

## 무선 이미지 전송을 위한 딥러닝 기반의 향상된 결합 소스-채널 부호화

임수빈<sup>°</sup>, 김정현<sup>°</sup>, 송홍엽<sup>\*</sup>순천향대학교<sup>°</sup>, 연세대학교<sup>\*</sup>

{qlsl0519, kimjh}@sch.ac.kr, hysong@yonsei.ac.kr

## An Enhanced Joint Source-Channel Coding Based on Deep Learning for Wireless Image Transmission

Subeen Leem<sup>°</sup>, Junghyun Kim<sup>°</sup>, Hong-Yeop Song<sup>\*</sup>Soonchunhyang Univ.<sup>°</sup>, Yonsei Univ.<sup>\*</sup>

## 요약

본 논문은 무선 통신 시스템에서 이미지 전송을 위한 딥러닝 기반 결합 소스-채널 부호화 기법에 대해 다룬다. 특히, 기존 DJSCC-DN 기법보다 연산량이 감소되고 특징 추출 기능이 향상된 DJSCC-Advanced 모델을 제안한다. 실험을 통해 제안한 기법이 기존 기법보다 뛰어난 성능을 보임을 확인하였다.

## I. 서론

무선 통신 시스템에서 음성 및 이미지 정보를 전송하는 전통적인 부호화 기법에는 정보를 디지털 신호로 변환 및 압축하는 소스코딩과 채널의 다양한 특성에 의해 발생하는 오류를 검출 및 정정하기 위한 채널코딩이 있다. 복잡한 부호화 과정을 단순화시키기 위해 딥러닝 기반의 결합 소스-채널 부호화 기법인 DJSCC(Deep Joint Source-Channel Coding)[1]가 제안되었다. 해당 기법은 대역폭 압축률의 변화에도 급격한 성능 저하를 겪지 않는 장점이 있지만, 특정 채널에서는 여전히 전통적인 기법을 능가하지 못하는 한계가 있다.

그림 1은 DJSCC보다 더 나은 성능을 보이도록 제안된 DJSCC-DN[2] 구조이다. 해당 모델의 향상된 정도는 매우 미약하여 모델을 더욱 개선시킬 필요가 있다. 본 논문에서는 이미지 특징 추출 기능을 향상시키기 위해 층 간 연결을 하는 ResNet[3] 구조를 활용한다. 또한, 연산량을 감소시키기 위해 심층 CNN 구조인 GoogleNet[4], Xception[5], MobileNets[6] 등에서 사용한 1X1 크기의 필터를 제안 모델의 수신기에 도입하여 모델을 개선한다.

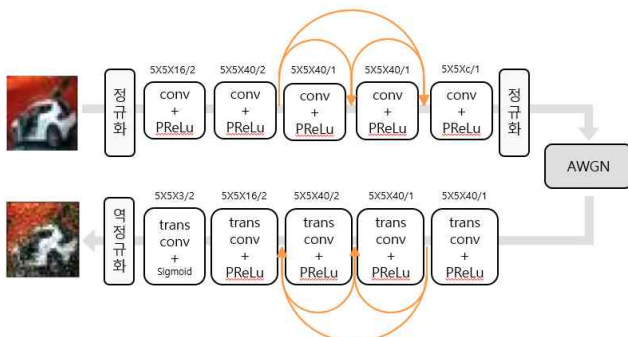


그림 1. DJSCC-DN 구조

## II. 본론

제안하는 DJSCC-Advanced 구조가 그림 2에 표현되어 있다. 송신기는 0~255의 픽셀 값을 갖는 송신 이미지를 0~1로 정규화를 한 후, 3개의 컨볼루션 층을 거쳐 평균 전력 제약 조건[7]을 만족하게 하는 정규화를 한다. 이어서 잡음채널로 전송한 후, 수신기는 3개의 전치 컨볼루션 층을 거쳐 픽셀 값을 역정규화 하여 수신 이미지를 만들어낸다. 각 블록 위의 표기는 (필터 가로X필터 세로X필터 수/스트라이드)를 의미하는데, 대역폭 압축률이 클수록 송신기의 마지막 층에 사용한 필터 수  $c$ 는 많아지게 된다.

이미지 특징 추출 기능을 향상시키기 위한 방법으로 송신기와 수신기에서 첫번째 층의 출력을 두번째 층에, 두번째 층의 출력을 세번째 층에 연결하였다. 또한 모델의 전체 파라미터 수 감소를 위해 수신기의 컨볼루션 층에 사용한 필터 크기를 1X1로 설정하였다. 이때, 지역적 특징을 활용하지 못하는 대신에 필터 수를 증가시켜 특징 추출에 효율적이도록 하였다. 이로 인하여 대역폭 압축률이 0.06일 경우, DJSCC-DN의 파라미터 수 369,699개에서 DJSCC-Advanced는 290,180개로 감소하여 모델이 단순화됨을 확인하였다.

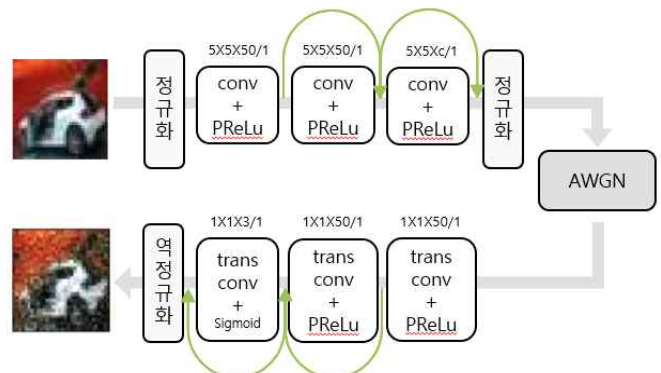


그림 2. 제안된 DJSCC-Advanced 구조

학습 및 테스트에 사용한 데이터셋은 32x32 크기의 컬러 이미지로 구성된 CIFAR-10이다. 학습 데이터로 50,000장, 테스트 데이터로 10,000장을 사용했다. 배치크기는 100으로 설정하고, 학습은 20회 반복하였다. 이때, 손실함수로 MSE를 사용하고, 학습률을 0.001로 설정한 Adam으로 모델을 최적화하였다. 신호 대 잡음 비(SNR-to-Noise, SNR)가 0dB, 10dB, 20dB인 경우와 대역폭 압축률이 0.06, 0.26, 0.49인 경우에서 각각 학습하였다.

송신 이미지와 수신 이미지 간의 손실 정보를 평가하기 위해 최대 신호 대 잡음 비(Peak Signal-to-Noise, PSNR)를 성능지표로 사용하였다. 그림 3과 4는 기존 기법인 DJSCC, DJSCC-DN과 제안하는 기법인 DJSCC-Advanced의 성능을 비교한 것이다.

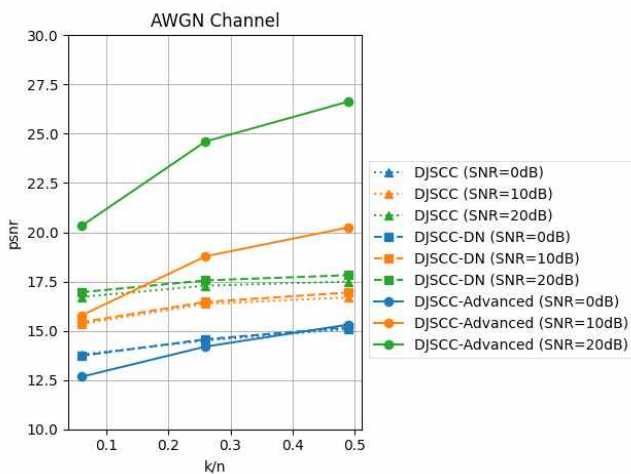


그림 3. 대역폭 압축률(k/n)에 따른 PSNR 성능 비교

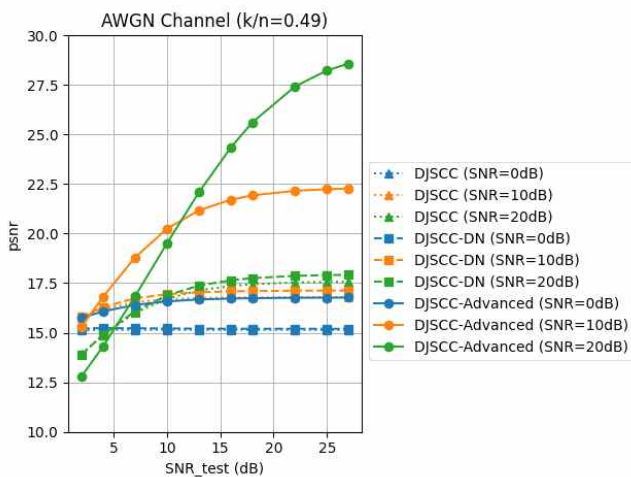


그림 4. 테스트 환경에서의 SNR에 따른 PSNR 성능 비교

먼저, 그림 3은 대역폭 압축률에 따른 성능을 비교한 것이다. 0dB 환경에서 대역폭 압축률이 작은 경우를 제외한 모든 채널 환경에서 제안 기법이 기존 기법 대비 더 나은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 특히 채널 환경이 좋을수록 제안 기법의 성능이 크게 향상되었다.

다음으로, 그림 4는 대역폭 압축률을 0.49로 고정하고 다양한 테스트 채널 환경에서 기존 기법과 제안하는 기법의 성능을 비교한 것이다. 학습된 각 모델에 대해 타겟 채널 환경과 유사한 테스트 환경에서 제안하는 기법이 기존 기법 대비 더 나은 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다. 그림 3과 마찬가지로 채널 환경이 좋을수록 이 격차는 크게 증가하였다.

### III. 결론

본 논문에서는 무선 통신 시스템에서 이미지 전송을 위한 딥러닝 기반 결합 소스-채널 부호화 기법인 DJSCC를 개선시킨 DJSCC-Advanced를 제안하였다. 다층으로 구성된 CNN 기반 송수신기 구조에 층 간 연결을 추가하고 수신기에 1X1 필터를 사용함으로써 모델을 단순화시키고 특징 추출 기능을 향상시켰다. 향후 추가 개선을 위하여 새로운 신경망 구조 활용과 AWGN 뿐만 아니라 다양한 채널 환경에서 성능 검증 등을 고려할 수 있다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No.2020R1A2C201196912).

### 참 고 문 헌

- [1] Bourtsoulatz, Eirina, David Burth Kurka, and Deniz Gündüz. "Deep joint source-channel coding for wireless image transmission." *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking* 5.3 (2019): 567-579.
- [2] 임수빈, 김정현, 송홍엽. "무선 이미지 전송을 위한 딥러닝 기반의 효율적인 결합 소스-채널 부호화," 제2회 한국 인공지능 학술대회, Sep. 2021.
- [3] He, Kaiming, et al. "Deep residual learning for image recognition." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2016.
- [4] Szegedy, Christian, et al. "Going deeper with convolutions." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2015.
- [5] Chollet, François. "Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions." *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*. 2017.
- [6] Howard, Andrew G., et al. "Mobilenets: Efficient convolutional neural networks for mobile vision applications." *arXiv preprint arXiv:1704.04861* (2017).
- [7] Kozintsev, Igor, and Kannan Ramchandran. "Robust image transmission over energy-constrained time-varying channels using multiresolution joint source-channel coding." *IEEE Transactions on Signal Processing* 46.4 (1998): 1012-1026.