

대량 다중 안테나 시스템을 위한 환경 맞춤형 채널 정보 피드백

정식현, 주현규, 김선우, 심병효
서울대학교

{shjeong, hkjoo, swkim}@islab.snu.ac.kr, bshim@snu.ac.kr

Environment-Aware CSI Feedback for Massive MIMO Systems

Seokhyun Jeong, Hyungyu Ju, Sunwoo Kim, and Byonghyo Shim
Seoul National Univ.

요약

본 논문은 다양한 환경에서 대량 다중 안테나 (Massive MIMO) 시스템의 채널 정보 (CSI) 피드백 정확도를 향상시키는 기법을 제안한다. 제안하는 기법의 핵심 아이디어는 자동 환경 인식 모델을 활용하여 채널의 특성을 몇 가지 군 (group)으로 나눈 후 각 카테고리에 적합한 딥러닝 기반 채널 복원 모델을 적용하는 것이다. 하나의 복원 모델은 특정 범위의 지연시간 (time delay)과 출발각 (AoD) 을 가지는 채널을 복원하는 데에 특화되어 있어, 채널 복원의 정확도를 향상시킬 수 있으며, 실험결과를 통해 이를 확인하였다.

I. 서론

6G 통신의 높은 데이터 전송 속도를 실현하기 위해 대량 다중 안테나 시스템이 많은 각광을 받고 있다. 대량 다중 안테나 시스템이 작동하기 위해서는 기지국에서의 하향링크 채널 정보 (CSI) 획득이 필수적이다. 하향링크와 상향링크 간 채널 호환성이 없는 주파수 분할 다중화 (FDD) 시스템에서 기지국이 채널 정보를 획득하기 위해서는 단말 측에서 기지국으로 채널 정보를 피드백해주어야 한다. 이 때 채널 피드백의 크기는 안테나의 개수에 비례하므로 [1], 대량 다중 안테나 시스템에서는 채널 피드백을 압축해서 보내는 것이 불가피하다. 이에 따라 압축 및 복원 과정에서 채널 정보의 손실을 최소화하는 지능형 채널 피드백 기법이 제안되고 있다 [2].

본 논문에서는 다양한 환경에서 발생하는 채널을 몇 개의 군 (group)으로 분류한 후, 각 군에 맞는 딥러닝 기반 채널 복원 모델을 적용하는 자동 환경 맞춤형 채널 피드백을 제안한다. 구체적으로, 단말에서는 합성곱 신경망 (Convolutional Neural Network) 기반 채널 압축을 통해 코드워드를 만들어 기지국으로 보내고, 기지국에서는 채널 분포 추출기 (Distribution Extractor)와 환경 인식기 (Environment Identifier)를 통해 채널의 특성을 파악한다. 이 특성에 맞는 채널 복원 모델을 선택한 후 그 모델을 이용하여 최종적으로 복원된 채널을 생성한다. 이러한 채널 맞춤형 복원 모델을 통해 기존 기법 대비 더 높은 채널 피드백 정확도를 달성할 수 있다.

II. 본론

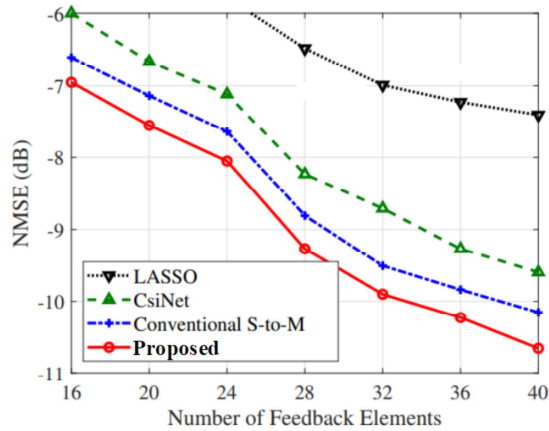
본 논문의 목적은 실제 환경에서 존재하는 대량 다중 안테나 시스템 채널의 피드백 크기를 줄임과 동시에 피드백의 정확도를 향상시키는 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 자동 환경 인식 모델을 통해 채널을 유동적으로 분류한다. 6G 통신에서는 높은 주파수 대역을 사용하므로 채널의 특성이 지연시간 (time delay), 출발각 (AoD) 등 몇 가지 파라미터로 표현되므로, 이 지연시간과 출발각의 분포를 기준으로 채널을 분류한다.

자동 환경 인식 모델은 채널 분포 추출기와 환경 인식기로 구성되어 있다. 채널 분포 추출기는 단말로부터 전달받은 코드워드를 보고 채널의 지연시간과 출발각의 분포를 출력하는 딥러닝 모델이며, 완전 연결 계층 (Fully connected layer)과 활성화함수 3 층으로 구성되어 있다. 환경 인식기는 채널 분포 추출기의 출력을 토대로 채널이 어떤 군에 속하는지 판단하는 모델이다. 환경 인식기를 학습하기 위해서는 K-Means 클러스터링 방법을 이용한다.

자동 환경 인식 모델을 통해 채널의 군을 파악하였다면, 그 군에 해당하는 맞춤형 채널 복원 모델을 통해 채널을 복원한다. 예를 들어, 기지국에서는 총 N 개의 맞춤형 채널 복원 모델 f_1, f_2, \dots, f_N 을 가지고 있고, 자동 환경 인식 모델을 통해 파악한 채널의 군이 i 번째 군이라면 f_i 를 통해 채널을 복원한다.

그림 1에서는 피드백 크기에 따른 자동 환경 맞춤형 채널 피드백과 기존 채널 피드백 기법의 NMSE 를 비교하였다. 실험 결과 제안하는 기법이 기존 채널 피드백 기법들보다 좋은 채널 피드백 정확도를 달성하였다. 예를 들어, 채널 피드백 크기가 32 일 때

기존의 압축 센싱 및 딥러닝을 이용한 채널 피드백 기법 대비 각각 3dB, 1dB의 NMSE 이득을 얻었다. 이는 제안하는 자동 환경 맞춤형 채널 피드백 기법이 각 채널에 특화된 채널 복원 모델을 적용했기 때문이다.



III. 결론

본 논문에서는 6G 대량 다중 안테나 시스템을 위한 자동 환경 맞춤형 채널 피드백 기법을 제안하였다. 자동 환경 인식 모델을 통해 채널의 특성을 파악하고, 각 특성에 맞는 채널 복원 모델을 적용함으로써 채널 피드백의 정확도를 효과적으로 향상시켰다. 실험 결과를 통해 제안하는 기법이 기존의 채널 피드백 기법에 비해 채널 복원 측면에서 우수한 성능을 나타냄을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] B. Lee, J. Choi, J. Seol, D. J. Love, and B. Shim, "Antenna grouping based feedback compression for FDD-based massive mimo systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 63, no. 9, pp. 3261-3274, 2015.
- [2] C. Wen, W. Shih, and S. Jin, "Deep learning for massive MIMO CSI feedback," *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 7, no. 5, pp. 748-751, 2018.