

[인터넷] TCP 프로토콜의 변화: MPTCP(Multipath TCP)와 Tng(TCP next generation)

최근 들어, 3G, Wi-Fi 등의 여러 인터페이스를 지닌 무선 단말이 증가함에 따라 트랜스포트 계층에서 다수의 네트워크 링크를 인지하고 활용할 수 있도록 해주는 다중 경로 트랜스포트 프로토콜의 중요성이 부각되고 있다.

다중 경로 TCP는 네트워크 전반적인 트래픽 엔지니어링 효과를 얻을 수 있는 장점이 있으며, VoIP, IPTV, 게임 등과 같은 요구가 많은 서비스에게 신뢰성(reliability)을 제공하기에 적합하다. 또한, 다중 경로 TCP는 여러 개의 링크를 하나의 큰 링크로 사용할 수 있게 resource pooling 개념을 도입함으로써 보다 큰 버스트를 수용할 수 있게 하며, 다중 경로를 사용함으로써 보다 견고하고(robust) 혼잡(congestion)에 신속하게 반응할 수 있도록 해준다.

지난 7월 25일부터 7월 31일 스웨덴의 스톡홀름에서 있었던 IETF 제 75차 회의에서는 다중 인터페이스를 갖는 무선 단말들을 고려한 다중 경로 TCP 프로토콜 표준화를 위한 워킹 그룹 형성을 목표로 MPTCP(Multipath TCP) BOF(Birds of a Feather) 회의가 있었는데, 본 고에서는 먼저 MPTCP 프로토콜 설계시 고려사항 및 가능한 혼잡 제어 방법들에 대해서 살펴보고, 차세대 TCP 구조에서 MPTCP의 역할에 대해서 간략하게 다루기로 한다.

MPTCP 프로토콜 설계시 고려사항 및 혼잡제어

MPTCP 프로토콜을 설계하는데 있어서 고려해야 할 사항들로써 다음과 같은 것들이 있다.

- 각 subflow를 위한 경로를 발견하고 생성하는 방법: subflow를 기존 경로에 추가하는 방법과 다중 경로를 발견하는 방법에 대해 정의되어야 하며, TCP 연결 ID 및 subflow ID를 명시할 수 있는 방법과 TCP 종단이 상대방 종단의 주소를 알 수 있는 방법이 제공되어야 한다.
- 데이터 식별(identification) 및 재순서화(reordering)를 위한 순서 번호 부여 방법: 다중 경로를 통해 전송된 데이터를 수신측에서 재순서화 할 수 있도록 순서 번호를 사용해야 하며, 이때 순서 번호 공간을 모든 경로가 공유할 것인지 아니면 경로마다 별도의 순서 번호 공간을 사용할 것인지에 대한 연구가 요구된다.
- 흐름 제어와 수신 버퍼 고갈 해결 방안: 한 경로에서 데이터 손실이 발생하면 수신 버퍼가 부족해질 수 있으며 이로 인해 문제가 없는 경로에서조차도 데이터 전송이 이루어지지 않을 수 있으며, 이에 대한 해결 방안이 필요하다.
- 스케줄링 방법: 라운드 로빈과 같은 단순한 방법을 사용해서 데이터 전송 경로를 결정하면 가장 속도가 느린 경로에 의해서 성능이 결정되며, 따라서 전반적인 성능을 높일 수 있는 스케줄링 방법이 요구된다.
- 공정성: 단일 경로를 사용하는 것보다 다중 경로를 사용하는 것이 네트워크 자원을 더 많이 사용함으로써 단일 경로를 사용하는 TCP 연결이 불리해지는 문제가 발생할 수 있으며 이에 대한 해결책이 필요하다.

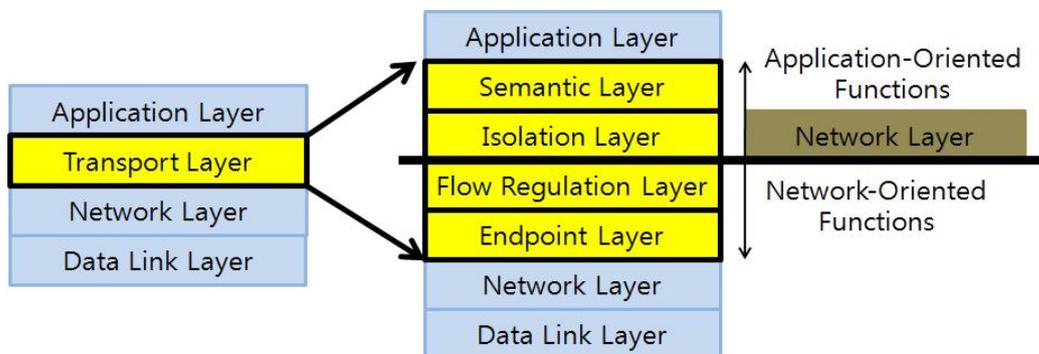
MPTCP 기능을 TCP sender와 receiver 중 어디에 둘 것인가에 따라서 다음과 같이 두 가지로 나뉘볼 수 있다.

- One-ended MPTCP (draft-van-beijnum-1e-mp-tcp-00): TCP sender 쪽만 변경하여 다중 경로 트랜스포트를 할 수 있다는 점에서 유리하지만 여러 개의 목적지 주소를 기반으로 하는 다중 경로를 사용할 수 없다는 단점이 있다. 혼잡 제어는 각 경로마다 수행되며, selective ACK를 사용해서 경로별로 복구한다.
- Two-ended MPTCP (draft-ford-mptcp-multiaddressed-01): 초기에는 단일의 TCP subflow만 생성하고 그 후 다른 소스/목적지 주소를 갖는 subflow들을 추가한다. 이때 TCP 연결 ID와 subflow ID를 사용해서 기존 subflow에 합친다.

MPTCP에서의 혼잡 제어는 단일 경로 TCP보다 처리율이 좋아야 하며, 각 경로의 처리율은 단일 경로 TCP의 처리율을 초과할 수 없고 가급적 혼잡이 가장 적은 링크를 사용해서 데이터를 전송해야 한다. MPTCP에서의 혼잡 제어 방법으로는 경로마다 독립적으로 혼잡 제어를 하는 방법과 다중 경로들에 대해 혼잡 제어를 하는 방법이 있을 수 있다. 후자의 방법을 congestion control coupling이라고 하며 이렇게 하면 resource pooling 효과를 얻을 수 있다. 혼잡 윈도우(congestion window)의 증가와 감소에 대해서 모두 coupling을 적용하면 혼잡 윈도우의 크기가 불안정해질 가능성이 높기 때문에 draft-ford-mptcp-multiaddressed-01에서는 혼잡 윈도우의 증가시에만 coupling을 적용하는 것을 제안하고 있다.

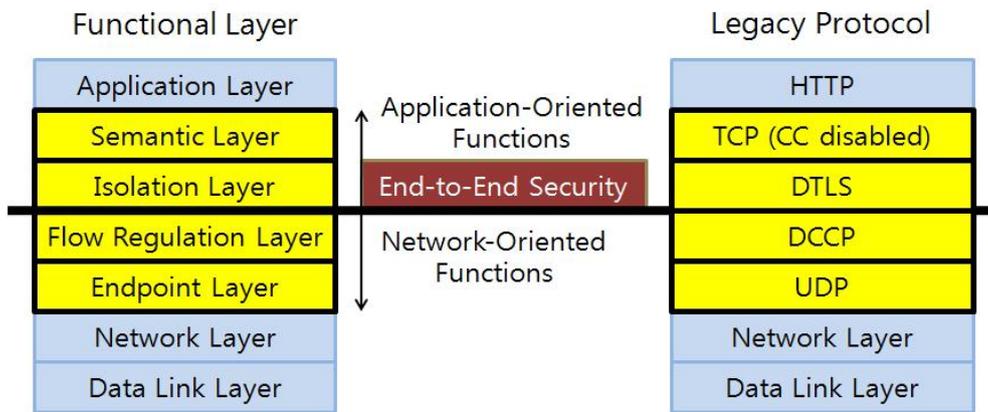
Transport next-generation(Tng)

draft-iyengar-ford-tng-00 드래프트 문서에서는 multihoming, multipath transfer, resource pooling, congestion state sharing 등의 기능을 제공하는 새로운 트랜스포트 구조인 Tng(Transport next-generation) 프로토콜 구조를 다음 그림과 같이 정의하고 있다.



(출처: <http://tools.ietf.org/html/draft-iyengar-ford-tng-00>)

Tng 프로토콜 구조에서는 기존의 Transport 계층을 Semantic 계층, Isolation 계층, Flow Regulation 계층, Endpoint 계층의 네 계층으로 분리한다. Flow Regulation 계층과 Endpoint 계층은 network-oriented 기능들에 해당하며 각각 혼잡 제어와 port를 제공한다. Semantic 계층과 Isolation 계층은 application-oriented 기능들에 해당하고 각각 TCP 종단에 신뢰성과 보안을 제공해주며, Isolation 계층은 optional하다. Tng 프로토콜 구조는 다음 그림의 예와 같이 기 정의된 프로토콜만을 사용해서도 구현이 가능하나 기능면에서 효율적이지 못한 한계가 있다.



(출처: <http://www.ietf.org/proceedings/75/slides/mptcp-5.pdf>)

Tng 프로토콜 구조에서는 MPTCP에 해당하는 기능을 별도의 계층으로 분리해줌으로써 다중 경로 환경을 지원할 수 있도록 했고 또한 MPTCP 이외의 다른 프로토콜들에 대한 연구 및 개발이 가능하도록 해주고 있다. MPTCP의 경우 기능면에서 다중 경로상에 별도의 subflow를 생성하는 Semantic 계층에 해당하며, TCP는 Flow Regulation 계층 및 Endpoint 계층에 해당한다고 할 수 있다.

결언

최근 들어 다중 인터페이스를 갖는 무선 단말의 출현으로 다중 경로 지원이 가능한 인터넷 트랜스포트에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구에 부응하고자 75차 IETF 회의에서는 MPTCP BOF가 있었으며 MPTCP와 Tng 프로토콜 구조에 대한 제안 및 논의가 활발하게 이루어졌다. 이중의 무선 네트워크가 혼재하는 상황에서 다양한 응용의 성능을 높일 수 있다는 점에서 MPTCP 및 Tng에 대한 연구 및 표준화는 필요한 부분이라고 할 수 있으며, 전반적으로 다중 경로 지원을 위한 새로운 트랜스포트 프로토콜의 표준화 및 개발 필요성에 동감하는 분위기였다.