

# Opportunistic Beamforming 을 이용한 Spatial Multiplexing 전송 기법 및 성능 분석

고범일\*, 강충구\*, 차용주\*\*, 이성준\*\*

\* 고려대학교 전자통신공학과

\*\* KT 서비스 개발 연구소

\*E-Mail: promising@korea.ac.kr

## Opportunistic Beamforming-based Spatial Multiplexing Transmission Scheme and Performance Analysis

Beom Il Ko\*, Chung Gu Kang\*, Yongjoo Tcha\*\*, Seong Choon Lee\*\*

\* Radio & Communications Engineering Department, Korea University

\*\* KT Service Development Laboratory

### 요약

복수 개의 송수신 안테나를 이용한 multiple input multiple output (MIMO) 무선 통신 시스템은 spectral efficiency나 link reliability 측면에서 매우 큰 이점을 제공한다. 그러나, fading correlation으로 인해 MIMO 시스템의 이와 같은 성능이 열화되며, 이에 대한 대응방안이 고려되어야 한다. 본 논문은 opportunistic beamforming (OBF) 개념을 확장 시켜 correlation이 존재하는 채널 환경에서 spatial multiplexing (SM) 이득을 얻기 위한 전송 방법을 제안한다. 또한, 본 논문에서 제안한 전송 기법에 의한 이득을 극대화하기 위해, 기존 제안된 스케줄링 알고리즘을 결합하여 공간 영역과 multiuser diversity (MUD)을 동시에 활용할 경우, correlation이 존재하는 채널 환경에서 기존의 일반적인 SM-MIMO 시스템에 비해 우수한 스펙트럼 효율을 얻을 수 있음을 보인다.

### I. 서론

최근 들어, 고속 데이터 전송은 무선 이동 통신 분야에서 중요한 이슈 중의 하나가 되고 있다. 따라서 고속 멀티미디어 트래픽을 제공하기 위해 무선 통신 시스템에 복수의 송수신 안테나를 적용하는 것은 spectral efficiency[1]-[2]나 link reliability를 높이는 측면에서 상당한 이점을 제공한다. MIMO 안테나 시스템은 space-time processing 기법에 있어서, spatial multiplexing (SM) 기법과 spatial diversity (SD) 기법으로 크게 분류할 수 있다. SM은 spectral efficiency를 최대화하기 위한 기법으로서, 하나의 데이터 stream을 여러 개의 sub-stream으로 나누고, 각 sub-stream을 각각의 송신 안테나를 통하여 전송하는 기법이다 [3]. SD는 link reliability를 높이기 위한 기법으로 diversity 이득을 얻기 위해서 하나의 데이터 stream을 복수개의 송신 안테나를 통해 시간 및 공간 영역에서의 부호화를 통해 반복 전송하는 기법이다[4]-[5].

지금까지 MIMO 무선 통신 시스템에서 진행된 많은 연구들은 주로 independently and identically distributed (i.i.d) Rayleigh fading 채널 환경에서 SM과 SD 기법을 이용하여 point-to-point link-level의 성능을 최대도 올리기 위한 방법에 집중되었다. 그러나, [6]-[7]의 연구 결과들에 의하면 fading correlation으로 인해 MIMO 시스템의 대부분의 이득이 제한되는 것으로 밝혀졌다. 따라서 MIMO 시스템에 있어서 fading correlation을 어떤 방법으로 효과적으로 대처할 지가 중요한 문제가 되었다. 또한 link-level 성능을 최적화하는 것이 반드시 system-level 성능의 최적화로 이어지는 않기 때문에, MIMO 시스템을 설계하는데 있어서 system-level의 성능 측면을 함께 고려하는 것이 필요하게 되었다. 이런 관점에서 다중 사용자 패킷 전송 시스템의 throughput을 증가시키기 위한 하나의 방법으로, 서로 다른 사용자간의 독립적인 fading 특성을 이용하는 multiuser diversity (MUD) 시스템

을 이용하게 되었다[8]-[9]. MUD 시스템에서, 패킷 스케줄러는 각각의 사용자의 링크 품질에 근거하여 자원을 할당하기 위해서 각각의 사용자의 instantaneous signal-to-noise ratio (SNR)을 스케줄링에 사용한다.

본 논문에서는 일반적인 MIMO 채널로 많이 가정하는 i.i.d Rayleigh fading 채널이 아닌, fading correlation이 존재하는 채널 환경에서 opportunistic beamforming (OBF) 개념[10]을 확장 시켜 다운 링크 셀룰러 시스템의 전체 throughput을 향상시키기 위한 SM 전송 기법(SM-OBF)을 제안하였다. 아울러 본 논문에서 제안한 전송 기법에 의한 SM 이득을 극대화하기 위해 [12]에서 제안한 스케줄링 알고리즘을 사용하여 공간 영역과 multiuser diversity를 동시에 이용할 수 있는 방법을 제시하였다. 시뮬레이션을 통해 correlation이 존재하는 채널 환경에서 제안한 시스템(SM-OBF)과 기존의 BLAST 계열의 일반적인 SM MIMO를 사용자 수에 따른 시스템 용량을 비교하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II절에서는 시스템과 채널 모델, 스케줄링 알고리즘을 소개하고, III절에서는 제안하는 전송 기법과 시스템 용량에 대해 설명한다. IV절에서는 모의 시험 결과들을 제시하고, V절에서 결론을 내린다.

### II. 시스템 및 채널 모델

#### 가) 시스템 모델

패킷 데이터 응용 서비스를 위한  $K$ 명의 사용자들이 있는 다운 링크 셀룰러 시스템을 고려한다. 즉, 그림 1과 같이 기지국에는  $M_t$  개의 안테나, 사용자 단말에는  $M_r$  개의 안테나를 가진 복수 송수신 안테나 시스템으로서, 기지국은 active 사용자들에게 시분할 방법으로 각각의 송신 안테나마다 독립적으로 서로 다른 사용자의 데이터를 제공할 수 있음을 가정한다. 전체 송신 전력은 송신기의 안테나 수에