

이동통신 기지국의 리소스 관리를 위한 인공지능 모델 연구

김태정, 나지현
한국전자통신연구원

taejungkim@etri.re.kr, jhna@etri.re.kr

A Study on Artificial Intelligence Models in Radio Access Network

Tae Jung Kim, Jee Hyeon Na
Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)

요 약

5G-Advanced 및 6G 로 향하는 진화된 이동통신 기술과 인공지능 기술의 발전으로 통신과 인공지능 기술이 융합되는 차세대 네트워크 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 이러한 기술 융합은 네트워크 효율성과 성능을 극대화하여 혁신적인 서비스를 제공할 수 있게 한다. 따라서 본 논문에서는 이동통신 기지국의 트래픽 예측을 위한 인공지능 모델들을 제시한다. 네트워크 트래픽 예측은 네트워크의 자원 관리, 과부하 제어, 에너지 절감 등 차세대 지능형 네트워크 운영을 실현하기 위한 핵심 요소로 인공지능 기술을 활용한 정확한 예측이 요구되고 있다.

I. 서론

최근 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 5G-Advanced(Release 18)를 발표하며, 5G 네트워크 성능을 크게 향상시키고 6G 표준화의 기반이 될 차세대 이동통신 기술 표준을 정의했다[1]. 5G-Advanced 표준에서는 네트워크 성능 향상을 위한 다양한 기술뿐만 아니라, 네트워크의 지능화를 위한 인공지능(AI, Artificial Intelligence)과 머신러닝(ML, Machine Learning) 기술도 논의되었다[1,2]. 3GPP 는 점진적으로 5G 네트워크 기술을 향상시키고, 다양한 산업 및 응용 분야의 요구를 충족시키기 위해 네트워크 기술과 인공지능 기술을 도입할 계획이다.

또한, 모바일 중심의 고품질 서비스 가속화와 ICT 중심의 산업 융합으로 인해 데이터 활용이 증대되면서 이동통신 네트워크의 트래픽(Traffic) 수요가 더욱 늘어날 것으로 예상된다. 트래픽의 증가는 서비스 품질을 저하시킬 수 있는 요인이며, 이를 해결하기 위해 기지국의 용량 증설 및 효율적인 운영이 필요하다. 정확하고 신뢰할 수 있는 트래픽 예측은 미래의 트래픽 관리 계획을 위한 기지국의 자원 관리와 에너지 절감을 통한 네트워크 운영으로 보다 효율적이고 지능적인 차세대 네트워크 생태계를 만들어 나갈 수 있을 것이다.

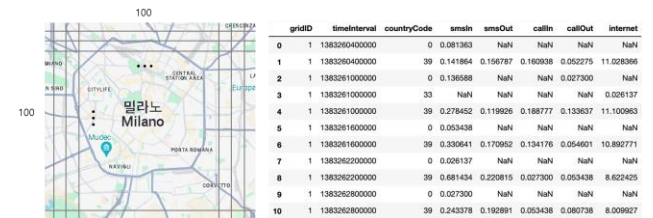
본 연구에서는 차세대 지능형 기지국 구축 및 운영을 위한 트래픽 예측 인공지능 모델을 제시하며 앞으로의 발전 방향에 대해서 논의한다.

II. 본론

본 논문에서는 시계열 데이터 기반의 지도학습 인공지능 모델인 LSTM (Long-Short Term Memory)[3]과 Transformer[4]를 구현하고 트래픽

예측을 검증하였으며, 기지국의 공간적 특성 분류를 위한 비지도 학습 기반의 SOM(Self Organizing Map)[5]을 통해서 기지국의 트래픽 특성을 분류 가능성을 검증하였다.

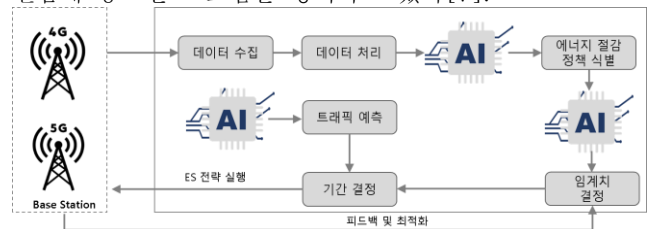
본 연구에서 인공지능 모델을 학습시키기 위한 데이터는 Telecom Italia 에서 이탈리아 밀란(Milan)의 기지국들에 대한 트래픽 정보를 수집한 데이터셋을 사용했다[6]. 이 트래픽 데이터는 100x100 그리드로 공간적으로 구분하였고, 10 분 간격으로 수집한 시공간적 정보를 담고 있다.



[그림 1] 이탈리아 밀란노 기지국 트래픽 데이터셋

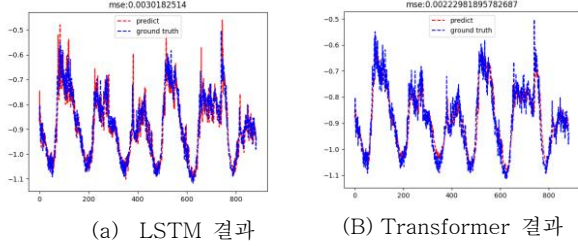
A. 트래픽 예측 모델

트래픽에 따른 기지국의 리소스 제어는 사용자의 품질 개선과 무선 네트워크 자원 에너지 절감 측면에서 중요한 요소이다. 그림 2 는 ITU-T 에서 정의한 에너지 절감 방법으로 정확한 트래픽 예측이 기지국의 에너지 절감에 중요한 요소임을 명시하고 있다[7].



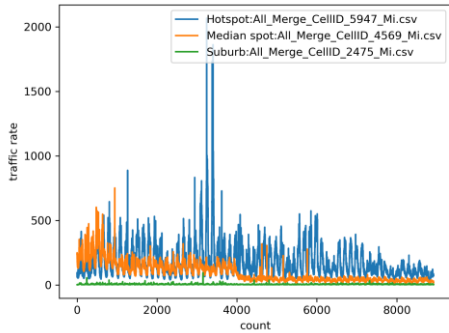
[그림 2] AI 기반 에너지 절감 절차

본 연구에서는 기지국의 트래픽 예측하기 위해 시계열 예측에 강인한 LSTM 과 Transformer 모델을 사용한 방법을 제안한다. 제안한 모델들은 이탈리아 트래픽 데이터셋에서 하나의 그리드(Grid ID =4259)에서의 인터넷 사용량(Mbps)을 입력 받아 1 시간 이후에 트래픽량을 예측하는 방법으로 손실함수는 MSE(Mean Squared Error)를 사용한다.



(a) LSTM 결과 (b) Transformer 결과

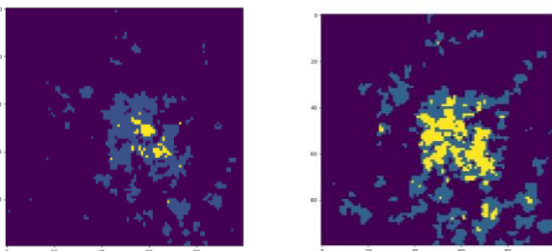
[그림 3] 시계열 데이터 예측 결과 비교
동일한 검증데이터 셋으로 LSTM 모델보다 Transformer 모델을 추론한 결과는 그림 3 과 같다. 그림의 결과처럼 트랜스포머 모델(MSE=0.002)은 LSTM 모델(MSE=0.003) 보다 정확한 예측 능력을 가지고 있다. 그림 4 는 이탈리아 밀라노 대학 주변의 트래픽과 시외 지역의 트래픽 데이터를 분석한 그래프이다. 여기에서 대학주변과 시외 지역의 트래픽이 매우 큰 차이를 보인다. 중심 지역의 위치한 기지국의 트래픽과 시외 지역에 위치한 기지국의 트래픽은 1000 배 이상의 트래픽 피크(Peak) 차이를 나타낸다. 따라서 모든 기지국의 트래픽 데이터를 학습하는 것은 학습 결과를 일반화하는데 어려움을 가질 수 있다.



[그림 4] 도심 및 시외 지역 트래픽량 분석

B. 트래픽 군집화(Clustering) 모델

본 연구에서는 공간적인 요소에 따라 트래픽 패턴이 매우 다른 특성을 분석하여 트래픽의 패턴 분리를 위한 비지도 학습의 군집화 모델을 적용한다. 특히 시간대에 따른 트래픽의 분류를 통해서 시계열 예측 모델을 적용 또는 전이학습(Transfer Learning) 가능할 것이다. 우리는 정확한 트래픽의 분류를 위해 SOM 모델을 적용했다. SOM 은 데이터를 유사한 특성을 가진 그룹으로 분류하는데 강인한 특징을 갖는 비지도 학습 모델이다.



(a) AM 12 시 (b) PM 12

[그림 5] 시간대 별 트래픽 군집화 결과

그림 5 의 결과처럼, 시간에 따라서 트래픽 군집화가 정확히 구분되는 것을 확인할 수 있다. 정확한 군집화는 전이 모델을 위한 중요한 요소가 될 수 있고 SOM 학습 결과를 통해서 데이터의 시각화 분석, 공간적 특징 해석, 그리고 데이터 간의 관계 등을 분석하는데 활용할 수 있다.

III. 결론

본 연구는 기지국의 트래픽 데이터를 활용한 인공지능 모델 개발 및 검증에 관한 실증 연구를 수행했다는 점에서 학문적 가치가 있다. 또한, 6G 시대에는 기지국의 트래픽 양과 복잡성이 더욱 증가할 것으로 예상된다. 따라서 6G 네트워크 환경에서 효과적으로 운용될 수 있는 인공지능 모델과 시나리오 개발이 시급하게 요구된다. 향후 본 연구팀은 복잡한 환경에서의 트래픽 예측, 에너지 절감 및 리소스 제어 연구를 통해 지능형 이동통신 네트워크 개발에 기여할 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2024 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 [No. 2018-0-01659, 5G NR 기반 지능형 오픈 스텔셀 기술 개발]

참 고 문 헌

- [1] X. Lin, "An overview of 5G Advanced evolution in 3GPP release 18," *IEEE Communications Standards Magazine*, vol. 6, no. 3, pp. 77-83, Sep. 2022.
- [2] 3GPP TS 28.105, "Artificial Intelligence / Machine Learning(AI/ML) Management", Release 18, Jun. 2023.
- [3] Lindemann, Benjamin, et al., "A survey on long short-term memory networks for time series prediction." *Procedia Cirp* 99, pp. 650-655, 2021.
- [4] Vaswani, Ashish, et al. "Attention is all you need (2017)." arXiv preprint arXiv:1706.03762, 2019.
- [5] Miljković, Dubravko, "Brief review of self-organizing maps" *2017 40th international convention on information and communication technology, electronics and microelectronics (MIPRO)*, pp. 1061-1066, 2017.
- [6] Barlacchi, G., De Nadai, M., Larcher, R. et al. A multi-source dataset of urban life in the city of Milan and the Province of Trentino. *Sci Data* 2, 150055. 2015.
- [7] ITU-T Technical Report, " Smart Energy Saving of 5G Base Station: Based on AI and other emerging technologies to forecast and optimize the management of 5G wireless network energy consumption" *WG* 3, 2021.