

2021 한국인공지능학술대회

사용자의 선호도를 고려한 콘텐츠 캐싱을 위해 추천시스템을 활용하여

연속적인 공간에서 콘텐츠를 캐싱하는 심층강화학습 모델

이우빈, 임민중

동국대학교 컴퓨터정보통신공학과

woobin0357@dongguk.edu

A Deep Reinforcement Learning Model that Caches Contents in a Continuous Space using Recommendation System for Contents

Caching considering User Preferences

Woobin Lee, Minjoong Rim

Department of Information and Communication Engineering

Dongguk University

요 약

본 논문에서는 네트워크 엣지에서 사전 콘텐츠 캐싱 문제를 연구한다. 연구된 모델에서 네트워크 엣지의 캐시는 추천시스템을 활용하여 사용자 개개인의 선호도를 예측하고 사용자에게 추천이 될 만한 적절한 콘텐츠를 캐싱하는 결정을 할 수 있다. 이 문제를 해결하기 위해 강화학습 기반의 프레임워크를 제안하며, 무한히 증가하는 콘텐츠 수와 한정된 캐시 저장 공간에 따른 캐싱 결정의 복잡도 문제에 대처하기 위해 콘텐츠를 연속적인 공간에 배치시키는 것을 제안한다. 실험에서는 제안된 접근 방식이 사용자 개개인의 특성을 고려하지 않는 보편적인 선호도에 따른 캐싱 알고리즘과 비교하여 사용자들의 캐싱된 콘텐츠 선호도 측면에서 더 많은 이득을 산출한다는 것을 보여준다.

I. 서론

오늘날 유튜브, 넷플릭스 등의 비디오 콘텐츠를 스트리밍하는 서비스는 심화를 넘어 포화상태로 보인다. 영상의 품질 자체가 올라감에 따라 콘텐츠 자체의 용량 또한 증가하고 있다. 다양한 기기에서 오는 사용자의 요청과 콘텐츠 용량의 증가로 인해 트래픽이 급증하는 피크 시간에는 네트워크의 백홀과 프론트홀에서 병목현상이 발생할 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 방법 중 하나로 인공지능을 활용하여 네트워크 엣지에서 콘텐츠를 캐싱하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 콘텐츠 캐싱에서는 추천시스템을 같이 고려하기도 한다. 추천시스템은 사용자에게 추천될 만한 콘텐츠를 추천하고, 이러한 추천될 만한 콘텐츠를 캐시에 저장한다면 캐시의 효율이 훨씬 높아질 것이다. [1]에서는 추천시스템을 활용하여 각 사용자의

기기에서 최적의 콘텐츠를 캐싱하고 기기간 통신을 통해 캐싱된 콘텐츠를 공유하여 기지국의 네트워크 부담을 줄인다. [1]과는 달리 본논문에서는 캐싱을 할 콘텐츠를 스스로 학습하고 결정하기 위해 강화학습 기반의 모델을 제안한다. 이전 연구에서는 사용자 개개인의 특성을 고려하지 않고 보편적인 선호도에 따라 콘텐츠 캐싱을 하지만 본논문에서는 추천시스템을 활용하여 사용자 개개인의 선호도를 예측함으로써 사용자에게 따라 적절한 콘텐츠를 사전 캐싱한다. 추가적으로 무한히 증가하는 콘텐츠의 수와 한정된 캐시 저장 공간 문제를 해결하기 위해 콘텐츠를 연속적인 공간에 배치시키는 것을 제안한다. [2]에서는 강화학습으로 사용자의 실시간 피드백을 학습하여 사용자가 선호하는 상품을 추천하는 웹 페이지를 업데이트 한다. 상품들은 특성에 따라 연속적인 공간에 배치가 되어 있기 때문에 강화학습 모델은 연속적인 공간에서 비슷한 상품을 찾는다.

본논문에서는 콘텐츠에 점수를 매기는 비평가 요소를 도입하여 [2]에서처럼 콘텐츠들을 연속적인 공간에 배치한다. 제안한 방법은 콘텐츠의 수가 무한히 늘어나는 실제 환경에서 캐싱 결정의 복잡도가 높아지는 것과는 무관하게 적절한 캐싱 결정을 내릴 수 있도록 한다.

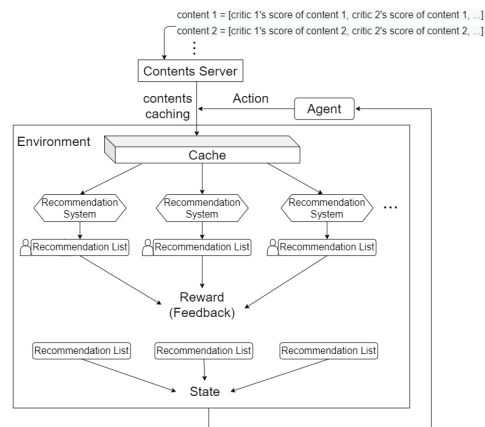
II. 본론

본논문에서 두 가지 시스템을 가정한다. 첫 번째로, 잠재 요인 협업 필터링(Latent Factor Collaborative Filtering) 기법처럼 사용자들의 콘텐츠에 대한 잠재 요인이 고려되는 추천시스템이 존재한다고 가정한다. 이러한 추천시스템에서는 사용자들은 각 잠재 요인들에 따라(e.g. 영화 장르라는 잠재 요인) 잠재 요인 선호도를 가질 수 있고 콘텐츠들을 잠재 요인들로 표현할 수 있게 된다. 본논문에서는 이러한 잠재 요인을 나타내는 비평가라는 개념을 도입하여 각각의 특성을 갖는(특정한 잠재 요인을 갖는) 비평가들이 콘텐츠에 대해 평점을 매긴다. 두 번째로, 각 사용자들의 선호도가 어떤 비평가들의 어떤 조합과 비슷한지 찾아내도록 학습된 시스템이 있다고 가정한다. 이를 통해 사용자가 아직 평점을 매기지 못한 새로운 콘텐츠에 대해서도 잠재 요인을 나타내는 비평가들의 점수를 통해 콘텐츠 예상 선호도 점수를 매길 수 있다. 본논문에서는 가정된 시스템들과 결합하여 강화학습을 통해 사용자 개개의 선호도가 어떤 비평가와 비슷한지를 예측하여 추천될 만한 콘텐츠를 사전 캐싱하는 프레임워크를 제안한다. [그림 1]은 제안하는 시스템 모델의 강화학습 알고리즘으로 에이전트와 상호작용을 하는 환경을 보면, 캐시가 지원하는 사용자는 여러 명이 있고 사용자마다 추천시스템이 존재하며 잠재 요인을 나타내는 비평가가 여러 명 있고 추천시스템은 이 비평가의 콘텐츠 평점을 통해 구한 사용자의 예상 콘텐츠 평점을 이용하여 콘텐츠를 추천한다. 에이전트는 캐시 내에서 각 사용자들에게 만들어지는 추천리스트들을 상태로 받아 어떤 콘텐츠로 캐시를 구성할지 사전 결정하는 행동을 한다. 에이전트의 행동으로 캐시가 구성되면 캐시 내 콘텐츠들이 바뀌면서 추천리스트가 바뀌게 되고, 캐시에서 사용자들에게 추천된 콘텐츠의 예상 평점을 통해 보상을 받게 된다. 추천된 콘텐츠의 사용자 예상 평점이 높다면 높은 보상을 얻게 된다. 에이전트는 이 과정을 반복하면서 현재 캐시를 사용하는 사용자의 특성에 따라 어떤 콘텐츠가 추천이 될 만한 콘텐츠인지를 학습하게 된다. 하지만 실제 환경에서는 새로 만들어지는 콘텐츠의 개수가 무한히 증가할 것이고 이를 한정된 저장 공간을 가진 캐시에 저장해야 한다. 콘텐츠 개수가 증가할수록 콘텐츠를 캐싱하는 결정의 복잡도가 크게 증가할 것이다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 콘텐츠를 연속적인 공간에 배치시키는 것을 제안한다. 비평가들이 콘텐츠에 매긴 점수에 따라 콘텐츠 특성을 구성하게 되고 콘텐츠는 비평가 수만큼의 차원의 크기를 갖는 연속적인 공간에 배치된다. 아무리 콘텐츠 개수가 늘어나더라도 최적의 콘텐츠는 연속적인 공간에 배치된 콘텐츠들 중에서 가장 가까운 콘텐츠를 선택하면 된다. 이를 통해 콘텐츠 개수가 늘어나면서 캐싱 결정의 복잡도가 높아지는 것과는 무관하게 적절한 캐싱 결정을 내리는 것이 가능해진다. 실험은 500 개의 콘텐츠와 5 명의 비평가가 존재하고 4 명의 사용자가 에피소드마다 선호하는 비평가가 계속 바뀌는(사용자가 계속 바뀌는) 환경에서 진행된다. [그림 2]는 500 번의 각 에피소드에서 사용자들의 캐시 내 콘텐츠 예상

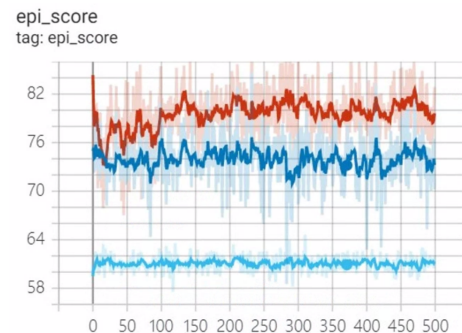
평점의 합으로 성능을 나타낸 그래프이다. 사용자 개개의 선호도를 고려하지 않은 보편적인 선호도에 따른 콘텐츠 캐싱(파란색)과 랜덤 콘텐츠 캐싱(하늘색)과 비교하여 제안하는 모델(빨간색)이 사용자의 선호도를 가장 만족시키는 것을 볼 수 있다.

III. 결론

본논문에서는 추천시스템을 활용하여 사용자 개개의 선호도를 고려하여 콘텐츠를 사전 캐싱하는 모델을 제안한다. 이전의 많은 연구가 콘텐츠 각각을 고려함으로써 고려하는 콘텐츠의 수가 제한되는데 반해서 본논문은 콘텐츠를 연속적인 공간에서 고려함으로써 무한히 많은 콘텐츠를 고려할 수 있다.



[그림 1] 제안하는 강화학습 알고리즘



[그림 2] 전반적인 성능 비교

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No2019R1F1A1056963). 본 논문은 삼성전자 미래기술육성센터의 지원으로 이루어진 결과임 (SRFC-IT1702-13).

참고 문헌

- [1] Y. Wang, M. Ding, Z. Chen and L. Luo, "Caching Placement with Recommendation Systems for Cache-Enabled Mobile Social Networks", IEEE Communications Letters, vol. 21, pp. 2266-2269, 2017
- [2] Xiangyu Zhao, Long Xia, Liang Zhang, Zhuoye Ding, Dawei Yin, Jiliang Tang, "Deep Reinforcement Learning for Page-wise Recommendations", RecSys '18: Proceedings of the 12th ACM Conference on Recommender Systems, pp. 95-103, 2018