

강화학습 적용 SDN 기반 네트워크 자율 재구성 알고리즘

성민우, 박지수

전주대학교

cistusf@jj.ac.kr, jisupark@jj.ac.kr

SDN-based Network Autonomous Reconfiguration Algorithm Applying Reinforcement Learning

Sung Min Woo, Ji Su Park

Jeonju Univ.

요약

MEC(Multi-access Edge Computing)는 다양한 사물 또는 모바일 장치로부터 수집되는 수많은 데이터가 여러 엣지 노드를 통해 분산 저장되는 새로운 환경이다. 이러한 MEC에서는 다수의 장비간 또는 장비와 서버간의 연결이 새롭게 생성되거나 해제되는 과정이 빈번하게 발생하기 때문에 대량의 데이터를 전송하기 위한 네트워크 인프라가 효과적으로 확장될 수 있어야 한다. 또한 연결된 장치들이 다양함에 따라 안정적인 서비스, 원활한 데이터 전송을 보장하기 위해서는 네트워크의 안정성을 확보해야 하며, 상황에 따른 경로 재설정, 서비스별 대역폭 재분배, 장치와 서비스에 따른 우선 전송을 보장하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 SDN 기반의 네트워크 자율 재구성 알고리즘을 제안한다.

I. 서론

5G 네트워크의 등장으로 사물 인터넷(IoT)을 이용한 서비스가 사회 및 산업 영역 전반에 걸쳐 점차 확산 및 보급됨에 따라 수많은 ICT 서비스들이 등장하고 있다. 이러한 서비스를 이용하는 다양한 IoT 및 모바일 장치들로부터 폭발적으로 발생하는 데이터의 흐름과 이동은 기존의 중앙 집중형 데이터 센터를 이용한 방식으로 처리하기에는 발생하는 트래픽의 양과 처리 작업의 수가 매우 방대하고 수많은 데이터를 전송하는 과정에서 발생하는 네트워크 대역폭 문제나 병목현상, 그리고 중앙 서버의 과부하 위험 등의 문제 발생 가능성이 존재하기 때문에 실시간 처리를 요구하는 사물 인터넷 서비스를 원활하게 제공하지 못한다. 이뿐만 아니라 클라우드 서버나 중앙 집중 서버로 각 서비스에 사용되는 모든 정보를 전송함에 따른 민감한 데이터나 개인 정보 등의 유출 위험성 및 개인 정보 침해성 등의 문제도 발생할 가능성이 존재한다[1].

이러한 문제를 해결하기 위해 실제 데이터가 발생하는 현장 인근이나 데이터를 전송하는 장치의 근거리에서 실시간으로 데이터를 처리할 수 있는 엣지 컴퓨팅 기술이 등장하였다. 엣지 컴퓨팅 기술은 엣지 서버에서 실시간으로 처리 가능한 서비스 처리를 통해 데이터 처리 시간을 큰 폭으로 감소시키고, 중앙 서버나 클라우드 서버로 직접 전달하지 않고도 엣지 서버에서 데이터를 처리하게 함으로써 네트워크 대역폭 사용량의 비율을 큰 폭으로 감소시킬 수 있는 장점이 있다.

현재의 MEC 환경은 네트워크 상황이나 수집 데이터 특성에 대한 고려 없이 네트워크 자원의 균일한 배분으로 인한 비효율적으로 자원을 활용하고 있다[2][3]. 또한 연결된 장치들이 다양함에 따라 안정적인 서비스, 원활한 데이터 전송을 보장하기 위해서는 네트워크의 안정성을 확보해야 하며, 상황에 따른 경로 재설정, 서비스별 대역폭 재분배, 장치와 서비스에 따른 우선 전송을 보장하는 기술이 필요하다. 본 논문에서는 SDN 기반의 네트워크 자율 재구성 알고리즘을 제안한다.

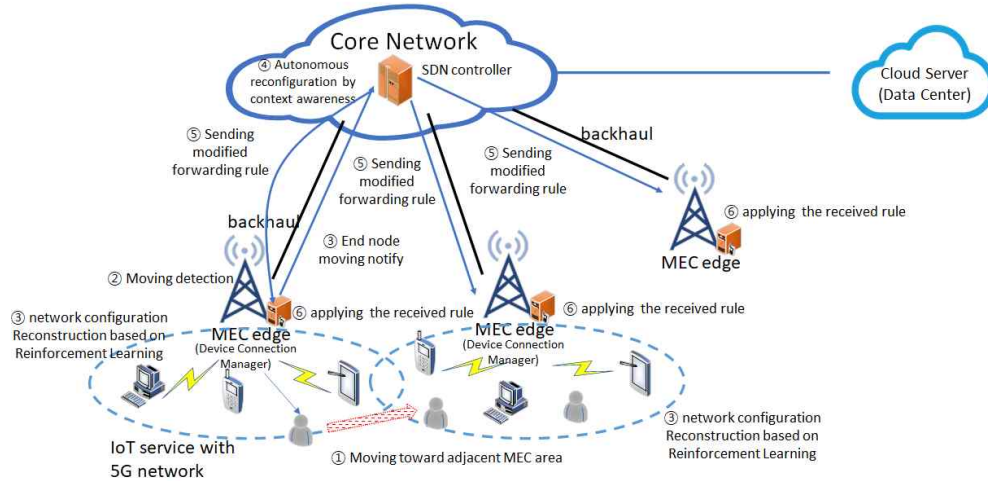
II. 본론

소프트웨어 정의 네트워킹(Software-Defined Networking; SDN)은 개방형 API를 통해 네트워크의 트래픽 전달 동작을 소프트웨어 기반 컨트롤러에서 제어/관리하는 방식이다[4]. 이는 네트워크 리소스를 최적화하고 변화하는 요구에 따른 신속하게 네트워크를 구성할 수가 있다. 본 논문에서는 MEC 환경을 SDN 기반으로 구성하며, 장치의 상황에 따라 변화되는 네트워크를 재구성한다.

기존 환경에서는 엣지 노드에 연결된 수많은 장치의 동적인 추가/제거 또는 이동으로 인해 발생하는 네트워크 환경의 변화에 적절하게 대응하지 못하여 네트워크가 끊기거나, 관리자의 직/간접적인 제어가 필요하며, 서비스 특성에 대한 고려 없이 장치별 요구되는 네트워크 자원의 균일한 배분은 비효율적인 네트워크 리소스 이용을 증가시킨다. 또한 연결된 장치나 네트워크 상황에 따라 유입 또는 전송되는 트래픽의 종류와 우선순위에 따라 처리하는 과정에서 과도한 데이터의 집중으로 인해 설정된 경로로 트래픽이 물리는 병목현상이 발생한다[5]. 따라서 현재의 네트워크 환경을 분석하여 상황에 맞게 스스로 경로를 설정할 수 있는 기술이 필요하다.

[그림 1]은 강화학습 적용 MEC & SDN 기반 네트워크 구성도 및 재구성 절차를 나타낸다. 네트워크의 자율 재구성 절차는 다음과 같다.

- ① 새로운 단말장치 또는 IoT 센서 장치가 추가/이동/제거 상황이 발생
- ② MEC 엣지 노드에서 단말기기의 이동을 탐지
- ③ 이동 단말의 정보를 SDN 컨트롤러로 알림과 장치 및 서비스별 네트워크 설정 재구성 진행하며, MEC 에지에서는 강화 학습 기반의 알고리즘을 적용하여 내부 네트워크 설정을 재구성
- ④ 컨트롤러는 이동 단말이 이용 중인 정보(서비스 정보, 위치 정보 등)를 유지하기 위해 상황인식 알고리즘을 수행하여 내부 포워딩 캐시와 포워딩 테이블에 저장 후 새로운 규칙 생성



[그림 1] 강화학습 적용 MEC & SDN 기반 네트워크 구성 및 재구성 흐름

- ⑤ 엣지 노드에게 수정된 포워딩 규칙을 배포
- ⑥ 각 엣지 노드는 수정된 새로운 규칙을 포워딩 테이블에 추가

III. 결론

본 논문에서는 MEC 환경에서 장치들의 잦은 이탈로 인한 리소스 관리 및 네트워크의 관리 문제를 해결하기 위해 네트워크의 자율 재구성 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 SDN기반의 네트워크 구성을 하였다. 그러나 강화학습을 통한 자원 자율 알고리즘에 대해선 아직 미흡하며, 지속적인 연구가 필요하다. 향후 연구로는 안정적으로 데이터의 전송을 보장하고 동적 스케줄링을 통한 자원의 효율적인 활용을 지원하기 위해 엣지 노드에 강화학습 알고리즘을 적용하여 유입되는 데이터를 분석하고, 안정적인 데이터 전송을 보장하기 위한 지능형 스케줄링에 관한 연구를 진행한다.

- [5] S. Rani, H. Babbar, G. Srivastava, T. R. Gadekallu and G. Dhiman, "Security Framework for Internet-of-Things-Based Software-Defined Networks Using Blockchain," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 10, no. 7, pp. 6074-6081, 1 April, 2023

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 지원을 받아 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었습니다(RS-2023-00267476).

참 고 문 헌

- [1] J. Zhang, J. Du, Y. Shen and J. Wang, "Dynamic Computation Offloading With Energy Harvesting Devices: A Hybrid Decision Based Deep Reinforcement Learning Approach," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 7, no. 10, pp. 9303-9317, Oct. 2020
- [2] 윤찬현, "모바일 Edge 컴퓨팅 기술 동향", Korea Internet Conference(KRnet) 2018
- [3] Multi-access Edge Computing(MEC): Framework and Reference Architecture, ETSI group specification, 2019 (<https://www.etsi.org/technologies/multi-access-edge-computing>)
- [4] Bera, S. Misra and A. V. Vasilakos, "Software-Defined Networking for Internet of Things: A Survey," in IEEE Internet of Things Journal, vol. 4, no. 6, pp. 1994-2008, Dec. 2017,