

이종 모바일 네트워크 환경에서 휴지 모드 지원 다중 연결 TCP 기법

강형규, 이성원, 홍충선*
경희대학교 컴퓨터공학과
e-mail : hkkang@networking.khu.ac.kr
drsungwon@khu.ac.kr
cshong@khu.ac.kr

A Multi-connection TCP scheme supporting Idle mode in Heterogeneous mobile networks

Hyeong Kyu Kang, Sungwon Lee and Choong Seon Hong
Department. of Computer Engineering, Kyunghee University

요 약

모바일 기기의 통신에 있어 가장 중요한 요소는 이동성 지원이다. 이에 따라 3G 와 같은 이동 통신을 지원하는 기술이 출현하게 되었고 이를 통해 이동 중에도 데이터 통신이 가능하게 되었다. 하지만 이동통신은 많은 에너지 소비와 높은 통신 비용문제 등으로 대용량 전송에 적합하지 않은 문제점이 있다. 이에 반해 Wi-Fi 와 같은 Wireless 네트워크는 이동성을 지원하지 않는 대신 허가 받지 않은 주파수 대역을 이용하여(예: Wi-Fi 의 2.4GHz, 5GHz) 높은 대역폭을 제공할 뿐만 아니라 전력을 적게 사용하는 장점이 있다. 본 논문에서는 3G 와 Wi-Fi 을 동시 다중 연결을 통해 서로의 장점을 극대화하고 단점을 보완한 기법을 제시하고 시뮬레이션을 통해 이를 검증 한다.

1. 서론

기존의 인터넷 프로토콜인 TCP/IP 를 기반으로 멀티 패스를 지원하기 위해 이를 확장한 다양한 기술들이 제안되었다. SCTP[1]는 2004 년 IETF 에 의해 제안되어 멀티호밍과 멀티스트리밍의 특징을 갖는 대표적인 멀티 패스 기술이다. 또한 SCTP 의 다중 전송문제와 핸드오버 문제 등을 보완한 CMT[2], SCTPDAR[3] 와 같은 기술 등이 나왔으며, 최근에는 멀티 주소를 이용하여 다중 연결을 지원하는 MCTCP[4] 와 같은 기술 등이 제안되었다. 특히 이들 기술들의 공통적인 목적은 세션의 신뢰성과 데이터의 빠른 전송을 가능하게 하는 것이다. 하지만 이런 기술들은 유선 환경에 적합하도록 설계되어있어 이동통신과 같은 이동성이 필요한 환경에서 핸드오버로 발생하는 패킷 손실, 빈번하게 발생하는 재전송, 수신 측에서 작은 수신 버퍼 크기로 인한 버퍼 블로킹 그리고 불안한 망 상태로 인한 세션의 종료 문제 등을 고려하지 못하고 있다.

본 논문에서는 이런 문제점을 해결하고 이동통신 환경에 적합하면서 다중 연결을 가능하게 하기 위해 하나의 세션에 여러 개의 IP 주소로 다중 연결을 구성

할 수 있는 Multi-Connection TCP (MCTCP)에 휴지 모드를 지원 함으로써 이를 개선하고 시뮬레이션을 통해 검증 하도록 한다. 본 논문의 나머지 부분은 2 장에서 MCTCP 에 대한 관련 연구를 소개하고, 3 장에서 본 논문의 개선 기법에 대한 연구 문제를 보인다. 그리고 4 장에서 개선 기법을 보이고 이를 5 장에서 Omnet++[5]를 이용하여 검증한다.

2. 관련연구(MCTCP)

Multipath TCP 프로토콜 설계에서 고려되어야 하는 주요 문제는 다른 sub-flow 를 구성하고 종료하기 위한 컨트롤 정보를 어떻게 전송해야 하는지, 그리고 송신자와 수신자 각각에서 바이트 스트림을 어떻게 분할하고 어떻게 재조합을 해야 하는지에 대한 문제가 있다. 이런 문제를 해결할 수 있는 한가지 방법은 이런 신호 정보들을 몇 개의 새로운 TCP 옵션에 인코딩 하는 것이다.

MCTCP 는 병렬의 payload 에 어플리케이션과 컨트롤 데이터를 자신의 프레임 메커니즘으로 전송하기 위한 대안적인 방법으로 TCP 옵션 필드에 컨트롤 메시지를 포함 시킴으로써 Multipath TCP 프로토콜을 구현한다. 하지만 이 방식이 항상 사용되는 것은 아니며 멀티패스 전송이 실제로 필요할 경우에만 선택적으로 사용하게 된다.

MCTCP 는 어플리케이션들을 위해서 TCP 와 똑 같

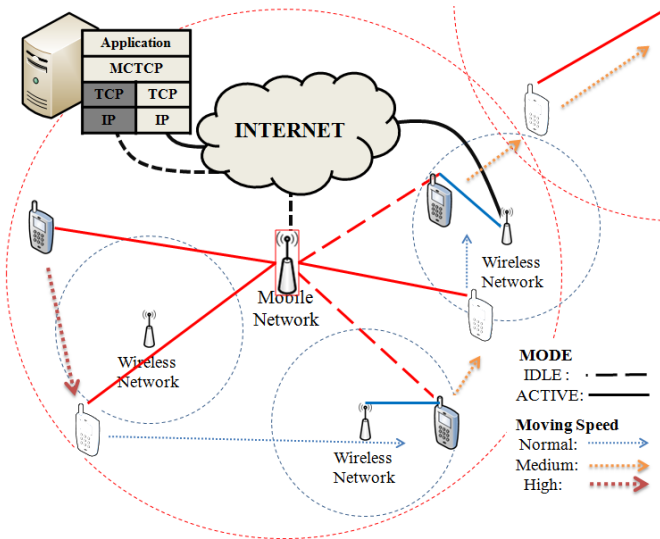
본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음 [10035245: 미래인터넷에서의 이동환경 및 네트워크 다양성 지원구조 연구].

Dr. CS Hong is corresponding author. *

은 신뢰성과, 순서, 바이트 스트림 전송을 제공한다. 이를 위해 MCTCP 는 어플리케이션과 네트워크 레이어와의 호환을 위해 backward-compatible 하게 설계 되었으며, 이는 어플리케이션들이 MCTCP 를 정확히 단일 TCP 연결처럼 쓸 수 있음을 의미한다. 다시 말해 멀티 패스가 사용되지 않는 동안에는 예외적으로 수신자의 MCTCP 가능 여부를 확인하기 위한 SYN 세그먼트의 새로운 TCP 옵션 부분만 제외하고 표준 TCP 전송과 동일하게 사용할 수 있다.

3. 연구문제

[그림 1]은 모바일 기기의 이동환경에서 이중 네트워크를 통한 다중연결 지원을 도식화한 그림이다. 요즘 스마트폰과 같은 모바일 기기는 멀티 인터페이스를 통해 이중 네트워크를 망 상태에 따라 선택적으로 사용할 수 있다. 이런 이중 네트워크의 다중 연결은 MCTCP 를 사용하여 구성할 수 있으며 이를 통해 고속 전송 및 신뢰성 있는 통신이 가능해진다. 하지만 위에서 언급했듯이 모바일 환경에서는 일반 유선 망과 달리 여러 문제점이 있으며, MCTCP 를 적용하기 위해서 다음과 같이 몇 가지 사항들이 고려되어야 한다.



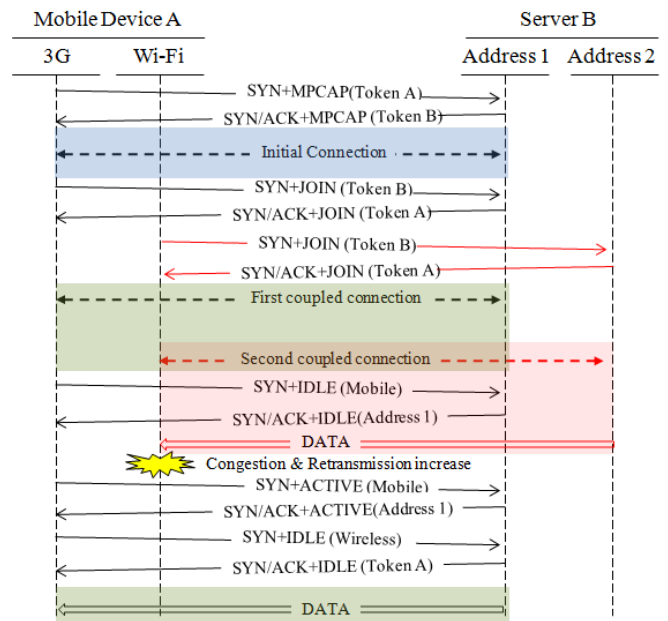
[그림 1] 모바일 기기의 이동에 따른 IDLE/ACTIVE 모드

첫 번째로 이중 네트워크의 속도차이와 빈번히 발생하는 핸드오버, 연결종료로 인한 수신 측 버퍼 블로킹 문제가 발생할 수 있으며, 두 번째로 Wi-Fi 와 같은 고속 Wireless 망은 핸드오버를 지원하지 않는다. 마지막으로 3G 망은 고속 Wireless 망보다 비싼 통신 비용이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 이런 사항들을 고려하여 휴지모드 지원 다중 연결 TCP 기법(MCTCPsI)을 제안하였으며 휴지모드 지원 기법은 다음과 같은 상황으로 정의된다.

3G 네트워크는 세션 유지를 위해 항상 연결되어 있다고 가정한다. Wi-Fi 망에 다중 연결 되었을 때 3G 망 연결은 모바일 장치의 요청에 의해 ACTIVE 에서

IDLE 상태가 되며 데이터 통신은 Wi-Fi 망을 이용하게 된다. 여기서 IDLE 상태란 TCP 연결은 되어 있으나 수신자의 요청으로 데이터를 송수신 하지 않는 상태를 말한다. 하지만 모바일 기기가 이동 중일 경우에는 Wi-Fi 망 연결 상태를 IDLE 상태로 두고, 3G 망 연결 상태를 ACTIVE 상태로 변경하여 모바일 망을 통해 데이터를 주고 받게 된다. 이 경우 IDLE 상태인 Wi-Fi 망의 연결은 끊어 질 수 있으며, Wi-Fi 재 연결은 [그림 1]에서 보여 지듯이 에너지 소비를 최소화 하기 위해 이동 속도가 Normal 상태에서만 연결을 시도하게 된다.

4. 휴지 모드 지원 다중 연결 TCP(MCTCPsI)



[그림 2] 다중 연결 및 IDLE/ACTIVE 모드 동작과정

[그림 2]는 MCTCP 를 이용하여 Mobile Device A 가 Server B 에 3G 망과 Wi-Fi 망을 통해 다중 연결 동작 과정과 다중 연결 후 본 논문에서 제시한 IDLE/ACTIVE 모드 동작과정을 나타내고 있다. First coupled connection 과 Second coupled connection 후 Mobile Device 는 Wi-Fi 망을 주로 이용하기 위해 3G 망 연결을 IDLE 상태로 둔다. 이때 IDLE 상태는 위에서 언급 하였듯이 TCP 세션은 유지되나 데이터를 송수신하지 않는 상태를 말한다. 여기서 유의할 점은 다중 연결을 통해 멀티 전송을 할 수 있으나, 이중 네트워크간 속도 차이와 망의 상태에 따른 문제로 수신 측에서 버퍼 블로킹 문제가 발생할 수 있으므로 단일 전송을 기본으로 하며 요구에 따라 IDLE 모드를 요청 하지 않음으로써 기존의 MCTCP 와 똑같이 다중 전송을 사용하게 된다.

다중 연결이 되고 Wi-Fi 망을 통한 단일 전송과정에서 모바일 기기는 망의 혼란과 재전송 요청으로 인한 Congestion window size(Cwnd)의 변화를 계속 탐지하고 이동으로 인한 Wi-Fi 망의 단절 등을 미리 예상하여, 상황에 따라 3G 망 연결을 ACTIVE 시키고 Wi-Fi 망

연결을 IDLE 시켜, 3G 망을 통해 지속적인 데이터 전송을 가능하게 만든다. 이때 IDLE 상태의 Wi-Fi 망은 연결이 끊어질 수 있으며, 모바일 기기의 이동 상태와 망의 상태를 분석하여 재 연결을 시도 한다. 이동 상태는 3GPP의 기술문서 [6]에 따라 High, Medium, Normal 상태로 분류되며, 에너지 소비를 줄이기 위해 High, Medium 상태에서는 Wi-Fi 망을 탐지 하지 않고 Normal 상태에서만 Wi-Fi 망의 세기를 분석하여 안정된 망이 있을 경우 접속을 시도한다.

[그림 3], [그림 4]는 IDLE/ACTIVE 모드 옵션 필드를 보여주고 있다. 각각 필드에는 Sender token에 대한 정보가 들어가며 이는 연결이 구성 후 Sender와 Receiver가 각각의 유일한 token을 교환하여 Map-table에 사상되어 있음을 의미한다. 최초 연결이 구성된 후 가능한 요청 모드 옵션은 IDLE 모드이며 IDLE 모드가 된 상태에서 Sender나 Receiver의 요청으로 ACTIVE 모드로 변경이 가능하다. 각 모드의 변경은 2-way handshake 과정에 의해 변경되게 된다.

1										2										3																			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kind=OPT_IDLE										Length=6										Sender Token																			
Sender Token (contd.)																																							

[그림 3] IDLE 모드 옵션

1										2										3																			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kind=OPT_ACTIVE										Length=6										Sender Token																			
Sender Token (contd.)																																							

[그림 4] ACTIVE 모드 옵션

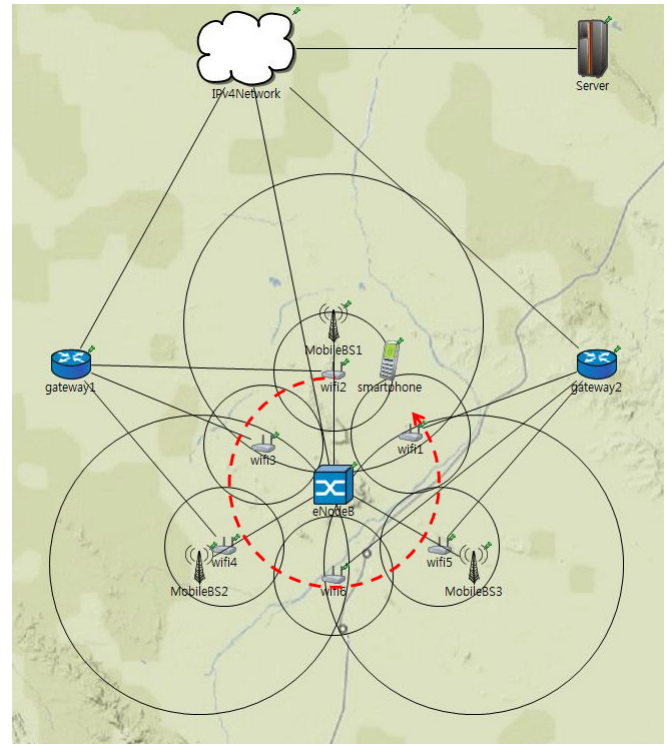
5. 시뮬레이션 및 검증

MCTCPsI의 검증을 위해 Omnet++를 이용하여 모바일 환경에서 MCTCP와 비교 분석을 통해 성능을 평가하였다. [그림 5]는 Omnet++을 이용한 시뮬레이션 구성을 나타내며 3G 망 내에 Wi-Fi 망이 속해 있으며 점선을 따라 모바일 장치가 이동하게 된다. 그리고 모바일 장치는 3G 망과의 지속적인 연결을 위해서 3G 망 내에서만 이동을 하게 되며 이동 중 Wi-Fi 망에 들어가게 되면 모바일 망 연결을 IDLE 모드로 변경함으로써 wireless 망과 통신하게 된다.

<표 1>는 시뮬레이션을 위한 변수 값을 나타낸다. Loss rate는 [2]에서 반영된 Wireless 상에서의 손실률을 참고 하였으며 모바일 장치는 3km/h 속도로 이동과 정지를 병행한다. 평가는 모바일 장치가 Wi-Fi 망과 3G 망에 다중 연결 되었을 경우에 비교 되어야 하기 때문에 평가 그래프는 장치가 두 존 내에 있을 때 결과만을 보여준다. 그리고 모바일 장치의 buffer size는 1024kB로 한다.

[그림 6-9]는 시뮬레이션의 결과로서 기존 MCTCP와 본 논문에서 제시한 MCTCPsI의 비교한 결과를 나타내며, 그래프에서 음영으로 표시된 부분은 정지 상태

로 3G 망과 Wi-Fi 망의 다중 연결이 구성되었음을 의미한다.

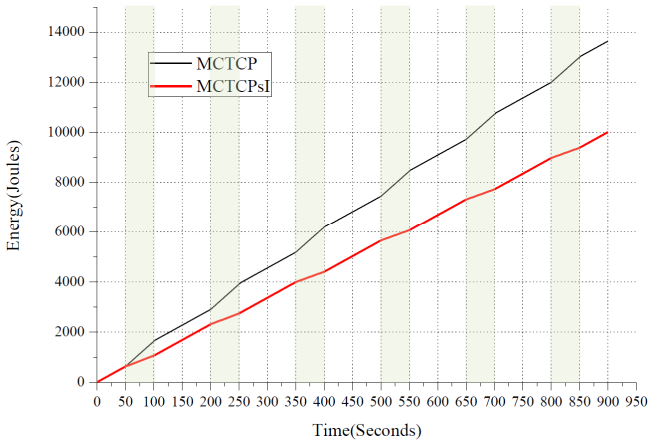


[그림 5] Omnet++를 이용한 시뮬레이션 구성

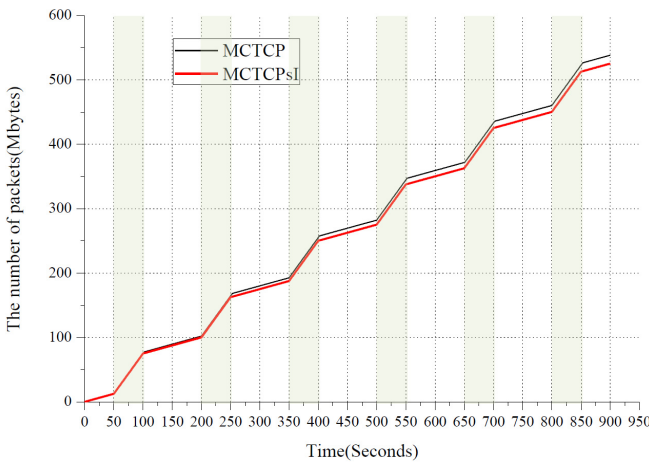
<표 1> 시뮬레이션 변수

	3G	Wi-Fi
Loss rate	1~10 %	1%
Block Size	6kB	6kB
Throughput	250kB/s	1000kB/s
Transmission radius	1Km	50m
Handover	Support	Non-Support
Energy(Joules)	12J	7J

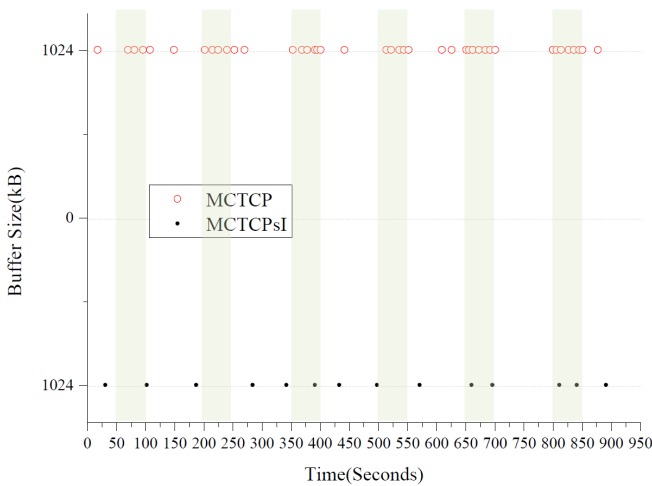
[그림 7]의 결과는 시간당 수신된 패킷의 수로 MCTCP가 MCTCPsI보다 좋은 성능을 보였다 할 수 있지만 이는 [그림 6]과 [그림 8]를 통해 MCTCPsI가 더 좋은 성능을 보였음을 나타낸다. [그림 6]의 결과는 MCTCPsI의 경우 Wi-Fi 망에 다중 연결 후 3G 망을 사용하지 않음으로써 에너지 소비를 줄였으며 이는 특히 수신된 패킷의 수와 비교되었을 때 에너지를 크게 절약했음을 알 수 있다. 그리고 [그림 8]에서 MCTCP와 MCTCPsI를 비교하였을 때 MCTCP의 경우, 3G 망과 Wi-Fi 망의 다중 연결상태에서 서로간의 속도차이와 Wi-Fi의 예기치 않은 세션종료로 인한 Receiver Buffer Blocking이 MCTCPsI보다 더 많이 발생했음을 알 수 있다. 이는 즉, [그림 7]에서 보인 MCTCP가 MCTCPsI보다 패킷 재전송을 더 많이 했다 볼 수 있으므로 실제 수신된 데이터를 상대적으로 비교하였을 때 MCTCPsI가 MCTCP보다 성능이 더 좋다고 볼 수 있다.



[그림 6] 시간당 Energy(Joules) 소비



[그림 7] 시간당 패킷 수신(Bytes)



[그림 8] Receiver Buffer blocking 발생 수

6. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 우리는 MCTCP 개선을 통해 모바일 기기의 이중 네트워크 환경에서 휴지모드 지원 다중 연결 TCP 기법에 대해 소개하고 이를 Omnet++를 통해 검증하였다. 시뮬레이션 결과는 이중 네트워크에 다중 연결되고 이동환경과 정지 환경에서의 성능이 본 논문에서 제안한 MCTCPsI 가 MCTCP 보다 더 효과적으로 적용될 수 있음을 보였다.

앞으로 본 연구에서 좀 더 개선되어야 할 점으로 모바일 망과 고속 Wireless 망 모두와 단절 되었을 경우 세션의 종료 없이 링크를 재 구성하는 부분과 Wi-Fi 망의 단절 후 재 접속 시 발생하는 데이터 손실률을 줄이는 연구가 추가적으로 진행되어야 한다.

참고문헌

- [1] Internet Engineering Task Force, "Stream Control Transmission Protocol", RFC4960 (2007)
- [2] Iyengar, J.R., Amer, P.D. and Stewart, R. "Concurrent multipath transfer using sctp multihoming over independent end-to-end paths", IEEE/ACM Trans, Netw., Vol.14, Num.14, P.951-964, (2006)
- [3] Internet Engineering Task Force "Stream Control Transmission Protocol(SCTP) Dynamic Address Reconfiguration. RFC 5061 (2007)
- [4] M. Scharf, "Multi-Connection TCP (MCTCP) Transport" draft-scharf-mptcp-mctcp-01, (2010)
- [5] Omnet++, <http://www.omnetpp.org/>
- [6] 3GPP technical specification group, "User Equipment(UE) procedures in idle mode", 3GPP TS 36.304, Release 8 (2009)