

모바일 클라우드에서 콘텐츠 전송 QoS 를 보장하기 위한 강화학습 기반 콘텐츠 전송 프레임워크 연구

허림^o, Md. Golam Rabiul Alam, 홍충선

경희대학교 컴퓨터공학과

[rhaw, robi, cshong]@khu.ac.kr

요 약

스마트 기기와 네트워크 인프라 보급의 확산으로 인해, 기존의 비디오 스트리밍 및 콘텐츠 다운로드와 같은 PC 기반의 콘텐츠 전송 서비스들이 클라우드를 이용하는 이동 단말에 서비스 되기 시작하였다. 본 논문에서는 기존의 콘텐츠 전송 QoS 를 보다 향상시키기 위해 모바일 클라우드 환경에서 서비스의 종류, 사용자의 요청빈도수, 네트워크 상태에 따라, 알맞은 콘텐츠 전송 방법을 제공하는 강화학습 기반 콘텐츠 전송 프레임워크를 제안한다. 본 논문에서 제안한 프레임워크를 이용하면, 콘텐츠 요청빈도, 네트워크 상태 등에 따라 적절한 콘텐츠 전송 기법을 제공하여, 네트워크 내부에서 콘텐츠 전송으로 인해 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있다.

1. 서론

최근 스마트폰과 태블릿 PC 등의 이동 단말 보급의 확산과 3G 나 LTE 와 같은 네트워크 인프라스트럭처 보급의 확산으로 인해, 이동 단말 사용자들은 자신의 이동 단말을 이용하여, 실시간 비디오 스트리밍 시청 및 콘텐츠 다운로드 등의 다양한 콘텐츠 서비스를 사용하고 있다. 또한 스마트 단말의 성능의 향상과 모바일 클라우드[1]의 등장으로 인해 사용자로 하여금, PC 에서 사용하던 서비스 및 동작을 스마트 단말에 수행할 수 있는 환경에 대한 요구사항의 증가를 가져왔다.

모바일 클라우드는 성능 제약적인 이동 단말의 한계를 뛰어넘을 수 있는 컴퓨팅 환경을 제공한다. 모바일 클라우드를 통해 사용자는 데이터 저장 및 공유뿐만 아니라, 스트리밍 서비스, 작업환경 소프트웨어 이용 등의 개인 PC 에서 사용 가능하였던 다양한 서비스를 이동 단말에서 사용할 수 있게 됨에 따라, 이동성 맞춤형 연구가 활발히 진행 중이다.

본 논문에서는 모바일 클라우드 콘텐츠의 전송 시 콘텐츠 전송 지연 시간과 네트워크 내부에서 발생할 수 있는 부하를 줄이는 QoS 를 보장하는 모바일 클라우드 프레임워크를 제안한다. 본 논문에서 제안한 모바일 클라우드 프레임워크는 네트워크의 상태, 같은 콘텐츠에 대한 사용자의 요청 빈도, 네트워크에 발생하는 오버헤드에 따라 알맞은 콘텐츠 전송방법을 자율적으로 제공하기 위해 강화학습(Reinforcement Learning) 기법[2]을 적용하였다. 또한 이동 단말 이동 시 이와 관련된 Control Plane 을 감

소시키고, 같은 콘텐츠 재전송으로 인한 내부 부하를 감소시키기 위해 SDN (Software Defined Networking) [3]과 CCN (Content Centric Networking)[3] 기법을 고려하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서 관련연구에 대해 설명하고, 3 장에서 본 논문에서 제안한 프레임워크에 대해 설명한다. 4 장에서 제안한 프레임워크의 성능분석을 하고, 마지막으로 5 장에서 결론과 향후연구에 대해 논하도록 한다.

2. 관련연구

2.1 모바일 클라우드에서 콘텐츠 전송 QoS 를 보장하기 위한 콘텐츠 전송 프레임워크 연구

기존의 모바일 클라우드 내부에서는 이동단말이 다른 AP 나 eNB 로 이동한 후 콘텐츠를 전송받기 위해 다시 서버에 콘텐츠를 요청하고 경로를 재설정하는 Control Plane 을 수행하였다. Control Plane 재설정 시 발생하는 메시지를 줄이고, 같은 콘텐츠를 재전송하는 문제를 해결하기 위해, [3]에서는 SDN 기법과 CCN 의 기법을 적용시켰다. 이를 통해 콘텐츠를 전송 받는 도중, 이동단말이 이동하게 되더라도, 콘텐츠 재전송을 위한 Control Plane 메시지를 감소시키고, 네트워크 내부의 콘텐츠 복사 문제를 해결하였다. 하지만, [3]에서 제안한 콘텐츠 전송 프레임워크에서는 네트워크 상태나 사용자가 사용하는 서비스의 종류가 변화하고, 같은 콘텐츠에 대한 반복적인 요청이 증가하게 되면, 이를 능동적으로 대처하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 [2]에서 제안한 프레임워크가 가지고 있는 문제점을 해결하고자 한다.

2.2 강화학습 (Reinforcement Learning)

강화학습은 잘한 행동에 대해 칭찬을 받고, 잘못된 행동에 대해 처벌을 받았던 경험에 의해 자신

*본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-(H0301-14-1003)). Dr. CS Hong is corresponding author

의 지식을 키워나가는 학습법이다.

3. 제한사항

그림 1 은 본 논문에서 제안하는 강화학습 기반 콘텐츠 전송 프레임워크를 나타낸다. 그림 1 의 Learning Engine 을 통해 학습된 결과를 바탕으로 프레임워크는 콘텐츠 전송에 알맞은 서비스 전송 방법을 선택하여 서비스를 제공한다.

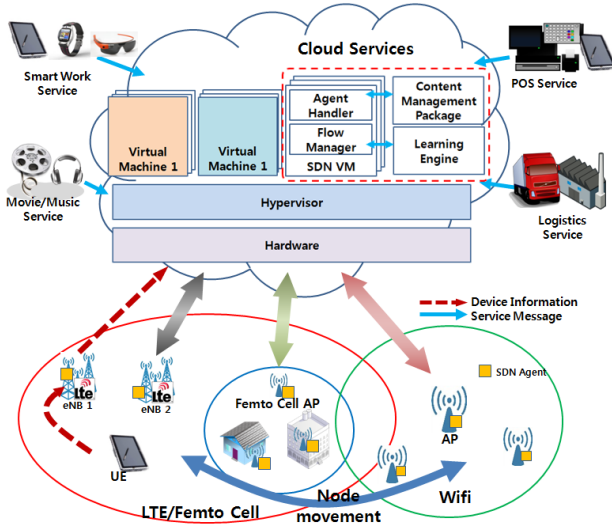


그림 1. 강화학습기반 콘텐츠 전송 프레임워크

그림 2 는 강화학습문제를 해결하기 위해 정의된 집합을 나타낸다. S 는 현재의 상태, A 는 현재 상태에서 하는 행동, R 은 현재행동을 통해 얻는 피드백을 의미하며 H 는 네트워크 throughput, T 는 콘텐츠 전송시간, O 는 네트워크에서 발생하는 오버헤드, P 는 throughput, 콘텐츠 전송시간, 오버헤드가 정해진 SLA 나 제한 값을 넘어가면 받는 벌칙을 의미한다. 또한, 동작에 따른 Q(s, a)를 갱신하기 위해 SARSA 방법을 사용하였다.

$$S = \{U_{TCP/IP}, U_{CCN}\}$$

$$A = \{D_{TCP/IP}, D_{CCN}, NOP\}$$

$$R = \frac{H}{H_{SLA}} + \frac{T_{SLA}}{T} + \frac{O_{th}}{O} - P$$

$$P = P_{thrput} + P_{dl} + P_{ovhd}$$

그림 2. 강화학습 문제해결을 위한 State, Action, Reward 정의

본 논문에서 제안한 프레임워크는 학습도중 최적의 policy Q*(s,a)와 최대로 가까운 Q 값을 찾기 위해 Q(s,a)를 갱신한다. 그림 3 은 Q(s,a)를 갱신하기 위한 방정식을 나타낸다. 강화학습 기반 프레임워크는 그림 3 을 통해 갱신된 Q 값을 통해 네트워크의 상태에 따라 최적화된 콘텐츠 전송을 제공할 수 있다. 제안한 프레임워크는 강화학습 적용을 통해, 네

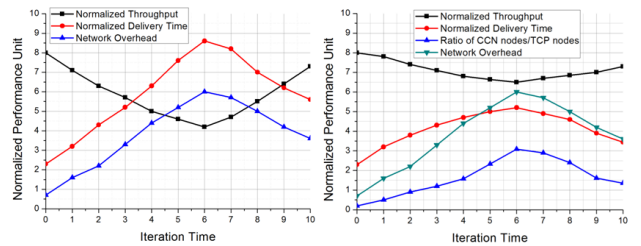
트워크의 상태에 따라 자율적으로 콘텐츠 전송 방법을 선택할 수 있다.

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow Q(s_t, a_t) + \alpha [r + \gamma Q(s_{t+1}, a_{t+1}) - Q(s_t, a_t)]$$

그림 3. 동작에 따른 Q 값 갱신을 위한 방정식

4. 성능분석

본 논문에서 제안한 강화학습 기반 콘텐츠 프레임워크의 성능을 분석하기 위해 시뮬레이션을 통해 그림 4 와 같은 결과를 얻었다.



(a) Normal Case

(b) RL Case

그림 4. 강화학습 기반 프레임워크 성능분석

그림 4 로부터 알 수 있듯이 강화학습을 적용하였을 때, 좀더 나은 throughput 을 제공하고, 콘텐츠 전송시간이 감소하는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후연구

본 논문에서는 콘텐츠 전송 QoS 를 보장하기 위해 강화학습기반 콘텐츠 전송 프레임워크를 제안하였다. 또한 제안한 프레임워크는 콘텐츠 재전송 및 노드 이동으로 인한 Control Plane 을 최소화시키기 위해 SDN 과 CCN 기법을 적용시켰다. 본 논문에서 제안한 프레임워크는 Learning Engine 을 통해 자율적으로 콘텐츠 전송에 맞는 전송방법을 선택하여 전송할 수 있다. 향후 연구로, 실제 클라우드 환경에서 시뮬레이션을 진행하여 자세한 성능분석을 하는 것으로 한다.

5. 참고 문헌

- [1] Md. Golam Rabiul Alam, Eung Jun Cho, Eui-Nam Huh, Choong Seon Hong, "Cloud Based Mental State Monitoring System for Suicide Risk Reconnaissance Using Wearable Bio-sensors", ACM IMCOM 2014, Jan 9-12, 2014.
- [2] Xiangping Bu, Jia Rao, Cheng-Zhong Xu, "Coordinated Self-Configuration of Virtual Machines and Appliances Using a Model-Free Learning Approach", IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol 24, pp681-690, April 2013.
- [3] 허림, 홍충선, "모바일 클라우드에서 콘텐츠 전송 QoS 를 보장하기 위한 콘텐츠 전송 프레임워크 연구", 스마트미디어학회 춘계학술대회 2014, 2014년 4월