

5G 네트워크에서 기계학습 기반 트래픽 예측을 통한 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법

이필원*, 이아름*, 박수용*, 신용태**

*숭실대학교 컴퓨터학과

**숭실대학교 컴퓨터학부

pwlee@soongsil.ac.kr

Machine Learning-based Network Slicing Resource Reservation Scheme in 5G Network

Pil-Won Lee, Soo-Yong Park, Yong-Tae Shin

Department of Computer Science, Soongsil University

요 약

최근 초저지연, 초고속, 초연결 네트워크를 요구하는 기술들이 급속하게 발전하고 있다. 기존 4G 네트워크는 위 요구사항을 만족할 수 없었기 때문에 5G 네트워크가 등장했다. 5G 네트워크는 네트워크 가상화 기반 네트워크 슬라이싱을 통해 각각의 서비스 마다 독립적인 네트워크 환경을 제공한다. 그러나 네트워크에 참여하는 서비스가 다양해질수록 트래픽 부하가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되며 트래픽 부하에 따른 병목현상이 발생할 가능성이 여전히 존재한다. 본 논문에서는 인공 신경망 알고리즘 RNN을 활용하여 트래픽을 예측하고 예측 결과를 기반으로 네트워크 슬라이스의 자원을 선제적으로 조절하는 기계학습 기반 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법을 제안한다.

1. 서론

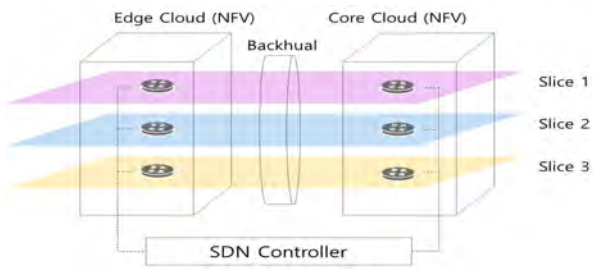
최근 사물인터넷, 가상현실 및 자율주행 등의 네트워크에 초저지연, 초고속, 초연결을 요구하는 다양한 기술이 급속하게 발전하고 있다. 기존 4G 네트워크 기술은 이러한 요구사항을 만족할 수 없기 때문에 5G 네트워크 기술이 등장했다. 5G 네트워크의 핵심 기술인 네트워크 슬라이싱(network slicing)은 네트워크 가상화를 통해 각각의 서비스에 특화된 네트워크 환경을 제공한다[1]. 그러나 5G 네트워크를 적용하는 기술의 종류가 다양해질수록 네트워크에 트래픽 부하가 폭발적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 여전히 트래픽 부하로 인한 병목현상이 발생할 가능성이 존재한다. 따라서 본 논문에서는 트래픽 추적 데이터를 기계학습 알고리즘을 활용하여 학습하고 시간에 따른 서비스별 트래픽 사용량을 예측한다. 그리고 예측한 트래픽 사용량에 따라 네트워크 슬라이싱을 통해 서비스별로 가상화된 네트워크의 자원을 예약하는 시스템 구조를 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 활용되는 5G 네트워크 슬라이싱 기법에 대해 살펴보고 요구사항을 분석한다. 3장에서는 본 논문에서 제안하

는 기계학습 기반 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법을 제안한다. 4장에서는 제안하는 기법의 성능을 분석하고, 마지막 5장에서는 결론을 제시한다.

2. 관련 연구

2-1.SDN 및 NFV를 적용한 5G 네트워크

SDN(Software-defined Networking)[2],[3]은 기존 네트워크의 한계를 뛰어넘을 수 있는 새로운 네트워킹 패러다임이다. SDN의 개념 및 특징은 첫째, 라우터 및 스위치의 데이터 영역과 제어 영역을 분리하여 수직적 통합을 제거한다. 둘째, 기존의 수직적 통합을 분리함에 따라 라우터는 데이터 영역의 단순한 데이터 전달 기능만 담당하는 장치가 되고 제어 영역의 경로 연산 기능이 중앙 집중화된 원격의 컨트롤러에 위임되며 네트워크 정책 구성과 집행이 단순화된다[4]. NFV(Network Functions Virtualization)은 소프트웨어 가상화 기술을 통해 기존 네트워크 하드웨어 기능을 구현하고 가상화된 범용 서버 및 스위치로 네트워크를 구현하는 기술이다[5]. 이러한 네트워크 기능 가상화는 새로운 서비스에 대해 네트워크 하드웨어를 추가로 설치하지 않고 온디맨드 방식으로 네트워크 인스턴스를 생성할 수 있다.



(그림 1) NFV와 SDN이 적용된 네트워크 구성도

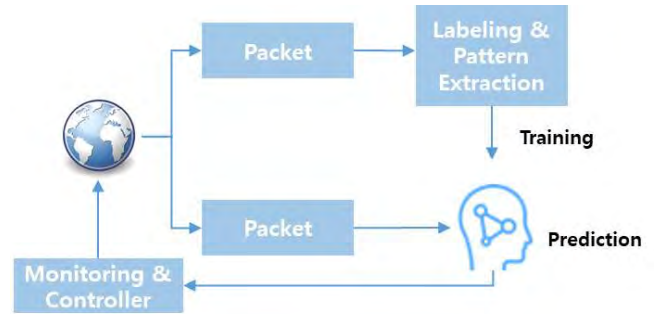
[그림 1]은 SDN과 NFV이 적용된 네트워크를 표현한 그림이다. NFV는 5G 네트워크에서 다양한 조건을 가진 서비스를 상황에 맞게 유연한 네트워크 인스턴스를 제공할 수 있게 한다. SDN은 NFV를 통하여 만들어진 가상 스위치 기능을 제어하여 가상 네트워크 환경을 구성한다.

2-2.네트워크 슬라이싱(Network Slicing)

네트워크 슬라이싱은 서로 다른 서비스들의 네트워크 요구사항을 모두 수용하고 각각의 서비스 별로 다른 네트워크 환경을 제공한다[6]. [그림 1]에서처럼 나누어진 세 개의 슬라이스는 각각 서로 다른 네트워크 환경을 제공한다. 따라서 네트워크 슬라이싱 기능이 구현되기 위해서는 5G 네트워크에서 엣지 클라우드 및 코어 클라우드를 NFV를 활용한 가상화가 선행되어야 한다. 각 슬라이스는 가상화된 자원을 할당 받으며 하나의 슬라이스에서 오류가 발생하여도 다른 슬라이스에 영향을 미치지 않는다. 5G 네트워크는 각기 다른 서비스에 대해 독립적이고 안정적인 네트워크를 제공해야하므로 네트워크 슬라이싱을 활용한다.

2-3.네트워크 머신러닝(Network Machine Learning)

네트워크 머신러닝의 주된 목적은 네트워크 데이터를 기반으로 지식(Knowledge)을 구성하고 이를 이용하여 자동으로 네트워크의 제어 및 관리를 하는 것이다[7]. 기존에는 네트워크의 오류를 유발하는 데이터의 패턴을 분류하여 특정 패턴의 네트워크 데이터를 입력되면 네트워크가 오류에 대처할 수 있는 조치를 취하도록 시스템을 구성하였다. 기존 패턴 인식은 지도학습(supervised learning)을 이용해서 과거 데이터 패턴을 학습하고 학습 모델을 구축하여 네트워크 오류를 예측한다.

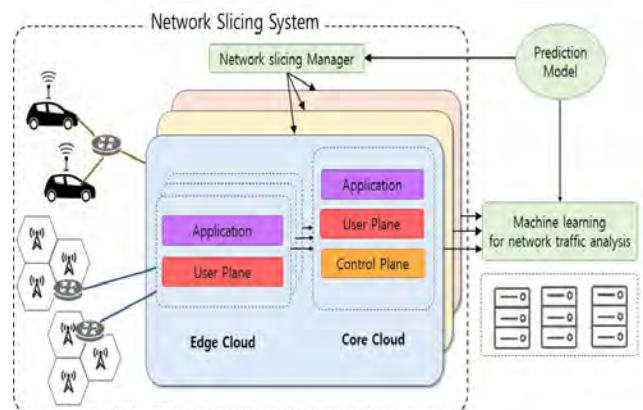


(그림 2) 네트워크 머신러닝 시스템 구성도

[그림 2]는 네트워크 패킷을 분석하여 라벨링 및 패턴 추출을 통해 기계학습을 하고 학습된 모델을 통해 예측을 하고 네트워크를 모니터링 및 컨트롤하는 시스템의 구성도이다. 그러나 5G 네트워크에서는 데이터의 종류가 시간이 흐를수록 다양해지기 때문에 오류를 유발하는 패턴의 변화를 지속적으로 학습해야만 새로운 오류에 대처할 수 있다[8].

3. 제안하는 기계학습 기반 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법

제안하는 기계학습 기반 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법은 크게 네트워크 슬라이싱에서 발생하는 트래픽 데이터를 분석 및 학습하는 부분과 네트워크 슬라이스의 자원을 제어하는 네트워크 슬라이스 관리자로 구성된다.



(그림 3) 제안하는 기계학습 기반 네트워크 슬라이싱 자원 예약 기법 구조도

3-1.트래픽 데이터 분석 및 학습

트래픽 데이터를 분석 하여 학습하는 알고리즘은 시계열 데이터를 학습하는데 특화된 RNN(Recurrent Neural Network)을 활용하여 학습 모델을 구축한다.

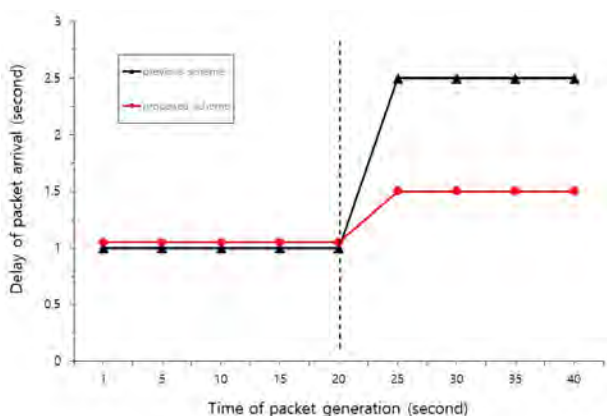
RNN은 학습 데이터를 통해 학습 모델 내 가중치를 결정한다. 이 때 과거의 가중치를 활용하여 현재 학습에 반영하므로 다양한 패턴의 변화를 지속적으로 학습하기에 적합하다. 제안하는 기법의 전략은 초기에 트래픽 데이터를 수집하여 학습 모델을 구축하고 이후 네트워크를 운영한다. 운영을 할 때 발생한 트래픽 데이터는 분석 서버에서 수집하게 되며 수집한 데이터는 다시 학습에 활용하여 예측 모델이 패턴이 변화되어도 정확히 예측할 수 있게 한다.

3-2. 네트워크 슬라이스 자원 관리자

네트워크 슬라이스는 NFV를 통해 가상화된 범용서버의 물리적 자원을 활용한다. 따라서 네트워크 슬라이스 자원 관리자는 앞서 분석 서버에서 예측한 트래픽 사용량에 의존하여 가상화된 자원을 할당한다. 할당하는 자원의 종류는 정량화 가능한 CPU, 메모리, 네트워크 대역폭이 있다. 자원을 할당하는 기준은 자원 할당에 따른 트래픽 포화 상태를 측정하여 정의한다. 따라서 자원 관리자는 분석 서버에서 전달하는 시간에 따른 트래픽 예측을 자원 할당 기준과 비교하여 이미 할당 되어 있는 자원이 예측된 트래픽을 처리할 수 있는지 판단하고 자원을 조정한다.

4. 성능평가

본 논문에서 제안하는 기법의 성능을 평가하기 위해 자원이 고정된 시스템과 제안하는 기법이 적용된 시스템에 기존에 할당된 자원으로는 원활한 처리가 불가능한 만큼의 인위적인 트래픽을 부하했다.



(그림 4) 기존 기법과 제안하는 기법의 패킷 지연시간 비교

제안하는 기법은 기존의 자원이 고정된 시스템과

비교해 패킷 지연 시간이 감소하였으며 안정적으로 트래픽을 처리할 수 있는 것을 확인하였다.

5. 결론

5G 네트워크에 참여하는 서비스의 다양화에 비례하여 네트워크 트래픽 또한 폭발적으로 증가될 것으로 예상된다. 이에 따라 5G 네트워크는 NFV 기반의 네트워크 슬라이싱 기법을 활용하여 각각의 서비스마다 독립적인 네트워크 환경을 제공하지만 트래픽 과부하 상황에서의 네트워크 병목현상 발생 가능성이 여전히 존재한다. 본 논문에서는 트래픽 데이터를 인공지능망의 종류 중 하나인 RNN을 활용하여 예측모델을 구축하고 예측 결과를 기반으로 네트워크 슬라이스 관리자가 선제적으로 자원을 조절하는 기법을 제안하였다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2017년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.IITP-2017-0-00724, 셀룰러 기반 산업 자동화 시스템 구축을 위한 5G 성능 한계 극복 저지연, 고신뢰, 초연결 통합 핵심기술 개발)

참고문헌

- [1] "NGMN 5G White Paper", Tech Rep., vol. 1, Feb. 2015.
- [2] N. Mckeown, How SDN will shape networking. Invited talk at Open Networking Summit. Oct. 2011.
- [3] S. Schenker, The future of networking and the past of protocols, Invited talk at Open Networking Summit. Oct. 2011.
- [4] H. Kim, N. Feamster, "Improving network management with software defined networking", IEEE Commun. Mag., vol. 51, no. 2, pp. 114-119, Feb. 2013.
- [5] B. Han, V. Gopalakrishnan, L. Ji and S. Lee, "Network function virtualization: Challenges and opportunities for innovations," in IEEE Communications Magazine, vol. 53, no. 2, pp. 90-97, Feb. 2015.
- [6] X. Foukas, G. Patounas, A. Elmokashfi and M. K. Marina, "Network Slicing in 5G: Survey and Challenges," in IEEE Communications Magazine, vol. 55, no. 5, pp. 94-100, May 2017.

- [7] H. Lim, J. Kim and Y. Han, "Research Trend on Network Machine Learning," Journal of Advanced Technology Research, vol. 2, no. 2, pp. 13-20, 2017.
- [8] S. Jiang, B. Liu, P. Demestichas, J. Francois, G. M. Moura, P. Barlet, "Applying machine learning mechanism with network traffic", IETF Internet Draft (Work in progress), <https://tools.ietf.org/html/draft-jiang-nmlrg-traffic-machine-learning-00>, Dec. 2016.