

WiBro망에서 VoIP를 이용한 그룹통신 성능분석

엄윤성*, 김명균
울산대학교 컴퓨터 정보통신공학부
smartey@s@nate.com, mkkim@ulsan.ac.kr

Performance Analyze of Group communication using VoIP in the WiBro Networks

Yun-Sung Ehm*, Myung-kyun Kim
University of Ulsan

요 약

그룹통신에서의 작업자 간에 긴밀한 통신을 필요로 하는 경우에 기존의 무전기나 주파수 공용통신은 음성 품질이 매우 열악하여 통신 신뢰성이 매우 낮다. 이러한 문제를 해결하기 위해 그룹통신에서 VoIP를 활용하는 것이 요구된다. VoIP를 이용할 경우 20ms정도의 짧은 주기로 인하여 패킷마다의 헤더로 인한 오버헤드가 발생하는데 이를 해결하기 위해 그룹통신에서의 패킷번들링이 요구된다. 따라서 본 연구에서는 패킷번들링을 적용한 상태에서 VoIP를 이용한 그룹통신 성능분석을 하였다.

1. 서 론

기존의 무전기나 호 접속 지연이 많은 주파수 공용통신은 음성 품질이 매우 열악해 군 통신이나 비상 이동통신 측면에서 활용하기에는 매우 위험하다. 이러한 기존 통신방식을 대체하는 IP기반의 그룹통신 시스템이 요구된다. 그룹통신 서비스에서 VoIP를 활용하였을 때, 기존의 무전기 및 주파수 공용통신에 비해 신뢰성은 증가하지만, VoIP 패킷의 경우 잦은 생성으로 인하여 패킷 전송 시, 데이터 패킷을 전송하는 것에 비해 오버헤드를 전송하기 위한 대역폭 소비가 비효율적 측면에서 많이 차지함에 따른, 대역폭 효율이 낮아진다. 이런 효율을 증가시키기 위한 방법으로 패킷압축을 이용하거나 멀티캐스트를 이용하는 방법과 패킷번들링을 이용하면, 무선자원의 효율을 증가시킬 수 있다[1][2].

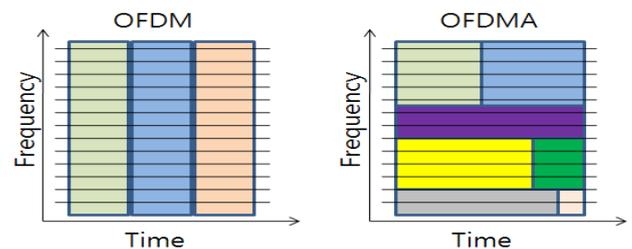
본 논문은 2장에서는 WiMAX 시스템과 그룹통신 서비스, VoIP 서비스, 프레임번들링에 대해 살펴보고, 3장에서는 유니캐스트 및 멀티캐스트에서의 그룹통신 서비스의 성능을 분석하고 4장에서 Qualnet 시뮬레이터를 이용하여 실험하였다. 그리고 마지막 5장에서 실험 결과를 바탕으로 결론을 내린다.

2. 관련 연구

2.1 WiMAX

IEEE 802.16은 11 Ghz의 스펙트럼을 사용하는 OFDM PHY를 이용하여 설계되었다. 일반적으로 OFDM은 고정된 모바일에 적용되었고, 다수의 사용자가 TDMA를 공유하여 사용한다. WiMAX에서는 서비스를 위하여 OFDM에서 발전시킨 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)이라고 불리는 시분할과 주파수 분할을 합친 PHY

를 설계하였다. 아래 그림 1에 OFDM, OFDMA의 구조를 나타내었다[3].



(그림 1) IEEE 802.16 PHYs: OFDM, OFDMA

BS(Base station) 과 SS(Subscribe Station)간의 통신을 위해 사용하는 OFDMA는 FDMA(Frequency Division Multiple Access)와 TDMA(Time Division Multiple Access)를 복합하여 사용한다.

2.2 그룹통신 서비스

그룹통신은 다수의 사용자가 주어진 목적을 수행하기 위해 정해진 방법인 PTT(Push-to-talk)방법으로 의사소통하는 것이다. PTT 통신은 실제로 군통신, 경찰, 보안, 비상 이동통신 방법으로 넓게 사용되고 있으며, OMA에서 정의된 PoC(Push-to-talk over Cellular) 서비스로 알려져 있다.[4]

그룹에 패킷을 전송하는 방법에 있어서는 유니캐스트 방식과 멀티캐스트 방식이 있다.

유니캐스트 방식은 그룹 서버가 패킷을 전송받으면 그룹 내의 사용자와 각각 연결하여 사용자에게 맞는 전송속도를 기반으로 하여 패킷을 전송한다. 이러한 방법을 이용하면

패킷 전송속도 측면에서는 멀티캐스트에 비해 우수하다고 할 수 있으나, 무선자원의 활용 측면에서는 떨어진다고 볼 수 있다.

멀티캐스트 방식은 그룹에 참여되어 있는 모든 유저에게 패킷을 동시에 전송한다. 전송속도 측면에서는 그룹 내 사용자 중 가장 전송 환경이 낮은 사용자에게 맞춰 전송을 해야하므로 전송속도 측면에서는 유니캐스트에 비해 떨어지지만, 무선자원의 활용 측면에서는 우수하다.

2.3 VoIP 서비스

VoIP(Voice over IP)는 기존부터 사용되고 있는 데이터 통신용 패킷망을 인터넷폰에 이용하는 것으로, 음성 데이터를 인터넷 프로토콜 데이터 패킷으로 변화하여 일반 전화망에서의 통화를 가능하게 해주는 통신서비스 기술이다. 케이블을 통하여 여러 명이 동시에 사용할 수 있고 확장성도 뛰어나며 기존 전화에 비하여 요금도 훨씬 저렴하다. 이러한 VoIP의 장점을 WiMAX에 접목시키면 이동 중인 차량에서 VoIP서비스를 지원을 할 수 있다. VoIP를 지원하기위해서 사용되는 표준 프로토콜로는 SS7, H.323, SIP등을 이용한다 [7][8].

SS7(Signaling System 7) : SS7은 공중 전화망에서 데이터 트래픽의 혼잡을 무선이나 유선 디지털 광대역 네트워크로 부담을 옮기는 방편으로 ITU에 의해 정의된 통신 프로토콜이다.

H.323 : H.323은 멀티미디어 화상회의 데이터를 TCP/IP와 같은 패킷 교환 방식의 네트워크를 통해 전송하기 위한 ITU-T의 표준이다.

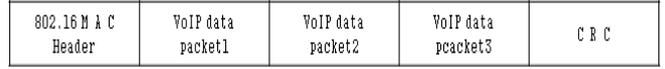
SIP(Session Initiation Protocol) : SIP는 매우 간단한 텍스트 기반의 응용계층 제어 프로토콜로서, 하나 이상의 유저들이 함께 세션을 만들고, 수정하고 종료할 수 있게 한다. SIP는 클라이언트들이 호출을 시작하면 서버가 그 호출에 응답하는 C/S(Client and Server) 구조에 기반을 두고 있다.

2.4 프레임번들링

VoIP패킷은 데이터 사이즈는 작지만, RTP, UDP, IP같은 다양한 헤더가 붙으면서 데이터에 비해 큰 사이즈로 인해 대역폭의 낭비와 delay가 증가한다. 대부분의 패킷은 단일 PDU(Protocol Data Unit)로 구성된다. WiMAX에서 PDU는 MAC 헤더, CRC와 VoIP 데이터 패킷으로 구성된다(그림 2). SSs로 VoIP를 전송하는데 있어서 많은 대역폭이 헤드를 전송하기 위해 사용되며, 이는 주파수 효율의 저하를 가져오게 된다. 만약 VoIP의 PDU에서 데이터의 비율을 증가시킨다면 대역폭을 좀 더 효율적으로 사용하게 되는데 이를 위해서 다수의 VoIP 프레임을 합쳐 하나의 프레임으로 만드는 기술을 VoIP 프레임번들링이라고 불린다(그림 3)[9][10].



(그림 2) VoIP 패킷의 PDU 구조



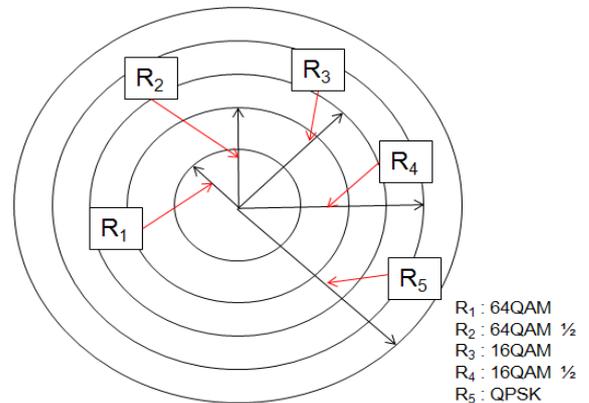
(그림 3) 프레임번들링 후의 PDU 구조

프레임번들링 하였을 때의 문제점이 야기되는데 첫째로 VoIP 패킷의 지연시간이 증가된다. 왜냐하면 기존의 VoIP 패킷은 20ms마다 생성되는데 만약 2개의 VoIP 패킷을 번들링 하였을 경우 첫 번째 패킷에 대한 지연 시간과 두 번째 패킷에 대한 지연 시간까지 포함하여 총 40ms의 지연 시간이 발생된다. 이처럼 N개의 패킷을 번들링 할 경우 VoIP 패킷의 지연 시간은 $20 * (N-1)$ ms의 지연 시간이 발생하게 된다.

3. WiMAX에서의 그룹통신 서비스 성능

3.1 그룹통신

그룹통신은 산업 현장이나 방송용으로써 1:N 통신에서 주로 이용된다. 주로 멀티캐스트 프로토콜을 이용하지만, 멀티캐스트를 이용할 경우 모든 그룹 내 사용자에게 트래픽을 전송하기 위해 전송률은 낮지만 먼 거리를 지원 가능한 QPSK 변조 기법을 이용해서 패킷을 전송 해야 한다. 하지만 유니캐스트 프로토콜을 이용하였을 때, BS와의 거리를 기반으로 한 범위에서 다른 AMC 기법을 이용하여 멀티캐스트에 비하여 좀 더 높은 전송률을 지원 할 수 있다. 일반화를 하기 위하여 각 셀 내에 동일 수의 MS(Mobile Station)이 있다고 가정하고, MS의 이동성은 없고, DL(Down link)에서의 VoIP 통신에 대하여 조사하였다. 5개의 AMC(Adaptive Modulation and Coding)을 이용하여 BS 내에서의 자원할당량을 조사하였고, AMC를 적용하는 방법으로는 BS에서 가까운 지역일수록 높은 전송률을 지원하는 64QAM부터 낮은 전송률이지만 먼 거리까지 지원 가능한 QPSK까지 총 5개의 AMC 기법을 적용하였다. 아래 그림 4에 적용 방법을 묘사하였다.



(그림 4) 전송거리에 따른 AMC 기법 적용 환경

위의 환경을 바탕으로 각 하위 셀에서의 사용자 수를 계산하면 (1)과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$N * \frac{(R_i^2 - R_{i-1}^2)}{R_k^2} \quad (1)$$

여기서 N은 그룹 내 사용자 수이고, Ri는 위의 AMC 기법을 적용하였을 때 셀의 반경이다. 또한 VoIP 패킷에 의해 생기는 슬롯의 수를 계산하면 (2)와 같은 식을 얻을 수 있다. 이때 L은 BPSK일 때 생기는 슬롯의 수이고, k는 변조 기법의 수이다. 여기서 변조기법을 5개를 이용하였으므로, k=5이다.

$$\frac{L}{k-i+1} \quad (2)$$

(1)과 (2)식을 이용하여 유니캐스트를 이용하였을 때 할당된 자원을 일반화하면 (3)과 같은 식을 구할 수 있다.

$$M_u = \sum_{i=1}^k [(N-1) * \frac{R_i^2 - R_{i-1}^2}{R_k^2} * \frac{L}{k-i+1}], (R_0 = 0, R_k = R_5) \quad (3)$$

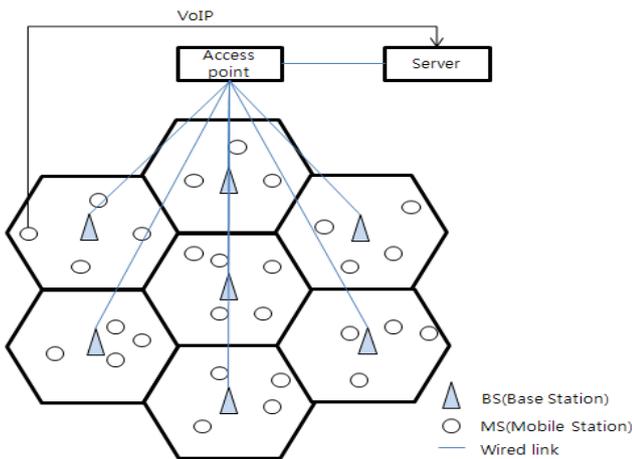
이와 다르게 멀티캐스트를 이용할 경우의 할당된 자원은(4)와 같은 식을 구할 수 있다.

$$M_m = \sum_{i=1}^k \frac{L}{k-i+1}, (R_0 = 0, R_k = R_5) \quad (4)$$

4. 시뮬레이션

4.1 시뮬레이션 환경

성능 측정을 하기 위하여 노드의 수(10에서 50까지)를 증가시켰을 때, 패킷번들링 된 패킷의 수에 따른 종단 간 지연시간, average jitter 및 전송패킷 양에 대해서 성능 분석을 한다. 시뮬레이션을 하는데 있어서 패킷을 번들링 하기위해 번들링 할 패킷의 수를 받는 만큼의 interval인 20*(n-1)ms 만큼의 시간을 포함하여 패킷번들링을 적용한 상태에서 unicast 및 multicast에 대한 성능을 하였다. 또한 threshold를 100ms라고 가정한다(그림 5).



(그림 5) 시뮬레이션 기본 환경

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

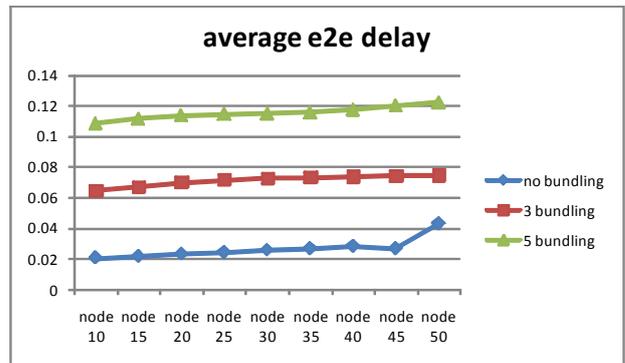
| 파라미터 | 값 |
|-----------------------|----------|
| 전송 파워 | 15 dBm |
| 전송패킷 수 | 10000개 |
| 패킷 사이즈 | 218bytes |
| Interval | 20ms |
| MAC frame duration | 5ms |
| TDD downlink duration | 2.5ms |
| Threshold | 100ms |

4.2 시뮬레이션 결과

unicast와 multicast를 이용하여 end-to-end delay 및 jitter delay, throughput에 대하여 시뮬레이션 한 결과이다.

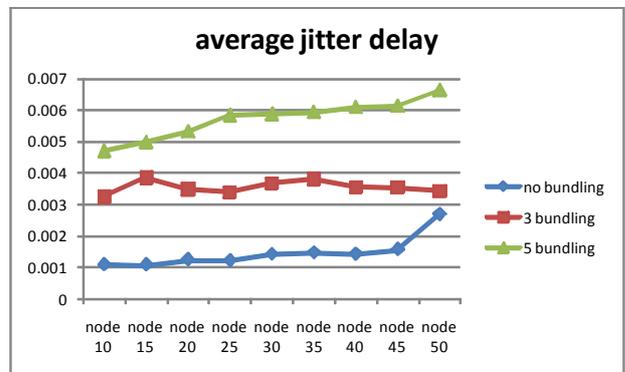
4.2.1 Unicast

그림 6에서 e2e 지연시간을 보면 노드의 수가 증가함에 따라 지연시간이 증가함을 알 수 있는데 5개의 패킷을 번들링할 경우 threshold를 넘는 것을 알 수 있다.



(그림 6) average e2e delay vs packet bundling

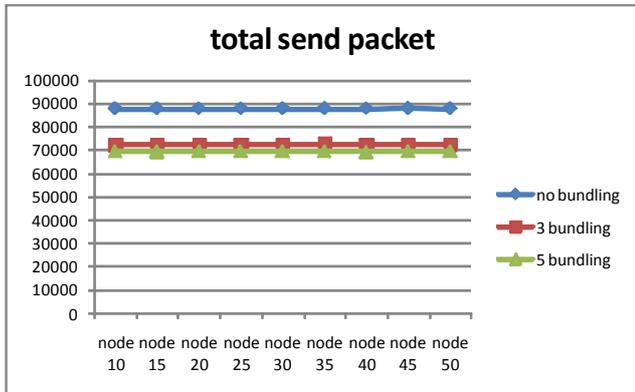
그림 7은 jitter delay에 대하여 시뮬레이션 한 결과이다. 노드 및 bundling 개수가 증가함에 따라 jitter delay가 증가하는데, delay가 0.007ms를 넘지 않는 것은 패킷 손실을 또한 높지 않다고 볼 수 있다.



(그림 7) average jitter delay vs packet bundling

그림 8은 전송된 패킷의 양을 나타내는데 노드의 수나 번들링한 수와 관계없이 WiMAX에서는 패킷 전송하는데

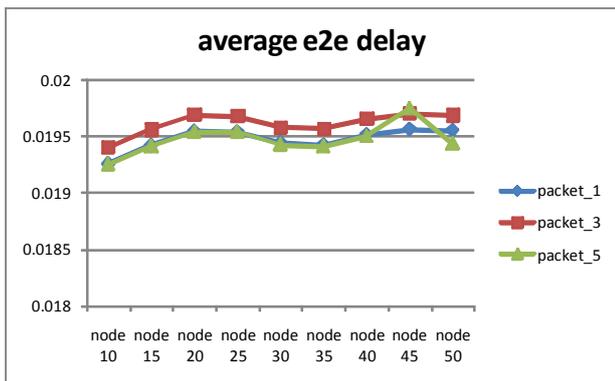
있어서 스케줄링 서비스를 지원하기 때문에 전송된 패킷 양이 일정함을 알 수 있고, 번들링을 하였을 때, 전송되는 패킷의 양이 줄어들어 대역폭의 낭비를 줄이는 것을 알 수 있다.



(그림 8) Total send packet using bundling

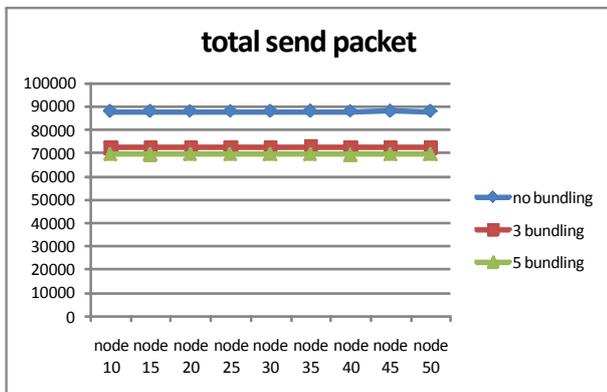
4.2.2 Multicast

그림 9을 보면 멀티캐스트에서 패킷을 그룹 내 사용자에게 전송할 때의 평균 지연시간을 보여준다. 패킷을 번들링 시간을 더하더라도 최대 100ms이하로서 threshold를 만족할 수 있다.



(그림 9) average e2e delay vs packet bundling

그림 10은 전송된 패킷의 양을 나타내는데 unicast와 마찬가지로 패킷을 전송하는데 있어서 모든 노드에게 전송한 패킷양이 동일하다는 것을 알 수 있다.



(그림 10) Total send packet using bundling

5. 결론

본 논문은 WiBro망에서 VoIP를 이용한 그룹통신 성능 분석을 하였다. VoIP서비스 특성상 부하가 많이 발생되는데 이는 대역폭할당 및 전송에 있어서 단점으로 작용된다. 이를 해결하기 위한 방법 중 하나인 패킷번들링을 이용하여 유니캐스트와 멀티캐스트에서의 delay, jitter, 전송 양에 대해 비교하였다. 지연시간이 threshold를 넘지 않을 경우에는 패킷을 전송하는데 있어서 동일한 대역폭에서 대역폭을 사용하는데 좀 더 효율적임을 알 수 있다.

이 논문 또는 저서는 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (2009-0072933)

참고문헌

- [1] O. Hersent, Beyond VoIP Protocols : Understanding Voice Technology And Networking Techniques For IP Telephony, John Wiley & Son, 2005.
- [2] Jiann-Liang Chen, Kung-Cheng Wang ,Reliable WiMAX Multicast Applications, IEEE 8th International conference on computer and Information Technology workshops, pp. 182-187, July 2008
- [3] 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 Amendment2: Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands and Corrigendum 1," Feb 2006.
- [4] Gonzalo Camarillo, Miguel A, Garc-Mart, 3G IP Multimedia Subsystem(IMS) (the 3rd ed), Ch 25. Push-to-Talk over Cellular, 2008
- [5] Chakchai So-In, Raj Jain, Abdel-Karim Tamimi, Scheduling in IEEE 802.16e Mobile WiMAX Networks : Key Issues and a Survey, IEEE, vol. 27, no. 2, pp. 156-171, Feb 2009.
- [6] Pratic Dhrona, Najah Abu Ali, Hossam Hassnein, A Performance Study of Scheduling Algorithms in Point-to-Multipoint WiMAX Networks, Computer Communications, vol. 32, Issue3, pp.511-521, Feb 2009.
- [7] <http://www.itu.int/rec/T-REC/e>
- [8] <http://www.itu.int/rec/T-REC-G/e>
- [9] IETF, RFC 768, "User Datagram Protocol", 28 Aug, 1980.
- [10] Fan Xiangning, Zhu Dengkui, VoIP Frame Bundling for WiMAX Downlink, Circuits and Systems, 2008. APCCAS 2008. IEEE Asia Pacific Conference on, pp. 510 - 513, Nov/Dec 2008.