

# 차세대 무선 통신을 위한 이미지 전송 상황에서의 심층 통합 소스-채널 코딩:연구 현황 및 과제

김재민, 이동현, 원동욱, 허동현, 김가현, 조혜지, 백정엽, 박수현\*, 조성래

중앙대학교, \*숙명여자대학교

{jmkim, dhlee, dwwon, dhur, ghkim, hjo}@uclab.re.kr, jpaek@cau.ac.kr,  
soohyun.park@sookmyung.ac.kr\*, srcho@uclab.re.kr

## Deep Joint Source-Channel Coding for Image Transmission in Next-Generation Wireless Communication:Current Research and Challenges

Jaemin Kim, Donghyun Lee, Dongwook Won, Donghyeon Hur, Gahyun Kim, Hyeji Jo

Jeongyeup Paek, Soohyun Park\*, Sungrae Cho

Chung-Ang University, \*SookMyung Women's University

### 요약

차세대 무선 통신의 효율적 이미지 전송을 위해 심층 통합 소스-채널 코딩(Deep-JSCC)은 중요한 기술로 주목받고 있다. Deep-JSCC는 소스와 채널 코딩을 통합하여 데이터 전송 효율성과 신뢰성을 극대화한다. Deep-JSCC는 차세대 통신 시스템에서 데이터 전송의 새로운 패러다임을 제시하며, 다양한 응용 분야에서의 발전 가능성을 제시한다. 본 논문은 Deep-JSCC의 기본 개념, 의미론적 통신 및 태스크 지향 통신과의 연관성, 5G 및 6G 네트워크에서의 적용 가능성, 그리고 실용화를 위한 기술적 과제를 다루고 있다.

### I. 서론

차세대 무선 통신 기술의 가파른 발전은 향상시킬 새로운 접근 방식을 요구하고 있습니다. 특히 이미지와 같은 대량 데이터 전송에 있어서 기존의 소스-채널 코딩 방식의 한계를 넘어서는 것이 필수적이다. 이러한 상황에서 딥러닝을 통해 소스 코딩과 채널 코딩을 통합하고 최적화하는 심층 통합 소스-채널 코딩(Deep Joint Source-Channel Coding, Deep-JSCC) 기술이 주목 받고 있다. 이 기술은 특히 이미지와 같은 대량 데이터를 보다 효율적으로 전송할 수 있도록 돕는다. 또한, 다양한 통신 환경에 맞게 적용할 수 있는 코딩 방식을 구현할 수 있다.

Deep-JSCC는 소스 코딩과 채널 코딩을 통합해 전송 효율을 극대화하는 것을 목적으로 하며, 이미지와 같은 대용량 데이터 전송에 특히 유리하다. 이 기술은 딥러닝 모델을 도입함으로써 다양한 통신 환경에 적용하기 쉬운 코딩 방식을 가능케 한다.

본 연구는 다양한 최신 연구를 바탕으로 Deep-JSCC의 발전 현황을 분석하고 차세대 무선 통신의 핵심 기법들의 잠재력에 대해 논의한다. 대표적인 기법으로, 의미론적 통신(Semantic Communications)은 데이터의 의미를 인식하고 전송하는 방식으로 효율성을 개선하고 [1]과 같은 연구에서 설명한다, 태스크 지향 통신(Task-Oriented Communications)은 특정 작업의 성능을 극대화하기 위해 데이터 전송 방식을 최적화하는 전략이다. 이러한 접근 방식들의 가능성은 [2]와 같은 연구에서 제시되고 있다.

마지막으로, 본 논문은 5G 및 6G와 같은 차세대 통신 네트워크에서 Deep-JSCC의 적용 가능성을 탐구한다. [3]에서는 이러한 최신 네트워크 환경에서의 소스-채널 코딩 기술의 혁신은 Deep-JSCC와의 통합을 통해 더욱 개선될 수 있다. Deep-JSCC의 전반적인 현황을 종합적으로 검토하고, 차세대 무선 통신 시스템의 발전 방향을 제시함으로써 기술적 과제들을

을 식별하고자 한다.

### II. 본론

소스 코딩의 목표는 데이터를 효율적으로 압축하는 것이며, 이는 주로 이미지, 비디오, 오디오 데이터의 저장 및 전송에 사용된다. 이 과정은 데이터에서 중복을 제거하여 용량을 최소화한다. 단편적으로, JPEG 이미지 압축은 주파수 영역에서 중요도가 낮은 정보를 제거하여 데이터를 효율적으로 압축한다. 이러한 압축 방식은 필요한 비트 수를 줄이면서도 중요한 정보를 유지하는 데 중점을 둔다.

채널 코딩은 외부의 간섭이나 노이즈로 인해 데이터가 왜곡되는 것을 방지하기 위해 데이터에 추가 정보를 더하는 기술이다. 이 기술은 데이터 전송의 신뢰성을 보장한다. 고급 채널 코딩 기법인 LDPC(Low-Density Parity-Check Matrix)와 Turbo 코딩은 데이터 전송 중 오류를 효과적으로 검출하고 수정하는 데 유리하다. 이러한 예시로 Turbo 코딩은 반복적인 디코딩 과정을 통해 발생할 수 있는 오류를 줄이는 데 효과적이다.

심층 통합 소스-채널 코딩(Deep-JSCC)은 소스 코딩과 채널 코딩을 통합하고 딥러닝 모델을 활용해 이 두 과정을 최적화하여 전송 효율성을 극대화하는 방법론이다. 이 접근 방식은 이미지와 같은 대용량 데이터 전송에 특히 유용하며, 변형된 오토인코더나 생성적 적대 신경망(GAN)을 사용하여 데이터 압축과 오류 정정을 동시에 수행할 수 있다[3].

의미론적 통신은 데이터의 실질적인 의미를 인식하고 전송하는 것을 목표로 하며, 이는 전송 효율성을 높이는 데 중추가 된다. 이러한 접근법은 특히 이미지 전송에 있어 큰 이점을 제공하며, 딥러닝 기반의 이미지 인식 모델을 사용하여 중요한 이미지 특성만을 추출하고 전송함으로써 대역폭을 절약하면서도 고품질의 이미지를 복원할 수 있다[4].

태스크 지향 통신은 특정 작업을 수행하기 위해 필요한 정보만을 전송하여 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 기술이다. 이는 6G와 같은 차세대 네트워크에서 중요하게 다루어지며, 지능형 서비스 제공에 핵심적인 역할이 기대된다. 이 모델은 다양한 통신 환경에서 유연하게 동작할 수 있다[5].

마지막으로, 5G 및 6G 네트워크는 높은 데이터 전송률, 낮은 지연 시간, 그리고 대규모 연결성을 특징으로 하며, 이러한 환경에서 Deep-JSCC는 데이터 전송 효율성을 더욱 극대화할 수 있다. 이 네트워크들은 다양한 주파수 대역과 고도화된 인프라를 활용하여 Deep-JSCC의 성능을 최적화하며, 특히 6G에서는 인공지능이 통신 시스템의 핵심 요소로 통합됨으로써 Deep-JSCC와 같은 딥러닝 기반 기술의 중요성이 더욱 커질 것이다.

### III. 결론

Deep-JSCC의 효과적인 실용화를 위해서는 몇 가지 기술적 도전과제들을 해결해야 한다. 첫 번째로, 딥러닝 모델의 복잡성을 줄이고 계산 비용을 최소화하는 것이 필수적이다. 두 번째로, 다양한 통신 환경에서 적응성과 신뢰성을 확보하는 것이 중요하다. 세 번째로, 실시간 데이터 처리 능력을 강화해야 한다. 이를 위해 하드웨어 가속기의 사용이나 분산 컴퓨팅 기술을 도입하는 것이 고려될 수 있다. 또한, 데이터 보안과 프라이버시 보호는 중대한 과제로 인식되고 있다.

본 논문은 이러한 기술적 과제들을 심도 있게 탐구하고, Deep-JSCC를 실질적으로 활용할 수 있는 구체적인 해결책을 제시함으로써 차세대 무선 통신 시스템의 발전에 기여하고자 한다. Deep-JSCC 연구는 통신 기술에 새로운 패러다임을 제시하고 있으며, 앞으로 다양한 응용 분야에서 이 기술의 잠재력을 확장할 수 있을 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGMENT

"본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터사업의 연구결과로 수행되었음" (IITP-2024-RS-2022-00156353, IITP-2024-RS-2023-00258639)

### 참고 문헌

- [1] Xu, Jialong, et al. "Deep joint source-channel coding for semantic communications." *IEEE Communications Magazine* 61.11 (2023): 42-48.
- [2] Shi, Yuanming, et al. "Task-oriented communications for 6G: Vision, principles, and technologies." *IEEE Wireless Communications* 30.3 (2023): 78-85.
- [3] Zhong, Xinchao, et al. "Joint Source-Channel Coding System for 6G Communication: Design, Prototype and Future Directions." *IEEE Access* (2024).
- [4] Yang, Wanting, et al. "Semantic communications for future internet: Fundamentals, applications, and challenges." *IEEE Communications Surveys & Tutorials* 25.1 (2022): 213-250.
- [5] Ma, Shuai, et al. "Task-oriented explainable semantic communications." *IEEE Transactions on Wireless Communications* (2023).