

## MIMO 시스템에서 추정된 채널의 오차에 의한 채널 용량의 변화†

함재상, 이충용, \*박현철, 홍대식, 윤대희  
연세대학교, \*한국정보통신대학교  
jaesh@mcsp.yonsei.ac.kr, clee@mcsp.yonsei.ac.kr, \*hpark@icu.ac.kr,  
daesikh@itl.yonsei.ac.kr, dhyoun@yonsei.ac.kr

A Variation of Channel Capacity by Channel Estimation Error  
on MIMO Systems

Jaesang Ham, Chungyong Lee, \*Hyuncheol Park, Daesik Hong and Dae-Hee Youn  
Yonsei University, \*Information & Communication University

## 요 약

본 논문에서는 실제 MIMO 시스템에서 발생하는 추정된 채널과 실제 채널 사이의 오차로 인한 채널 용량의 변화를 수식적으로 분석한다. 이와 같은 수식적인 분석으로부터, 평균 신호 대 잡음비 (SNR)와 채널 추정 오차 (MSE)가 채널 용량에 어떠한 영향을 초래하는 지 알 수 있다. 또한, 본 논문에서는 평균 SNR 과 채널 용량의 손실량이 제한된 경우, 이를 만족하는 채널 추정 오차를 구함으로써 주어진 시스템에 적합한 채널 추정기법의 선택기준을 제시한다.

Keywords: MIMO 시스템, 채널 용량, 채널 추정 오차

## I. 서론

대역 제한된 시스템에서 데이터의 전송 용량을 늘리거나 공간 다이버시티(spatial diversity)를 획득하여 데이터의 오차 확률을 개선시키기 위해서 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기법에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 이론적으로 MIMO 시스템에서 채널 용량은 송신 안테나 수의 증가에 비례하여 증대된다[2][3].

시스템의 성능을 최적화시키기 위해서는 수신단에서 채널상태에 대한 정확한 정보를 알고 있어야 하지만 실제환경에서는 그렇지 못하다. 단지 오차가 존재하는 추정된 채널 정보를 이용하여 신호를 검출하고, 추정된 채널에 근거한 적응 기법을 사용하므로 채널 추정 오차에 의한 시스템의 성능열화가 발생하게 된다. 그래서, 본 논문에서는 추정된 채널의 오차가 MIMO 시스템의 채널 용량에 미치는 영향을 수식적으로 분석하고 이를 통해 시스템에서 얻고자 하는 채널 용량에 따른 허용가능한 채널 추정 오차 범위를 찾고자 한다.

## II. 본론

## 1. MIMO 시스템 모델

송수신 안테나가 각각  $M_T$  개와  $M_R$  개인 MIMO 시스템을 고려한다. 이 때, 송수신단에 충분한 산란체들이 존재하여 안테나에 의한 공간 상관도가 존재하지 않고 주파수 비선형적 레일리 페이딩 채널을 가정한다. 이러한 MIMO 시스템에서, 수신신호 벡터  $\mathbf{y}$  는 다음과 같이 표현된다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}, \quad (1)$$

여기에서  $\mathbf{H}$  는  $M_R \times M_T$  ( $M_T \leq M_R$ ) 복소 채널 행렬,  $\mathbf{x}$  는  $M_T \times 1$  송신신호 벡터이며,  $\mathbf{n}$  는 평균이 0 이고 분산이  $\sigma_n^2$  인 가산 백색 가우시안 잡음 벡터이다. 제한된 전체 송신전력,  $P_T$  로부터 각 안테나는 동일한 송신전력으로 독립적인 데이터를 전송한다고 가정한다.

안테나마다 동일한 전력이 할당되는 경우, 시스템 용량,  $C$  는 일반적으로 다음과 같이 표현된다[2][3].

$$C = \log_2 \det \left( \mathbf{I}_{M_T} + \frac{P_T}{M_T \sigma_n^2} \mathbf{H}\mathbf{H}^H \right) \\ = \sum_{k=1}^{M_T} \log_2 \left( 1 + \frac{P_T}{M_T \sigma_n^2} \lambda_k^2 \right), \quad (2)$$

여기에서  $\mathbf{I}_{M_T}$  는  $M_T \times M_T$  의 단위행렬이고,  $\lambda_k^2$  은 채널행렬  $\mathbf{H}$  의  $k$  번째 고유치이다.

† 본 논문은 한국과학재단의 목적기초연구사업(R01-2002-000-00153-0)의 지원으로 수행되었습니다