OFDM 시스템에서의 적응형 채널 추정 기법

장동환, 최계원*
성균관대학교
chosun@csu.ac.kr, *shilla@slu.ac.kr

An Adaptive Method for Channel Estimation in OFDM Systems

Donghwan Jang, Kaewon Choi*
Sungkyunkwan University.
enfbenfb@skku.edu, *kaewonchoi@skku.edu

요 약

본 논문에서는 다양한 전파 환경에서도 정확성을 갖는 OFDM 에서의 적응형 채널 추정 기법을 제안한다.

Ⅰ. 서 론

계산 복잡도를 줄이기 위해 채널은 저차원 공간에서 추정된다. 그러므로, 적절한 차원을 선택하는 것은 채널 추정에서 중요하다. 이를 위해, 제안된 방법은 LoS 및 NLoS 환경 모두를 효과적으로 처리할 수 있도록 차원을 적응적으로 조정한다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안된 기법의 유효성을 검증한다.

Ⅱ. 본론

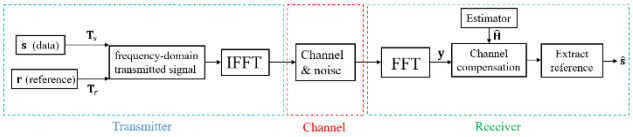

그림 1. 시스템 모델

하나의 OFDM 심볼에 대해 살펴보면, 그림 1 과 같이 주파수 영역 수신 신호는 다음과 같다.

$$\mathbf{y} = \mathbf{H}(\mathbf{T}_r\mathbf{r} + \mathbf{T}_s\mathbf{s}) + \mathbf{n} \tag{1}$$

여기에서 $\mathbf{H}$ 는 주파수 영역 채널 행렬을 나타낸다. 채널은 주파수 영역에서 대각행렬이다. 따라서, $\mathbf{H}$ 는 주파수 영역 채널 벡터 $\mathbf{h}$의 대각 행렬이 된다.

$$\mathbf{h} = \sqrt{N}\mathbf{F}_\mu\boldsymbol{\mu}. \tag{2}$$

(2)에서 N는 서브캐리어의 수를, $\mathbf{F}_\mu \in \mathbb{C}^{N\times M}$는 FFT 의 처음 M개 열로 구성된 부분 FFT 행렬을, $\boldsymbol{\mu}$는 저차원 시간 영역 채널 벡터이다. 이는, 채널이 시간 영역에서 앞부분에 대부분의 에너지를 가지는 특성을 기반으로, M 개의 채널 성분을 추정하는 것으로도 충분하다. 식 (1)에 $(\mathbf{T}_r)^\mathrm{T}$을 곱하고, (2)를 사용하면,

$$(\mathbf{T}_r)^\mathrm{T}\mathbf{y} = \sqrt{N}(\mathbf{T}_r)^\mathrm{T}\boldsymbol{diag}(\mathbf{T}_r\mathbf{r})\mathbf{F}_\mu\boldsymbol{\mu} + \tilde{\mathbf{n}}. \tag{3}$$

식 (3)을 정리하고, 이를 LMMSE 추정기로 나타내면,

$$\boldsymbol{\xi} = \mathbf{C}\boldsymbol{\mu} + \tilde{\mathbf{n}}. \tag{4}$$

$$\hat{\boldsymbol{\mu}} = \mathbf{C}^H(\mathbf{C}\mathbf{C}^H + \sigma_n\mathbf{I})^{-1}\boldsymbol{\xi}. \tag{5}$$

그러나, M을 지연 확산이 긴 채널을 수용하기 위해 너무 크게 선택하면, flat-fading 채널 환경에서 통신 성능이 저하될 수 있다. 이를 해결하기 위해 참조 신호의 평균 제곱 오차 (MSE)를 정해진 임계값과 비교하여 M 을 적응적으로 조절한다.

$$MSE = \left|\mathbf{r} - \frac{(\mathbf{T}_r)^T\mathbf{y}}{(\mathbf{T}_r)^T\hat{\mathbf{H}}}\right|^2 \tag{6}$$

그림 2 는 제안된 적응형 기법이 NYUSIM 채널 모델 [1]에 의해 생성된 채널을 추정하는 데 있어 우수한 성능을 달성함을 보여준다.

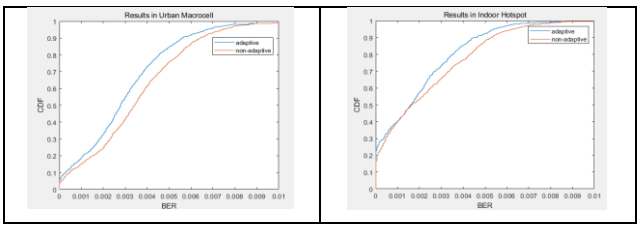

그림 2 시뮬레이션 결과

Ⅲ. 결론

제안된 방법은 다양한 전파 환경에서 채널 차원을 적응적으로 조정함으로써 저복잡도 이면서 견고한 채널 추정을 달성한다. NYUSIM 모델을 활용한 시뮬레이션 결과는 Urban Macrocell (UMa) 및 Indoor Hotspot (InH) 시나리오 모두에서 본 기법의 유효성을 확인시켜준다.

ACKNOWLEDGMENT

This research was supported by the SungKyunKwan University and the BK21 FOUR(Graduate School Innovation) funded by the Ministry of Education(MOE, Korea) and National Research Foundation of Korea(NRF).

참 고 문 헌

[1] S. Ju, O. Kanhere, Y. Xing, and T. S. Rappaport, “A millimeter- wave channel simulator NYUSIM with spatial consistency and human blockage,” in Proc. GLOBECOM’2019, Waikoloa, HI, USA, Dec. 2019.