

MCM: 이기종 무선 네트워크 활용을 위한 다중 연결 관리 기법

류지호, 임영빈, 이호진, 권태경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부

{jhryu, ybim, lumiere}@mmlab.snu.ac.kr, {tk, yhchoi}@snu.ac.kr

MCM: Multiple Connection Management for Exploiting Heterogeneous Wireless Networks

Jiho Ryu, Youngbin Im, Hojin Lee, Taekyoung Kwon, and Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering
Seoul National University, Seoul, Korea

요 약

현재 우리 주변에는 Cellular, Wi-Fi, Bluetooth, WiBro 등의 다양한 이기종 네트워크가 존재 하고 있으며 네트워크가 발전 할수록 더욱 다양한 무선 네트워크 및 접속 기술이 등장 할 것으로 기대 된다. 그러나 아직까지는 이런 다양한 네트워크를 효율적으로 이용하지 못하고 있는 실정이며 기존에 제안되어 온 연구에서도 특정 계층의 기술에 한정적으로 적용 된다. 본 논문에서는 주변에 존재하는 다양한 무선 네트워크를 보다 효율적으로 이용하고 관리 할 수 있는 framework 를 제안한다.

I. 서 론

현재 우리 주변에는 HSPA/LTE, Wi-Fi, Bluetooth, WiMAX/WiBro 등의 다양한 무선 네트워크 접속 기술이 존재 하고 있으며 이는 인터넷 및 네트워크가 발전 할수록 더욱 다양해 질 것으로 예측된다. 또한, 접속 가능한 네트워크의 증가뿐만이 아니라 최근에는 PDA 혹은 스마트폰과 같이 사용자가 이용하는 하나의 단말에서도 여러 개의 네트워크 인터페이스가 존재하여 다양한 네트워크를 활용 할 수 있도록 지원해 주고 있다. 이러한 환경에서 사용자들은 다양한 무선 기술을 동시에 사용해 끊김 없는 통신을 할 수 있게 되길 기대하게 되지만 아직까지 관련연구는 미미한 실정이며 표준화가 진행 되고 있는 단계이다.

동시에 다양한 네트워크를 사용 한다는 말은, 다중 경로를 이용하여 네트워크에 접속하는 것과 같은 의미이다. 즉, 하나의 연결 (connection) 이라고 하여도 여러 경로를 이용하여 통신을 하게 할 수 있는 것인데, 이 경우 하나의 경로를 이용 할 때와는 달리 더 많은 문제들을 고려해야 한다[1, 2]. 우선 그러한 환경에서는 대역폭, 딜레이, 손실 등의 측면에서 각 경로가 서로 다른 특성을 보이게 되며 이러한 특성은 시간에 따라 변동되게 된다. 최악의 경우 경로가 단절되기도 한다. 또한 수신자의 버퍼는 유한하기 때문에 문제는 더욱 어려워진다. [1, 2]에서는 pTCP (parallel TCP)를 제안하여 이러한 문제를 해결하고자 하였다. pTCP 는 하위 연결들의 혼잡 제어 기능과 하위 연결들을 통해 보낼 데이터를 결정하는 기능을 분리하고, 순간적인 대역폭에 기반해 stripe 하며, 경로의 특성에 변동이 큰 기간 동안에는 적절히 패킷을 재할당 (re-striping)하거나 중복하여 striping 하는 등의 특징을 가진다. [1, 2] 논문의 저자들은 여러 개의 무선 인터페이스를 가진 이동 단말에서의 대역폭 결합 (aggregation), 어플리케이션 계층 스위칭에 기반한

오버레이 네트워크 상에서의 striping 등 다양한 환경에서의 pTCP 의 효율성을 검증하였다.

여러 TCP 연결을 동시에 이용하기 위한 목적으로 IETF 에서는 multi-path TCP(MPTCP) [3-5]에 관한 표준화를 진행 중이다. [3]에서는 기존 TCP 가 여러 경로를 통한 동작을 지원하기 위해 필요한 프로토콜 변경 사항들을 제시한다. 즉, 다중 경로를 설정하기 위한 시그널링, 하위 플로우 관리, 데이터 재조합, 세션의 종료 등의 동작에 관해 기술한다. [4]에서는 MPTCP 를 사용하지 않는 다른 네트워크 사용자에게 해를 끼치지 않기 위한 다중경로 상에서의 안전한 혼잡 제어 알고리즘을 제시한다. [5]에서는 multi-path TCP 가 어플리케이션에 미칠 영향에 대해 설명하며, MPTCP 에 적합한 어플리케이션과 이들 어플리케이션을 위해 필요한 API 에 대해 제시한다. MPTCP 는 전송 계층에서 동작하며 상위 및 하위 레이어에 transparent 하게 동작하는 것을 목표로 한다[3]. MPTCP 를 인식하지 못하는 어플리케이션에게 MPTCP 는 일반 TCP 와 동일하게 동작한다. 확장 API 를 통해 MPTCP 를 인식하는 어플리케이션에게 추가적인 제어 기능을 제공할 수 있다. MPTCP 연결은 일반 TCP 연결과 비슷하게 두 개의 호스트간에 시작된다. 추가적인 경로가 사용 가능하면 이 경로 상에 하위 플로우가 생성되게 되고 이는 기존 세션과 결합되게 된다. 양단의 단말에게는 이들 연결이 하나의 연결로 보이게 된다. MPTCP 는 양단의 단말에 여러 개의 주소가 존재하는 것을 통해 다중 경로를 식별하게 된다. 이들 여러 주소를 결합함으로써 추가적인 경로가 만들어지게 되는 것이다. 또한 여러 하위 플로우로부터 전달된 데이터 스트림을 순서대로 재조합 하기 위해 전체 시퀀스 번호를 부여하게 된다. 하위 플로우는 일반 TCP 처럼 종료되고 MPTCP 연결은 마지막 하위 플로우의 FIN 과 같이 보내지는 상위 FIN 패킷을 통해 종료되게 된다.

위에서 살펴본 최근의 연구 및 표준화 정책에서는 전송계층 프로토콜로 TCP 를 기본으로 가정하고 있다. 이는 다중 경로를 사용 하였을 경우 가장 문제가 되는 패킷들의 순서가 뒤바뀌는 (re-ordering) 문제를 TCP 가 본래 가지고 있는 3 duplicate-ACK 특성으로 해결할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 사용 가능한 전송계층 프로토콜로 TCP 만을 강제함으로써 그 활용도가 한정적이라는 단점을 갖고 있다. 따라서 본 연구에서는 특정 전송 계층에 구속 받지 않으면서 application 의 수나 사용가능한 네트워크 수에 구애 받지 않고 여러 개의 연결을 맺고 관리 할 수 있도록 하는 MCM (Multiple Connections Management) framework 를 제안하였다. MCM framework 는 크게 3 가지 기능을 담당하는 component 로 구성되어있는데 각각은 네트워크, 세션 그리고 데이터 관리가 주 역할이다. 제안하는 framework 를 사용하면 기존의 OSI 7 계층을 그대로 따랐을 경우에 발생 할 수 있는 특정 계층에 종속 되는 문제에서 벗어 날 수 있을 것으로 기대 된다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 문제 정의 및 요구 사항에 관한 고찰을 하고, 3 장에서 본 논문이 제안하는 기법에 대해 자세히 설명한다. 4 장에서는 기존 연구들에 대해서 간략히 살펴 보고 5 장에서 결론을 맺는다.

II. 문제 정의 및 요구 사항

A. 문제 정의

본 논문에서는 가정하는 상황은 다음과 같다. 사용자 주변에는 다양한 이기종 네트워크가 존재하고 있으며 사용자의 위치 혹은 이동에 따라 접속 가능한 네트워크의 종류는 언제나 변할 수 있다. 사용자의 단말기는 다양한 네트워크 인터페이스 혹은 Software Defined Radio (SDR) 과 같은 기술을 통해 다양한 네트워크를 활용 할 수 있다. 사용자는 다양한 서비스 예를 들면 웹, 멀티미디어 스트리밍, 각종 SNS 서비스를 이용하고자 하며 어느 시점에서나 끊김 없는 그리고 더 나은 서비스를 제공 받기를 원한다. 인터넷 연결을 제공하는 ISP 와 콘텐츠를 제공하는 contents provider (CP)의 경우 가능하면 망이나 서버의 부하를 줄이고자 한다. 이런 경우 단말에서 이기종 네트워크를 활용하여 사용자에게 최적의 서비스를 제공 할 수 있는 framework 를 제안한다.

B. 요구사항

다양한 네트워크를 동시에 사용함으로써 발생 할 수 있는 문제점은 다음과 같다. 첫째로, 다중 경로를 사용함으로써 패킷들의 순서가 서로 뒤 바뀌어 오는 경우이다. 하나의 경로만을 사용하더라도 인터넷은 packet-by-packet 으로 동작하기 때문에 패킷의 순서가 뒤 바뀌는 문제가 생길 수 있다. 그런데 명시적으로 다중 경로를 사용하게 되면 이 문제가 더욱 심화 될 수 있다. 둘째로, 네트워크 특성을 잘 반영 할 수 있어야 한다. 현재 이용 가능한 네트워크는 무엇인지 또한 이용 가능한 네트워크가 어떤 상태이고 어느 정도의 지연시간과 대역폭 등을 제공받을 수 있는지에 대한 정보가 정확 할수록 보다 효과적으로 이기종 네트워크를 사용 할 수 있다. 셋째로는, 특정 계층에 제한되지 않는 기법이어야 한다. 기존의 OSI 7 계층의 규격을 따른다면 제공하고자 하는 서비스가 특정 계층에 종속되어 확장이

어렵거나 제한적인 서비스 만을 제공 할 수 있어 불리하다.

III. MCM framework

본 논문에서 제안하는 MCM framework 는 다음 그림 1. 과 같이 3 가지 component 로 구성된다. 제안하고자 하는 기법은 OSI 7 계층에서의 특정 계층과는 상관없이 3 가지 주 기능을 담당하며, 기존의 OSI 7 계층과는 기존의 교차 계층 (cross-layer) 기법과 같이 정보를 교환한다.

Network Management	Session Management	Data Management
+ Detection	+ Transport Protocol	+ Characteristic check
+ Availability check	+ Path evaluation	+ Split/Reassemble
+ Block/Close	+ Path selection	+ Sequence # control
	+ Handover	+ Buffer management

그림 1. MCM framework

A. Network Management

네트워크 관리 component 부분은 물리 인터페이스의 정보를 관리한다. 물리 인터페이스를 통해서 감지되는 다양한 채널 정보들을 종합하여 사용 가능한 네트워크를 감지하고 주기적으로 상태를 점검한다. 또한 보안사고 및 에너지 절약을 위하여 네트워크를 block 하거나 close 하는 기능도 갖추고 있다. 실제로 data 를 주고 받지 않는 경우에도 네트워크의 상태를 점검할 수 있어야 하므로 효율적으로 에너지를 사용하면서 네트워크 상태를 점검할 수 있는 기법이 있어야 한다. 네트워크 상태를 파악하고 유지하는 부분은 이 논문의 범위에서 벗어나므로 자세히 다루지 않도록 한다.

B. Session Management

세션 관리 component 부분은 실질적으로 다양한 네트워크 인터페이스를 활용하는 곳이다. 어플리케이션이 원하는 서비스 수준을 만족 시켜 줄 수 있는 네트워크를 파악하여 이를 활용하는데 있어 가장 적절한 전송계층 규약을 선택한다. 이렇게 하여 사용자의 요구 조건에 가장 잘 맞는 경로를 선택할 수 있다. 즉, 세션 관리 단계에서는 이미 활용 가능한 경로를 미리 파악하고 있어야 한다. 요청이 있을 때마다 경로를 재 계산 하는 경우 원활한 서비스를 제공해 주기 어렵다. 네트워크 관리 component 부분에서 지속적으로 파악하는 접속 네트워크 상태 정보를 활용하여 전체 경로분석을 보다 요긴하게 할 수 있다. 또한 갑작스런 이동 등으로 발생할 수 있는 끊김 현상은 적절한 handover 알고리즘을 통해서 해결 하여야 한다.

C. Data Management

데이터 관리 component 에서는 실질적으로 어플리케이션과 가장 가까운 위치에서 사용자 혹은 어플리케이션의 요구 조건이나 정보 등을 파악하여 이를 적절히 활용하도록 한다. 어플리케이션 및 사용자의 요구 조건을 파악하여 세션을 어떻게 만들 것인가를 결정한다. 즉 다중 경로를 효과적으로 활용 할 수 있도록 세션을 나누거나 합칠 수 있도록 하며 나뉘어진 세션이 패킷

순서가 뒤바뀌는 문제를 쉽게 해결 할 수 있도록 새로운 sequence 번호를 할당한다. 또한 패킷의 순서가 뒤바뀌는 것을 바로 잡기 위해서 세션 혹은 어플리케이션 마다 버퍼 공간을 두어 순서를 바로 잡은 상태에서 최종 어플리케이션에 데이터를 올려 보낼 수 있도록 한다.

IV. 관련연구

이기종 네트워크 인터페이스를 동시에 활용하는 연구가 활발히 이루어졌다. 관련 연구는 여러 계층에 걸쳐서 이루어졌으며 대표적인 것을 정리하면 아래와 같다. 링크 계층에서는 Bonding [6]이 제안되었다. Bonding 은 링크 계층에서 링크간의 속도 차를 감안해서 각 인터페이스에 적절히 패킷을 스케줄링을 하여 패킷의 순서가 어긋나는 것을 최소로 한다. 이로부터 링크의 이용성을 높일 수 있지만, 도메인 내에서만 사용될 수 있다는 한계가 있다.

네트워크계층에서는 NetwokrProxy [7], IPinIPEncap [8], MultiLink [9]가 제안되었다. 이 기법들은 인터넷의 네트워크 계층에서 복수개의 네트워크 인터페이스를 지원하기 때문에 인터넷의 모래시계 (hourglass) 모형에 부합한다. 따라서 다양한 링크 계층 프로토콜과 전송 계층 프로토콜을 지원할 수 있는 장점이 있다. 반면에 패킷의 순서가 어긋날 수 있는 문제를 지니고 있다.

전송 계층에서는 pTCP [1,2], MPTCP [3]가 제안되었다. 이 기법들은 중단간 경로 별로 네트워크 인터페이스를 사용하기 때문에 각 중단간 경로의 특성에 적응적으로 동작을 한다. 하지만, 상대적으로 링크의 이용도가 저하될 수 있다.

마지막으로 응용 계층에서는 PERM [10], PSocket [11]이 제안되었다. 이 기법들은 직접 응용 프로그램의 요구사항을 반영할 수 있는 장점이 있지만, 응용 별로 새로운 라이브러리를 사용하거나 기존의 응용을 수정해야 하기 때문에 복잡도가 증가하는 문제를 지니고 있다.

V. 결론

본 논문에서는 이기종 네트워크를 효과적으로 활용하기 위한 새로운 framework 를 제안하였다. 다양한 기존 연구들의 분석을 통해서 각 연구들이 갖는 장점 및 단점을 파악하여 단점들을 효과적으로 보완하고 장점을 살릴 수 있도록 새롭게 MCM framework 를 설계하였다. 제안한 기법이 활용되기 위해선 보다 세부적인 부분들에 대한 고찰 및 연구가 필요하지만, 무선 이기종 네트워크의 효율적인 활용에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었습니다. 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Hung-Yun Hsieh, Raghupathy Sivakumar, "pTCP: An End-to-End Transport Layer Protocol for Striped Connections," Network Protocols, IEEE International Conference on, p. 24, 10th IEEE International Conference on Network Protocols (ICNP'02), 2002
- [2] Hung-Yun Hsieh and Raghupathy Sivakumar, "A Transport Layer Approach for Achieving Aggregate Bandwidths on Multi-homed Mobile Hosts," in Proc. of ACM MobiCom, 2002
- [3] Ford, A., Raiciu, C., and M. Handley, "TCP Extensions for Multipath Operation with Multiple Addresses", draft-ietf-mptcp-multiaddressed-02 (work in progress), October 2010.
- [4] Raiciu, C., Handley, M., and D. Wischik, "Coupled Multipath-Aware Congestion Control", draft-ietf-mptcp-congestion-00 (work in progress), July 2010.
- [5] Scharf, M. and A. Ford, "MPTCP Application Interface Considerations", draft-scharf-mptcp-api-02 (work in progress), July 2010.
- [6] Hari Adishesu, Guru Parulkar, and George Varghese, "A Reliable and Scalable Striping Protocol," in Proc. of ACM SIGCOMM, 1996.
- [7] Kristian Evensen, Doinik Kaspar, Paal Engelstad, Audun F. Hansen, Carsten Griwodz, and Pål Halvorsen, "A Network-Layer Proxy for Bandwidth Aggregation and Reduction of IP Packet Reordering," in Proc. of IEEE LCN, 2009.
- [8] Kameswari Chebrolu, Bhaskaran Raman, and Ramesh R. Rao, "A Network Layer Approach to Enable TCP over Multiple Interfaces," Wireless Networks vol. 11, no. 5, Sep. 2005.
- [9] Dhananjay S. Phatak and Tom Goff, "A Novel Mechanism for Data Streaming Across Multiple IP Links for Improving Throughput and Reliability in Mobile Environments," in Proc. of IEEE Infocom, 2002.
- [10] Nathanael Thompson, Guanghui He, and Haiyun Luo, "Flow Scheduling for End-host Multihoming," in Proc. of IEEE Infocom, 2006.
- [11] H. Sivakumar, S. Bailey, and R. L. Grossman, "PSockets: The Case of Application-level Network Striping for Data Intensive Applications using High Speed Wide Area Networks," in Proc. of IEEE Supercomputing, 2000.