

4G networks의 멀티미디어 멀티캐스트 서비스에서 PSNR기반의 효율적인 Resource allocation

*김준오 **권용일 ***서덕영
경희대학교
*relax1215@gmail.com

PSNR based adaptive Resource allocation for multimedia multicast service over 4G networks

*Junoh Kim **Yong Il Kwon ***Doug Young Suh
Kyunghee University

요약

최근 비디오 스트리밍과 대화형 비디오 서비스 등과 같은 광대역 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여 Wimax와 같은 4G 무선네트워크 시스템 기술이 발전해 왔다. 4G 무선네트워크의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 MIMO(multi Input Multi Output)은 사용자들에게 매우 유연한 QoS(Quality of Service) 서비스를 제공해 줄 수 있다.[1] 이 논문에서는 다양한 네트워크 상황에서 멀티캐스트 그룹에게 효율적인 방법으로 통신 자원을 할당하기 위해 OFDM 방법을 사용 하였다.

이에 본 논문에서는 한 셀(cell) 내의 서로 다른 멀티캐스트의 그룹의 다른 SNR(Signal to noise Ratio)의 사용자 분포에 따른 적응적인 scalable 비디오 멀티캐스트 방식을 제안한다. 더 나은 수신율을 가진 사용자는 최적의 MCS(Modulation and Coding Scheme) 할당을 통해 서로 다른 화질의 scalable 비디오 계층 중 높은 해상도의 비디오를 받을 수 있다. 논문에서는 전체 전송률을 최적화 하는 대신 전송받은 전체 비디오의 평균 화질을 최적화하는 방법을 제안한다.

1. 서론

현재의 연구들은 PHY(Physical)와 MAC(Medium Access Control) 레이어의 OFDM을 이용한 자원 할당하는 방법이 최적의 서비스를 결정하는 방법으로 연구되어 왔다[4]-[8]. OFDM은 적합한 modulation을 사용하여 주파수와 시간상의 채널의 자원할당을 한다. 게다가 어떻게 자원을 할당하는 가에 따라 파워[4], [5]와 채널의 효율을 향상시키는 방법이 연구되어왔다[6]-[8].

현재의 연구들은 전체 PHY/MAC 레이어의 채널 용량의 향상에 초점을 맞추어 이루어져왔지만, 전송된 비디오의 화질(PSNR: Peak Signal-to-Noise Ratio)은 고려되지 않았다. 한편 APP(Application) 레이어에서의 멀티미디어 스트리밍 시스템에서는 코덱의 구조와 채널 상황을 고려하여 미리 전송될 화질을 예측할 수 있다[2], [3]. 이 방법을 사용하여 피드백없이 최적의 비디오 화질을 전송할 수 있다.

[9]과 [10]에서는 PHY/MAC과 APP 레이어를 결합하는 CLO(Cross Layer Optimization)기술을 사용하여 비디오 서비스의 화질을 향상시키는 방법을 제안하였다. 위 논문에서는 bottom-up 접근법을 사용하여 하위 레이어의 정보를 활용한 비디오 서비스의 전송을 하였지만, 본 논문에서는 또한 top-down방법을 같이 활용하여 무선 자원의 적절한 분배를 하였다. Deb et al.[7]이 제안한 WiMAX

Multicast Resource Allocation(WIMRA)는 적응적 전송 모듈레이션과 계층별로 인코딩된 비디오의 결합으로 WiMAX 네트워크에서의 자원할당 문제를 해결하였다. 이 방법은 사용자의

QoS 요구 만족의 고려 없이 오직 전송량만을 고려하였다.

이 논문에서는 multicast 무선 네트워크에서 모든 사용자의 QoS 요구를 만족시키기 위한 Base Station(BS)의 성능을 향상 시키는 방법을 제안하였다. OFDM 채널의 자원 분산 방법에서 각 타일마다 다른 MCS레벨이 다르게 할당되어 있으며 이 모든 tile의 일치하는 MCS 레벨을 통해 비디오의 화질은 예측되어질 수 있다.

본 논문은 위에서 언급하였듯이, APP와 PHY 레어의 결합을 통한 비디오 데이터의 R-D(rate-distortion)로 성능을 예측하여 OFDM의 자원 할당하는 방법을 제안하였다.

2. 서비스 모델

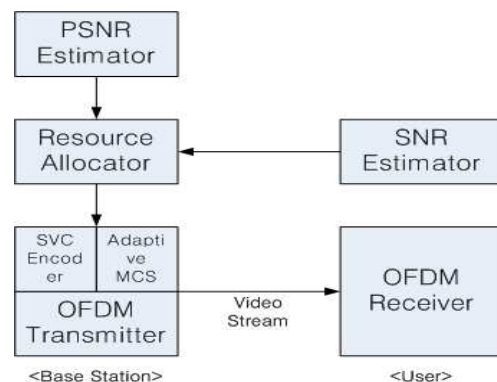


Fig 1. System block diagram

OFDM을 통한 Multicarrier 변조 방식은 광대역 디지털 서비스 시 높은 데이터 레이트를 지원할 수 있다.

Figure 1은 본 논문에서 제안하는 전체 시스템의 블록 다이어그램이다. OFDM 기반의 멀티플 캐리어로 변조된 전송 데이터는 PSK(phase key shifting) 또는 QAM(quadrature amplitude modulation)를 통해 여러개의 스트림으로 나누워 진다.

모바일 스테이션(MS)의 SNR에 의한 채널 상태에 따라 MCS가 결정되어진다. 본 논문에서는 QPSK, 16-QAM 그리고 64-QAM에 각각 다른 코딩 레이트(1/2, 2/3, 3/4)로 적용시킨 총 3가지의 모듈레이션을 사용하였다. M은 최대 MCS 레벨을 나타내고, Sm은 m-th MCS 레벨의 SNR 경계를 나타낸다. g는 그룹을 나타내며, Ng는 그룹에 속해 있는 사용자의 수를 나타낸다. Ngm은 Ng 사용자들 중에서 m-th MCS 레벨을 성공적으로 받은 사용자들을 나타낸다. ug는 그룹 g에 속해있는 사용자 중 개인을 나타낸다. S(ug)는 개인 사용자의 SNR을 나타낸다. Deb et al.[7]은 아래의 식을 이용하여 멀티캐스트 그룹의 총 전송량을 고려하였다.

$$\max Util(u : r_u) = \max \sum_{g=1}^G \sum_{u=1}^{N_g} \log(r_u) \quad (1)$$

ru 개인이 데이터량을 의미한다. 본 논문의 목적은 받은 비디오의 화질을 최대화 하는 것에 있으므로 (1)식을 목적에 맞게 변경하였다. 본 논문에서 제안한 접근 방법과 Deb et al.의 성능을 비교하기 위해서 [7]에서 이용한 똑같은 fairness 비를 이용하였다. 본 논문에서는 우리의 제안된 시스템 환경의 최적화를 위하여 아래에 제공되는 2가지의 추정을 하였다.

추정 1: 멀티캐스팅을 위한 시스템의 가용 통신 자원은 동일하였다.

추정 2: 한 계층의 모든 비디오 패킷 같은 MCS 레벨로 전송 된다.

비디오 화질을 고려하기 위해서 각 계층별 다른 왜곡(d)를 고려하였다.

$$d_k = \begin{cases} D_k & , \text{ for } k = K \\ D_k + \sum_{n=k+1}^K & , \text{ for } k < K \end{cases} \quad (2)$$

Dk는 모든 K개의 계층을 다 받았을 때의 MSE(Mean Square Error)를 나타내며, dk는 k-th 계층을 받지 못했을 때의 MSE를 나타

낸다. 기대되는 $\tilde{d} = \sum_{k=1}^K d_k P(k)$ 로 계산 된다.

3. 4G 네트워크에서의 사용자 분포의 적응적 멀티미디어 멀티캐스트

멀티캐스트 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 최적화된 해법이 요구된다. 위에서 언급하였듯이, 해법은 가용 자원과 받은 비디오의 화질과 연관성이 있어야 한다. 만일 BS(base station)이 멀티미디어 데이터를 전송하기 전에 각 사용자의 CSI(channel state indicator)를 획득 할 수 있다면, 우리는 최고의 받을 수 있는 비디오 화질과 멀티캐스트 시 필요한 자원을 예측할 수 있다. 또한, 적합한 비디오 계층의 개수를 결정할 수 있다. 이러한 비디오의 왜곡과 자원의 량을 최적화(최소화)하기 위해서 Lagrangian $L = \min(R + \lambda d)$ 방법을 이용하였다. R은 데이터량을 나타내고 d는 비디오의 왜곡을 나타내며 λ 는 Lagrangian multiplier를 나타낸다. R-D문제를 최소화하기 위해서

[7]에 제안된 식에 Lagrangian 방법을 적용하였다.

$$\min util(u : r_u, d_u) = \min \sum_{g=1}^G \sum_{u=1}^{N_g} \log(r_u + \lambda \tilde{d}_u) \quad (3)$$

위 식은 본논문에서 제안된 식으로 왜곡을 최소화하는 최적의 데이터량을 선택하는 방법을 제공한다. 우리는 unfair 방법과 WiMRA 그리고 제안된 방법을 PSNR과 총 데이터량 그리고 fairness를 비교하였다. 일반 적으로 사용하는 unfair 방법은

$\max \sum_{g=1}^G \sum_{u=1}^M N_{gu} \cdot V_m$ 식으로 나타낼 수 있다. 여기서 Vm은 비디오 데이터량을 나타낸다.

4. 결과 비교

이번 섹션에서는 화질의 향상과 데이터량 절약 측면에서 제안된 방법과 WiMRA 그리고 unfair 방법을 비교하였다.

본 shsnds서는 H.264/SVC를 사용하여 시퀀스 SOCCER를 base 계층(176x144)과 enhance계층(352x288)으로 인코딩하여 실험하였다. 각 계층 별로 frame rates은 base와 enhance를 15Hz와 30Hz로 각각 인코딩 하였고 총 300 frames을 사용하였다.

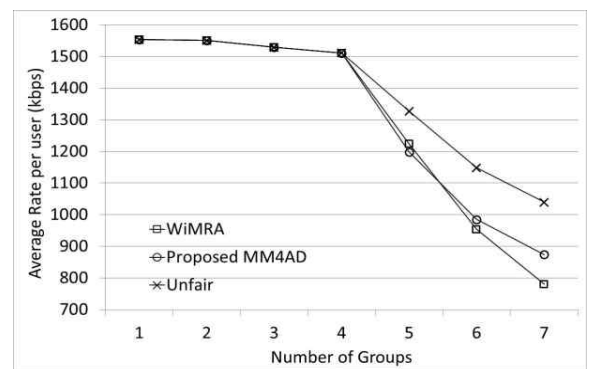


Fig 2. Overall average bitrate received by user

위 그림 2에서 보듯이, 제안된 방법과 WiMRA는 fairness를 고려하였기 때문에 unfair 방법은 총 전송량이 가장 높게 나타났음을 보였고, 제안된 방법보다 WiMRA의 총 전송량이 조금 높게 나타났음을 보였다. 제안된 방법은 비디오화질에 초점을 두는 반면, 위 두 가지 방법은 총 전송량만의 초점을 맞추었기 때문에 이러한 결과를 보였다.

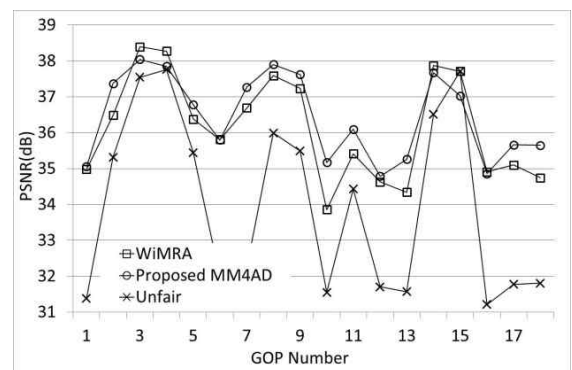


Fig 3. PSNR calculated for a selected user

위 그림 3은 각 방법을 비디오 화질 측면에서 비교 한 그래프이다. 위 그림에서 보듯이 unfair는 각 다른 두 방법에 비해 확연히 낮은 것을 볼 수 있다. 그리고 WiMRA와 제안된 방법을 비교해 봤을 때 평

균 PSNR이 2dB 높은 것을 알 수 있다. 위 두 결과그래프에서 볼 수 있듯이 WiMRA가 총 전송량에만 초점을 맞추었다면, 본 논문에서 제안된 방법은 전송량과 비디오 화질의 측면에서 접근하였기 때문에, 총 전송량은 낮지만 비디오 화질은 높아 지는 것을 볼 수 있다.

또한, fairness를 계산하기 위해서 Jain의 fairness 수식[11]을 이용하였다.

$$J(\vec{i}) = \left(\sum_{i=1}^N j_i \right)^2 / \left(N \times \sum_{i=1}^N J_i^2 \right) \quad (4)$$

위의 수식을 이용하여 fairness를 측정 시 1에 근접할수록 더 공정하다는 것이 된다. 평균 데이터량을 놓고 볼 때 WiMRA와 unfair 방법이 각각 0.85와 0.72를 나타냈을 때, 본 논문에서 제안한 방법은 0.83의 fairness 수치를 나타냈다. 비디오 화질로 fairness를 비교하였을 때, 제안된 방법과 WiMRA방법이 0.97로 동일한 수치를 보였고, unfair 방법은 0.81로 낮은 수치를 보였다.

5. 결론

이 논문에서는 OFDM 무선 네트워크에서의 실시간 멀티캐스트 비디오 서비스를 위한 최적화 방법을 제안하였다. 사용자들의 상태가 시시각각 변하고 공간적인 제약도 변하기 때문에 무선 자원은 매우 제약적이고 요금이 비싸다. 그렇기 때문에 이 최적화 방법은 항상 도전과제로 남아있다.

최적화된 자원의 할당 문제로, unfair 방법과, WiMRA 그리고 제안된 방법을 비교하였다. WiMRA에서의 데이터의 총량을 고려하는 대신 본 논문에서는 비디오의 화질(PSNR)을 최적화하는 방법을 제안하였다. 위 결과에서 비디오 화질과 데이터의 량은 선형적이지 않다는 것을 볼 수 있다. 이러한 관점에서 제안된 방법은 사용자 분포에 따른 최적의 자원 할당의 방법으로 사용될 수 있다. 예를 들어 BS근처에만 분포된 사용자들이 TV 프로그램을 시청하고 있을 때는 많은 데이터를 쓰지 않음에도 불구하고 사용자가 만족할 만한 높은 화질의 비디오를 제공할 수 있다.

본 논문에서 제안된 논문은 unfair 방법보다 fairness 측면에서 0.17만큼 높은 성능을 보였고 WiMRA의 방법과는 거의 동일한 결과를 보였으며, 비디오 화질 측면에서는 WiMRA의 방법보다 평균 2dB 높은 성능을 보였다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-(C1090-1111-0001))

6. 참조 논문

[1] H. Sampath et al., "A fourth-generation MIMO-OFDM broadband wireless system: design, performance, and field trial results," *IEEE Comm. Magazine*, vol. 40, pp. 143-149, Sep. 2002.

[2] N. Nejati, H. Yousefi'zadeh, H. Jafarkhani, "Distortion optimal transmission of multi-layered FGS video over wireless channels," *IEEE Comm.*,

vol. 3, pp. 510-519, Apr. 2010.

[3] M. K. Jubran et al., "Accurate distortion estimation and optimal bandwidth allocation for scalable H.264 video transmission over MIMO systems," *IEEE Trans. on Image Proc.*, vol. 18, pp. 106-116, Jan. 2009.

[4] J. Liu et al., "Dynamic power and sub-carrier allocation for OFDMA-based wireless multicast systems," *IEEE Comm.*, pp. 2607-2611, May 2008.

[5] C. Suh, J. Mo, "Resource allocation for multicast service in multicarrier wireless communications," *IEEE Trans. on Wireless Comm.*, vol. 7, pp. 27-31, Jan. 2008.

[6] K. W. Choi, W. S. Jeon, D. G. Jeong, "Resource allocation in OFDMA wireless communication systems supporting multimedia services," *IEEE/ACM Trans. on Networking*, vol. 17, pp. 926-935, June 2009.

[7] S. Deb, S. Jaiswal, K. Nagaraj, "Real-time video multicast in WiMax networks," *IEEE Comm.*, pp. 1579-1597, Apr. 2008.

[8] M. Torabi, W. Ajib, D. Haccoun, "Multiuser scheduling for MIMO-OFDM systems with continuous-rate adaptive modulation," *WCNC 2008. IEEE*, pp. 946-951, Mar. 2008.

[9] F. Foukalas, V. Gazis, N. Alonistioti, "Cross-layer design proposals for wireless mobile networks: a survey and taxonomy," *IEEE Communications Surveys*, vol. 10, no. 1, pp. 70-85, 1st Quarter 2008.

[10] M. Van der Schaar, N. Sai Shankar, "Cross-layer wireless multimedia transmission: challenges, principles, and new paradigms," *IEEE Wireless Communications Magazine*, vol. 12, no. 4, pp. 55-58, Aug. 2005.

[11] R. Jain, D. Chiu, and W. Hawe, "A quantitative measure of fairness and discrimination for resource allocation in shared computer systems," *Tech. Rep.*, Sept. 1984.