



모바일 기가 통신

MPTCP 기반 LTE/Wi-Fi 묶음 기술

우동연, 박세웅
서울대학교

스마트폰의 사용이 보편화되고, 이를 이용한 애플리케이션이 지속적으로 등장하면서 모바일 데이터 트래픽은 매년 큰 폭으로 증가하고 있다. 반면, 모바일 네트워크 접속 속도 증가는 이에 미치지 못하기 때문에 사용자가 느끼는 네트워크 속도에 대한 만족도는 점차 하락하고 있다.

이러한 상황을 극복하기 위하여 LTE 모바일 네트워크와 Wi-Fi를 동시에 사용하는 LTE/Wi-Fi 묶음 기술이 등장했다. 본고에서는 이 LTE/Wi-Fi 묶음 기술에 대하여 간략히 살펴보고, 그 중에 최근 관심을 받고있는 MPTCP 기반 LTE/Wi-Fi 묶음 기술에 대하여 소개하고자 한다.

1. 모바일 통신과 Wi-Fi 통신

모바일 네트워크(Mobile Network) 또는 셀룰러 네트워크(Cellular Network, 이동통신망)는 모바일 기기가 기지국(Base Station)을 거쳐 이동통신 사업자를 통해 인터넷 망으로 연결되는 네트워크를 말한다. 흔히 알려진 3G, LTE, LTE-A가 오늘날 주로 사용되는 모바일 네트워크 통신 표준이다. 모바일 통신 표준은 국제 표준단체인 3GPP(Third Generation Partnership Project)에 의해 만들어지고, 이 표준에 따라 각국의 제조사와 이동통신 사업자들이 모바일 네트워크 서비스를 제공하고 있다.

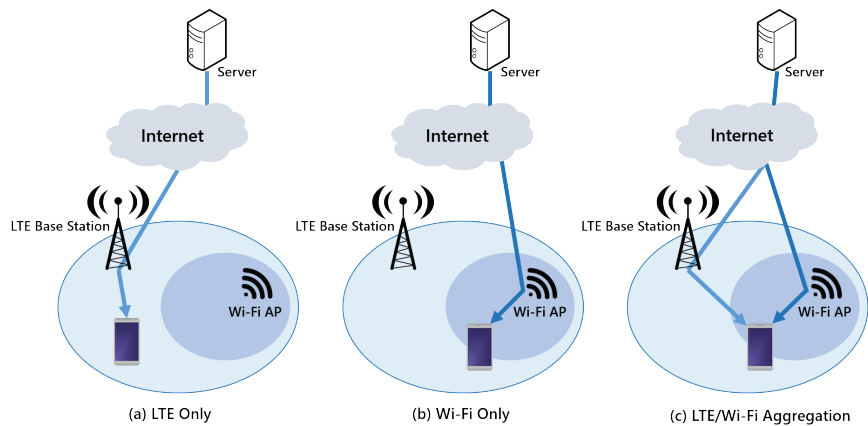


그림 1. LTE only, Wi-Fi only, LTE/Wi-Fi 묶음 기술을 사용하는 인터넷 연결 구성

한편, Wi-Fi를 이용한 무선 통신은 모바일 기기가 Wi-Fi AP(Access Point)를 통해 인터넷망으로 연결된다. 단일 기지국이 수백 미터에서 수십 킬로미터에 이르는 범위를 서비스할 수 있는 모바일 네트워크와 달리, Wi-Fi AP는 모바일 기기와 수십 미터 정도의 거리 내에서 통신할 수

있다. 따라서 주로 각 가정이나 기업에서 필요에 따라 설치하여 사용하며, 특히 사람들이 많이 모이는 공공장소(hotspot)에 설치하여 이용한다. Wi-Fi 표준은 IEEE 802.11 Working Group 이라는 표준화 기구에서 관리하며, 해당 표준에 따라 제작된 Wi-Fi 칩을 이용하여 모바일 기기나 랩탑 컴퓨터에서 Wi-Fi AP를 통해 인터넷에 접속할 수 있다.

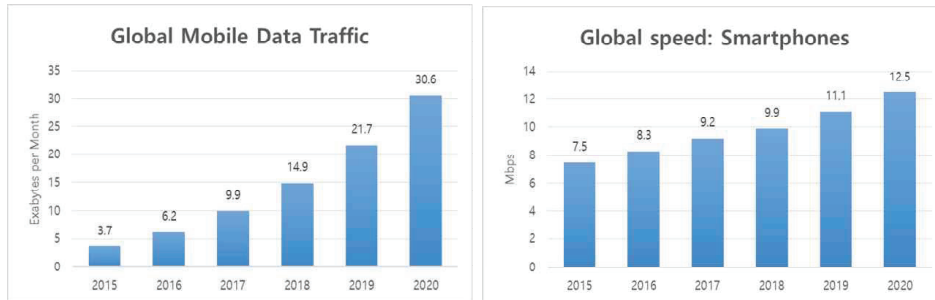


그림 2. 2016년 Cisco 글로벌 모바일 데이터 트래픽 예측

〈그림 1〉의 (a), (b)에서는 각각 모바일 통신과 Wi-Fi 통신 방법을 보여주고 있다. 그림에서 나타난 바와 같이 같이 모바일 기기가 인터넷망에 연결된 서버에 접속하여 데이터를 주고받기 위해서는 (a)와 같이 LTE 기지국을 통하여 서버와 통신하거나, (b)와 같이 Wi-Fi AP를 통하여 통신하게 된다.

II. 모바일 데이터 트래픽의 증가와 LTE/Wi-Fi 묶음기술의 등장

2016년 Cisco에서 발표한 글로벌 모바일 데이터 트래픽 예측 보고서(Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015-2020)[1]에 따르면 〈그림 2〉와 같이 2015년에는 3.7 Exabytes¹ 수준이었던 모바일 트래픽이 2020년에는 30.6 Exabytes로 연 평균 53%씩 증가할 전망이다. 반면, 스마트폰의 평균 모바일 네트워크 통신 속도는 5년간 7.5 Mbps에서 12.5 Mbps로 증가하여 연 평균 증가율이 11%에 불과할 것으로 보인다. 따라서 현재의 추세로 갈 경우 사용자가 체감하는 모바일 통신 속도는 점차 악화될 것으로 예상되고 있다.

모바일 데이터 트래픽의 증가 속도를 통신 속도가 따라가지 못하는 한계를 극복하기 위해 모바일 네트워크와 Wi-Fi 네트워크를 동시에 활용하기 위한 기술들이 나타나고 있다. LTE/Wi-Fi 묶음(aggregation) 기술이라고 불리는 이 기술은 LTE 모바일 네트워크와 Wi-Fi 네트워크를 동시에 활용함으로써 모바일 기기의 통신 속도를 향상시키고, 안정적인 서비스를 제공하는 것이 목적이다.

LTE/Wi-Fi 묶음 기술을 사용하게 되면 〈그림 1〉의 (c)에서 나타난 바와 같이 LTE와 Wi-Fi 두 개의 네트워크를 동시에 사용하여 데이터를 전송함으로써 각 네트워크의 데이터 처리량을 동시에 활용할 수 있게 된다. 따라서 모바일 기기에서의 많은 데이터 전송량을 감당할 수 있게 된다. 뿐만 아니라 과도한 LTE 트래픽이 발생하는 지역에서는 Wi-Fi를 적극적으로 활용하고, Wi-Fi AP의 통신 제공 범위 밖에서는 LTE를 이용하는 등, LTE와 Wi-Fi의 상호보완을 통해

1 2의 60승

단일 네트워크만을 이용하는 경우에 비해 훨씬 안정적인 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 이동통신 사업자의 입장에서는 LTE 네트워크 트래픽의 일부를 Wi-Fi를 통해 전송함으로써 LTE 네트워크에 가해지는 트래픽 부담도 줄일 수 있다는 장점이 있다.

LTE/Wi-Fi 묶음 기술은 네트워크 계층 구조의 어느 부분에서 적용되는지에 따라 download booster, MPTCP, LTE-U/LAA², LWA³로 나누어 볼 수 있다[2]. 이 각각의 기술들은 데이터 처리량을 크게 향상시킬 수 있으나, 각각의 장단점을 가지고 있다. 우선, download booster의 경우에는 이를 지원하는 일부의 애플리케이션에서만 제한적으로 사용이 가능하다는 한계가 있다. LTE-U/LAA와 LWA는 통신 표준이 아직 확정되지 않아 상용화에 어려움이 있고, 아울러 네트워크에 적용하기 위해서는 새로운 장비를 추가해야 한다. 반면, TCP 기반의 애플리케이션에 대해 쉽게 적용할 수 있는 MPTCP의 경우, 현재 네트워크 트래픽의 대부분이 TCP 기반으로 동작한다는 점에서 볼 때, 소프트웨어 업그레이드를 통해서 비교적 쉽게 현재의 네트워크 시스템들과 호환 가능하게 업그레이드할 수 있다.

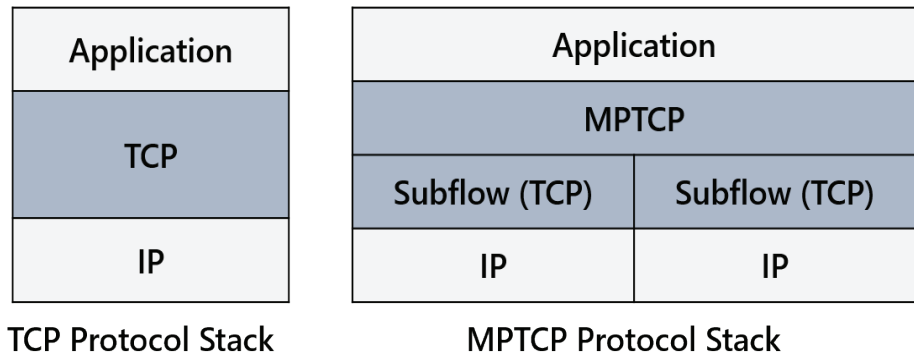


그림 3. TCP, MPTCP 프로토콜 스택 구조

III. TCP의 기본 개념

인터넷에서는 정보를 전달하는 기본 단위로 패킷(packet)을 사용한다. 패킷은 송신자가 보내고자 하는 데이터와 목적지 주소를 포함하며, 네트워크를 통해 목적지까지 전달되게 된다. 인터넷을 통해 전달되는 수많은 패킷들이 효율적으로 전달되기 위해서는 이를 관리하고 조절해 줄 방법이 필요하다. 이 방법으로 가장 널리 사용되고 있는 TCP(Transmission Control Protocol)는 패킷들을 어떤 순서로 얼마나 빠르게 보낼지를 조절하게 된다.

TCP는 기본적으로 데이터 송신자와 수신자 사이에 연결을 맺은 후, 데이터를 전송하는 방식으로 동작한다. 우선, 데이터 송신자와 수신자는 연결을 맺음으로써 서로의 존재를 먼저 확인할 수 있다. 이후, 송신자는 패킷들을 인터넷망을 통해 전송하고, 수신자는 이를 수신한 후 확인 메시지(acknowledgement message)를 보냄으로써 통신의 신뢰성을 보장해준다.

TCP(Transmission Control Protocol)는 또한 흐름 제어(flow control)와 혼잡 제어(congestion

2 LTE-U/LAA(LTE-Unlicensed/License Assisted Access): 5GHz 면허 없이 사용하는 주파수 대역을 LTE 통신이 사용하는 통신기법. 타 비면허대역 사용 기기와의 호환 기법에 따라 LTE-U와 LAA로 구분된다.
 3 LWA(LTE-WLAN Aggregation): LTE 면허대역 주파수와 WLAN 비면허대역 주파수를 병합(Carrier Aggregation)하여 사용하는 기법.

control) 알고리즘을 가지고 있다. 흐름 제어는 송신자가 수신자가 수신 가능한 속도보다 빠른 속도로 패킷을 전송하는 것을 막기 위해 사용한다. 수신자는 메시지를 수신한 후, 확인 메시지를 송신자에게 보내고, 송신자는 확인메시지를 받기 전에는 일정 한도 이내의 패킷 양만을 전송하여 수신자가 패킷들을 잘 수신할 수 있도록 한다. 혼잡제어는 패킷들이 지나가는 네트워크 내에서의 경로가 허용할 수 있는 패킷양보다 많은 양을 한 번에 보내지 않게 조절한다. 송신자가 너무 많은 패킷을 한번에 보내게 되면, 네트워크 내에서 이를 처리하지 못해서 패킷이 대기열에 쌓이게 되고, 그 정도가 악화되면 추가적인 패킷들은 버려지게 된다. 이러한 패킷 손실을 막기 위해 송신자는 혼잡제어를 통해 한번에 전송하는 패킷의 개수를 적정 수준으로 제한하게 된다.

IV. MPTCP의 원리와 운용 방안

인터넷망을 활용한 다양한 애플리케이션이 등장하기 시작하며, 더 안정적인 연결과 높은 통신 속도를 확보하기 위한 방법들이 모색되었다. 특히, 주로 컴퓨터를 유선랜을 통해서만 인터넷에 연결하던 과거와 달리, 모바일 통신과 Wi-Fi 등 새로운 통신 기술들이 상용화되며 사용자가 인터넷에 연결할 수 있는 경로가 다양해졌다. 그러나 기존의 TCP는 수신자와 송신자 간의 단일 전송 계층 연결만을 지원하여 여러 경로를 동시에 활용하기에는 어려움이 있기 때문에, 이를 해결하기 위해 동시에 다중 경로를 통한 다중 연결을 맺을 수 있는 MPTCP(Multi-path TCP)가 등장했다[3].

MPTCP는 기존 TCP와 호환이 가능하면서도 데이터 전송 속도와 안정성을 향상시키기 위해 인터넷 국제 표준화 기구인 IETF (Internet Engineering Task Force)에 의해 명시된 프로토콜이다. MPTCP는 이미 사용되고 있는 수많은 애플리케이션과 호환이 가능하면서도, 기존 TCP 방식에 피해를 주지 않도록 설계되었다. 따라서, 기존의 TCP만을 사용하는 단말은 TCP 방식으로 통신하지만, MPTCP를 지원하는 단말 사이에서는 여러 개의 연결을 동시에 맺고 유지하는 것이 가능하다. <그림 3>에서는 TCP와 MPTCP의 프로토콜 스택⁴을 비교하고 있다. <그림 3>에서와 같이 MPTCP에서는 하나의 단말에서 여러 개의 sub-flow를 생성하여 각각의 sub-flow가 단일 TCP와 유사하게 동작하게 한다[4].

MPTCP 또한 TCP와 마찬가지로 혼잡 제어(congestion control) 알고리즘을 가지고 있다. 이 혼잡 제어 알고리즘은 단일 모바일 기기의 데이터 전송량에만 영향을 미치는 것이 아니라, 다른 TCP 사용 기기, 다른 MPTCP 사용 기기의 각 sub-flow와도 상호작용을 하며 영향을 미치기 때문에 다양한 기법이 제안되고 있다.

또한, MPTCP송신자는 여러 경로를 통해 패킷을 보내므로 수신자는 sub-flow 별로 패킷 순서번호를 점검하고, 패킷 손실이 없으면 순서대로 배열하여 애플리케이션에서 사용할 수 있도록 한다.

LTE/Wi-Fi 묶음 기술로서의 MPTCP는 모바일 기기에서 LTE와 Wi-Fi에 각각 sub-flow를 생성하여 이를 통해 두 개의 네트워크를 동시에 사용 가능하게 된다. 이를 실제로 구현하기 위한 방법은 <그림 4>에서 나타난 바와 같이 크게 두 가지가 있다. 우선, 서버에서 MPTCP가 지원되는 경우, 서버와 모바일 기기가 각각 MPTCP를 활용해서 여러 sub-flow를 생성하고, 이를 통해 데이터를 주고받을 수 있다. 그러나 이 경우에는 모바일 기기뿐만 아니라 기존의 서버들도

4 통신 장비들 사이에 메시지를 주고받는 양식과 규칙을 프로토콜이라 한다. 인터넷망을 이용한 통신은 각 단계에 맞는 역할에 따라 여러 계층으로 세분화할 수 있는데, 각각의 계층에 해당하는 프로토콜을 나타낸 것이 프로토콜 스택이다.

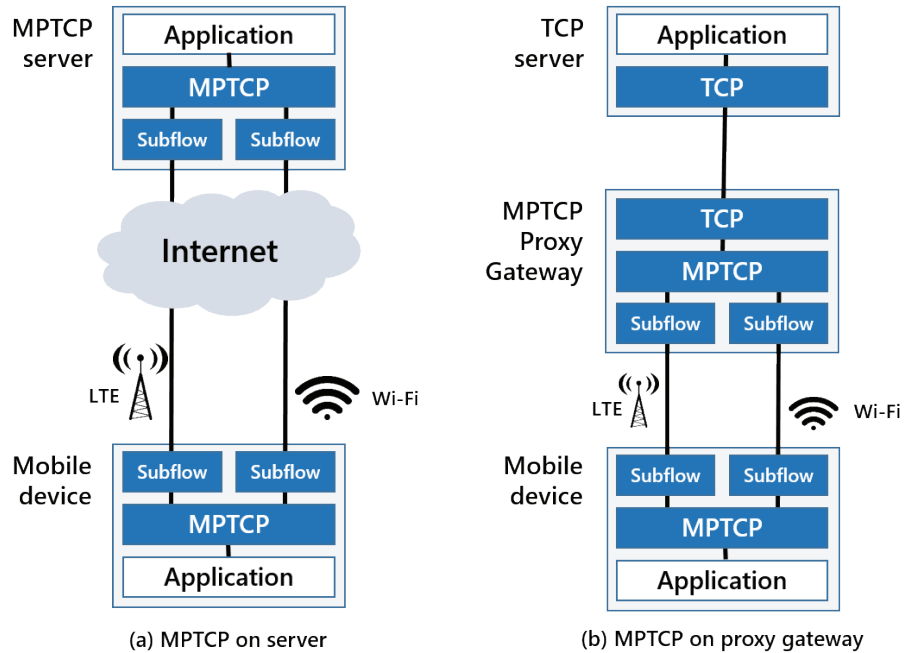


그림 4. MPTCP의 운용 방안

MPTCP를 지원할 수 있어야 한다. 두 번째로는 서버가 아닌 MPTCP 프록시⁵ 서버를 통신망에 설치하고, 이 프록시 서버와 모바일 기기가 MPTCP 연결을 맺는 방법이 있다. 이 방법은 기존의 TCP 서버들을 그대로 유지하면서도 MPTCP를 활용할 수 있다는 이점이 있다. 현재 한국의 이동통신 3사는 이 기술을 상용화하여 서비스를 제공하고 있다.

V. 앞으로의 전망과 시사점

빠르게 증가하는 네트워크 트래픽을 고려할 때, MPTCP 기반의 LTE/Wi-Fi 묶음 기술은 높은 활용 가능성을 지니고 있으나, 아직은 해결해야 할 과제들이 남아있다. 우선, 두 개의 네트워크 간 트래픽을 어떻게 나누어서 보낼지에 대한 논의와 이해가 필요하다. 기본적으로 TCP는 데이터 전송이 순서대로 이루어져야 애플리케이션에서 성능개선이 효과가 나타난다. MPTCP가 통신 속도와 채널 상태가 다른 두 개의 네트워크를 통해 어떻게 패킷을 순서대로 잘 전달하게 할 수 있는지는 MPTCP의 실제 성능개선 효과를 올리기 위해서는 중요한 문제이다. 또한, Wi-Fi와 달리 LTE는 데이터 사용량에 따라 사용자에게 금전적인 부담이 발생하게 된다. 이동통신 사업자는 LTE 망을 사용자들이 더 많이 사용하게 하여 더 많은 수익을 올리려 할 것이고, 사용자들은 별도의 과금이 없는 Wi-Fi를 주로 사용하고자 할 것이다. 대부분의 사용자에게 있어 데이터 사용에 따른 과금이 민감한 문제이므로, 이동통신사와 사용자 간에는 두 개의 다른 네트워크에 트래픽 분배를 어떻게 하는 것이 최선인지에 대한 상호 합의가 필요할 것이다.

⁵ 프록시는 네트워크 중간에서 본래의 서버에서 지원하지 못하는 기능을 대신하여 수행한다. 예를들면, 구글 서버에서 MPTCP를 지원하지 않는 경우 구글 서버는 단일 TCP로서 동작하고, SKT 또는 KT와 같은 이동통신 사업자가 자신의 망에 MPTCP를 수행하는 프록시 서버를 설치함으로써 사용자 단말이 WiFi와 모바일 네트워크를 동시에 사용할 수 있게한다.

또한, 현재로서는 순간적으로 Gbps에 달하는 데이터 전송 속도를 필요로 하는 애플리케이션이 그리 많지 않다. 현재 인터넷의 주된 트래픽인 동영상 스트리밍 서비스의 경우에도 수십 Mbps 정도의 속도로 충분하다. 이는 대부분의 경우 하나의 네트워크만으로도 사용자가 원하는 통신속도를 지원할 수 있다는 것이다. 결국 이동통신사들은 사용자들에게 묶음 기술을 통하여 고속서비스를 제공할 수 있지만 이를 필요하게 하는 동기부여가 아직 그렇게 크게 보이고 있지는 않다. 따라서 LTE/Wi-Fi 묶음 기술의 개발 동향은 현재 개별적인 네트워크 속도를 올리기 위한 방향으로 발전하는 것이 주류라고 볼 수 있고, 특히 면허대역에서 사용하는 LTE기술을 비면허대역에서도 사용하게 함으로써 통신속도를 더 올리려는 LTE-U/LAA, LWA에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 궁극적으로는 두 개의 서로 다른 네트워크를 동시에 사용해야만 원하는 수준의 서비스가 가능한 애플리케이션들이 나올 때 MPTCP는 향상된 네트워크 환경 구축을 위한 기술로서 이용될 것으로 예상된다.

참고 문헌

- [1] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2015-2020", Feb. 2016.
- [2] NMC Consulting Group, "LTE-WiFi Aggregation 기술 분석", Mar. 2016
- [3] IETF, RFC 6182, "Architectural Guidelines for Multipath TCP Development", pp. 1, March, 2011.
- [4] IETF, RFC 6824, "TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses", pp. 5, Jan, 2013.
- [5] 손영욱, 김성원, 최성현 "2.4 / 5 GHz 비면허 대역 무선랜 통신 기술", 통신학회 열린강좌 2호, 2016.