

지능형 네트워크 관리를 위한 RouteNet 분석

정혜선(*), 염성웅(**), 김경백(***)

(*) 전남대학교 정보보안협동과정, albaneo0724@gmail.com

(**) 전남대학교 컴퓨터공학, yeomsw0421@gmail.com

(***) 전남대학교 컴퓨터공학, kyungbaekkim@jnu.ac.kr

Analysis of RouteNet for Intelligent Network Management

Hyeseon Jeong(*), Seongwoong Yeom(**), Kyungbaek Kim(***)

(*) Chonnam National University, Graduate school of Information Security

(**) Chonnam National University

(***) Chonnam National University

요약

기존의 지능형 네트워크 관리를 위한 방법인 선형최적화 및 대기열 분석 기법은 증가하는 네트워크의 복잡성과 사용자의 수와 요청에 따라 높은 비용이 소모된다는 단점이 있다. 이 논문에서는 다양한 네트워크 구조 및 플로우 요청을 저비용으로 능동적 관리를 하기 위한 인공지능 기반 네트워크 관리 기법을 제안한다. 특히, 네트워크 정책 변경에 따른 네트워크 성능 예측을 위한 RouteNet을 분석하여 지능형 네트워크 관리에서 인공지능 기술의 활용 가능성을 확인한다.

1. 서론

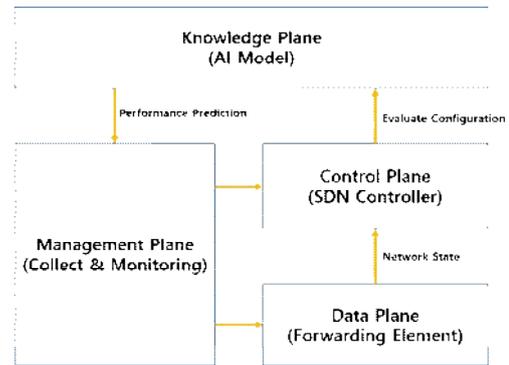
최근 컴퓨터 네트워크가 더욱 복잡해지고 사용자의 수와 요청이 증가함에 따라 기존 네트워크 관리 기법인 선형최적화 및 대기열 분석 기법은 관리에 높은 비용을 요구한다. 이러한 단점을 극복하기 위해 네트워크 관리에 인공지능 모델을 적용시키려는 시도가 많아지고 있으며 더불어 이에 대한 연구가 필요하다.

이 논문에서는 다양한 네트워크 구조 및 플로우 요청을 낮은 비용으로 능동적 관리를 위한 인공지능 기반 네트워크 관리 기법을 제안한다. 특히, 네트워크 정책 변경에 따른 네트워크 성능 예측을 위한 RouteNet을 분석하여 지능형 네트워크 관리에서 인공지능 기술의 활용 가능성을 확인한다.

2. 인공지능 기반 지능형 네트워크 관리

지능형 네트워크 관리는 다양한 구조, 요청, 프로토콜, 사용자 등 입력 변화에 대해 네트워크 플로우, Network Function Virtualization(NFV), 에지 네트워크 자원 등을 효율적으로 관리하는 모듈 및 시스템을 말한다.

(그림 1) 인공지능 기반 지능형 네트워크 관리



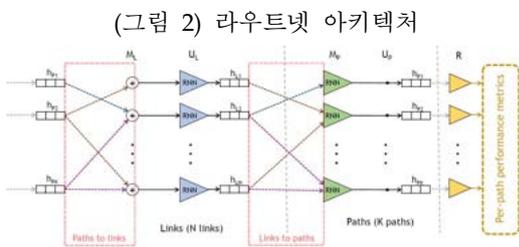
(Figure 1) AI-based intelligent network management

인공지능 기반 지능형 네트워크는 네트워크 포워딩을 담당하는 Data Plane, 그런 Data Plane을 조작하는 Control Plane, 네트워크 인프라로부터 얻은 데이터를 기계학습 또는 딥러닝을 통해 학습/분석/처리하는 Knowledge Plane(KP)으로 크게 세 부분으로 나뉜다.

이 논문에서는 소개할 RouteNet을 KP 영역에 적용해 네트워크 성능 측정을 위한 네트워크 핵심 성과 지표를 얻는 인공지능 모델을 실험하고, 이 인공지능 모델을 인공지능 기반 지능형 네트워크 관리에 적용할 수 있는지 확인한다.

3. RouteNet

RouteNet은 Graph Neural Network(GNN) 기반의 모델로서 네트워크 토폴로지 상에서 라우팅 테이블이 변할 때, 네트워크 핵심 성과지표인 지연과 지터에 대해 학습하고 평가한다.



(Figure 2) RouteNet Architecture

RouteNet은 두 개의 GRU Cell이 GNN 모델 중 Message Passing Neural Network(MPNN)을 이용하여 학습한다. MPNN은 Message 함수와 Update 함수를 이용해 이웃 노드로 정보를 전달하고, 이웃 노드들로부터 정보를 수집해 자신의 정보를 업데이트한다.

이를 바탕으로 그림 1에서 보이는 두 개의 GRU Cell이 link와 path의 상태를 업데이트하기 위해, 각 상대 GRU Cell의 상태 정보를 활용한다.

모델이 학습한 결과로는 네트워크 토폴로지 내의 모든 종단 노드 사이의 지연 또는 지터의 값이 출력된다. 지능형 네트워크 관리에서는 종단 노드 간 지연 또는 지터 값을 이용하여 네트워크 정책을 설정함으로써 네트워크 관리를 수행할 수 있다.

4. 실험 및 평가

4.1 데이터 셋

실험에 사용한 데이터는 NSFNet, Geant2, Synth50 토폴

로지를 모델링하고 OMNeT++를 이용해 라우팅 테이블을 다르게 하여 시뮬레이션을 해 데이터를 얻었다.

시뮬레이션의 결과에서 얻은 종단 노드 간 지연과 지터, 대역폭, 전송된 패킷, 손실된 패킷과 함께, 해당 시뮬레이션의 라우팅 테이블을 RouteNet 모델의 입력으로 사용하였다.

모델의 입력으로 들어간 데이터들은 전처리를 통해 타겟 값인 지연/지터, 모델의 커널로 경로, 링크, 대역폭, 트래픽이 나뉘어 사용이 된다.

이후 모델의 출력으로 벡터 형태의 타겟값이 나오며, Demo RouteNet의 코드에서는 학습하면서 사용하였던 커널의 값 및 바이어스가 checkpoint 형태로 출력, 저장되어 예측에 사용하게 된다.

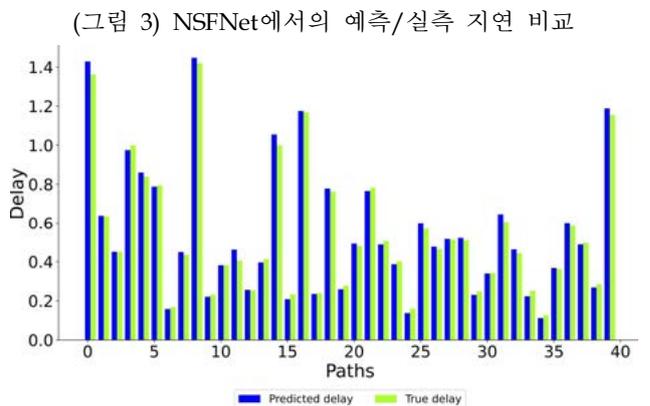
4.2 실험 및 평가

본 논문에서는 총 두 가지의 실험을 진행한다.

(1) 모델의 성능을 알아보기 위한 모델이 학습과 시뮬레이션에 NSFNet 네트워크 토폴로지 사용 및 측정

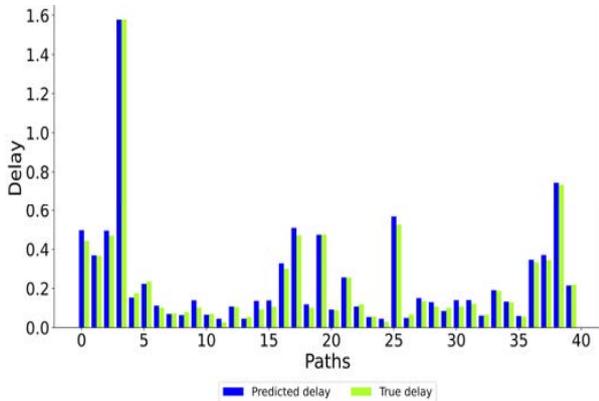
(2) 모델의 일반화 가능성을 알아보기 위한 모델의 학습에는 NSFNet 네트워크 토폴로지와 다른 Geant2 네트워크 토폴로지 시뮬레이션 데이터 사용 및 측정

두 가지의 실험 후, 평가는 위에서 학습된 모델을 이용하여 학습되지 않은 라우팅 테이블이 입력으로 들어왔을 때의 지연 값과 실제 시뮬레이션으로 측정된 지연의 값을 그래프를 이용하여 비교한다.



(Figure 3) Comparison of delay in NSFNet topology

(그림 4) NSFNet 예측 지연과 Geant2 실제 지연 비교



(Figure 4) Compare NSFNet predicted delay and Geant2 true delay

실험 결과 네트워크 성능 예측에 대한 RouteNet의 예측 값이 네트워크의 실제 측정 값과 약 1×10^{-2} 이하의 차이를 갖는 것을 확인할 수 있었고, 학습을 시도하지 않은 네트워크 토폴로지인 Geant2 토폴로지에 대해서도 같은 수준의 차이를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 RouteNet 모델은 충분히 지능형 네트워크 관리를 위한 인공지능 모델로써 적용이 가능하고, 네트워크 정책 변경에 따른 성능 측정에도 무리 없이 적용할 수 있는 것을 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구

네트워크가 복잡해지고 사용자의 수와 요청이 증가함에 따라서 지능형 네트워크 관리 체계와 네트워크 최적화의 필요성은 점점 커지고 있다. 하지만 기존 방식의 네트워크 최적화 및 데이터의 수집은 많은 비용이 소모된다는 단점이 있다. 이에 낮은 비용으로 네트워크 정책 변경에 따른 네트워크 성능 예측을 할 수 있는 RouteNet을 이용해 지능형 네트워크 최적화의 가능성을 확인하였다.

향후 연구로 RouteNet을 Intent-Based Network에 적용하여 인공지능 기반 지능형 네트워크를 최적화하는 방법에 대해 연구하고자 한다.

Acknowledgment

이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2017R1A2B4012559).

참고 문헌

- [1] Krzysztof Rusek, et al. "RouteNet: Leveraging Graph Neural Networks for Network Modeling and Optimization in SDN", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Volume: 38, Issue: 10, Oct. 2020
- [2] RouteNet Github repository, "<https://github.com/knowledgedefinednetworking/>"
- [3] Huu-Duy Nguyen et al. "Location-aware Dynamic Network Provisioning", Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS), 2017 19th
- [4] Duc-Tiep VU, Kyungbaek KIM, "Gradual Switch Clustering based Virtual Middlebox Placement for Improving Service Chain Performance", IEICE TRANS. INF. & SYST., VOL.E102 - D, NO.9 SEPTEMBER 2019