

# 채널사운딩을 통한 다중안테나의 성능평가

\*강영윤, 조준호  
 포항공과대학교 전자전기공학과  
 e-mail : {jjanguni, jcho}@postech.ac.kr

## On Performance Evaluation of MIMO Antennas through Channel Sounding

\*Young-Yun Kang and Joon-Ho Cho  
 Department of Electronic and Electrical Engineering  
 Pohang University of Science and Technology

### Abstract

In this paper, we propose a performance evaluation method for MIMO antennas through channel sounding. From measurement data, the complex channel gain, delay, angle of arrival, and angle of departure of each multipath are estimated. Using these estimates, the MIMO channel impulse response adopting various types of antennas are constructed by replacing the array response vectors, considering antenna patterns and correlation among antenna elements. Comparisons are made in terms of the metrics computed from the impulse responses.

### I. 서론

무선통신 시스템에서 고려하는 채널은 그림 1과 같이 크게 전파 채널, 무선 채널, 변복조 채널, 디지털 채널로 분류할 수 있다 [1]. 이러한 채널 중에서 전파 매질과 송수신 안테나를 포함하는 무선 채널은 RF 체인의 효과를 보정하는 방법으로 측정할 수 있다 [2]. 그러나 여러 개의 안테나가 어레이를 구성하는 MIMO 채널에서는 RF 체인의 효과를 보정해야할 뿐만 아니라 안테나 사이의 커플링 효과를 고려해야한다 [3]. 특

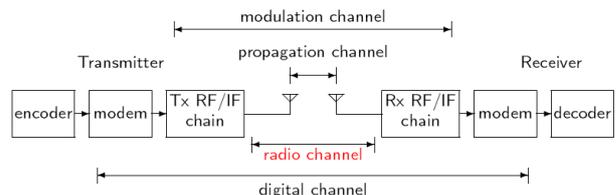


그림 1. 채널의 분류

히, MIMO 시스템에 적합한 안테나를 설계하기 위해서는 안테나의 패턴 및 커플링 효과가 무선 채널에 주는 영향을 분석할 필요가 있다. 이를 위해서는 다양한 안테나를 사용하여 실제 채널 측정을 수행해야 하지만 시간과 비용이 많이 소요된다. 따라서 본 논문에서는 실제 채널 측정을 수행하지 않고도 무지향성 다이폴 안테나를 사용한 채널 측정 데이터로부터 다양한 안테나를 사용할 때의 채널 데이터를 계산하여 안테나 간의 성능을 비교할 수 있는 방법을 제안한다.

### II. 본론

#### 2.1 안테나 간 커플링이 없는 경우

MIMO 채널의 임펄스 응답은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$H(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l \mathbf{a}(\theta_l) \mathbf{b}(\phi_l)^T \delta(t - \tau_l) \quad (1)$$

여기서  $L$ 은 다중 경로의 개수,  $\alpha_l$ 은  $l$ 번째 경로의 복소 채널 이득,  $\tau_l$ 은 지연 시간,  $\theta_l$ 은 도착각,  $\phi_l$ 은 출발각,  $\mathbf{a}(\theta_l)$ 와  $\mathbf{b}(\phi_l)$ 는 각각 수신 어레이 응답 벡터, 송신 어레이 응답 벡터를 나타낸다. 안테나 간 커플링이 미약하거나 없는 경우에 어레이 응답 벡터는 안테나 패턴 벡터  $\mathbf{g}(\theta)$ 와 어레이 벡터  $\mathbf{d}(\theta)$ 의 하다마드 곱으로 표현됨을 보일 수 있다. 예를 들어, 등간격 선형 어레이를 사용한 수신 어레이 응답 벡터는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \mathbf{a}(\theta) &= \begin{bmatrix} g_1(\theta) \\ g_2(\theta) \\ \vdots \\ g_{M_R}(\theta) \end{bmatrix} \odot \begin{bmatrix} 1 \\ \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda} d \cos\theta\right) \\ \vdots \\ \exp\left(j\frac{2\pi}{\lambda} (M_R - 1) d \cos\theta\right) \end{bmatrix} \\ &= \mathbf{g}(\theta) \odot \mathbf{d}(\theta) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서  $M_R$ 은 수신 안테나의 개수,  $\theta$ 는 도착각,  $g_i(\theta)$ 는  $i$ 번째 수신 안테나의 패턴을 나타내며, 송신 어레이 응답 벡터도 같은 방법으로 나타낼 수 있다. 이러한 채널 모델 가정 하에 무지향성 다이폴 안테나 ( $g_i(\theta)$ 는 상수)를 사용한 실측 채널 데이터로부터 ( $\alpha_l, \theta_l, \phi_l, \tau_l$ )을 추정 한 후, (2)로부터 다양한 안테나에 대한 어레이 응답 벡터를 계산하여 (1)의 채널 모델에 다시 대입하면 실제 채널 측정을 하지 않고도 다양한 안테나를 사용할 때의 채널을 계산할 수 있다. 이와 같은 방법으로 서로 다른 안테나 어레이 간의 성능을 비교할 수 있다.

### 2.2 안테나 간 커플링이 있는 경우

안테나 간 커플링을 무시할 수 없는 경우 커플링 효과를 고려한 어레이 응답 벡터는 다음과 같이 (2)의 어레이 응답 벡터에서 안테나 패턴이 변화된 것으로 볼 수 있다.

$$\mathbf{a}(\theta) = \tilde{\mathbf{g}}(\theta) \odot \mathbf{d}(\theta) \quad (3)$$

여기서  $\tilde{\mathbf{g}}(\theta)$ 는 안테나 간 커플링에 의해 변화된 안테나 패턴을 의미하며 이는 수학적 계산, 안테나 해석, 무반사실에서의 안테나 패턴 측정 등을 통해서 얻을 수 있다.

## III. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 실측 채널 데이터를 이용하지 않고

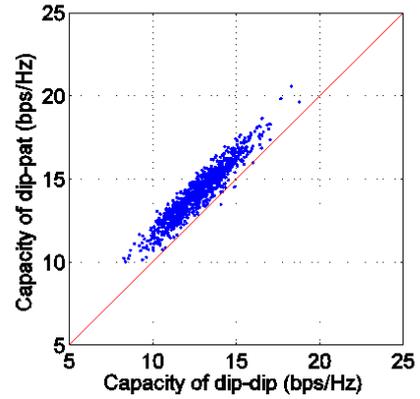


그림 2. 안테나 패턴에 따른 채널 용량의 변화

컴퓨터로 모의 실험한 수치결과만을 보여준다. 안테나 간의 성능 비교를 위해 안테나 간 커플링이 미약하다는 가정 하에 1,000개의 채널 파라미터 ( $\alpha_l, \theta_l, \phi_l, \tau_l$ )를 임의로 생성하여 서로 다른 안테나 조합에 대한 채널용량을 계산하였다. 모의 실험 결과 출발각이  $[-\pi/2, \pi/2]$ 일 때, 송, 수신단에 모두 다이폴 안테나를 사용할 때 보다 송신단에는 패치 안테나, 수신단에는 다이폴 안테나를 사용하면 그림 2와 같이 채널용량이 향상되었다.

## IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 채널사운딩을 통하여 측정된 MIMO 채널데이터로부터 채널파라미터를 추정 한 후, 안테나 패턴이 포함된 어레이 응답 벡터를 사용하여 다양한 안테나를 사용하였을 때의 채널을 계산하여 MIMO 안테나의 성능을 비교하는 방법을 제안하였다. 이를 이용하여 MIMO 시스템에 최적인 안테나를 설계하는 연구를 수행할 수 있다.

### 참고문헌

- [1] Steele and Hanzo, *Mobile Radio Communications*, WILEY, 1999.
- [2] Y. Y. Kang, S. H. Mo, and J. H. Cho, "Joint ML estimation of channel and RF chain responses", in *Proc. IEEE WCNC*, Las Vegas, NV, Mar. 31-Apr. 3, 2008.
- [3] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory: Analysis and Design*, 2nd. Ed., WILEY, 1997.