

머신러닝 기법을 활용한 SDN 기반 채널 상태 적응형 자원 할당 모델에 대한 연구

임한여름^o, 홍충선*

경희대학교 컴퓨터공학과

{prosummer, cshong}@khu.ac.kr

A Research on SDN based Channel Condition Adaptive Resource Allocation Model Using Machine Learning

HanYeoReum Im^o, ChoongSeon Hong*

Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

최근 다양한 모바일 스마트 기기의 사용이 급증하는 흐름에 따라 본 논문은 모바일 클라우드 환경에서 트래픽 급증, 서버 과부하 등의 문제를 예방하고자 트래픽엔지니어링을 고려해 채널 상태에 따라 네트워크 자원을 SDN 기반으로 동적 할당하는 모델을 제시한다. 또한 머신러닝 기법을 적용해 사용자의 채널 상태를 시간대 별로 예측하는 방안을 제시하여 효율적인 네트워크 자원 운용이 가능하도록 기여하는 것을 궁극적인 목표로 한다.

1. 서 론

최근 다양한 모바일 스마트 기기의 사용이 증가됨에 따라 IoT(Internet of Things)는 더욱 상용화되고 있다. IoT 기기가 기하급수적으로 증가하면서 기존의 중앙집중형 클라우드 서비스를 제공하던 업체들이 분산 클라우드 서비스를 제공함으로써 더욱 원활한 서버 사용을 지원하고 있다. CISCO 의 예측 결과에 의하면, 연간 IP 트래픽은 2016 년 기준으로 5 년 뒤인 2021 년에 3.3ZB(ZB; 1000 Exabytes [EB])의 규모로 약 세 배 수준이 될 것이라고 내다봤다[1]. 이처럼 다양한 모바일 스마트 기기들이 발생시키는 방대한 양의 트래픽을 고려했을 때, 분산 클라우드 환경에서 트래픽을 효율적으로 관리하는 트래픽엔지니어링(Traffic Engineering)이 향후 네트워크 영역에서 가장 중요한 이슈가 될 것임을 알 수 있다.

기존의 물리적 네트워크 환경에서는 제어 평면과 데이터 평면을 분리할 수 없었기 때문에 네트워크 자원을 동적으로 분리 및 할당하는 것은 불가능에 가까웠다. 그러나 SDN(Software-Defined Network)의 등장으로 네트워크 자원을 프로그래밍할 수 있게

되면서 네트워크를 논리적으로 할당하는 것이 가능해졌다. 따라서 SDN 을 기반으로 한 트래픽 엔지니어링 기법들이 다양하게 제시되고 있는데 MicroTE 는 트래픽의 예측 가능성이 파악하기 위해 현재 트래픽의 값과 평균값의 차이를 계산해 일정 범위 내에 존재하는지를 확인한다. Hedra 는 트래픽의 크기에 따라 ECMP(Equal Cost Multipath) 알고리즘을 적용하거나 SDN 컨트롤러로 직접 경로를 할당하여 네트워크를 유연하게 운용할 수 있도록 돕는다[2].

머신러닝(Machine Learning)은 데이터를 기계적으로 학습해 특징을 선별하여 데이터를 분류 또는 예측하는 기술로 뛰어난 성능을 보이는 것으로 알려졌다. 머신러닝 기법을 활용해 각 사용자의 채널 상태(channel condition)를 예측하면 기지국(base station)이 그에 따라 채널을 미리 할당할 수 있을 것이기 때문에 시간대 별로 채널을 유연한 네트워크 자원 운용이 가능할 것이다.

따라서 본 논문에서는 트래픽엔지니어링의 측면에서 머신러닝을 활용해 각 사용자의 채널 상태를 시간대 별로 예측하고 이를 기반으로 모바일 클라우드 환경에서 SDN 을 이용하여 기지국의 채널을 효율적으로 할당하는 모델을 제안한다.

이 논문은 2018년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2017R1A2A2A05000995). Dr. CS Hong is the corresponding author.

2. 제안하는 모델

2.1 SDN 기반 채널 상태 적응형 자원 할당 모델

모바일 UE(User Equipment)는 전세계적으로 매일 방대한 양의 정보를 코어 네트워크와 송수신한다. 특히 모바일 클라우드에서 기지국까지 정보를 송수신한 이후인 기지국에서 모바일 UE 에 채널을 할당하는 것은 클라우드 서비스 지연 문제와 직결되기 때문에 사용자에게 QoE(Quality of Experience)를 보장하기 위해서 가장 중요한 과정이라고 볼 수 있다. 따라서 본 논문이 제안하는 모델은 모바일 UE 와 기지국 사이에서 다양한 서비스를 대상으로 채널을 동적으로 할당하는 것을 전제로 한다.

전체적인 시스템 모델은 아래의 그림 1과 같다. 그림의 기지국의 물리적 자원은 C개의 채널을 가지고 있으며 모바일 UE인 U_1, U_2, U_3 가 해당 기지국으로 연결된다 고 가정하자. 시간의 흐름에 따라 각 UE는 다른 채널 상태를 가지게 될 것이므로 이에 따라 SDN 컨트롤러가 시간대 별로 다르게 채널을 할당하는 것이다. 예를 들어, U_1 은 t_1 에서 준수한 채널 상태를 유지하므로 3개의 채널을 할당한다. 그러나 t_2 에서 채널의 상태가 매우 좋아져 채널을 2개로 줄여서 할당하는 것이다. 즉, 각 사용자의 채널 상태에 따라 채널을 동적으로 할당하는 것이다. 여기서 채널을 동적으로 증감시키기 위해 SDN 컨트롤러로 제어해 네트워크 자원을 효율적으로 운용하도록 한다.

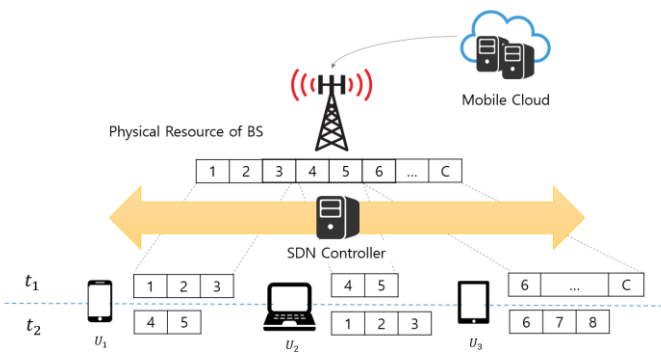


그림 1. 채널 상태 적응형 자원 동적 할당 모델

2.2 머신러닝을 활용한 UE 채널 상태 예측

기존의 연구는 채널 상태를 예측하기 위해서는 AR(Autoregressive)모델을 기반으로 한 방법 등 시계열 예측을 적용한 사례를 다수 확인할 수 있다[3][4]. 딥러닝(Deep Learning)은 여러 겹의 신경망을 통해 방대한 데이터를 스스로 학습해 자동으로 데이터를

예측하는 데에 효과적이다. 특히 RNN(Recurrent Neural Network)은 연속적인 입력 프레임을 기억하면서 출력을 내기 때문에 시계열 데이터 분석에 용이해 추가 예측, 자연어 처리 등의 분야에서 자주 사용되는 기법이다. 하지만 RNN 은 입력 프레임 사이의 장기간 의존 관계를 잘 파악하지 못하는 한계를 지니고 있다[5]. 따라서 이를 극복하기 위해 제시된 LSTM (Long-Short Term Memory) 구조를 활용하여 채널 상태를 장기적으로 예측하는 것이 가능할 것이다. 또한 최근에 개발된 GRU(Gated Recurrent Unit)는 LSTM 의 장점을 유지하면서도 셀의 구조를 단순화시켜 계산 복잡성을 더욱 낮춘 구조이므로 이를 활용하는 방안도 생각할 수 있다.

3. 성능평가

본 논문이 제시한 모델에 머신러닝을 적용해 채널 상태를 예측했을 때의 성능을 정성적으로 평가했다. 첫째로 각 사용자의 채널 상태를 예측해서 미리 채널을 할당해주기 때문에 사용자 입장에서 서비스 지연 경험율을 낮아질 것이다. 또한 네트워크 자원을 효율적으로 운용할 수 있기 때문에 자원 활용의 효율성이 높아질 것으로 판단된다. 따라서 비용 절감의 효과로 비용 효율 또한 높아질 것이다. 특히 머신러닝 기법을 적용하면 데이터의 특징을 자동으로 정의해주기 때문에 채널 상태를 결정하는 특징을 정의하는 것이 가능하다. 반면 클라우드에서 머신러닝을 이용해 데이터를 학습하고 예측하는 과정을 수행해야 하기 때문에 클라우드 환경에서의 실행 복잡도는 기존 모델에 비해 높을 것으로 예상된다.

표 1. 머신러닝 적용 여부에 따른 성능 평가

구분	머신러닝 적용 여부	
	미적용	적용
서비스 지연	중간	낮음
실행 복잡도	중간	높음
자원 활용 효율	낮음	높음
비용 효율	낮음	높음
채널 상태 특징 정의	불가능	가능

4. 결론

모바일 클라우드 환경에서는 방대한 트래픽을 실시간으로 작은 오차로 처리해야하기 때문에 트래픽 엔지니어링을 적절히 적용하는 것이 매우 중요하다. 과거의 연구는 통계학적 기법을 활용한 트래픽

엔지니어링이 주를 이루었다. 그러나 머신러닝 기법을 활용해 트래픽 채널 상태의 흐름을 시간에 따라 학습한 후 예측하는 시도가 많이 이루어지지 않고 있다. 따라서 채널 상태의 흐름을 미리 예측한 것을 활용해 네트워크 자원을 할당한다면 운용의 효율성이 극대화될 것이다. 또한 SDN 컨트롤러로 네트워크 자원을 동적으로 할당하는 것이 가능하기 때문에 본 논문이 제시한 모델의 실현 가능성이 높다고 판단된다. 이러한 모델이 구현되고 상용화된다면 ISP(Internet Service Provider)는 채널 상태에 따라 유연하게 채널을 할당할 수 있기 때문에 전력 소모를 줄이는 경제적 효과를 누릴 수 있을 것이다. 또한 클라우드 서비스 지연 문제를 완화시킬 것으로 예상되어 모바일 UE의 사용자 입장에서 요청한 서비스를 빠르게 받을 수 있으므로 QoE를 보장할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 향후 연구 계획

본 논문에서 제시한 SDN 기반 동적 자원 할당 기법을 위한 향후 연구로써, SDN 컨트롤러와 테스트베드를 결합해 네트워크를 구성하는 노드의 상태를 실시간으로 모니터링 하는 기법을 연구하고자 한다. 또한 머신러닝 기법으로 채널 상태 예측 가능성을 검증하며 채널 상태 예측의 성능을 높이는 방안을 연구할 것이다. 이로써 채널 상태의 변화에 따라 기지국 상의 자원을 동적으로 할당함으로써 모바일 클라우드 환경에서 최적의 서비스를 제공하기 위한 방안을 연구하고자 한다.

6. 참고문헌

- [1]Cisco Visual Networking Index, "White Paper: Cisco VNI Forecast and Methodology, 2016-2021", 2017
- [2]최준목, 한윤선, 현종환, 홍원기, "머신 러닝 기법을 활용한 SDN 트래픽 엔지니어링 기법 개선 방안", KNOM Conference, 2016
- [3]김세진, 원정재, 이형우, 조충호, "OFDMA-TDD 시스템에서 채널상태 예측을 이용한 효율적인 하향링크 스케줄링 기법", 한국통신학회논문지, 제 31 권, 제 5 호, 2006
- [4]Alexandra Duel-Hallan, "Fading Channel Prediction for Mobile Radio Adaptive Transmission Systems", Proceedings of the IEEE, vol.95, no.12, 2007
- [5]Sam Abrahams, Danijar Hafner, Erik Erwit, Ariel Scarpinelli, "Tensorflow for machine intelligence", Bleeding Edge Press, 2016