

# 엣지 컴퓨팅을 위한 멀티 인터페이스 이동성 지원 소켓 라이브러리 개발

임정환, 이현우, 권태경  
서울대학교

jhlim@mmlab.snu.ac.kr, hwlee2014@mmlab.snu.ac.kr, tkkwon@snu.ac.kr

## A Multi-Interface Mobility Support Socket Library for Edge Computing

Junghwan Lim, Hyunwoo Lee, Ted “Taekyoung” Kwon  
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

### 요 약

본 논문은 멀티 인터페이스 엣지 컴퓨팅에서 호스트의 주소 변경 시 세션이 중단되는 이동성 문제를 관리하는 소켓 라이브러리를 구현하였다. 세션의 식별자 및 상태를 관리하는 세션 매니저와 데이터 송수신을 위한 소켓을 관리하는 커넥션 매니저의 서브 레이어 구조로 멀티 인터페이스의 이동성 지원 라이브러리를 설계하고 실험으로 실제 세션 재개 소요 시간을 측정하여 적용 가능성을 확인하였다.

### I. 서 론

사물 인터넷 (Internet of Things, IoT) 산업의 발전과 클라우드 서비스에 대한 수요가 증가하면서 엣지 컴퓨팅이 주목받고 있다. 기존의 클라우드 서비스는 중앙 집중적인 특성으로 인해 사물 인터넷에서 발생하는 대량의 트래픽 처리나 실시간 서비스에는 부적절하다는 논의가 지속되어 왔다 [1]. 이에 따라 사용자 근처에서 데이터나 연산을 분산 처리하는 엣지 컴퓨팅이 각광받고 있으며 응답 시간 감소, 대역폭 비용 절감, 보안 강화 등의 강점을 지녀 새로운 컴퓨팅 패러다임으로 전망되고 있다 [1].

엣지 컴퓨팅을 표준화하는 기관에는 대표적으로 유럽의 ETSI 중심의 모바일 엣지 컴퓨팅 (MEC) [2]이 있다. MEC 가 예시로 드는 서비스를 살펴보면, 증강 현실이나 커넥티드 카 (Connected Car) 등 이동하는 개체의 요청을 빠른 시간 내에 처리해야 하는 것들이다. 따라서 엣지 컴퓨팅에서는 빠른 이동성 처리가 필수적으로 요구된다.

이동성 지원을 위한 기존 연구에는 Mobility First (MF) [3]와 Host Identity Protocol (HIP) [4]가 있으며, 이들은 기본적으로 고정 불변의 식별자 (Identity)와 가변적인 위치자 (Locator)의 연결 관계를 관리하면서 이동성을 지원하는 체계를 가진다. 하지만 이들은 기본적으로 TCP/IP 와 식별자 사이의 관계에만 국한되기 때문에 엣지 컴퓨팅의 다양한 인터페이스 개체들을 고려한다면 멀티 인터페이스로의 일반화도 필요하다.

본 논문은 엣지 컴퓨팅에서 이동성을 지원하기 위해서는 MF 와 HIP 가 제시한 ID 구조를 활용하는 것이 바람직하다는 것을 전제로, 멀티 인터페이스를 포괄하는 이동성 지원 소켓 라이브러리 설계와 구현에 대해 다룬다. 이는 엣지 컴퓨팅을 활용하는 단말 근처의 제어 노드 중 식별자와 위치자의 연결 관계를 관리하는 노드가 있다면 빠르게 이동성이 지원될 것으로 보기 때문이며, 엣지 컴퓨팅을 효율적으로 하기 위해 다양한 인터페이스를 포괄해야 한다고 보기 때문이다. 이를 위해

기존 이동성 지원을 위한 소켓인 mSocket [5]을 멀티 인터페이스 지원으로 보다 일반화하고 PoC 를 개발하고 실증하였다.

### II. 선행 연구

주소 기반의 TCP/IP 통신은 기본적으로 이동으로 인해 개체의 IP 주소가 변경되면 세션이 중단되는 문제를 가지고 있다. 이에 따라 이동성을 지원하기 위한 연구는 꾸준히 제기되어 왔다. 대표적으로는 IETF 에서 표준화되어 있는 Mobile IP 가 있으며, 이는 단말이 처음 연결된 망에서 다른 망으로 이동할 때 망 사이에 터널링을 수행하여 세션을 유지하는 형태를 띤다. 하지만 항상 터널을 거쳐서 통신이 이루어지기 때문에 본질적으로 삼각 라우팅 문제를 안고 있다.

TCP/IP 네트워크 대신 콘텐츠 기반의 네트워크인 Information Centric Network (ICN)은 이동할 때마다 콘텐츠에 대한 요청을 보내고 현재 위치에서 가장 가까운 곳으로부터 콘텐츠를 수신하여 이동성에 대해 현재 TCP/IP 보다 효율적인 대처가 가능하다 [6]. 하지만 ICN 은 현재 널리 쓰이는 TCP/IP 통신 전체를 대체하기에는 비용적인 측면에서 어려움이 있다.

TCP/IP 통신을 유지하면서 이동성을 지원 및 확장하는 방식으로는 MF, HIP 등이 있다. 이들은 각 호스트의 식별자와 위치자 값을 분리하고, 이 둘의 연결 관계를 관리함으로써 이동성을 지원한다. 이들은 현재 이용되는 TCP/IP 를 수정하지 않고 확장하기 때문에 적용이 용이하다는 장점이 있다.

### III. 제안 모델

본 논문에서는 적용 가능성을 높이기 위해 MF 와 HIP 가 사용하는 식별자와 위치자 연결 관계 관리 방식이 엣지 컴퓨팅에 유리하다고 보고 이를 상세화 및 구체화하였다.

엣지 컴퓨팅에서 제안 모델이 적합한 이유는 다음과 같다. 첫째, 연결 관계를 관리하는 노드가 단말 근처에 있기 때문에 연결 관계 갱신이 빠르게 이루어질 수 있다.

둘째, 식별자와 위치자의 분리는 엣지 네트워크 내의 TCP/IP 뿐 아니라 블루투스 같이 여러 주소 체계가 혼용되더라도 하나의 위치자로 추상화함으로써 연결 관계를 통한 통합적인 시스템 설계가 가능하다. 셋째, 엣지 내에서 자원 공유가 이루어질 때 서로의 신원을 확인하기 위하여 IP 주소 대신 각 호스트의 식별자를 활용하여 자원의 책임추적성 (Accountability)을 통해 신뢰성을 보장할 수 있다.

이에 따라 우리는 호스트가 각각 공개키를 가지고 있다는 가정하에서 공개키의 SHA1 해시 값 (20 바이트)을 식별자로 사용하고 호스트의 현재 주소를 위치자로 설정하였다. 이 둘의 연결 관계를 관리하는 제어 노드는 기지국 등에 있으며 통신 상대의 ID 를 발견하는 방법은 별도로 있다고 가정한다.

위 전제 하에서 우리는 TCP/IP 및 BLE 소켓 상위에서 식별자를 통한 세션 생성과 이동성 지원 기능을 수행하였다. 세션은 이동과 관계없이 일관되어야 하기 때문에 세션을 세션 개시자 (Initiator)의 ID 와 응답자 (Responder) ID 쌍으로 정의한다.

세션 생성 절차는 다음과 같다. 먼저 각 호스트는 자신의 식별자를 주소 값과 함께 제어 노드에 등록한다. 호스트는 자신이 원하는 서비스를 제공하는 엣지의 주소 값을 제어 노드로부터 받아 세션을 생성한다. 한쪽 호스트가 이동하게 되면 새로 얻은 주소를 피어 (Peer)와 제어 노드에게 알려주고, 변경된 주소를 통해 세션을 맺은 후 통신을 재개한다. 만약 피어가 변경된 주소를 받지 못하면 제어 노드가 중개하여 세션을 재개한다. 이 과정에서 주소가 바뀐 호스트는 자신의 네트워크 자원 상황을 확인하고 가용 인터페이스 리스트를 피어에게 전달한다. 피어는 이 중 연결 가능한 인터페이스를 선택하여 커넥션을 맺을 수 있다.

호스트가 위 기능을 수행하기 위해서 그림 1 과 같이 세션 매니저와 커넥션 매니저의 두 개 레이어로 이루어진 구조를 설계하였다.

**세션 매니저**는 이동성 지원을 위해 첫째로 세션 별 식별자를 관리한다. 각 호스트는 재개되는 세션이 무엇인지 식별할 수 있어야 한다. 이를 위해 세션 아이디를 도입하였으며 이는 세션 개시자와 응답자의 식별자를 접합한 뒤 해싱한 값이다. 둘째로는 사용자가 송수신하는 데이터를 입출력 버퍼에 중간 저장하고, 시퀀스 번호와 응답 번호를 관리하는 기능을 담당한다. 송신자는 세션 매니저에서 버퍼의 데이터에 그림의 헤더 값을 붙여 커넥션 매니저를 통해 수신자에게 전송한다. 수신자는 이 헤더를 파싱하고 데이터 수신을 알리는 ACK 을 전송한다. 이를 통해 세션 재개 후에는 현재까지 수신된 응답 번호를 확인하여 성공적으로 전송된 데이터 이후부터 전송을 시작할 수 있다. **커넥션 매니저**는 데이터 송수신에 사용되는 소켓 생성 및 제거 등의 관리를 수행한다. 세션이 재개될 때, 커넥션 매니저는 피어의 가용 인터페이스 정보를 바탕으로 사용할 인터페이스를 정한 뒤 해당 소켓으로 세션을 재개한다. 이와 동시에 기존의 소켓은 삭제한다.

#### IV. 실험

실험은 제안 모델을 구현하여 멀티 인터페이스 이동성 지원 구조가 세션 재개에 소요되는 시간을 측정하여 실제 활용 가능 여부를 확인하였다. 실험 환경은 제어 노드 역할의 데스크톱 한 대, 서버 역할의 데스크톱과 클라이언트 역할의 안드로이드 스마트폰을 사용하였고, 이동성 실험을 위해 두 대의 무선 액세스 포인트 (Wireless Access Point)를 사용하였다.

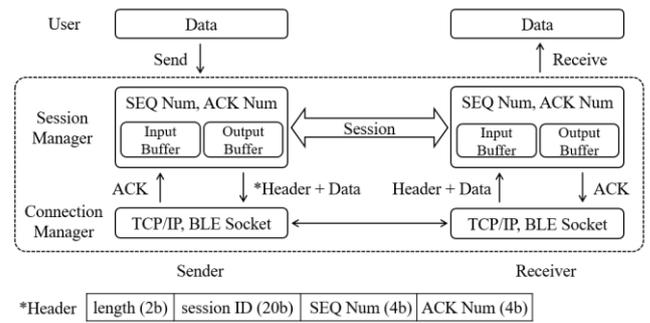


그림 1. 이동성 지원 소켓을 통한 데이터 송수신 개요

데이터를 요청하는 호스트는 제어 노드로부터 엣지 서비스를 제공하는 호스트의 IP 주소를 수신하고 세션을 형성한다. 다음으로 데이터 전송 중에 한쪽 호스트가 이동하여 세션이 끊어지고 새로운 IP 주소를 할당 받은 시점부터 전송이 재개되는데 걸리는 시간을 측정하였다. 해당 시간은 호스트가 자신의 IP 주소 변경을 탐지하여 업데이트 메시지를 제어 노드와 피어에게 전송하고 세션 재개까지 걸리는 시간을 포함한다.

실험 결과는 총 10 번의 수행에서 평균 82.5ms, 표준편차 15.6ms 의 시간이 소요되는 것을 확인하였다. 이 결과값은 호스트의 주소 변경 즉시 재연결을 요청하기 때문에 실제 적용에 적합한 정도의 시간으로 볼 수 있다. 추후에는 모델을 멀티 인터페이스까지 확장하여 구현할 계획이다.

#### V. 결론

본 논문에서는 이동성을 지원하는 멀티 인터페이스 소켓 라이브러리를 설계·구현하였다. 두 서브 레이어 구조로 이동성 지원과 멀티 인터페이스 통신을 가능하게 하며, 실험을 통해 TCP/IP 에서 모델을 통한 통신이 가능하고 적용 가능성을 입증하였다. 추후에 모델을 멀티 인터페이스까지 확장하여 구현할 계획이다.

#### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2018 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2016-0-00160, 서비스/단말/네트워크 다양성 지원을 위한 미래형 다차원 네트워크 시스템 아키텍처 연구)

#### 참고 문헌

- [1] W. Shi, et al., "Edge Computing: Vision and Challenges," IEEE Internet of Things Journal, vol. 3, no. 5, pp. 637-646, 2016.
- [2] N. Abbas, et al., "Mobile Edge Computing: A Survey," IEEE Internet of Things Journal, vol. 5, no. 1, pp. 450-465, 2018.
- [3] A. Venkataramani, et al., "MobilityFirst: A Mobility-Centric and Trustworthy Internet Architecture," ACM SIGCOMM CCR, 2014.
- [4] R. Moskowitz, et al., "Host Identity Protocol Version 2 (HIPv2)," 2015, (<https://tools.ietf.org/html/rfc7401>)
- [5] A. Yadav, et al., "msocket: System Support for Mobile, Multipath, and Middlebox-Agnostic Applications," IEEE International Conference on Network Protocols, 2016.
- [6] B. Ahlgren, et al., "A Survey of Information-Centric Networking," IEEE Communication Magazine, pp. 26-36, 2012.