

서비스 캐싱을 위한 모바일-엣지-클라우드의 경제적 상호작용

함동호, 곽정호

대구경북과학기술원

dhham97@dgist.ac.kr, jeongho.kwak@dgist.ac.kr

A survey on economical interplay among mobile-edge-cloud architecture for service caching

Dongho Ham, Jeongho Kwak

DGIST

요약

모바일 기기의 발전과 함께 차세대 네트워크인 핵심 중 하나인 6G가 등장하면서, AR/VR, 초고화질 스트리밍, 그리고 고성능 게임 등 높은 컴퓨팅 및 스토리지 자원을 요구하는 모바일 서비스들이 등장하게 되었다. 이러한 서비스들을 지원하기 위해, 모바일 기기의 처리 지연 문제와 클라우드 컴퓨팅의 전송 지연 문제를 해결할 수 있는 MEC(Mobile Edge Computing) 기술이 등장하였고, MEC 아키텍처를 활용하여 엣지 서버에 효율적으로 서비스를 저장하는 서비스 캐싱 기술이 주목을 받고 있다. 서비스 캐싱을 통한 엣지 컴퓨팅 기술은 엣지 서버를 활용하는 만큼 사용자에게 높은 접근성을 제공하지만, 일반적으로 클라우드보다 높은 가격을 형성하고 있다. 또한, 서비스 캐싱 결정은 사용자의 오프로딩 결정에 직접적인 영향을 받기 때문에 신중히 결정해야 한다. 이 논문에서는 서비스 캐싱을 위해 모바일-엣지-클라우드 아키텍처에서 어떠한 경제적 상호작용이 있을 수 있는지 살펴본다.

I. 서론

최근에, 모바일 기기, 네트워크, 그리고 클라우드 컴퓨팅의 발전은 사용자로 하여금 고성능의 모바일 6G 서비스를 언제 어디서든 이용할 수 있게 만들었다. 그러나 여전히, 너무 높은 성능을 요구하거나 실시간 데이터 교환이 서버와 모바일 기기 이루어져야 하기에, 아직까지는 자원 제약적인 모바일 기기의 힘으로 온전히 해당 서비스들을 이용하기는 어려운 실정이다. 이러한 상황을 타개하기 위해 등장한 기술이 서비스 캐싱 기술이다. 서비스 캐싱 기술은 MEC(Mobile Edge Computing) 서버로부터 자원을 빌려와 모바일 기기의 물리적 한계를 극복할 수 있는 기법이다[1]. 모바일 기기보다 높은 컴퓨팅 성능을 가지고 있고, 클라우드 컴퓨팅보다 빠르게 사용자와 접근할 수 있지만 유지 및 보수에 있어 단점이 존재한다. Amazon AWS에 따르면, 엣지 자원의 가격이 클라우드 자원에 비해 약 4배 비싼 것을 확인할 수 있는데 이는 사용자의 접근성을 위해, 다양한 지역에서 서버를 구축해야하는 엣지 서버의 특성 때문이다. 따라서, 비용 효율적으로 엣지 서버를 사용해야 하며, 이를 위해 상황에 맞는 서비스 캐싱을 하는 것이 중요하다. 추가적으로, 서비스 캐싱은 사용자의 오프로딩 결정에 영향을 받기 때문에, 서비스 캐싱은 자원의 가격, 사용자의 오프로딩 결정 등 다양한 요소를 복합적으로 고려하여 진행되어야 한다. 이 논문에서 우리는 모바일-엣지-클라우드 아키텍처 사이의 경제적 상호작용에 대해 분석한다.

II. 본론

직관적으로 서비스 캐싱이 비용적인 측면에서 예민하게 반응하기 때문에, 경제적 상호작용을 고려한 서비스 캐싱 연구들이 여럿 존재한다.

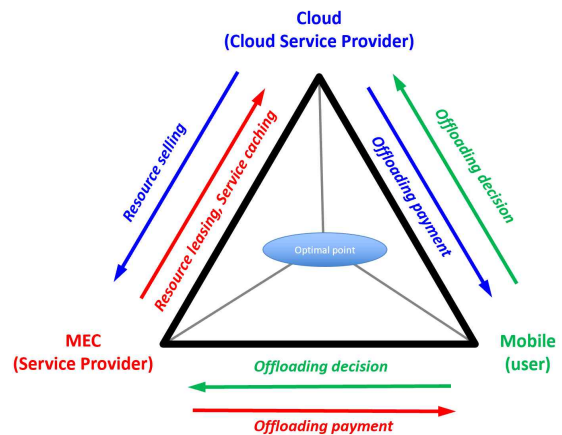


그림1. 모바일-엣지-클라우드의 경제적 상호작용 예시

경제적 상호작용을 고려한 논문들은 일반적으로 계층간 게임 이론을 통해 문제를 해결한다. 해당 문제를 해결하기 위한 게임 이론은 일반적으로 두 가지가 존재하는데, 첫 번째는 슈타켈베르크 게임(Stackelberg Game), 두 번째는 진화론적 게임(Evolutionary Game)이다. 먼저 슈타켈베르크 게임은 게임 안에 리더와 팔로워 두 인원이 존재하고, 리더가 처음 선언한 상황에 따라 팔로워가 적절한 대응을 하여 최종적으로 어떤 평형 상태를 찾는 것이 목적이다. 모바일-엣지-클라우드의 경제적 상호작용의 예시에서 슈타켈베르크 게임을 살펴보면 그림 1.의 세 인원 중 두 인원의 상호작용이라고 볼 수 있다. 예를 들어, 서비스 제공자인 MEC와 클라우드 서비스

제공자인 클라우드의 슈타켈베르크 게임은 다음과 같이 진행된다. 먼저 클라우드에서 자신이 팔 자원의 가격을 정한다. 다음으로, MEC에서는 이 가격이 얼마나 효율적인지 계산하고, 자원을 얼마나 빌릴지 결정한 뒤 빌린 자원에 맞추어 서비스 캐싱을 진행한다. 그림 1.은 세 명의 인원이 존재하기 때문에, 비슷하게 해당 서비스 캐싱 결정을 바탕으로 MEC가 이번에는 사용자와 슈타켈베르크 게임을 진행할 수 있다. MEC는 리더가 되어 오프로딩 할 때의 가격을 선언하고, 사용자는 서비스 캐싱 결정 및 오프로딩 가격을 보고 오프로딩 여부를 결정한다. 다음으로 진화론적 게임 관점에서 그림 1.을 살펴볼 수 있다. 진화론적 게임이란 생물학적 관점에서 게임이론을 응용한 것이다. 진화론적 게임의 목표는 최종적으로 어떤 전략을 선택한 인구 분포를 도출해내는 것이다. 예를 들어, 그림 1에서 하나의 클라우드와 여러 개의 엣지 서버가 존재할 때, 사용자는 오프로딩 결정을 위해 클라우드 혹은 여러 개의 엣지 서버 중 하나를 선택할 수 있다. 이때, 사용자들이 처한 위치 혹은 통신 환경에 따라 선택이 달라질 수 있고 최종적으로 사용자들이 선택한 엣지 서버나 클라우드 서버가 해당 전략의 인구 분포가 된다.

III. 결론

본 논문에서는 가장 먼저 모바일-엣지-클라우드 아키텍처 환경에서 서비스 캐싱 기법이 가질 수 있는 장점에 대해 설명하였다. 이어서, 서비스 캐싱 기법을 비용-효율적으로 활용하기 위한 필요성을 제시하였다. 마지막으로 실제 모바일-엣지-클라우드의 경제적 상호작용 예시를 통해, 해당 아키텍처에서 어떤 경제적 상호작용이 있을 수 있는지 분석하고 실제로 많이 사용되고 있는 이론을 제시하면서 각 이론에 따른 분석 방법을 제시한다.

ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2022R1C1C1003030).

참 고 문 헌

- [1] H. Zhou, Z. Zhang, D. Li, and Z. Su, "Joint optimization of computing offloading and service caching in edge computingbased smart grid," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 11, no. 2, pp. 1122 - 1132, Apr. 2023.
- [2] Amazon, "Amazon AWS," [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/>.
- [3] F. Tutuncoglu and G. D. Veeranna, "Joint resource management and pricing for task offloading in serverless edge computing," IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 1 - 15, 2023.