 Unicast-based Group Communication Service

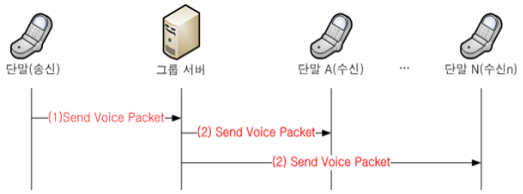

그림 8. 멀티캐스트 기반의 그룹통신 서비스
Fig. 8 Multicast-based Group Communication Service

그룹통신 서비스 도중 자신이 발언을 하기 위해서는 서버에게 발언권(Talk Burst) 요청을 한 뒤, 서버가 그룹내 모든 단말에게 발언권 정보를 알려주고, 이를 수신한 단말이 확인 메시지를 서버로 전송한 뒤 발언권을 획득하여 음성패킷을 전송할 수 있다.

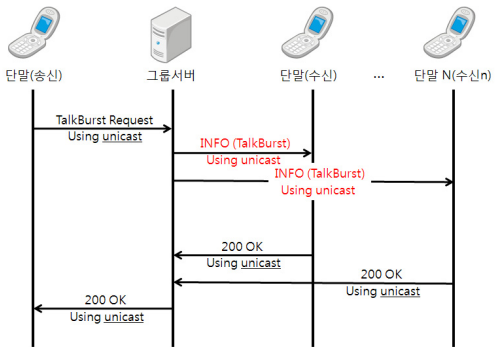

그림 9. 유니캐스트 기반 발언권 획득 시나리오
Fig. 9 Unicast-based Scenario of gain Talk-Burst

발언권 요청 패킷 전송은 VoIP 패킷 전송과 마찬가지로 유니캐스트 기반 그룹통신 시스템에서는 그룹통신 서버가 멤버들에게 각각 서로 다른 1:1 연결을 통해 전송하며 ([그림 9]), 멀티캐스트 기반 그룹통신 시스템에서는 그룹통신 서버가 멤버들에게 하나의 멀티캐스트 연결을 통해 동시에 전송하게 된다 ([그림 10]).[8, 9]

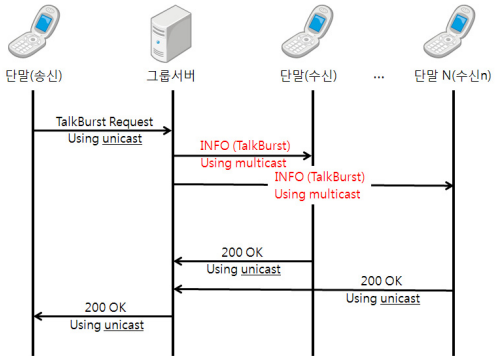

그림 10. 멀티캐스트 기반 발언권 획득 시나리오
Fig. 10 Multicast-based Scenario of gain Talk-Burst

3.2 수학적 성능분석

본 절에서는 유니캐스트 기반 그룹통신 시스템과 멀티캐스트 기반 그룹통신 시스템에 대해, 서비스를 위한 자원할당량을 수학적 성능분석을 통해 비교분석한다. [그림 7]과 [그림 8]에서 보는 바와 같이 두 가지 경우에 대해 송신단말에서 그룹통신서버로 음성패킷을 전송하는 과정은 동일하고, 단지 그룹통신서버에서 그룹에 속하는 각 수신단말들에게 전송하는 과정이 다르다. 따라서 본 논문에서는 그룹통신서버에서 각 수신단말들에게 전송하는 과정에서 필요한 자원할당량에 대해 비교분석을 하고자 한다.

그룹통신 서비스의 수학적인 성능분석을 위해 다음과 같은 조건을 가정한다. 하나의 그룹 내에는 N명의 사용자들이 존재하고, 사용자들은 전체 네트워크 영역 내에 유니폼하게 분포하고 있다. 따라서 전체 네트워크 내에 B개의 셀이 있을 경우 각 셀 내의 사용자 수는 N/B 명이 존재한다. 와이브로 네트워크에서 기지국은 각 수신단말로부터 채널 수신상태를 피드백 받아 각 수신단말에 최적의 MCS 레벨을 선택하여 전송함으로써 네트워크 전송효율을 극대화한다. 본 논문에서는 유니캐스트 기반 그룹통신 시스템의 경우 각 단말의 수신상태는 기지국으로부터 거리에 반비례한다고 가정하였고, 각 셀 영역을 기지국으로부터 거리에 따라 5개의 영역으로 나누고 각각의 영역에 5개의 MCS 레벨을 적용할 경우 자원할당량에 대해 분석을 수행하였다 ([그림 11] 참조)

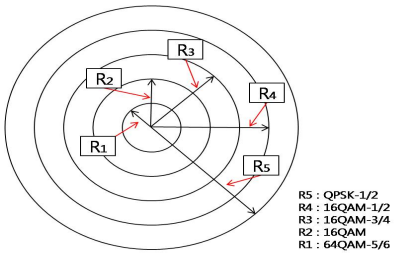

그림 11. 전송거리 별 AMC 기법 적용 환경
Fig. 11 Applying AMC scheme environment by transmission distance

와이브로 네트워크에서 멀티캐스트를 이용한 전송은 하나 또는 그 이상의 기지국들을 멀티캐스트존(Multicast Zone)으로 구성하고 하나의 멀티캐스트존 내에서는 하나의 멀티캐스트 연결을 통해 전송하여 프레임내의 전송자원을 공유하게 된다.[2] 본 논문에서는 각 기지국이 독립적인 멀티캐스트존을 형성한다고 가정하고 성능분석을 수행하였다. 멀티캐스트 기반 전송의 경우 한 셀 내에서 패킷전송은 하나의 멀티캐스트 연결을 통해 셀내에 있는 그룹의 전체 수신자에게 전송하기 때문에 셀 내에서 수신상태가 가장 나쁜 사용자의 상태에 맞춰 전송해야 한다. 따라서 본 논문에서는 멀티캐스트 기반 전송의 경우 그룹통신 서버에서 각 수신자들로의 전송은 QPSK-1/2 전송을 사용하는 것으로 가정한다.

이와 같은 가정을 바탕으로 그룹내의 사용자 수가 N명이고, 전체 네트워크에서 셀의 수가 B개일 경우, 하나의 셀내에서의 사용자 수를 계산하면 (1)과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$(N/B)* \frac{(R_i^2 - R_{i-1}^2)}{R^2} \qquad \text{(식 1)}$$

여기서 R_i는 [그림 11]에서와 같이 셀 반경으로 i는 1부터 5까지 적용되며, $R = R_5$ 이고 $R_i = 0$ 이다. 하나의 VoIP 패킷을 전송하기 위해 QPSK-1/2을 이용하여 전송할 경우 필요한 OFDM 심볼 수를 L이라고 가정하면, R_{i-1}에서 R_i 영역내의 사용자에게 전송할 경우 필요한 OFDM 심볼 수는 (2)와 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\frac{L}{6-i} \qquad \text{(식 2)}$$

(1)과 (2)식을 이용하여 유니캐스트를 이용하였을 때, 송신 단말을 제외한 수신 단말에게 전송하기 위해 필요한 자원양 (M_U) 은 다음의 (3)과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$M_U = \sum_{i=1}^{5} [\lceil (N-1)/B \rceil * \frac{R_i^2 - R_{i-1}^2}{R^2} * \frac{L}{6-i}] \quad \text{(식 3)}$$

멀티캐스트를 이용할 경우 전송을 위해 필요한 자원양 (M_M)은 (4)와 같은 식으로 구할 수 있다.

$$M_M = B * L \quad \text{(식 4)}$$

(식 4)에서 보듯이 멀티캐스트를 통한 전송의 경우 필요한 자원양은 그룹내의 멤버수와는 무관함을 알 수 있다. 다음 [그림 12]은 그룹내 멤버의 수가 증가함에 따라 음성패킷을 전송하기 위해 필요한 자원의 양을 비교하여 나타내었다. 멀티캐스트인 경우에는 필요한 자원의 양이 멤버 수에 무관하게 일정하지만, 유니캐스트의 경우에는 멤버 수가 증가함에 따라 필요한 자원 양이 증가하여 그룹통신을 본격적으로 사용되게 될 경우, 일정한 양의 자원을 가진 네트워크내에서 수용할 수 있는 그룹 및 그룹내 사용자의 수가 제한됨을 알 수 있다.

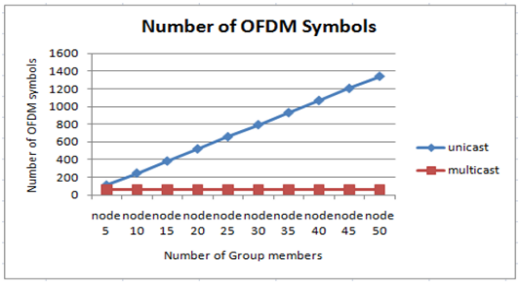

그림 12. 음성패킷 전송을 위한 자원 할당량 비교
Fig. 12 Comparison of the amount allocated for a voice packet transmit

Ⅳ. 시뮬레이션을 통한 성능 평가

본 절에서는 QualNet 시뮬레이터를 이용한 시뮬레이션을 통해 유니캐스트 및 멀티캐스트를 이용한 그룹통신시스템의 성능평가에 대해 기술한다. 멀티캐스트 기반 그룹통신시스템의 성능평가를 하기 위하여 그룹멤버의 수를 10개부터 50개까지 증가시키면서 패킷번들링 된 패킷의 수에 따른 종단 간 지연시간, 지터 및 전송 패킷 양에 대해서 성능 평가를 하였다. 음성코덱에서는 20ms 간격으로 음성패킷이 생성되고 패킷번들링을 적용하는 경우 n-번째 패킷의 경우에는 20*(n-1)ms 만큼의 추가 지연시간이 그룹통신서버에서 발생하고, VoIP 기반 그룹통신을 위한 종단간 최대지연시간 허용치는 100ms로 가정하였다. 본 시뮬레이션을 위해 Qualnet 5.0을 사용하였고, 시뮬레이션의 파라미터는 [표 1]과 같다. 기지국에서 단말기로 패킷을 전송하는데 있어서 커버리지를 1Km로 설정하기 위해 전송 파워는 15dBm, 안테나 수율(gain)은 2.5dB, 안테나 높이는 3m로 설정하였다. 그룹내의 단말기 수는 10개부터 50개로 증가하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 각 단말기들은 전체 네트워크내에 Uniform하게 배치하였다.

표 1. 시뮬레이션 파라미터
Table. 1 Parameters for simulation

파라미터	값
전송 파워	15 dBm
전송패킷 수	10,000개
패킷 사이즈	218bytes
음성패킷 생성 간격	20ms
MAC 프레임 길이	5ms
TDD 하향링크 프레임 길이	2.5ms
종단간 최대지연시간 허용치	100ms

WiBro 망에서 VoIP서비스 기반의 그룹통신 성능분석을 위해 패킷을 전송하는데 있어서 유니캐스트와 멀티캐스트를 이용하여 데이터 패킷을 전송 하는데 있어서의 종단간 지연시간, 지터, 전송 오버헤드에 대해 시뮬레이션 하였고, 그룹 멤버들 사이의 발언권 제어를 위한 발언권 제어 패킷에 대한 종단 간 지연시간에 대한 시뮬레이션을 수행하였다.

4.1 유니캐스트 기반 그룹통신시스템 성능

유니캐스트 기반 그룹통신시스템은 [그림 7]과 같이 송신자가 보낸 음성패킷을 그룹통신 서버가 그룹내 멤버들에게 일대일 유니캐스트를 통해 전송하며 본 시뮬레이션에서는 번들링을 하지 않을 경우와 번들링을 3개, 5개 할 경우에 대해 종단간 지연시간, 지터, 그리고 전송 오버헤드를 측정하기 위해 그룹통신 서버에서 전송된 전체 데이터량을 측정하였다.

[그림 13]은 패킷번들링 수와 그룹내의 멤버의 수가 증가함에 따른 평균 종단간 지연시간을 나타낸다. 하나의 그룹내에서 종단간 지연시간은 그룹통신 패킷을 가장 늦게 받는 노드의 지연시간을 나타낸다. 번들링하는 패킷의 수가 증가하고, 그룹내의 멤버의 수가 증가함에 따라 종단간 지연시간이 증가함을 알 수 있는데 5개의 패킷을 패킷번들링을 하더라도 종단간 지연시간 허용치인 150ms를 넘기지 않기 때문에 전체 사용자에게 VoIP 서비스를 지원하는데 어려움이 없음을 보여준다.

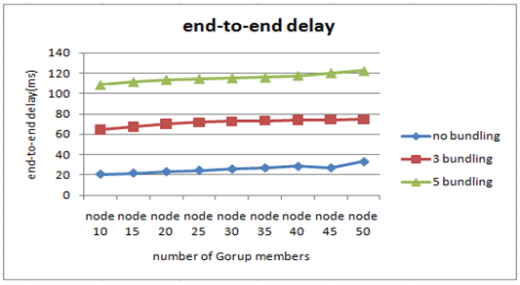

그림 13. 그룹멤버 수에 따른 종단간 지연시간
Fig. 13 End-to-end delay by number of group members

다음 [그림 14]는 번들링을 하지 않을 경우와 번들링을 3개, 5개 할 경우에 대해 VoIP 패킷들에 대한 평균 지터값을 측정한 결과이다. 그룹멤버 수 및 패킷번들링 개수가 증가함에 따라 지터가 약간 증가하는데, 전체적으로 7ms를 넘지 않는 것을 보여준다.

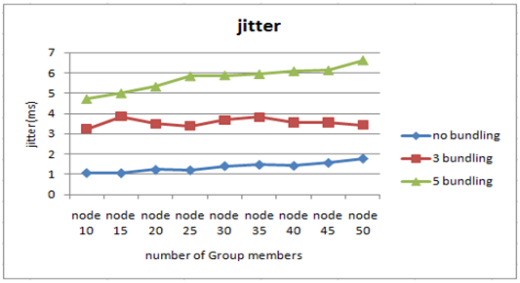

그림 14. 그룹멤버 수에 따른 지터
Fig. 14 Jitter by number of group members

[그림 15]는 그룹내의 멤버 수와 번들링하는 패킷의 수에 따른 VoIP 패킷 전송을 위한 오버헤드를 분석하기 위하여 서버에서 그룹멤버들에게 전송한 총 데이터 양을 측정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 그룹내의 멤버 수가 증가함에 따라 전송 되는 패킷의 양이 증가함을 알 수 있었고, 동일한 개수의 음성패킷을 전송할 때, 패킷번들링을 적용하였을 경우 전송된 패킷의 양이 작음을 알 수 있다.

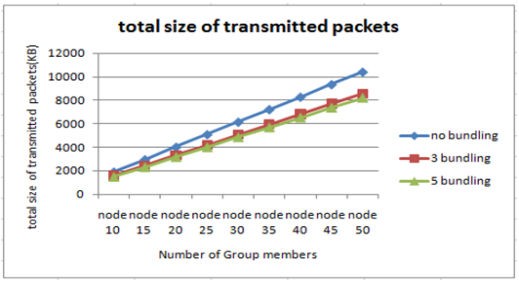

그림 15. 그룹멤버 수에 따른 데이터 전송량
Fig. 15 Total size fo transmitted packets by number of group members

4.2 멀티캐스트 기반 그룹통신시스템 성능

멀티캐스트 기반 그룹통신시스템은 [그림 8]과 같이 송신자가 보낸 음성패킷을 그룹통신 서버가 그룹내 멤버들에게 하나의 멀티캐스트 연결을 통해 전송하며 유니캐스트 기반 그룹통신시스템에서와 같이 번들링을 하지 않을 경우와 번들링을 3개, 5개 할 경우에 대해 종단간 지연시간, 지터, 그리고 전송 오버헤드를 측정하기 위해 그룹통신 서버에서 전송된 전체 데이터량을 측정하였다.

[그림 16]은 패킷을 멀티캐스트를 이용하여 그룹 내 사용자에게 전송할 때의 평균 종단간 지연시간을 보여준다. 멀티캐스트의 특성 상 패킷번들링을 이용하더라도 그룹멤버에게 패킷을 전송 시 발생하는 지연시간은 일정함을 알 수 있다.

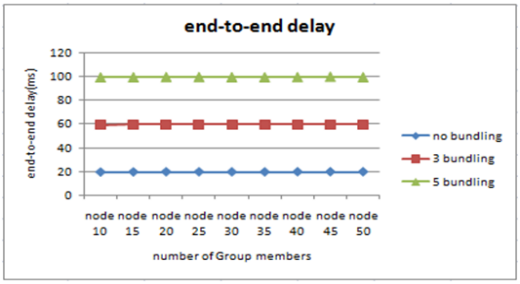

그림 16. 그룹멤버 수에 따른 종단간 지연시간.
Fig. 16 End-to-end delay by number of group members

[그림 17]은 멀티캐스트를 이용하였을 때, 지터값을 나타낸다. 멀티캐스트 서비스의 특성처럼 그룹멤버 수가 증가함에 따른 지연시간은 증가하지 않지만 패킷번들링 수에 따른 지연시간의 차이는 발생하게 된다. 전체적으로 지터가 4ms를 넘지 않는 것을 알 수 있다.

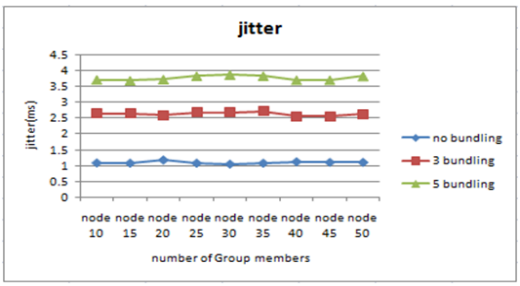

그림 17. 그룹멤버 수에 따른 지터
Fig. 17 Jitter by number of group members

[그림 18]은 서버에서 그룹멤버에게 송신된 VoIP 패킷의 전체량을 나타내는데 멤버 수가 증가함과는 무관하게 각 멤버에게 전송된 패킷 양이 동일하다는 것을 알 수 있다. 또한 패킷번들링을 적용하였을 경우, 헤더의 감소로 인하여 수신된 패킷의 전체 양이 줄어들었다는 것을 알 수 있다.

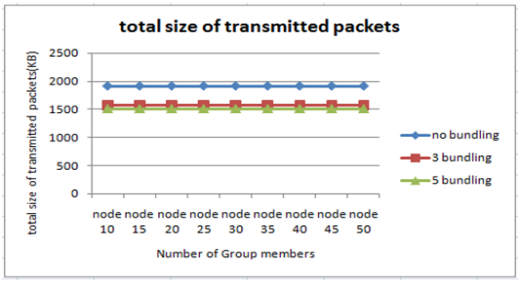

그림 18. 그룹멤버 수에 따른 전송 데이터 양
Fig. 18 Total size of transmitted packets by number of group members

4.3 발언권 요청 지연시간

발언권 요청은 발언권을 획득하기 위해 사용자가 버튼을 누르면 발언권 (Talk Burst) 요청 메시지가 서버로 전송되며, 서버는 발언권 요청에 대한 정보 메시지를 그룹멤버들에게 전송하게 되고, 이를 수신한 그룹멤버는 확인 메시지를 서버로 전송하게 된다 ([그림 9], [그림 10] 참조). 이후, 이 사용자는 같은 그룹의 다른 사용자에게 말을 할 수 있는 권한을 얻게 되고 다른 사용자는 들을 수만 있게 된다. [그림 19]는 유니캐스트와 멀티캐스트를 이용하였을 때, 발언권 요청에 대한 지연시간을 나타낸다. 발언권 요청지연시간은 발언권 요청자가 발언권 요청 패킷을 전송하고 그룹서버로부터 발언권 응답 패킷을 받았을 때까지의 시간을 나타낸다.

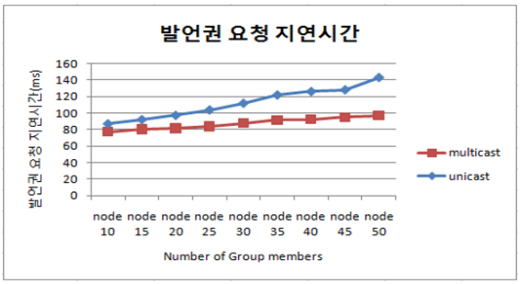

그림 19. 그룹 내 멤버 수에 따른 발언권 요청 지연시간
Fig. 19 Talk-burst delay by number of group members

V. 결 론

그룹 통신은 둘 이상의 사용자 간 즉, 그룹에 속한 사람들 간의 멀티미디어 데이터를 전송하는데 매우 중요한 역할을 한다. 그룹통신의 장점은 그룹의 형성, 해제 및 재구성을 용이하게 함으로써 사용자가 좀 더 유용하게 다수와 통화를 가능하게 하는 것이다. 하지만 유니캐스트 방식을 이용하여 그룹통신을 할 경우, 모든 단말에게 패킷을 따로 전송하게 되어 무선자원의 낭비를 초래하며, 음성 패킷의 짧은 생성 주기로 인하여 오버헤더가 발생한다. 이를 해결하기 위해 패킷번들링 기술이나 멀티캐스트 서비스가 요구된다. 본 논문은 패킷번들링을 적용하여 유니캐스트와 멀티캐스트에서의 종단간 지연시간, 지터, 서버에서 송신된 데이터의 양에 대해 비교하고, 발언권 획득을 위한 제어 패킷을 송수신 하였을 때의 지연시간에 대한 연구를 수행함으로써 와이브로 망에서 VoIP 서비스를 이용한 그룹통신의 성능을 분석하였다.

감사의 글

이 논문은 현대중공업 지원에 의한 울산대학교 전기공학부 일류화 연구비에 의하여 연구되었음

참고문헌

[1] http://www.wimaxforum.org/

[2] IEEE, "IEEE Std 802.16e-2005, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16:Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems Amendment 2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," Feb 2006.

[3] IEEE Standard 802.16, "Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System", 2004.

[4] http://www.itu.int/rec/T-REC/e

[5] http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e

[6] F. Xiangning and Z. Dengkui, VoIP Frame Bundling for WiMAX Downlink, Circuits and Systems, 2008. APCCAS 2008. IEEE Asia Pacific Conference on, pp. 510 - 513, Nov/Dec 2008.

[7] IETF, RFC 768, "User Datagram Protocol", 28 Aug, 1980.

[8] G. Camarillo, Miguel A. Garc-Mart, The 3G IP Multimedia Subsytem(IMS) (the 3rd ed), Ch 25. Push-to-Talk over Celluar, 2008

[9] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson and R. Sparks "SIP : Session Initiation Protocol", IETF, RFC3261, June 2002.

[10] O. Hersent, Beyond VoIP Protocols : Understanding Voice Technology And Networking Techniques For IP Telephony, John Wiley & Son, 2005.

[11] J.L. Chen and K.C. Wang, Reliable WiMAX Multicast Applications, IEEE 8th International conference on computer and Information Technology workshops, pp. 182-187, July 2008.

저자소개

김명균(Myung-kyun Kim)

1984년 서울대학교 컴퓨터 공학과 졸업
1986, 1996년 한국과학기술원 전산학과 졸업(석사, 박사)
1998년~현재 울산대학교 컴퓨터정보통신 공학부 교수
※관심분야 : 산업용 네트워크, 실시간 통신

엄윤성(Yun-sung Eom)

2009년 울산대학교 컴퓨터 정보통신 공학부 졸업
2011년 울산대학교 정보통신공학 석사 졸업
※관심분야 : 4G 네트워크, 그룹통신 및 실시간 통신