

V2V 통신에서 의미 기반의 통신을 위한 오토인코더

정창교, 나웅수*

국립 공주대학교, *국립 공주대학교

0322brad@smail.kongju.ac.kr, *wsna@kongju.ac.kr

Autoencoder for semantic-based communication in v2v communication

Jeong Chang Gyo Na Woong Soo*

Kongju National Univ., *Kongju National Univ

요약

기존 V2V 통신은 비트 단위 정확성을 중시하지만, 고속/밀집 환경에서는 통신 지연과 데이터 과부하 문제가 발생한다. 이를 해결하기 위해 **의미 기반 통신(Semantic Communication)**이 부상하고 있으며, 오토인코더는 이러한 목적에 부합하는 강력한 도구로 주목받고 있다.

I. 서론

자율주행 기술의 발전과 함께 차량 간 통신(Vehicle-to-Vehicle, V2V)은 안전한 주행과 교통 효율성 향상을 위한 핵심 기술로 주목받고 있다. 기존의 V2V 통신은 비트 또는 심볼 단위의 정확한 전송을 목표로 하나, 고속 주행 환경에서는 대규모 센서 데이터를 실시간으로 처리하고 전송하는 데 한계가 존재한다. 특히, Cooperative Awareness Message(CAM)와 같은 표준 메시지 형식은 높은 전송 빈도로 인해 네트워크 병목현상을 초래할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위한 대안으로 의미 기반 통신(Semantic Communication) 개념이 부상하고 있다. 이는 데이터의 모든 비트를 정확히 복원하는 대신, 의미가 훼손되지 않는 수준에서만 복원되면 충분하다는 접근 방식으로, 불필요한 정보의 전송을 줄여 통신의 효율성과 강건성을 동시에 확보할 수 있다. 이러한 패러다임 전환 속에서 **오토인코더(Autoencoder)**는 데이터의 의미를 효과적으로 압축하고 복원할 수 있는 구조로 주목받고 있다. 본 논문에서는 오토인코더 기반 의미 통신 기술의 최근 연구 동향을 살펴보고, 특히 V2V 환경에서의 적용 가능성을 고찰하고자 한다.

II. 본론

Rajesh G. 외 [1]는 V2V 환경에서 통신 효율성과 보안성을 향상시키기 위한 방법으로 오토인코더(AE) 기반의 데이터 압축 프레임워크를 제안하였다. 제안된 방식은 차량 간 통신 초기에 AE 모델 자체를 전송한 후, 이후에는 잠재 표현(latent vector)만을 전송함으로써 통신 부담을 줄이고 보안성을 강화한다. 실험 결과, 다양한 AE 구조 중에서 Denoising AE가 가장 낮은 평균제곱오차(MSE)를 기록하여 가장 우수한 압축 성능을 보였다. 특히 이 방법은 고속 주행 및 밀집 교통 상황에서 데이터 전송량을 줄이면서도 높은 보안성을 유지할 수 있다는 점에서 높은 실용성을 갖는다.

Xie et al. [2]는 딥러닝 기반 엔드투엔드 통신 시스템인 **Deep Semantic Communication(DeepSC)**을 제안하였다. 이 시스템은 비트 수준의 정확한 복원이 아닌, 문장의 의미를 전달하는 데 중점을 두며, 송신기에는 의미 인코더 및 채널 인코더가, 수신기에는 채널 디코더와 의미 디코더가 포함된다. DeepSC는 Transformer 기반 구조를 활용하며, 기존 BLEU 점수보다 실제 의미 복원력을 더 잘 반영하는 문장 의미 유사도(Sentence

Similarity) 지표를 도입하였다. 실험을 통해 DeepSC는 특히 낮은 신호대잡음비(SNR) 환경에서 뛰어난 성능을 보였으며, 전이 학습을 통해 다양한 채널 환경에서도 높은 적응력을 갖는 것으로 확인되었다.

Kingma & Welling [3]은 Auto-Encoding Variational Bayes (AEVB) 알고리즘을 통해 **Variational Autoencoder(VAE)**의 기반을 제시하였다. 본 알고리즘은 SGVB(Stochastic Gradient Variational Bayes) 추정기와 **재매개변수화 기법(reparameterization trick)**을 활용하여, 연속형 잠재 변수에 대한 효율적인 학습과 추론을 가능하게 한다. 이러한 접근은 의미 기반 통신에서 의미 보존을 위한 잠재 공간 표현 학습에 매우 적합하며, 다양한 도메인에서의 적용 가능성을 보여준다.

III. 결론

의미 기반 통신은 차세대 V2V 통신의 핵심 패러다임으로 부상하고 있으며, 오토인코더 기반의 다양한 기술들은 이러한 개념의 구현 가능성을 뒷받침하고 있다. 단순한 비트 전송이 아닌 의미 중심의 정보 전달을 통해, 통신 효율성 증대, 지연 최소화, 보안성 향상 등의 측면에서 기존 통신 방식의 한계를 극복할 수 있다. 앞으로는 VAE, Transformer, GNN과 같은 다양한 신경망 기반 구조들과의 융합을 통해 더욱 강인하고 유연한 의미 기반 V2V 통신 시스템으로의 발전이 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학 ICT 연구센터육성지원사업(IITP-2025-RS-2022-00156353) 및 2025년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(RS-2019-NR040074)

참고 문헌

- [1] Rajesh G, George Eldho John, "Autoencoders for Compressed Transmission of Vehicular Data," 2024 3rd Int. Conf. on Power, Control and Computing Technologies (ICPC2T).
- [2] H. Xie, Z. Qin, G. Y. Li, B. H. Juang, "Deep Learning Enabled Semantic Communication Systems," IEEE Trans. Signal Processing, vol. 69, pp. 2663 - 2675, 2021.

- [3] D. P. Kingma, M. Welling, "Auto-Encoding Variational Bayes," Proc. ICLR, 2014.