

딥러닝 최적화 기법을 통한 통신 네트워크 트래픽 예측: 기술의 최신 연구 동향과 포괄적 조사

김재민, 오준석, 이동현, 원동욱, 송치현, 허동현, 백정엽, 김의직*, 조성래

중앙대학교 컴퓨터공학과, *한림대학교

{jmkim, jsch, dhlee, dwwon, chsong, dhur}@uclab.re.kr, jpaek@cau.ac.kr,
ejkim32@hallym.ac.kr*, srcho@cau.ac.kr

Deep Learning Optimization Techniques for Predicting Telecommunication Network Traffic: A Comprehensive Survey of the Latest Research Trends

Jaemin Kim, Junsuk Oh, Donghyun Lee, Dongwook Won,

Chihyun Song, Donghyeon Hur, Jeongyeup Paek, Euijik Kim*, and Sungrae Cho

Department of Computer Science and Engineering, Chung-Ang University, *Hallym University

요약

딥러닝 기반의 트래픽 예측 기술은 현대 네트워크 관리에서 중요한 역할을 수행한다. 최근의 기술 발전은 이 분야에서 다양한 접근법과 아키텍처를 탄생시켰으며, 특히 순환 신경망(RNNs), 장단기 기억 네트워크(LSTMs), 그리고 게이트 순환 유닛(GRUs) 같은 모델이 네트워크 트래픽의 시계열 데이터를 예측하는 데 탁월한 성능을 보여준다. 이들은 네트워크의 트래픽 패턴, 용량 요구사항 및 행동을 예측하여 네트워크 리소스의 최적화와 효율적인 관리에 기여할 수 있다. 본 논문은 최신 딥러닝 기반 트래픽 예측 기술의 연구 동향, 중요 발견, 사용 모델 및 적용 사례를 조사하고, 이 기술들이 네트워크 설계와 관리에 미치는 영향과 향후 연구 방향을 제시한다.

I. 서론

네트워크 관리의 핵심적인 부분은 트래픽 예측이다. 현대 네트워크 환경은 다양한 데이터 소스와 빠르게 변화하는 데이터 흐름으로 인해 더욱 복잡해지고 있으며, 이에 따라 효과적인 네트워크 운영과 자원 관리가 필수적이다. 트래픽 예측의 정확성은 네트워크 성능 최적화, 자원 할당, 그리고 사용자 경험 개선에 직접적인 영향을 미친다. 이러한 배경 하에서, 딥러닝 기법이 트래픽 예측의 정확도와 효율성을 향상시키는 데 중요한 역할을 하고 있다 [1], [2].

딥러닝 기법, 특히 순환 신경망(RNN)과 장단기 기억 네트워크(LSTM)는 네트워크 트래픽 데이터의 복잡한 시계열 패턴을 효과적으로 분석하고 예측한다. 이러한 모델들은 데이터의 시간적 의존성과 비선형적 특성을 모두 고려하여 더 정확한 예측을 가능하게 한다. 또한, 이러한 모델의 성능을 극대화하기 위한 최적화 기법의 적용은 예측의 정확도를 더욱 향상시킨다. 최적화 기법은 네트워크 모델이 학습 데이터의 중요한 특성을 더 잘 이해하고, 예측 오류를 최소화하는 데 기여한다 [3].

본 논문에서는 이러한 최신 연구 동향과 실용적인 적용 사례를 바탕으로 네트워크 트래픽 예측을 위한 딥러닝 기법과 최적화 기법의 발전을 조사한다. 우리는 이 분야의 연구 결과가 네트워크 관리자와 연구자들이 트래픽 예측과 관련된 도전 과제를 보다 효과적으로 해결하고, 네트워크 자원을 보다 효율적으로 관리하는 데 도움이 될 것으로 기대한다.

II. 본론

1. 딥러닝 기법을 활용한 트래픽 예측 모델

최근 네트워크 트래픽 예측 분야에서 딥러닝 모델의 아키텍처는 큰 발전을 이루었다. 순환 신경망(RNN)과 장단기 기억 네트워크(LSTM)는 특히 주목받고 있다. 이들 모델은 시계열 데이터의 내재된 패턴과 장기 의존성을 학습하는 능력이 뛰어나, 네트워크 트래픽 예측의 정확도를 상당

히 향상시킨다. LSTM은 그 구조상 시간에 따른 데이터의 변화를 잘 포착하고, 이를 바탕으로 미래의 트래픽 흐름을 예측한다. 이러한 모델들은 네트워크 트래픽 데이터의 시간적 특성과 비선형적 특성을 모두 고려하여 더 정확한 예측을 가능하게 한다 [4].

딥러닝 기반 트래픽 예측 모델의 실제 적용 사례는 그 효과를 입증한다. 이러한 모델들은 네트워크 용량 계획, 트래픽 관리 및 리소스 할당과 같은 분야에서 큰 기여를 하고 있다. 실시간 트래픽 데이터를 기반으로 한 예측은 네트워크 운영자들이 트래픽 변동성에 신속하게 대응하고, 네트워크 자원을 보다 효율적으로 관리하는 데 도움을 준다. LSTM과 같은 모델은 다양한 네트워크 조건과 트래픽 패턴을 정확히 예측할 수 있어, 복잡한 네트워크 환경에서도 효과적으로 작동한다 [5].

더욱 혁신적인 접근 방식으로, 일부 연구에서는 기존의 딥러닝 모델을 넘어서 다양한 신경망 구조를 통합하거나 개선하여 네트워크 트래픽 예측의 정확도를 더욱 높이고 있다. 예를 들어, 특정 연구에서는 시계열 데이터 처리에 특화된 LSTM을 기반으로 하면서도, 네트워크 트래픽의 공간적 특성을 고려하기 위해 컨볼루션 신경망(CNN)과의 결합을 탐구한다. 이러한 통합적 접근은 네트워크 트래픽 예측의 다차원적 특성을 고려하며, 복잡한 데이터 구조에서도 높은 예측 정확도를 달성한다.

2. 딥러닝 모델의 최적화 기법과 그 적용

딥러닝 모델의 성능을 극대화하기 위해 다양한 최적화 기법이 중요한 역할을 한다. 이러한 기법들은 모델의 학습 과정을 개선하고, 매개변수 선택을 최적화하여 예측 정확도를 높인다. 예를 들어, 최적화 알고리즘은 네트워크 모델이 학습 데이터의 중요한 특성을 더 잘 이해하고, 불필요한 정보를 걸러내는 데 도움을 준다. 이는 특히 네트워크 트래픽 예측과 같이 복잡하고 동적인 데이터를 다룰 때 중요하다 [6].

최적화 기법은 매개변수 조정, 네트워크 구조 설계 및 학습 과정의 조

절을 통해 이루어진다. 이 과정에서, 알고리즘은 네트워크의 성능을 평가하고, 반복적으로 매개변수를 조정하여 최적의 학습 결과를 도출한다. 예를 들어, 입자 군집 최적화(Particle Swarm Optimization, PSO)나 시뮬레이티드 어닐링(Simulated Annealing, SA)과 같은 기법들은 네트워크의 성능을 점진적으로 향상시키는 데 사용된다 [7].

최적화를 통한 딥러닝 모델의 성능 향상은 네트워크 트래픽 예측의 정확도를 크게 높인다. 최적화된 모델은 기존 모델에 비해 예측 오류를 줄이고, 더 빠르고 정확한 예측을 가능하게 한다. 이러한 향상된 예측 능력은 네트워크 관리자가 트래픽의 변동성에 더 효과적으로 대응하고, 네트워크 자원을 보다 효율적으로 관리하는 데 기여한다. 또한, 최적화 기법은 네트워크 트래픽 예측 모델의 일반화 능력을 향상시켜, 다양한 네트워크 환경과 조건에서도 높은 정확도를 유지할 수 있게 한다.

III. 결론

본 논문은 딥러닝 기법을 활용한 트래픽 예측 모델과 이러한 모델의 최적화 기법에 대한 포괄적인 조사를 통해, 네트워크 트래픽 예측 분야에서의 최신 연구 동향과 실용적인 적용 사례를 제시한다. 이 연구에서는 순환 신경망(RNN)과 장단기 기억 네트워크(LSTM)와 같은 딥러닝 모델이 네트워크 트래픽의 시계열 데이터를 효과적으로 분석하고 예측하는 능력을 보여주었다. 이러한 모델들은 복잡한 데이터 패턴과 시간적 의존성을 포착하여 예측의 정확도를 향상시킨다.

또한, 딥러닝 모델의 성능을 극대화하기 위한 다양한 최적화 기법의 중요성을 강조한다. 이러한 기법들은 모델의 학습 과정을 개선하고, 예측 정확도를 높이는 데 크게 기여한다. 최적화된 모델은 네트워크 운영자들이 트래픽 변동성에 더 효과적으로 대응하도록 도와주며, 네트워크 자원을 보다 효율적으로 관리할 수 있게 한다.

이러한 발견들은 네트워크 트래픽 예측을 위한 딥러닝 모델의 발전과 적용이 네트워크 관리 및 최적화에 중요한 영향을 미치고 있음을 시사한다. 향후 연구는 이러한 모델들의 효율성과 정확성을 더욱 향상시키는 방법론의 개발에 집중할 필요성이 확인된다. 다양한 네트워크 환경과 조건에서의 모델 적용성을 탐구하는 것도 중요하다. 이를 통해 네트워크 관리자와 연구자들은 트래픽 예측과 관련된 도전 과제를 보다 효과적으로 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 대학ICT연구센터 육성지원사업(IITP-2024-RS-2022-00156353)과 2022년도 및 2023년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2022R1A4A5034130 및 RS-2023-00209125).

참 고 문 헌

[1] Tedjopurnomo, David Alexander, et al. "A survey on modern deep neural network for traffic prediction: Trends, methods and challenges." *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering* 34.4 (2020): 1544-1561.

[2] Abbasi, Mahmoud, Amin Shahraki, and Amir Taherkordi. "Deep learning for network traffic monitoring and analysis (NTMA): A survey." *Computer Communications* 170 (2021): 19-41.

[3] Bouzidi, EL Hocine, et al. "Deep Q-Network and traffic prediction

based routing optimization in software defined networks." *Journal of Network and Computer Applications* 192 (2021): 103181.

[4] Guo, Kan, et al. "Optimized graph convolution recurrent neural network for traffic prediction." *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems* 22.2 (2020): 1138-1149.

[5] Hardegen, Christoph, et al. "Predicting network flow characteristics using deep learning and real-world network traffic." *IEEE Transactions on Network and Service Management* 17.4 (2020): 2662-2676.

[6] Yang, Hanyu, et al. "A network traffic forecasting method based on SA optimized ARIMA-BP neural network." *Computer Networks* 193 (2021): 108102.

[7] Redhu, Poonam, and Kranti Kumar. "Short-term traffic flow prediction based on optimized deep learning neural network: PSO-Bi-LSTM." *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* 625 (2023): 129001.