

OFDMA 시스템에서 Streaming 서비스를 위한 Opportunistic 스케줄링 기법

*권정안, 이장원
연세대학교 전기전자공학부
e-mail : pooheup@yonsei.ac.kr, jangwon@yonsei.ac.kr

Opportunistic Scheduling for Streaming services in OFDMA Systems

*Jeong-Ahn Kwon, Jang-Won Lee
School of Electrical and Electronic Engineering
Yonsei University

Abstract

In this paper, we study an opportunistic scheduling scheme for the OFDMA system with streaming services. The service is modeled by using the appropriate utility function. We formulate a stochastic optimization problem that aims at maximizing network utility while satisfying the QoS requirement of each user. The problem is solved by using the dual approach and the stochastic sub-gradient algorithm.

I. Introduction

본 논문에서는 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)에서의 opportunistic 스케줄링 기법에 대한 연구를 수행한다. Opportunistic 스케줄링 [1]이란 각 유저의 채널 상태에 따라 자원을 할당하는 것으로 따라서 보다 효율적으로 자원을 활용할 수 있다. 하지만 단순히 채널 상태가 좋은 유저에게 자원을 할당하는 것은 불공정한 자원 배분을 야기할 수 있기 때문에 QoS (Quality of Service)나 fairness를 고려해 주어야 한다. 또한 일반적으로 서비스의 만족도는 할당받은 자원의 양이나 전송률에 정비례하지 않으며 이는 유틸리티 함수에 의하여 모델링이 될 수가 있다 [1]. 따라서 본 논문에서는 QoS 요구와 유틸리티를 고려할 것이며 특히 streaming 서비스를 고려한 스케줄링 기법에 대한 연구를 할 것이다.

II. System Model

본 논문에서는 OFDMA 시스템에서 N 명의 유저와 M 개의 sub-carrier로 구성된 하나의 셀에서의 하향링크를 고려할 것이다. 기지국은 각 시간슬롯마다 각 유저에게 sub-carrier와 전송파워를 할당한다. 스케줄링은 각 sub-carrier에서 각 유저의 채널 상태에 따라 수행이 되면 이는 기지국이 알고 있다고 가정을 한다. 유저의 시간에 따라 변하는 채널 상태는 stochastic process로 모델링 하며 이는 stationary 특성을 갖고 하나의 시간슬롯에서는 변하지 않는다고 가정한다. 하나의 시간슬롯에서 셀 내의 모든 유저의 채널 상태의 조합을 하나의 채널 상태 s 라 정의하고 시스템이 각 채널 상태 s 에 있을 확률을 π_s 라 한다.

기지국에서의 총 전송파워는 고정되어 있고 이는 각 sub-carrier에 동일하게 할당된다고 가정한다. 따라서 각 유저의 각 sub-carrier에서의 채널 상태가 고정되면 전송률도 고정이 되게 되며, r_{ijs} 를 채널 상태가 s 일 때 유저 i 의 sub-carrier j 에서의 전송률로 정의한다. 각 유저 i 는 자신의 전송률에 대한 만족도를 나타내는 유틸리티 함수 U_i 를 가지고 있으며 streaming 서비스의 경우 그 만족도가 평균 전송률이 아닌 순간 전송률에 의존하기 때문에 이를 매 순간 전송률에 대한 함수로 정의한다. 먼저 각 sub-carrier 할당을 나타내 주는 변수 a_{ijs} 를 정의한다. 따라서 이 값은 0과 1 중 하나의 값을 갖게 된다. 따라서 각 시간슬롯에서 채널 상태가 s 일 때 각 유저의 유틸리티는 $U_i(\sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs})$ 이며, 그 평

균은 $\sum_{s=1}^S \pi_s U_i(\sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs})$ 로 나타내진다. 또한 각 유저는 최소 평균 유틸리티로 정의가 되는 QoS 요구를 가지고 있다.

III. Resource Allocation Scheme

본 논문에서 스케줄링을 위해서 풀게 될 최적화 문제는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \text{maximize} \sum_{s=1}^S \pi_s \sum_{i=1}^N U_i(\sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs}) \\ & \text{subject to} \sum_{s=1}^S \pi_s U_i(\sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs}) \geq C_i, \forall i \\ & \sum_{i=1}^N a_{ijs} = 1, \forall j, s \\ & a_{ijs} \in \{0,1\}, \forall i, j, s. \end{aligned}$$

따라서 본 문제는 각 유저에게 최소한의 평균 유틸리티를 보장하며 각 유저의 평균 유틸리티의 합을 최대화하는 스케줄링 기법의 제안에 그 목적이 있다.

본 문제를 푸는데 있어서 두 가지 어려운 점이 있는데 먼저 a_{ijs} 가 0과 1만을 갖는 integer program이라는 점이다. 이를 위해 먼저 a_{ijs} 를 0과 1사이의 실수라 가정하는데 이것이 최적해를 구하는데 있어 상관이 없다는 것을 보일 수가 있다. 또 하나의 어려운 점은 일반적으로 채널상태의 분포 π_s 를 알 수가 없다는 점이다. 따라서 이를 위하여 각 채널 상태 s 에서의 각 유저 i 의 순간 전송률 $y_{is} = \sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs}$ 를 정의하여 치환한 후 dual approach를 적용을 하기로 한다. Dual 문제를 구하기 위하여 먼저 Lagrange 함수를 구하면

$$L(\bar{a}, \bar{y}, \bar{v}) = \sum_{i=1}^N \sum_{s=1}^S \pi_s U_i(y_{is}) + \sum_{i=1}^N v_i (\sum_{s=1}^S \pi_s U_i(y_{is}) - C_i)$$

이며, 이에 따른 dual 문제는

$$\min_{\bar{v} \geq 0} F(\bar{v}) \tag{1}$$

으로 정의되고, 이때

$$F(\bar{v}) = \max_{\bar{a}, \bar{y} \in \theta} L(\bar{a}, \bar{y}, \bar{v}) \tag{2}$$

이며, 여기에서

$$\theta = \{ \bar{a}, \bar{y} \mid a_{ijs} \in [0,1], \forall i, j, s, \sum_{i=1}^N a_{ijs} \leq 1, \forall j, s, 0 \leq y_{is} \leq \sum_{j=1}^M a_{ijs} r_{ijs}, \forall i, s \}$$

이다. Dual 문제 (1)을 풀기 위해서는 식 (2)의 최적화 문제를 먼저 풀어야 하는데 이는 먼저 Lagrange 함수가 채널상태 s 에 대해서 분리가 될 수가 있다는 점을 이용하면 채널상태 분포에 관한 정보가 없이도 풀 수

가 있다. 또한 stochastic sub-gradient 알고리즘 [2]을 이용하면 채널상태 분포에 대한 정보가 없이도 (1)의 dual 문제를 풀 수 있는 iterative한 알고리즘을 만들 수가 있다.

IV. Simulation

시뮬레이션은 10명의 유저가 128개의 sub-carrier를 이용하는 경우에 대하여 수행하였다. 제안한 알고리즘의 성능과 각 유저의 만족도인 유틸리티와 QoS 요구를 고려하지 않고 각 시간슬롯마다 단지 데이터 전송률이 최대화 되도록 하는 스케줄링의 성능의 비교를 그림 1에서 보였다. 유저는 기지국에서부터 가까운 순서로 배열을 하였다.

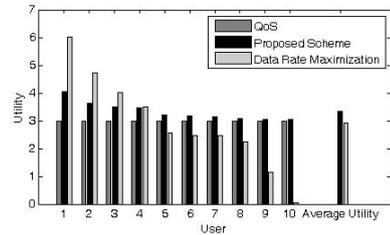


그림 1. 시뮬레이션 결과

그림에서 보듯이 제안된 기법은 모든 유저의 QoS 요구를 만족시키고 있음을 알 수가 있다. 이에 반해 전송률 최대화 기법은 기지국에서 가까운 유저의 만족도는 상당히 높지만 기지국에서 먼 유저의 만족도는 아주 낮아 QoS 요구를 만족시키지 못함을 알 수가 있다. 이와 더불어 유저당 평균 유틸리티도 제안한 기법이 더 높음을 알 수가 있다.

V. Conclusion

본 논문에서는 OFDMA 시스템에서 streaming 서비스를 이용하는 유저에 대하여 opportunistic 스케줄링을 적용하는 방안에 대한 알고리즘을 개발하였으며, 그 성능을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다.

참고문헌

[1] J.-W. Lee, R. R. Mazumdar, and N. B. Shroff, "Opportunistic power scheduling for dynamic multi-server wireless systems", IEEE Transactions on Wireless Communications, vol.5, no.6, pp.1506-1515, Jun. 2006.
 [2] P. Kall and S. W. Wallace, Stochastic programming. Wiley, 1994.