

MIMO-TDD 시스템에서의 시변 채널에 따른 적응형 Singular Value 추적 기법

한광희, 강충구
고려대학교 전파통신공학과
kh_han@korea.ac.kr, ccgkang@korea.ac.kr

Adaptive Singular Value Tracking Scheme in a Time-Varying MIMO-TDD System

Kwanghee Han and Chung Gu Kang
Radio & Communications Department, Korea University

요약

복수 개의 송수신 안테나를 이용한 무선 통신은 다수의 공간적인 부채널을 형성하여 공간적인 다중화를 실현함으로써 전송률을 증대할 수 있다. 이를 위해 Singular Value Decomposition (SVD)을 통하여 완벽한 공간적인 다중 채널을 제공할 수 있으나, 시변 채널에서는 SVD의 복잡도로 인하여 구현이 매우 복잡하다. 본 논문에서는 시변 채널을 겪는 MIMO-TDD 시스템에서, 채널에 대한 어떠한 정보도 없이, 일련의 후련 심볼만을 이용하여 공간상의 부채널들을 분리하기 위한 적응형 Singular Value 및 Singular Vector 추적 기법을 제안한다. 이 기법은 양방향 반복형 추적 기법으로서, 서로 통신하는 양측은 각각 자신의 공간상의 부채널 인자들을 추정하며 결국, 반복적인 방법에 의해 시변 채널의 Singular Value 및 Singular Vector를 추적한다. 이 기법으로 추정된 Singular Value들은 동적 전력 할당에 바로 이용될 수 있으며, 이 기법의 계산량은 채널 추정 기법과 SVD 알고리즘을 결합한 일반적인 방법에 비해 상당히 낮다.

I. 서론

복수 개의 송수신 안테나를 이용한 무선 통신은 다수의 공간적인 부채널을 형성하여 공간적인 다중화를 실현함으로써 전송률을 증대할 수 있다 [1],[2]. 이들 공간상의 부채널들은 SVD (Singular Value Decomposition)를 통해 분리될 수 있으며, 이는 QR 방식, Jacobi 방식, Tridiagonal 방식 등 다양한 형태로 구현될 수 있다 [3],[4]. 그러나 이들 대부분의 알고리즘은 완전한 채널 정보를 알고 있어야 할 뿐 아니라, 실제의 시변 채널 환경에 적용하기에는 너무 복잡하다. [5]에 따르면 송신 채널과 수신 채널이 동일한 대칭적인 상황에서는 통신 양측간에 반복적인 신호 전송을 통해 다수의 공간상 부채널들 중에서 최대의 이득을 갖는 부채널의 Singular Value 및 Singular Vector들을 찾아낼 수 있으며, 또한 [6]에서는 이러한 특성을 이용하여 SVD 알고리즘의 계산량을 줄이기 위한 적응형 SVD 추적 기법이 제안되었다. 그러나, 이 기법은 Blind 방식으로서, 송신신호들의 전력이 일정해야 하는 기본 가정을 전제로 한다. 따라서, "Water-Filling" 형태의 응용, 특히, 개별 송신 심볼에 전력 할당이 적용될 경우에는 이와 같은 가정이 성립하지 않기 때문에 이 방식을 직접 적용할 수 없다. 또한, 이 기법에서 취하고 있는 전송 심볼 구간 단위의 송/수신 전환은 실제의 시분할 시스템에서는 상당한 보호 시간을 요구하여 오버헤드를 가중시키게 된다. 이에 본 논문에서는 "Water-Filling" 형태의 응용이 가능한 새로운 형태의 SVD 추적 기법을 제안한다. 이 기법은 시분할 복수 안테나(MIMO-TDD) 시스템에서 채널에 대한 어떠한 정보도 없다는 가정 아래, 송신단 및 수신단간의 연속적인 후련 심볼의 교환에 근간을 둔 양방향의 반복형 추적 기법이다. 본 기법을 적용하여 시변 채널에서도 슬롯 단위의 추정 기법을 반복적으로 적용하여 Singular Value 및 Singular Vector

를 추적할 수 있다.

본 논문의 II절에서는 시스템 모델 및 SVD를 통한 공간상의 부채널 분리에 대하여 소개하고, III절에서는 시변 시분할 복수 안테나 시스템에서의 적응형 기법을 제안한다. IV절에서는 모의 시험 결과들을 제시하며, V절에서 결론을 내린다.

II. 시스템 모델 및 공간상의 부채널 분리

송신단에 M 개의 안테나 및 송신 필터를, 수신단에 N 개의 안테나 및 수신 필터를 가진 복수 안테나 시스템을 고려한다. \mathbf{x} 는 $(N \times 1)$ 변조 심볼 벡터, \mathbf{G} 는 $(M \times N)$ 송신 필터 행렬이라고 하면 송신 신호 벡터는 다음과 같이 주어진다.

$$\mathbf{t} = \mathbf{G}\mathbf{x} \quad (1)$$

한편, $(N \times M)$ 채널 행렬을 \mathbf{H} 로 나타내면, 수신 벡터는 다음과 같이 주어진다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{t} + \mathbf{n} \quad (2)$$

여기서, \mathbf{n} 은 평균이 0 이고 분산이 σ^2 인 $(N \times 1)$ AWGN 벡터를 나타낸다. \mathbf{M} 을 $(N \times N)$ 수신 필터 행렬이라고 하면, $(N \times 1)$ 추정 심볼 벡터를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\hat{\mathbf{x}} = \mathbf{M}\mathbf{r} \quad (3)$$

식 (1),(2),(3)의 MIMO 시스템은 그림 1 의 시스템 모델을 따른다.