[1-9]

셀룰러 OFDMA 시스템에서 공정성을 고려한 셀 로딩 기반 패킷 스케쥴링 알고리즘

*안은정, *강충구, **차용주, **이성춘
* 고려대학교 정보통신대학 전파통신공학과
** KT 서비스 개발 연구소

Cell loading-based Packet Scheduling Algorithm to Support Fairness in Cellular OFDMA System

*Eun Jeong Ahn, *Chung Gu Kang, **Yongjoo Tcha, **Seong Choon Lee
* Radio & Communications Engineering Department, Korea University
**KT Service Development Laboratory
E-mail: romiahn@korea.ac.kr

요 약

본 논문에서는 주파수 재사용도 K =1 을 적용한 셀룰러 OFDM 시스템에서, 인접 셀 로딩에 따라 적응적인 스케쥴링 알고리즘을 적용함으로써 모든 사용자들간의 공정성을 유지하면서도 수율 저하가 상대적으로 적은 새로운 방식을 제안한다. 셀 로딩이 낮은 상황에서는 기존의 Proportional Fairness (PF) 스케쥴링 알고리즘을 일반화하여 모든 사용자들간의 공정성을 확보하기 위해 심각한 수율의 감소가 불가피하다. 반면, 본 논문에서는 적응적 방식을 통해서 모든 사용자들간의 절대적인 공정성 희생을 최소화하면서 시스템의 평균 수율을 향상시킬 수 있는 새로운 방식을 제안하였다.

1. 서 론

최근 정지 또는 저속의 이동 환경에서 고속의 인터넷 접속이 가능한 무선 인터넷 서비스를 위한 '휴대인터넷' 규격의 표준화가 마무리 되고, 상용 시스템 개발이 현재 진행 중에 있다. 특히, 국내에서 표준화를 추진하고 있는 휴대인터넷의 경우에는 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)를 다중접속 방식으로 고려하고 있다. OFDMA 방식은 주파수 재사용도 K = 1 로 동작할 수 있으며, 이때 발생하는 인접셀간의 간섭은 적응 변조 및 부호화(Adaptive Modulation & Coding)에 의해 제어된다. 모든 부반송파를 한 심볼 구간동안 한 사용자에게 모두 할당하는 대신, OFDMA 방식은 다수의 사용자가 부반송파를 나누어 사용하는 다중 사용자 OFDM 시스템이다. 이를 위해 매 심볼 또는 슬롯마다 다수의 부반송파를 임의로 선택하여 부채널을 구성함으로써 주파수 도약 특성을 갖게 되고, 이를 통해 인접 셀간에 발생하는 간섭을 평균화할 수 있다.

AMC 를 적용하는 패킷 무선 데이터 시스템에서는 사용자의 채널 상태에 따라 전송률이 가변적이기 때문에 사용자간 공정성을 유지하면서 시스템 전체 수율을 극대화 할 수 있는 자원 할당 및 제어를 위한 스케쥴링이 요구된다. 이때, 스케쥴링 과정에서 수율과 공정성간의 득실 관계가 항상 존재하게 된다. 일반적으로 사용자간의 절대적인 공정성을 유지하지 위해서는 시스템의 평균 수율 감소가 불가피하다. 단일 채널을 갖는 기존의 cdma2000 1x EV-DO 시스템에서는 슬롯 단위로 스케쥴링이 수행되므로, 인접 셀의 부하에 따른 영향이 상대적으로 적은 편이다. 그러나, OFDMA 의 다중 채널 구조에서는 다수의 사용자가 광대역 채널을 공유하기 때문에 인접 셀 로딩에 따라 성능이 직접적으로 영향을 받게 된다. 본 논문에서는 주파수 재사용도 K =1 을 적용한 셀룰러 OFDM 시스템에서, 인접 셀 로딩에 따라 적응적인 스케쥴링 알고리즘을 적용함으로써 모든 사용자들간의 공정성을 유지하면서도 수율 저하가 상대적으로 적은 새로운 방식을 제안한다. 이를 위해 비례 공정(proportional fairness: PF) 방식의 알고리즘을 일반화하여 다중 채널 OFDMA 에서 사용자간의 절대적 공정성을 확보하고[1][2], 이를 확장하여 공정성 확보로 인해 발생하는 수율의 감소에 대응하기 위해 인접 셀의 로딩에 따라 적응적인 PF 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 2 장에서는 시스템 모델을 제시하고 문제를 정립한다. 그리고, 3 장에서는 셀 로딩에 따라 적응적인 PF 스케쥴링 방식을 제안하고, 4 장에서 시뮬레이션 결과를 분석한다. 마지막으로 5 장에서는 본 논문의 결론을 제시한다.

2. OFDMA 시스템 모델 및 Loading Factor 정의

2.1 OFDMA 시스템 모델

본 논문에서는 셀룰러 OFDMA 시스템의 한 예로서 국내에서 휴대인터넷 서비스를 위해 개발되고 있는 HPi (High-speed Portable Internet) 시스템을 예로 들고자 하며, 하향링크에 대해서만 고려한다 [3]. HPi 는 TDD 방식의 OFDMA 시스템으로서 10MHz 의 채널 대역폭으로 하향링크 최대 24Mbps 의 전송률을 지원한다, QPSK, 16-QAM, 그리고 64-QAM 의 변조 방식과 R = 1/3 의 Convolutional Turbo Code (CTC)를 mother code 로 하여 천공된 다양한 부호화률을 적응적으로 적용한다.

HPi 의 프레임 구조는 그림 1 과 같다. 한 프레임의 길이는 5ms 이며, 97 개의 부채널로 구성된다. 각 부채널은 16 개의 부반송파로 구성된다. 하향링크와 상향링크 구간의 길이가 다른 비대칭적인 프레임 구조를 가지며, 이때 하향과 상향링크 심볼 수의 비율은 16:6 또는 13:9 인 두 가지 구조를 제공한다. 본 논문에서는 16:6 의 비율을 갖는 구조만을 고려한다.