

MEC 환경에서 네트워크 고가용성을 제공하기 위한 AI 기반 지능형 병합전송 기술 적용 구조

원호준, 유현, 서성훈*
KT 인프라연구소

hojoon.won@kt.com, hyun.yu@kt.com, *sh.seo@kt.com

AI-based intelligent multi-path transmission for network high availability in multi-access edge computing

Won Ho Joon, Yu Hyun, Seo Sung Hoon*
KT Infra R&D Laboratory

요 약

본 논문은 다양한 네트워크 환경에 있는 MEC 구조에서 네트워크의 가용성을 제공하기 위한 AI 기반의 병합 전송 방법을 제안한다. 기존의 병합 전송 방식 대비 네트워크의 총 비용과 성능을 고려하여 비용대비 최적의 네트워크 성능을 기대할 수 있는 AI 기반의 병합 전송 방법을 MEC에 적용함으로써 효율적인 네트워크 활용과 가용성을 제공하고 서비스에 따른 맞춤형 네트워크의 제공을 기대할 수 있다.

I. 서 론

MEC(Multi-access Edge Computing)는 기존의 중앙 집중형 구조의 트래픽 과부하, 보안, 고지연 등의 문제를 해결하기 위한 구조로 제안되었다[1]. MEC는 기존 중앙 집중형 구조에 비해 다수의 엣지 노드가 유저에 가깝게 전진 배치된 구조로서, 분산 컴퓨팅을 통해 트래픽 분산의 효과와 저 지연, 향상된 보안 효과를 기대할 수 있다. 이러한 MEC 구조는 중앙에 위치한 노드와 각 전진 배치된 노드가 하나의 클러스터를 이루는 구조와 각 엣지 사이트가 각각의 클러스터를 이루고 이러한 멀티 클러스터를 중앙에서 관리하는 방식 등 다양한 구조를 가질 수 있다. 또한, MEC 구조에서 각 엣지 노드는 국사 레벨에서부터 빌딩, 사용자의 거주지 레벨까지 전진 배치될 수 있다. 이러한 전진 배치된 엣지 노드들은 다양한 네트워크 환경을 가질 수 있으며 네트워크의 상태가ダイナ믹하게 변동될 수 있으므로 원활한 네트워크 환경을 보장할 수 있는 네트워크 가용성 제공 구조에 대한 고려가 필요하다.

본 논문에서는 엣지 노드들의 네트워크 가용성을 제공하기 위한 AI 기반의 병합 전송 기술을 적용한 구조를 제안한다. MEC는 트래픽을 병합 전송하기 위한 게이트웨이 역할을 하며 클라이언트와 MEC 구간, MEC와 외부망 구간에 대한 병합 전송을 수행하여 보다 효율적인 트래픽 전송과 네트워크 가용성을 제공할 수 있다. 한편, MEC는 환경에 따라 5G, LTE, WiFi, 위성 등 다양한 네트워크를 사용할 수 있으며 병합 전송을 위해서는 이러한 여러가지 네트워크의 상태를 고려한 스케줄링 기능이 필요하다. 각각의 네트워크는 환경에 따라 네트워크 상태가 다이내믹하게 변동될 수 있으며 각기 다른 요금 정책을 가지므로 이러한 요소를 고려하여 최적의 병합 전송을 제어할 수 있는 AI 기반의 병합 전송 제어 기능이 필요하다. AI 기반의 네트워크 상태와 비용에 대한 코스트 분석을 통해 높은 네트워크

가용성과 성능, 낮은 비용이 발생하도록 하는 최적의 네트워크를 선택하고 병합 전송의 트래픽 분할 비율을 결정하여 효율적인 MEC 네트워킹을 제공할 수 있는 구조를 제안한다.

II. 관련연구

LTE, 5G, WiFi, 위성 등 다양한 무선 네트워크의 활용이 증가하고 이러한 여러 네트워크의 인터페이스를 지닌 무선 단말이 증가함에 따라 다수의 네트워크를 인지하고 활용할 수 있도록 해주는 다중 경로 transport 계층 프로토콜의 중요성이 높아졌다. MPTCP(Multi-Path Transmission Control Protocol)는 호스트 또는 응용에서 여러 개의 TCP 세션으로 분할하여 트래픽을 전송하고 이를 게이트웨이에서 다시 병합하는 기술로 IETF에서 2013년에 표준화된 4 계층 프로토콜이다[2]. [그림 1]은 MPTCP의 구조를 나타낸다.

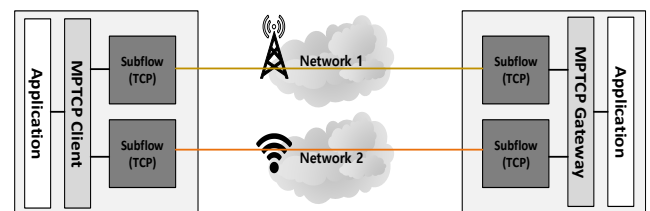


그림 1. MPTCP 구조

단말의 응용에서 트래픽이 발생할 때 단말과 MPTCP 게이트웨이 간의 다중 TCP 세션이 맺어지며 이를 통해 병합 전송이 이루어진다. MPTCP 프로토콜을 사용하여 트래픽을 전송하기 위해서는 단말의 커널 레벨의 기능 탑재가 필요하며 많은 모바일 단말에서 MPTCP를 지원하고 있다. MPTCP는 호스트간 여러 경로를 통해 통신하기 때문에 효율적인 트래픽 전송이 가능하여 대역폭의 확장이 가능하며, 하나의 네트워크에 혼잡이

발생하거나 연결이 끊어지더라도 연속적인 트래픽 전송이 가능하여 네트워크의 신뢰성을 높일 수 있다.

III. 본론

본 논문에서는 병합 전송 기술을 제공하는 프로토콜인 MPTCP를 적용하여 다양한 네트워크 환경에 있는 MEC 노드들의 네트워크 가용성을 높이고 효율적인 트래픽 전송이 가능한 구조를 제안한다. [그림 2]는 MPTCP를 적용한 MEC 구조를 나타낸다.

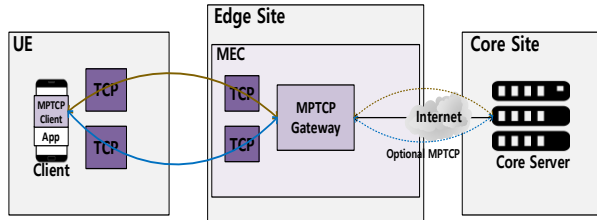


그림 2. MEC MPTCP 적용 구조

엣지 노드의 MPTCP 게이트웨이는 클라이언트에서 여러 TCP 세션으로 분할하여 보낸 트래픽을 병합하기 위한 게이트웨이 역할을 수행한다. 클라이언트와 엣지 노드를 연결하는 네트워크는 일반적으로 5G, LTE, WiFi가 있으며 특수한 상황에서 활용되는 위성 기반의 네트워크도 사용이 가능하다. 단말에서는 MPTCP 프로토콜을 사용하기 위한 커널 레벨의 기능과 MPTCP 클라이언트의 기능을 하는 응용이 필요하다. 병합 전송의 제어는 엣지 노드의 게이트웨이에서 수행될 수 있으며 단말단의 MPTCP 클라이언트에서도 이를 수행할 수 있다. 또한, 단말과 엣지 노드 사이의 네트워크뿐만 아니라 엣지 노드와 외부 인터넷망에 존재하는 코어 노드 간의 네트워크에도 MPTCP의 적용이 가능하다.

한편, 위성 네트워크는 5G/LTE, WiFi 등이 사용되기 어려운 환경에서도 사용 가능한 장점이 있지만 높은 비용의 문제가 있다. 이는 5G/LTE 네트워크에서도 적용되는 문제이며 비용적인 고려가 필요하다. 현재의 MPTCP를 통한 병합 전송 방법은 각 TCP 세션이 네트워크 혼잡도에 따라 best-effort 방식으로 트래픽을 전송하는 방식이다. 병합 전송 시에 다양한 네트워크의 비용적인 측면과 사용 패턴, 네트워크의 혼잡도 등을 고려한 병합 전송 제어 기능이 필요하다. 이러한 네트워크를 분석하여 병합 전송을 제어하는 방법은 규칙 기반의 알고리즘 적용과 AI 기반의 분석 모델을 적용하는 방법이 있다. 규칙 기반의 알고리즘은 무수히 많은 네트워크 상황과 환경 등의 요소를 모두 고려할 수 없으며 네트워크의 비용과 성능을 고려한 최적화된 서비스 맞춤형 병합 전송을 제공하기에는 어려움이 있다. 본 논문에서는 AI 기반의 병합 전송 기술을 적용한 구조를 제안하며 [그림 3]은 AI가 적용된 MPTCP 전송 구조를 나타낸다.

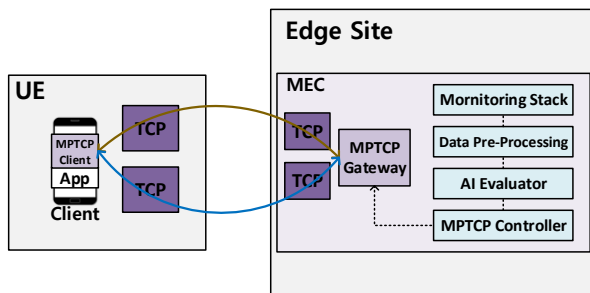


그림 3. AI 기반 지능형 MPTCP 적용 구조

지능형 병합 전송을 위한 구조는 네트워크 모니터링부, 데이터 전처리부, AI 기반 분석/평가부, 병합 전송 제어부로 구성된다. 네트워크 모니터링부에서는 다양한 네트워크의 현재 상태를 수집한다. 수집하는 데이터는 각 네트워크의 bandwidth와 실시간 latency, loss rate, throughput을 수집하고 이를 파싱하여 데이터 전처리부로 전달한다. 데이터 전처리부에서는 이러한 데이터를 전달받아 AI 분석 모델에서 사용할 수 있는 데이터 형태로 가공하고 labeling, scaling 등의 작업을 수행하고 이를 AI 분석 모델로 전달한다. 이때, 각 네트워크의 현재 전송률과 비용 테이블을 기반으로 네트워크의 total cost를 계산한다. 각 네트워크의 throughput을 합산한 total throughput 값을 total cost 값으로 나누고 가중치 ω 를 곱해준 값을 label 값으로 사용하며 효율값 E로 표현한다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$E = \omega * \frac{\text{Throughput}_{total}}{\text{Cost}_{total}}$$

AI 분석 모델에서는 데이터 전처리부로부터 전달받은 시계열 데이터를 학습한다. 네트워크의 total cost와 throughput으로 산출한 효율값 E를 최대화하는 방향으로 학습하며 가중치의 설정에 따라 네트워크의 비용과 전송 속도의 선호 정도를 조절할 수 있다. 최초의 학습 시에는 여러 네트워크의 전송 비율을 랜덤하게 부여하고 이를 학습한다. 병합 전송 제어부는 모델의 예측 결과 값을 바탕으로 MPTCP 병합 전송에 사용될 네트워크를 선택하고 전송 분할 비율을 제어한다. 지속적인 학습에 따라 다양한 네트워크 상태에 따라 효율값을 최대화하는 네트워크의 선택과 전송 비율의 최적값을 찾아낼 수 있다. 이를 바탕으로 5G와 위성 네트워크를 사용할 수 있는 환경의 MEC 노드와 같은 상황에서 기존의 MPTCP 사용 대비 50% 이상의 효율값 향상이 예상된다. 이와 같이 네트워크 비용과 성능을 고려한 병합 전송을 통해 네트워크의 신뢰성을 보장할 수 없는 환경에 있는 MEC 노드의 네트워크 가용성을 높일 수 있으며 기존 방법 대비 비용 효율적인 병합 전송이 가능하다.

IV. 결론

본 논문에서는 다양한 네트워크 환경에 있는 MEC 구조에서 네트워크 가용성을 제공하고 효율적인 네트워크 사용을 위한 AI 기반의 병합 전송 방법을 제안하였다. AI 기반 병합 전송 방법을 적용하여 효율적인 네트워크 활용과 서비스 맞춤형 네트워크 제공이 가능할 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] S kekki, W Featherstone, Y Fang, P Kuure, A Li... "MEC in 5G networks," ETSI White paper No.28, 2018.
- [2] MultiPath TCP - Linux Kernel implementation, (<https://multipath-tcp.org>).
- [3] EFGM Beig, P Daneshjoo, S Rezaei... "Mptcp throughput enhancement by q-learning for mobile devices," IEEE 20th HPCC, June, 2018.