

# OFDMA 시스템에서 비디오 전송을 위한 효율적인 채널 할당

## An efficient channel allocation for video transmission in OFDMA systems

이상재, 김세현

대전광역시 유성구 구성동 373-1 한국과학기술원 산업공학과

E-mail : sjlee@tmlab.kaist.ac.kr, [shkim@kaist.ac.kr](mailto:shkim@kaist.ac.kr)

### Abstract

The mobile and multimedia service on wireless network have been led from the improvement of telecommunication techniques. A typical multimedia service, a video transmission usually requires larger bandwidth than voice transmission. Many channel allocation algorithms for Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA) to use resources more efficiently. Previous channel allocation algorithms have developed with an assumption that the data traffic is constant bit rate (CBR). However, existing algorithms are not suitable to video traffic because it usually generates a variable bit rate (VBR) traffic. In this paper, we proposed a new channel allocation algorithm called a queue-based channel allocation. it is more suitable to transmit the video traffics. Also, a problem are notified in case of realtime generated video traffic and a corresponding heuristic solution was proposed.

### 1. Introduction

최근 무선통신 시스템의 발전은 대부분의 개인이 무선통신 장치를 통하여 정보를 교환하

는 세상을 만들었다. 언제 어디서나 통신이 가능한 유비쿼터스 개념의 도입으로 무선통신 기술의 중요성이 극대화 되었다. 무선통신 기술의 발전하고 여러 응용들이 개발됨에 따라서 사용자들도 그 욕구가 증대하여, 더 이상 정적인 방법으로 정보를 제공받는 것을 원하지 않는다. 문자전송과 단순한 통화 보다는 시각적 및 음향적 효과를 포함한 동적인 멀티미디어 정보제공을 요구하게 되었다. 특히, 무선 통신 장치에서 비디오 전송은 오랫동안 사용자로부터 요구 되어 왔다.

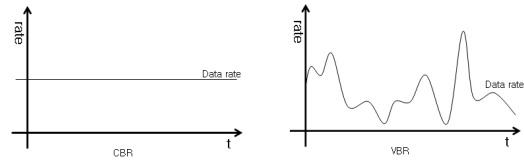
기존의 통신은 음성을 기본으로 하기 때문에 비디오 전송에 적합하지 않은 점을 가지고 있다. 기본적으로 비디오 전송은 음성 전송에 비하여 많은 데이터량을 요구한다. 많은 연구 그룹에서 무선통신 환경에서 비디오 전송을 연구해 왔다. Lisimachos P. Kondi[1] et al.은 DS-CDMA 시스템에서 비디오 전송에 관하여 연구 하였으며, Shunan et al.[2] 전송 대역폭 확보를 위해서 MIMO 시스템 환경에서 비디오 전송을 연구하였다. 이들은 비디오 전송을 위하여 무선 전송에 적합한 코딩 방법을 제안하였다. Haifeng et al.[3]은 MIMO-OFDM 시스템에서 효율적인 코딩을 통한 비디오 전송 방법을 제안하였으나, 코딩 방식을 변화하여 비디오에 좀더 적합한 전송을 하려는 초점에만 집중하였다. Pahalawatta, P. et al.[4] 은 음성통신

뿐만 아니라 콘텐츠가 다른 경우 무선통신 환경에서 자원 할당에 대하여 연구였고, 패킷 기반의 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 그러나, 미리 압축된 동영상을 가정하였으며, 왜곡기반의 목표함수를 사용함으로써, 실시간 전송 보다 는 전송 후 비디오 품질에 좀더 초점을 맞추었다.

본 논문에서는 비디오 트래픽이 가지는 VBR 트래픽의 특성을 파악하고, 이로 인하여 발생하는 비효율적인 자원할당 및 전송 시스템 문제를 논의한다. VBR 트래픽이 가지는 비디오 트래픽에서 자원할당 알고리즘이 고용량 프레임(Peak Bit Frame) 어떻게 고려할 것인지에 대하여 연구하였다. Section 2에서 OFDMA 비디오 전송시스템이 가지는 문제점을 설명한다. Section 3에서 비디오 전송에서 Queue의 중요성을 확인 하고, Queue-기반 알고리즘을 제안한다. section 4에서 실시간생성 비디오에서 발생하는 문제점과 그에 대한 해결방법을 제시하며, section 5에서 결론 및 개선점을 논의한다.

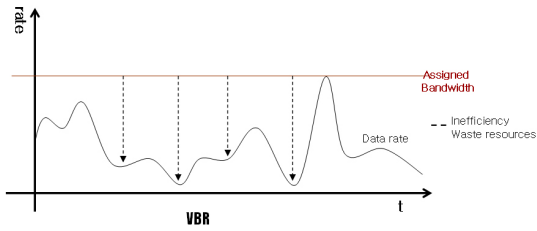
## 2. Problem Statements

음성(Voice)통신 또는 단순 데이터전송(Data Transmission)은 Constant Bit Rate (CBR) 트래픽을 발생 시킨다. CBR 트래픽은 데이터율이 항상 일정 하므로 다루기가 쉽다. 반면, 비디오 전송 (Video Transmission)의 경우 이미지 압축 (Image Compression)에 의하여 그 Data 량이 매우 다양하게 변하여 Variable Bit Rate (VBR) 트래픽을 생성 하게 된다. VBR 트래픽은 시간에 따라서 데이터율이 변하게 되어 다루기가 매우 어렵다.

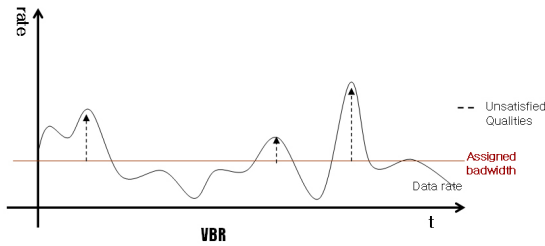


[그림 1] CBR과 VBR의 비교

[그림 1]에서 볼 수 있듯이 CBR과 VBR 트래픽은 많은 차이를 보인다. CBR을 기반으로 하여 설계된 기존의 통신 시스템과 알고리즘들의 적용은 VBR 기반의 비디오 전송에 효과적이지 못하다. 정상적인 비디오 전송을 위해서 필요한 대역폭에 대한 QoS는 여러 프레임 중 데이터율이 가장 큰 프레임에 의하여 결정되어 진다. [그림 2]는 시간의 흐름 당 각 프레임의 데이터율을 보여주고 있다. 이 비디오가 정상적으로 전송되기 위해서는 가장 데이터율이 큰 프레임을 기준으로 대역폭이 할당 되어 졌음을 보여주고 있다. 그러나 이 경우 대부분의 시간은 할당된 대역에 비하여 현저하게 낮은 데이터율을 요구하기 때문에 대부분의 시간에서 대역이 낭비(점선으로 표시)되고 있음을 알 수 있다. 만약 [그림 3]에서와 같이 할당된 대역폭을 낮추게 된다면 대역폭의 낭비를 막을 수 있지만 높은 데이터율을 가지 프레임은 지연(Delay) 또는 왜곡(Distortion)을 겪게 되어 비디오의 품질을 급격하게 낮추는 원인이 된다. 또한, 비디오 압축의 특징상 데이터율이 높은 프레임은 다음 프레임과 상관관계가 매우 밀접하다. 따라서 이 프레임의 잘못된 전송은 비디오 전송에서 매우 큰 문제라 할 수 있다.



[그림 2] VBR 트래픽의 요구 데이터율



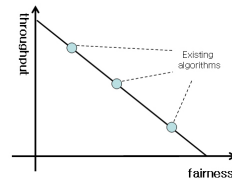
[그림 3] VBR 트래픽의 요구 데이터율 보다 낮게 할당된 경우

### 3. Queue-Based Scheduling Algorithm

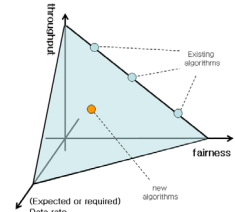
#### 3.1 Importance of Queue for video transmission

음성통화와는 달리 비디오 전송의 경우 전송할 데이터가 없다면, 그 사용자에게 대역을 할당하지 않아도 된다. 그러나, 기존의 스케줄링 알고리즘들은 항상 보낼 데이터가 있다고 가정하기 때문에 전송할 데이터 양을 고려하지 않는다. [그림 4]는 기존 스케줄링 알고리즘은 전송할 데이터량과는 무관한 처리량 (Throughput)과 평등성(fairness)성을 기준으로 개발되었음을 보여준다. 그러나, 시간에 따라 다른 데이터율로 전송하는 비디오 전송에서는 항상 전송할 데이터가 존재한다는 가정은 무의미하다. 이전 타임슬롯(time-slot)에서 통신 환경이 좋지 않았다면, 다음 time-slot에서는 시간 안에 전송해야할 전송량이 늘어났을 것이다. 반대로 이전 time-slot에서 통신 환경이 좋았다면

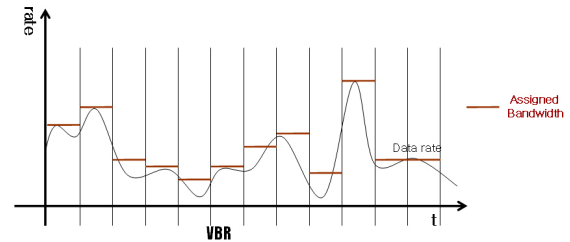
전송할 데이터량은 상대적으로 적을 것이다. 제안된 스케줄링 알고리즘은 처리량, 평등성 그리고 전송될 데이터량을 고려하는 기준을 가지고 있다. [그림 5]에서 보여지는 것과 같이 세 축이 이루는 평면위에 놓여지게 된다 할 수 있다.



[그림 4] 기존 스케줄링 알고리즘의 범위



[그림 5] 제안된 스케줄링 알고리즘의 범위



[그림 6] 효과적인 대역폭할당의 예

본 논문에서 제안하는 효과적인 자원 할당의 이상적인 형태가 [그림 6]에 보여지고 있다. 가장 높은 데이터율 기준으로 한 하나의 QoS를 만족하는 것이 아니라 시간 간격별로 나누어서 그 구간에서 요구되는 데이터율을 만족시킨다.

#### 3.2 Problem Formulation

OFDMA 시스템에서 주파수 선택적 페이딩 (Frequency Selective Fading)을 겪기 때문에 각 유저는 서로 다른 채널 환경을 갖는다. 따라서  $i$ 번째 사용자의  $j$ 번째 채널환경  $g_{ij}$ 은 신호대 잡음비 (SNR : signal-to-noise-ratio) 로써, Channel State Information (CSI)을 통해서 획득 될 수 있다.

$$g_{ij} = SNR_{ij}$$

Queue의 길이, 처리량 그리고 평등성의 세 기준을 고려하고, M개의 채널을 N명의 사용자가 사용할 때 다음과 같은 목적식을 이끌 수 있다:

$$\max \sum_i^N \sum_j^M w_{ij} U_i(g_{ij}), \quad (1)$$

subject to

$$\sum_i^N w_{ij} \leq 1 \quad \text{for all } j, \quad (2)$$

$$\forall w_{ij} \in \{0,1\}. \quad (3)$$

$w_{ij}$  는 채널할당 인덱스 (Channel Allocation Index)이며,  $U_i$ 는 유틸리티 함수 (Utility Function) 이다. (위 문제에서 power는 water-filling 알고리즘에 의하여 미리 계산되었다고 가정한다.)  $q_i$ 를 다음과 같이 각 사용자 간의 Queue 길이에 관한 비율로 정의 하였을 때,

$$q_i = \frac{\text{Queue\_length}_i}{\sum_i^N \text{Queue\_length}_i}, \quad (4)$$

유틸리티 함수(Utility Function)  $U_i$ 는 다음과 같이 쓰여 질 수 있다:

$$U_i(g_{ij}) = q_i \log \{ \log(1 + p_{ij} g_{ij}) \} \quad (5)$$

식(5)에서 중괄호 안에 있는 식은 채널 j의 Capacity 이다. 즉,  $U_i$ 는 Capacity의 logarithm 과 Queue의 비율의 곱으로 표현된다. 식(1)을 다시 한번 해석해 보면 Capacity의 어떤 비율과 Queue의 잔량의 비율의 곱을 최대로 하도록 사용자와 채널을 결정한다. 이때, 모두 같은 Queue의 잔량을 가지고 있다면, Proportional Fairness와 같은 식이 된다[5].

#### 4. Further improvements

모바일 단말기나 기지국쪽에 저장되어 있는 단순한 비디오 전송의 경우 앞서 말한 알고리즘에 의하여 효과적인 스케줄링이 가능하다. 그러나 유비쿼터스 환경에서 비디오 전송은 영화와 같이 이미 저장되어 있는 비디오가 아니라 실시간으로 생성되고 실시간으로 전송되어야만 하는 콘텐츠가 발생할 것이다. 무선 화상 통신을 예로 들 수 있다. 이런 콘텐츠 경우 버퍼링(Buffering)이 불가능하기 때문에 Queue만을 사용하여 스케줄링을 할 경우 갑자기 높아진 데이터율 구간을 처리 할 수 없다. 이 경우 스케줄링 time-slot 구간 안에서도 데이터율이 급변가능성과 이러한 급변은 완전하게 랜덤이기 때문이다. 또한 비디오 트래픽의 특성상 급변하여 높은 데이터율을 보이는 프레임(I-frame)의 잘못된 전송은 그 이후의 프레임으로 에러전파가 지속되므로, 이 프레임의 전송은 매우 중요하다 하겠다. 따라서 실시간생성-실시간전송 콘텐츠 경우 비디오 전송을 위한 방법이 필요하다.

본 논문에서는 Common-Transmission (CT) 채널을 소개한다. CT채널은 대부분의 채널할당 알고리즘에서 제한하고 있는 식(2)를 무시한다. 반대로 CT채널은 모든 유저에게 할당되어 있는 채널이다.

$$\sum_i^N w_{ij} = 1 \quad \text{for CT channel } j \quad (6)$$

CT 채널은 다음과 같은 기준에 의하여 선택되어 진다:

$$\begin{aligned} \pi_k &= \arg_j \max \{ \log(\prod_i^N \tilde{C}_{ij}) \} \\ &= \arg_j \max \{ \sum_i^N \log \tilde{C}_{ij} \} \end{aligned} \quad (7)$$

where

$$\tilde{C}_{ij} = \frac{g_{ij}}{\sum_i \sum_j g_{ij}}$$

k번째 CT채널은 식(7)을 정리하여 다음 식에 의하여 선택 되어 진다.

$$\pi_k = \arg_j \max \left\{ \sum_i C_{ij} \right\} \quad (8)$$

where,

$$\tilde{C}_{ij} = \log \left( \frac{g_{ij}}{\sum_i \sum_j g_{ij}} \right)$$

일단, CT채널이 선택되고 나면 CT채널을 제외한 나머지 채널을 사용하여 채널할당 알고리즘에 적용한다. 채널할당 time-slot 구간(interval) 사이에 고용량 프레임(Peak Bit Frame)이 발생하게 되면 CT채널을 추가로 사용하여 전송하도록 한다.

## 5. Conclusion and Future work

기존의 채널할당 알고리즘은 CBR 트래픽을 가정하고 알고리즘이 수행 되어져 왔다. 또한, 채널 환경에만 의존하여 알고리즘이 결정되어 졌기 때문에 한 사용자의 실제 전송할 데이터가 작아도 채널 환경이 좋다면, 좋은 채널이 할당 되어졌다. 본 논문에서는 VBR 트래픽을 발생하는 비디오 전송에 효율적인 채널할당 알고리즘을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 time-slot마다 다른 데이터율을 처리하며, 채널 환경과 전송될 양을 함께 고려하였다. 한 사용자의 채널환경이 좋아도 전송될 데이터가 적다면, 전송 데이터가 많은 다른 사용자에게 자원을 조금 양보하게 된다. 제안된 알고리즘은 실시간생성-실시간전송 데이터에 취약한 점을 보

완하기 위하여 Common-Transmission (CT) 채널을 소개하였다.

VBR 트래픽의 예측이 거의 불가능 하다고 하더라도 제안된 Queue기반의 스케줄링 알고리즘에 예측기법을 포함하여 좀더 성능개선이 가능할 것으로 예상된다. CT 채널의 경우 MAC 개념의 도입이 필요하며 이에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

## 6. References

- [1] L. P. Kondi, D. Srinivasan, D. A. Pados, and S. N. Batalama, "Layered video transmission over multirate DS-CDMA wireless systems," Submitted to IEEE Trans. on Circuits and Systems for Video Tech., 2003.
- [2] Shunan Lin, Stefanov, A., Yao Wang, "Joint source and space-time block coding for mimo video communications," Vehicular Technology Conference, 2004. VTC2004-Fall. 2004 IEEE 60th, Vol4. Sept. 2004.
- [3] Haifeng Zheng, Congchong Ru, Chang Wen Chen, and Lun Yu, "Video Transmission over MIMO-OFDM System: MDC and Space-Time Coding-Based Approaches," Advances in Multimedia, vol. 2007, Article ID 61491, 8 pages, 2007.
- [4] Pahalawatta, P., Berry, R., Pappas, T., Katsaggelos, A., "Content-Aware Resource Allocation and Packet Scheduling for Video Transmission over Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol.: 25, Issue: 4, page(s): 749-759.
- [5] shkim, "Lecture Note on Nonlinear Programming," Department of Industrial Engineering, KAIST.