

# MIMO 셀룰라 시스템에서 Adjustable Round Robin 스케줄링 방식

배정민, 손민경, 김동우

한양대학교 전자공학과 이동통신망연구실

baejeongmin@hotmail.com, syon97@wnl.hanyang.ac.kr, dkm@hanyang.ac.kr

## Adjustable Round Robin Scheduling for MIMO Cellular Systems

Jeong-Min Bae, Min-Kyung Son, Dongwoo Kim

Wireless Network Lab, Hanyang University

### 요약

다중 사용자 환경에서 공간 다중화 방법(spatial multiplexing)을 사용하는 멀티입력 멀티출력(MIMO)의 경우 어떤 안테나에 어느 사용자의 하위 열을 할당할지 결정해야 한다. 또한 스케줄링을 하는 데 있어서 각 사용자의 전송량 및 기지국의 전송량 향상과 각 사용자간의 공평성 보장이 고려되어야 한다. 따라서, 본 논문은 다중 사용자 환경에서 MIMO 시스템에 맞는 패킷 스케줄러 개발을 위해 Elastic Round Robin 방식을 보완하여 Adjustable Round Robin 스케줄링 방식을 제안하였다. 그리고 MIMO 시스템에서 제안된 스케줄링 방식의 성능 향상 및 공평성 보장을 수식과 모의실험을 통해 보일 것이다.

### I. 서론

멀티입력 멀티출력(MIMO)시스템에서는 공간 다중화(spatial multiplexing) 방법을 사용하여 데이터 열을 전송한다 [1][3]. 공간 다중화란 데이터 열을 여러 개의 하위 열로 나누고, 이 하위 열들을 각각의 안테나에 나눠 할당하여 전송하는 방식을 말한다. 따라서 공간 다중화 방법을 사용하는 MIMO의 경우 어떤 안테나에 하위 열을 할당할지 결정하는 알고리즘에 대한 연구가 필요하다. 먼저 현재의 시스템은 다중 사용자에 대해 고려해야만 한다. 기존의 논문들은 MIMO를 위한 패킷 스케줄러에 대한 연구들은 단일 사용자에 대한 연구가 주를 이루었다[1]. 다음으로 각 사용자 및 기지국 측면에서의 기지국 전송량(throughput) 향상과 각 사용자간의 공평성(fairness) 보장이 필요하다. 즉 시스템의 성능은 증가시키면서 사용자간의 공평성은 보장하는 패킷 스케줄러가 필요하다. Round Robin 스케줄링 방식은 모든 사용자에게 같은 시간간격을 할당함으로써 정확한 공평성을 보여준다. 그러나 정확한 공평성의 이점에도 불구하고 시스템 개발자들은 Round Robin 스케줄링 방식을 시스템 전체 성능의 저하 때문에 사용할 수 없다. 하지만, Round Robin 스케줄링 방식이 정확한 공평성을 제공하는 방식임에는 틀림이 없다. 또한 시스템의 성능 즉, 기지국 전송량의 측면에서 스케줄링 방식을 생각한다면 최고의 채널 환경을 가지는 사용자에게 시간간격을 할당하는 방식이 고려될 수 있다. 그러나 이 방식은 채널 환경이 좋은 사용자에게만 시간간격이 할당되어 상대적으로 채널 환경이 나쁜 사용자는 데이터의 전송을 하지 못하게 되는 문제점을 가진다. 이러한 관점에서 볼 때, 시스템의 특성을 결정하는 스케줄링 방식은 시스템 성능에 매우 큰 영향을 미친다. 그러므로 기지국 전송량과 공평성을 동시에 만족시킬 수 있는 스케줄링 방식에 대한 연구는 반드시 필요하다.

따라서, 본 논문은 다중 사용자 환경에서 MIMO 시스템에 맞는 패킷 스케줄러 개발을 위해 Elastic Round Robin 방식

을 보완하여 Adjustable Round Robin 스케줄링 방식을 제안한다[4][5]. 제안된 Adjustable Round Robin 스케줄링 방식은 과거의 할당량에 대한 불공평성(unfairness)을 현재의 할당량에 적용하여, 현재는 기지국 전송량을 올리는 관점에서 안테나에 사용자를 할당하고, 최종적으로는 공평성을 보장하는 Round Robin 스케줄링 방식으로 동작하는 것을 볼 수 있다. 그리고 MIMO 시스템에서의 성능 향상 및 공평성 보장을 수식과 모의실험을 통해 보일 것이다.

### II. 본론

#### 1. 간단한 Round Robin 와 Elastic Round Robin

SRRS(간단한 Round Robin 스케줄러)는 일정한 스케줄링 주기( $T$ , 스케줄링 간격(SI))마다 시스템 내의 각 사용자(혹은 데이터 흐름)들을 공평하게 1명 혹은  $M$ 명을 선택하여 전송을 결정하는 것이다. 한 주기 SI 동안 1명만 전송을 허용하는 것을 단일 사용자 스케줄링 방식이라 하고  $M$ 명이 동시에 전송하는 것을 허용하는 것을 다중 사용자 스케줄링 방식이라 한다. SRRS는 버퍼에 전송 데이터가 있는 모든 사용자에게 동일한 크기의 전송 시간을 할당하는 방법으로, 구현이 간단하다는 장점을 가진다. 무선 환경에서의 데이터 전송은 모든 사용자에게 전송을 위한 동일한 크기의 시간과 무선 자원(즉, 전송 전력 및 코드 채널 수 등)을 할당한다 하더라도, 사용자에게 할당되는 데이터 전송속도 혹은 수신하는 데이터 크기는 채널 상태에 따라 서로 다르게 결정된다.  $k$ 번째 SI에서 각 사용자  $j$ 에게 할당할 수 있는 전송 속도는 해당 사용자의 무선 환경과 무선 자원의 가용도에 따라 각각  $C_j(k)$ 로 주어지고, 따라서  $M$ 명을 선정하여 자원을 할당하는 다중 사용자 스케줄링 방식의 경우  $k$ 번째 SI에서 할당할 수 있는 전송 속도는 다음의 식을 만족해야 한다.

$$\sum_j^M C_j(k) \leq C(k, M) \quad (1)$$

위 식에서  $C$ 는  $k$ SI에서  $M$ 명의 사용자를 선택할 때 전송할 수 최대 전송 속도를 나타낸다. SRRS에서는 모든 사용자들

이 논문은 2003년도 한국과학기술재단의 지원에 의해 연구 되었음.  
(R01-2002-000-00359(2003))