

Bi-GRU 기반 채널코딩 자동인식 연구

차은재¹, 변예린¹, 김한얼¹, 채명호², 임완수^{*1}

¹성균관대학교 전기전자공학부, ²국방과학연구소

*wansu.lim@skku.edu

Research on Bidirectional-GRU-based Automatic Channel Coding Recognition

EunJae Cha¹, Yerin Byeon¹, Haneol Kim¹, Myoungcho Chae², Wansu Lim^{*1}

¹Sungkyunkwan University, ²Agency for Defense Development

요 약

적응형 채널코딩 기법은 채널 상태에 따라 채널코딩을 변경하는 기술로, 무선 통신의 효율성을 높이는 기술로 주목받고 있다. 최근에는 CNN, DNN과 같은 딥러닝 기법을 적용한 연구가 진행되고 있으나, 기울기 소실 등의 여러 단점으로 인해 채널코딩을 인식하는 정확도가 낮다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문은 양방향으로 시계열 특성을 반영하는 Bi-GRU를 이용해 채널코딩 자동인식 기법을 제안한다.

I. 서 론

최근 무선 통신 시스템에서는 사용자 급증으로 인해 채널 대역폭의 효율적 사용이 중요해지고 있다. 이를 위해 다양한 연구가 진행되고 있으며, 특히 채널 상태에 따라 채널코딩을 변경하는 적응형 채널코딩 기법이 주목받고 있다. 그러나 적응형 채널코딩을 사용하면 채널코딩 파라미터 정보를 수신로 전송해야 하므로 대역폭 사용이 늘어나는 단점이 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위해 송신부에서 채널코딩에 대한 정보를 전송하지 않아도 수신부에서 채널코딩을 자동으로 인식하는 기법이 활발히 연구되고 있다^[1-4].

최근에는 CNN, DNN과 같은 딥러닝 기법을 적용하여 성능을 높이고 있다^[1-2]. 그러나 이러한 딥러닝 모델들은 기울기 소실 등의 여러 단점으로 인해 채널코딩의 성능을 제한한다. 이러한 단점을 해결하기 위해 RNN이 제안되었다^[3-4]. RNN의 변형인 GRU 모델은 채널코딩 유형 중 시계열 데이터인 콘볼루션 코드에 적합하며, 시퀀스의 길이가 길어질 때 생기는 장기 의존성 문제에도 강인하다. 그리고 RNN에서 LSTM, LSTM에서 GRU로 변화를 거듭할수록 경량화되면서 복잡도 및 수행시간도 감소했다. 본 논문은 GRU의 양방향성을 모두 고려한 Bi-GRU 모델을 사용하여 채널코딩 자동인식 기법을 제안한다.

II. Bi-GRU 기반 채널코딩 인식 알고리즘

채널코딩은 Convolution 기법을 사용하였고, MatLab을 이용해 표 1에 정리한 3가지 파라미터 유형의 Convolution 데이터를 생성하였다. 각 유형은 채널 왜곡 및 AWGN 잡음이 있는 환경에서 SNR을 -20dB에서 20dB까지 1dB씩 증가하며 각 SNR에서 1200개씩 샘플을 생성하였다. 각 샘플은 128개 이진 데이터로 구성하였다. 데이터셋은 전체 데이터셋을 100이라고 했을 때, 훈련, 검증, 테스트 비율을 각각 56:24:20으로 분할하였다.

표 1. 논문에서 사용한 채널코딩 방식 및 파라미터

Type	Parameters
Convolution	C(2,1,3)[5,7], C(2,1,4)[13,17], C(2,1,5)[27,31]

그림 1은 제안한 Bi-GRU 기반 채널코딩 자동인식 구조이며, 작동 방식은 다음과 같다. GRU는 입력으로 (시퀀스 수, 특성 수) 차원을 받기 때문에 128 길이의 이진 데이터를 Reshape층을 거쳐 (64, 2) 차원으로 변경하여 입력을 수신한다. GRU shell을 순차적으로 거쳐 시계열 데이터에서 특징 및 패턴을 추출하는 과정을 수행한다. GRU의 출력 시퀀스를 다음 층의 유닛에 각각 반환하는 파라미터인 return_sequences를 True로 설정하면서 각 노드의 출력을 반환한다.

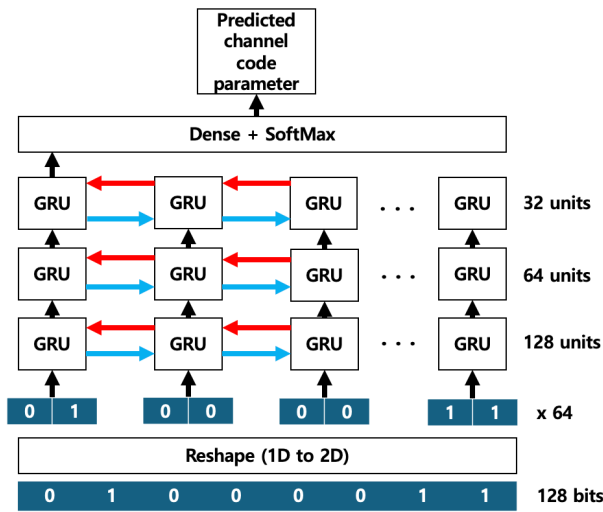


그림 1. 제안한 Bi-GRU 모델 구조

이후 층의 깊이가 깊어질수록 Unit 수를 2로 나누면서 더 넓은 시간 간격의 특성까지 추출한다. 이렇게 추출한 특성 정보는 Dense layer에 입력되어 softmax 활성화 함수를 이용해 각 클래스의 확률을 반환해서 채널코딩을 자동으로 분류한다.

III. 실험

표 2. 논문에서 사용한 하이퍼 파라미터

Parameter	Value
Epochs	50
Batch Size	16
Optimizer	Adam(learning_rate = 0.002)
Loss Function	sparse_categorical_crossentropy
Callbacks	EarlyStopping, Reduce_Lr

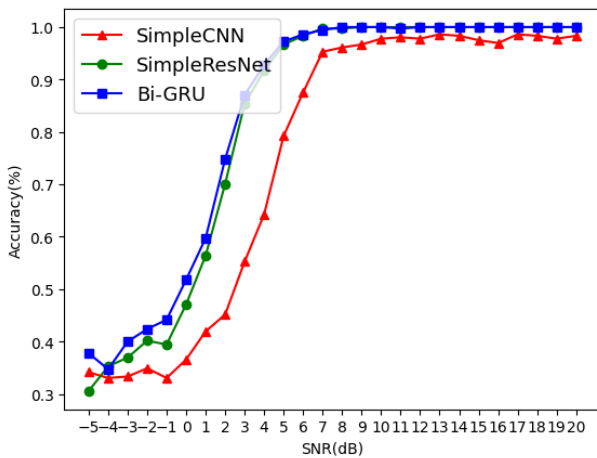


그림 2. Bi-GRU와 타 모델의 정확도 그래프

표 2는 실험에 사용한 하이퍼 파라미터 목록이다. 그 중에서 Callbacks는 모델 학습시 부를 수 있는 객체들의 집합이다.

EarlyStopping은 과적합을 막기 위한 기능으로, 본 실험에선 검증 손실이 10회 감소하지 않으면 현재 에포크와 상관없이 즉시 훈련을 종료하고, 가장 최적의 가중치를 복원한다. Reduce_Lr은 옵티마이저의 학습률을 조정하는 기능으로, 검증 손실이 5회 감소하지 않으면 학습률을 현재 학습률의 10%로 감소시킨다.

그림 2는 SNR별 RNN과 타 모델(SimpleCNN, ResNet)의 테스트 데이터셋 대상 채널코딩 유형 인식 평균 정확도 그래프이다. High SNR(7dB ~ 20dB) 구간에서 모든 모델이 정확도 100%, Low SNR(-20dB ~ -6dB) 구간에서 정확도 30%에 수렴하는 건 동일하다. 하지만 Bi-GRU는 Noise Power가 Signal Power보다 강해지는 Middle SNR(-5dB ~ 6dB) 구간에서 SimpleCNN보다 평균 10% 높은 정확도를 보이고, ResNet보다 낮은 층 깊이에도 불구하고 밀리지 않는 정확도를 보인다.

IV. 결론

본 논문은 Bi-GRU 모델을 기반으로 하는 채널코딩 자동인식 기법을 제안한다. 제안한 Bi-GRU는 GRU shell과 Bidirectional Filter를 이용하여 데이터에서 특징 및 패턴을 추출하고, 마지막 Dense layer에서 추출된 특징들을 사용하여 복잡한 시계열 패턴을 모델링하고 채널코딩의 분류를 수행한다. Bi-GRU는 낮은 복잡도로도 준수한 정확도를 달성하는 것으로 보아 채널코딩 유형 인식에 적합한 경량 모델이라고 할 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 방위사업청의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (311JJ5-912967201)

참고문헌

- [1] Jiao Wang, Jianqing Li, Hao Huang, Hong Wang, "Fine-grained recognition of error correcting codes based on 1-D convolutional neural network," *Digital Signal Processing*, vol. 99, Apr. 2020. (<https://doi.org/10.1016/j.dsp.2020.102668>)
- [2] Jiao Wang, Chunrui Tang, Hao Huang, Hong Wang, Jianqing Li, "Blind identification of convolutional codes based on deep learning," *Digital Signal Processing*, vol. 115, Aug. 2021. (<https://doi.org/10.1016/j.dsp.2021.103086>)
- [3] B. Shen, H. Wu, C. Huang, "Blind Channel Codes Recognition via Deep Learning," *IEEE Journal On Selected Areas In Communications*, vol. 39, no. 8, pp. 2421-2433, Aug. 2021. (<https://doi.org/10.1109/JSAC.2021.3087252>)
- [4] Mei, F, Chen, H, Lei, Y, "Blind Recognition of Forward Error Correction Codes Based on Recurrent Neural Network," *Sensors*, vol. 21, no. 11, 2021. (<https://doi.org/10.3390/s21113884>)