

5G 환경에서 DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템의 성능 분석

최민제, 정성욱, 손태준, 손종명, 정보경, 임경식*

경북대학교 IT대학 컴퓨터학부

alswp25@gmail.com, squirrelswj@gmail.com, tyty0631@naver.com,

tosani65@gmail.com, bkdr1204@naver.com, *kslim@knu.ac.kr

DQN-based adaptive video streaming system performance analysis in 5G environments

Choi Min Je, Jung Sungwook, Son Tae Jun, Son Jong-Myeung,

Chung Bo Kyung, Lim Kyungshik*

Kyungpook National University.

요 약

비디오 스트리밍 서비스의 확대로 스마트폰에서 비디오를 시청하는 이용자의 수가 늘고 있다. 이에 따라 이동성을 가지는 스마트폰 환경에서 끊김 없는 스트리밍을 위한 연구가 진행되었다. Dynamic Adaptive Streaming over HTTP(DASH)는 비디오를 품질 별로 나누어 네트워크 상태에 맞는 비디오를 전송함으로써 끊김 없는 스트리밍을 가능하게 하였다. DASH의 핵심은 네트워크 상태에 적합한 비디오 품질을 선택하는 알고리즘인데, 이는 절차식 알고리즘으로 기술되어 있어 성능에 한계가 있었다. 이후 Deep Q-Network(DQN) 기반의 비디오 품질 선택 메커니즘이 제안되어 성능을 개선하였다. 이 메커니즘은 4세대(4G) 환경에서 네트워크에 적응하여 비디오 품질을 효율적으로 선택하고 리버퍼링 횟수를 줄일 수 있었다. 본 논문에서는 2019년 상용화된 5세대(5G) 환경에서 DQN 기반의 적응형 비디오 스트리밍 시스템을 모의실험하고 4G 환경과 비교하여 어떤 성능을 내는지 분석한다.

I. 서 론

유튜브, 넷플릭스 등 비디오 스트리밍 서비스의 확대로 스마트폰에서 비디오를 시청하는 이용자의 수가 늘어나고 있다. 이에 따라 네트워크 상태의 변화 폭이 큰 스마트폰 환경에서 끊김 없는 스트리밍 서비스를 제공하기 위해 DASH가 연구되었다. 이후 DASH의 비디오 품질 선택 알고리즘의 성능을 개선한 DQN 기반 비디오 품질 선택 메커니즘이 연구되었다.[1] 이 메커니즘은 4G 환경에서 사용자의 Quality of Experience(QoE)를 향상시킬 수 있었다. 2019년 5G 이동통신 기술이 상용화되었음에도 여전히 네트워크 상태의 변화 폭이 큰 스마트폰의 특징을 가지고 있기 때문에 적응형 비디오 스트리밍 시스템은 계속 채택될 것이다.

영국의 모바일 분석 회사인 Opensignal이 공개한 최신 5G 분석에 따르면 한국의 5G 실제 속도는 200Mbps 이상으로 나타났다. 평균적으로 5G의 다운로드 속도는 4G보다 훨씬 빨랐으며, 한국에서 가장 빠른 5G 다운로드 속도는 4G보다 3.5배 빨랐다.[2]

본 논문에서는 현재의 5G 속도를 가지는 환경에서 DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템을 모의실험하고 4G 환경과 비교하여 어떤 성능을 내는지 분석한다.

II. 관련 연구

II-1. 5G 이동통신 기술

5G의 공식 명칭은 IMT-2020으로 2015년 ITU-R 전파통신총회(RA-15)에서 2020년경 상용화를 목표로 채택되었다. 5G는 최대 전송속도 20Gbps, 사용자 체감 속도 100Mbps, 주파수 효율은 기존 IMT-Advanced의 3배, 지연 시간 1ms 미만으로 4G 대비 훨씬 발전된 성능을 요구한다.[3]

II-2. Deep Q-Network(DQN) 기반 적응형 비디오 스트리밍 기법

강화학습은 특정한 상태에서 행동을 했을 때 받는 보상을 가지고 정책을 학습하고 이후 행동을 선택하는 방법이다. 강화학습을 하는 방법에는 Q-learning이 있으며 이 방법은 상태와 행동, 보상을 Q table상에 업데이트한다. 그러나 최근의 문제들은 상태공간이 점점 커지고 있고 이를 Q table로 표현하기에 한계가 있어 Q-learning에 deep neural network를 적용하는 DQN이 연구되었다.

절차적으로 구현되어 있는 기존 DASH의 비디오 품질 선택 알고리즘은 수많은 네트워크 상태에 대해 비디오 품질을 선택하기에 한계가 있었다. 그 한계를 극복하기 위해 DQN을 적용하여 수많은 네트워크 상태에 적합한 비디오 품질을 선택할 수 있도록 하였다. 현재 네트워크 상태를 상태, 비디오 품질을 행동으로 정의하고, 행동 후 변화된 네트워크의 상태를 가지고 보상을 계산하여 DQN이 적응형 비디오 시스템에 적용될 수 있게 하였다. 이 메커니즘은 기존 시스템보다 더 좋은 비디오 품질을 선택하면서 재생 중단 횟수를 줄임으로써 사용자의 QoE를 향상시켰다.

III. 본론

본론에서는 DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템의 동작 과정을 설명하고, 4G와 5G 환경을 설정하여 모의실험한다. 그리고 그 결과를 이용하여 비디오 품질과 처리량을 중점으로 성능을 비교하고자 한다.

III-1. 시스템 구조

DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템은 비디오 서버, 클라이언트 그리고 DQN 서버로 구성된다. 비디오 서버는 비디오를 일정 시간 단위로 나누

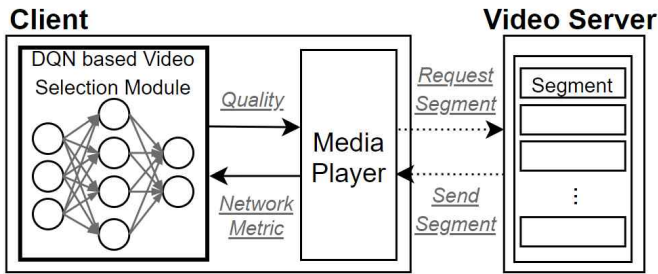


그림 1. DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템 구조

Fig 1. DQN-based adaptive streaming system architecture

고 그것을 화질, 비트레이트 기준으로 비디오 품질을 구분하여 저장한다. 이를 세그먼트라고 하며 클라이언트가 특정 세그먼트를 요청하면 그에 적합한 세그먼트를 전송한다. 클라이언트는 비디오를 재생하는 모듈이 포함되어 있으며, 비디오 재생을 위해 서버에 세그먼트를 요청한다. 마지막으로 DQN 서버는 DQN 기반의 비디오 품질 메커니즘이 구현되어 있는 서버이다. 클라이언트로부터 네트워크 상태를 받아 비디오 품질을 선택하고 학습에 필요한 보상을 계산한다. 그리고 네트워크 상태, 품질, 보상을 가지고 학습모델을 생성한다. 이렇게 3가지 모듈의 동작으로 시스템이 동작한다.

III-2. 모의 실험 환경

비디오 스트리밍 시스템을 모의실험하기 위해 비디오 서버와 클라이언트를 Network Simulator(NS-3)[4]를 이용하여 구현하였다. 그리고 DQN 서버는 텐서플로(tensorflow) 기반의 케라스(keras) 라이브러리를 이용하여 구현하였다. 4G의 평균 속도는 40Mbps이며, Opensignal의 2020년 5월 조사에 따른 한국의 5G 실사용 속도는 230Mbps로 나타났다. 따라서 비디오 서버와 클라이언트 사이의 대역폭(bandwidth)을 40Mbps, 230Mbps로 각각 설정하였다. 그리고 스마트폰 환경을 가정하기 위해 지연시간(latency)과 손실률(error rate)을 다양하게 변경하여 실험하였다. 모의실험에 사용된 비디오는 약 10분 길이의 비디오로 해상도를 기준으로 10단계로 품질을 나누었다. 표 1은 모의실험에 사용된 환경을 나타낸다.

Parameters	Value
Bandwidth	40Mbps, 230Mbps
Latency	10ms, 30ms, 50ms, 100ms
Error rate	0.001, 0.01, 0.1

표 1. 실험에 사용된 환경

Table 1. environment

III-3. 성능 분석

본 실험에서 사용한 시스템의 성능을 처리량과 선택한 비디오 품질 가지고 그래프로 나타냈다. 그림 2는 네트워크 상태 변화에 따른 평균 처리량을 나타내는 그래프이다. 손실률이 0.001이고 지연시간이 10ms로 네트워크 상태가 비교적 좋을 때, 4G와 5G의 처리량의 차이는 크게 나타난다. 그러나 손실률과 지연시간이 커질수록 처리량의 차이는 줄어들어 가는 모습을 보인다. 이에 따라 4G 환경뿐만 아니라 5G 환경에서도 끊임 없는 스트리밍을 위해 점점 낮은 비디오 품질의 선택이 이루어진다. 그림 3은 네트워크 상태 변화에 따른 선택된 평균 비디오 품질을 나타낸다. 손실률이 0.001일 때, 두 환경 모두 최고 품질(9품질)에 가까운 비디오를 선택한다. 하지만 이때, 두 환경의 처리량의 차이는 크기 때문에 5G 환경에서 9품질보다 더 높은 품질을 선택할 수 있을 것이다. 손실률 0.01, 지연시간이 50ms 이상인 환경에서는 5G와 4G의 처리량의 차이가 크지 않기 때문에 5G 환경에서도 4G와 비슷하게 비디오 품

질을 낮춰 선택한다. 또한, 처리량의 변화 폭이 큰 만큼 스트리밍 중 비디오 품질의 변화 폭이 크다.

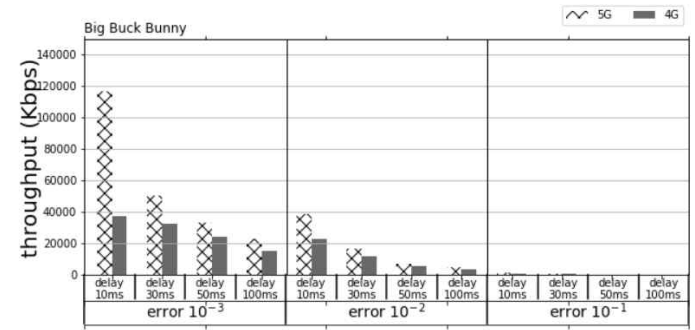


그림 2. 환경 변화에 따른 평균 처리량

Fig 2. throughput due to environmental changes

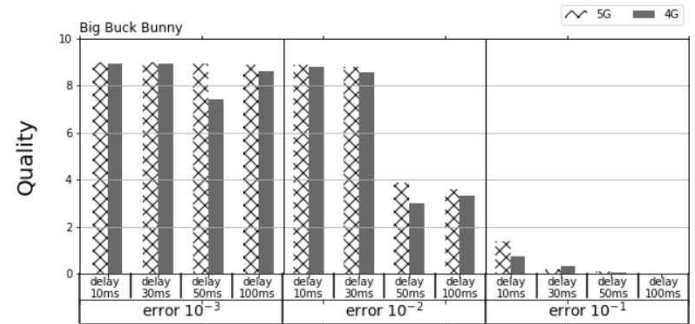


그림 3. 비디오 품질

Fig 3. video quality

IV. 결론

본 논문에서는 DQN 기반 적응형 비디오 스트리밍 시스템이 4G와 5G 환경에서 어떤 성능을 내는지 분석하였다. 5G 환경에서 비교적 네트워크 상태가 좋으면 4G 환경보다 더 좋은 고화질 스트리밍이 가능하였지만 네트워크 상태가 나빠질수록 두 환경의 성능의 차이는 줄어들었다. 네트워크 상태의 변화 폭이 큰 스마트폰에서 스트리밍을 한다고 가정한다면 5G 환경에서 비디오 품질의 변화가 눈에 띄게 보일 것이다. 이러한 점은 사용자에게 따라 QoE가 감소할 원인이 될 수도 있다. 추후 비디오 품질 단계를 증가시켜 5G 환경에서 4K 이상의 고화질 비디오 스트리밍을 하기 위한 적응형 비디오 스트리밍 시스템을 연구할 계획이다.

참고 문헌

- [1] C. Seong, S. Hong, and K. Lim, "An Intelligent Video Streaming Mechanism based on a Deep Q-Network for QoE Enhancement", Journal of Korea Multimedia Society Vol. 21, No. 2, pp 188-198, 2018.
- [2] Ian Fogg, "Quantifying the global 5G experience across ten operators", <https://www.opensignal.com/2020/05/20/quantifying-the-global-5g-experience-across-ten-operators>, May 20 2020.
- [3] TTA 정보통신용어사전, http://terms.tta.or.kr/dictionary/dictionaryView.do?word_seq=104470-6
- [4] T. R. Henderson, M. Lacage, and G. F. Riley, "Network Simulations with the ns-3 Simulator," ACM Conference on Special Interest Group on Data Communication, SIGCOMM 2008, pp. 17-22, 2008.