

Micro-mobility protocols에서 TCP의 성능분석¹

윤원동⁰ 김동균 최양희
서울대학교 전기컴퓨터공학부
(scace⁰, pretty, yhchoi)@mmlab.snu.ac.kr

Evaluating the performance of Variant TCP over Micro-mobility protocols

Wondong Yun⁰ Dongkyun Kim Yanghee Choi
Dept. of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요 약

Mobile IP는 이동단말의 macro-mobility를 지원하는 표준이다. 그런데, Mobile IP는 도메인내에서의 빈번한 핸드오프상에서는 많은 단점이 있다. FA(Home Agent)로 빈번하게 시그널을 보내기 때문에 많은 제어 메시지 오버헤드가 있으며, 핸드오프중의 많은 패킷 손실이 있다. Micro-mobility 프로토콜은 기존 mobile IP의 단점을 보완하기 위해 나온 프로토콜이다. 무선 네트워크상의 도메인내에서의 이동성을 지원하며, 손실과 메시지 오버헤드를 줄여 핸드오프시 높은 성능향상을 주고, 효율적인 위치관리를 제공한다.

TCP(Transmission Control Protocol)는 전통적인 네트워크에서 잘 동작하는 신뢰성있는 연결지향성 전송프로토콜이다. 그러나, TCP는 Mobile IP를 이용한 무선환경하에서는 잦은 핸드오프 때문에 손실과 지연이 일어나서 많은 성능저하가 일어난다. 본 논문에서는 TCP Tahoe, Reno, NewReno, SACK를 micro-mobility 프로토콜상에서 사용하였을 때 어느 TCP버전과 micro-mobility프로토콜이 가장 효율적인지를 제시한다.

1. 서 론

Micro-mobility 프로토콜은 기존 Mobile IP의 단점을 보완하기 위해 나온 프로토콜로서 현재 몇가지 프로토콜로 제안하고 있다. Cellular IP, HAWAII(Handoff Aware Wireless Access Internet Infrastructure), THEMA(Transparent Hierarchical Mobility Agents)[1], hierarchical foreign agent, hierarchical IPv6등이 micro-mobility 프로토콜로 제안한 프로토콜들이다.

Mobile IP는 핸드오프가 자주 일어나는 셀 환경에서는 잦은 위치정보시그널 교환으로 인해 지연, 패킷 손실등이 발생하여 성능이 크게 저하된다. 이런 단점을 보완하기위해 micro-mobility 프로토콜은 같은 도메인내에서는 IP 라우팅과는 다른 라우팅을 사용한다. Cellular IP에서는 페이로드가 없는 데이터 패킷을 Cellular IP 라우팅패킷으로 사용하여 도메인내에서 라우팅이 일어난다. HAWAII는 패킷손실, 핸드오프지연을 줄이고 패킷순서를 유지하는 작업들의 우선순위에 기인한 path setup scheme을 이용하여 도메인내에서의 라우팅을 효율적으로 지원한다.

Micro-mobility 프로토콜과 mobile IP는 현재 상호 보완적인 관계이다. 도메인내에서의 핸드오프는 micro-mobility 프로토콜을 이용하여 로컬에서만 처리하도록 하여 HA

까지 전송하는 오버헤드를 줄이며 도메인간의 핸드오프는 mobile IP를 사용한다. 즉 로컬지역과 도메인간의 지역을 분리함으로써 많은 이득을 얻을 수 있다. 특히 cell이 점점 작아질수록, 자주 핸드오프가 일어날수록, 유지수가 늘어날수록 유리하다.

본 논문은 제안된 micro-mobility 프로토콜상에서 여러 버전의 TCP를 사용하여 특정 프로토콜과 TCP들의 상관관계, 프로토콜들의 확장성 문제를 ns-2로 시뮬레이션하고 나온 결과들을 제시한다. 2장에서는 관련연구로 Cellular IP와 HAWAII의 특징을 알아 보고, 3장에서는 시뮬레이션 환경, 4장에서는 결과들을 보여준다. 5장에서는 핸드오프와 확장성을 고려한 상관관계그래프를 제시하고 추후확장방안에 대하여 기술하겠다.

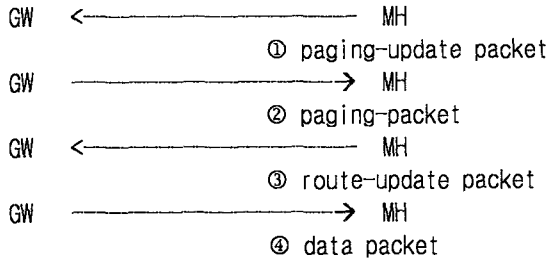
2. 관련연구

2.1 Cellular IP

Cellular IP는 라우팅캐쉬와 페이징캐쉬를 두고 있다는 점이 큰 특징이다. 위치관리와 핸드오프는 라우팅시에 한꺼번에 일어나게 되며, 그 역할은 일반 데이터 패킷을 이용하여 일어난다. 별도의 명시된 시그널을 사용하지 않는 심플한 프로토콜이다. 제어 메시지를 줄이기

¹ 본 논문은 2002년도 두뇌한국21과 국가지정연구실 프로젝트 지원을 받아 수행되었음.

위해서, 보내는 호스트의 IP 어드레스와 시그널이 들어오는 노드포트의 매핑은 정확하게 이루어지지 않고, Soft-state 방식으로 매핑을 유지시킨다. 따라서 MH(Mobile Host)가 핸드오프를 한 후에 새로운 BS(Base Station)뿐만 아니라 예전 BS으로도 패킷을 전달한다. 이것은 낭비이므로 이 경우 타임아웃 인터벌을 줄이는 것이 좋다. MH가 idle상태일 경우는 BS를 벗어날 때마다 패킷을 보내야 하지만, 이때 타임아웃은 너무 짧으면 비용을 증가시키는 결과를 가져온다. 이 문제를 해결하기 위해 idle MH는 페이징캐쉬를, active MH는 라우팅캐쉬를 사용한다. PC는 이동주기에 의존한 시간을 RC는 패킷 타임 스케일에 의존한 시간을 부여한다.



[그림 1] idle상태후의 시그널순서

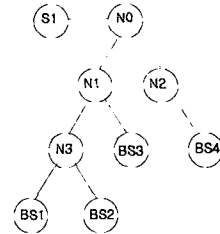
위의 그림은 이동단말이 idle상태에 있다가 데이터를 받게 되는 순서를 적은 것이다. IP가 왔을 때 GW는 도착한 IP 패킷을 큐에 저장시키고, 이동단말의 ID를 담고 있는 페이징 패킷을 생성하여 PC를 보고 라우팅한다. PC가 없는 노드에서는 모든 포트쪽으로 전송한다. MH는 페이징 패킷을 받은 후 route-update 패킷을 만들어서 BS에 전송하고 GW로 hop-by-hop형태로 라우팅된다. 라우팅하면서 RC 매핑을 생성한다. 이 프로세스는 처음 패스설정시간의 지연이 있지만, 그 이후로는 계속된 탐색없이 패킷을 보낸다. 만약 전송도중 MH로 전송할 수 없거나 RC가 타임아웃이 되었을 경우 자동으로 다시 프로세스를 시작한다.[2]

2.2 HAWAII

HAWAII프로토콜의 가장 큰 특징은 패스 셋업 알고리즘(specialized path setup schemes)이다. Forwarding scheme과 Non-forwarding scheme이 그것인데, Forwarding scheme은 cross-over router 즉 root FA로 전송되기 전에 패킷이 예전 BS에서 새로운 BS로 먼저 전송되며, Non-forwarding scheme은 패스 셋업 메시지가 새로운 BS에서 예전 BS로 먼저 가고, 데이터 패킷들이 cross-over router를 통해 새로운 BS로 간다. Cellular IP에 비해 implicit한 메시지를 쓴다는 점이 HAWAII와 Cellular IP의 차이점이라 할 수 있다.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션은 ns-2을 사용하였고, 그림 2에 보이는 토폴로지를 시뮬레이션시켰다. MH는 BS1에서 BS4로 이동하면서 핸드오프한다. 예러율은 uniform radom variable을 이용하여 0~10%까지 발생하도록 하였다. 지연은 유선망쪽의 BW를 10M로 고정시키고 2~400ms까



[그림 2] 토폴로지

Error rate	Handoff #	Connection #	Packet size
0	2	1	500
0.01	4	2	1000
0.05	7	6	1500
0.1	10	11	
	18	16	

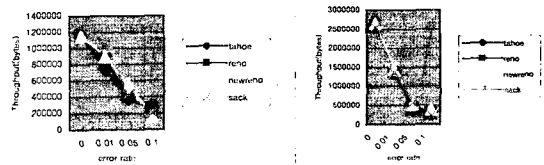
[표 1] 시뮬레이션 파라미터

지의 파라미터를 주었다. 가장 중요한 특성인 micro-mobility의 핸드오프의 수에 따른 성능과 확장성에 따른 성능측정결과는 GNUPLOT을 이용하여 플롯팅하였다. 3.1 가정

2가지 가정하에 시뮬레이션하였다. Micro-mobility protocol 손실로 인한 영향은 없고, (손실을 전달시키지 않는다.) 한번 설정된 connection은 외부환경에 의해 끊어지지 않는다는 가정을 두었다.

4. 시뮬레이션 결과

4.1 예러율에 따른 영향



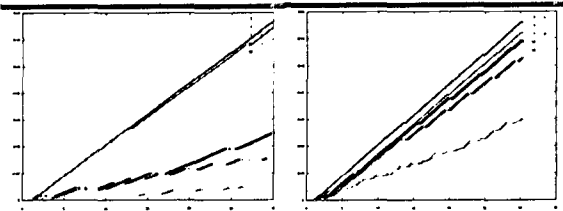
[그림 3] Error rate vs. Throughput(CIP, HAWAII)

[그림 3]은 TCP버전에 따른 예러율과 성능상관관계 그래프이다. 30초동안 3번 핸드오프가 일어난 후 최종 Throughput을 그래프화 시킨 것이다. Cellular IP에서 TCP의 여러버전을 실행시켰을 경우 가장 좋은 성능을 보이는 것은 SACK(Selective Acknowledgement)이다. SACK은 받지 못한 ACK packet만을 기입하여 핸드오프 발생시 손실이 난 부분을 어느정도 해결하고 있다. 그러나 10%정도의 아주 좋지 않은 채널품질 가진 곳은 1/3~1/4정도의 성능 저하를 보여주고 있다. TCP reno는 패킷의 손실 후 한 윈도우에서 다수의 예러가 발생할 경우 큰 성능저하가 발생한다. 즉 Reno는 세그먼트 하나 재전송후 있다가 타임아웃이 걸려서 Slow-start를 다시 시작하게 되어 성능저하가 발생한다.

HAWAII는 CIP에 비해 좋은 성능을 보인다. MSF모드를 사용하여 패킷손실을 많이 보정하기 때문에 아주 좋은

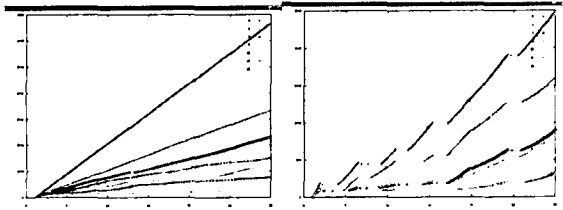
성능을 보여주고 있다. 각 버전에 따른 성능을 보면 큰 차이는 없으나 NewReno와 SACK이 약간 좋은 성능을 보여주고 있다. NewReno는 패킷손실후 한 윈도우에서 다수의 에러가 발생하면 세팅에 따라서 성능이 다르게 난다. 초기세팅의 경우 한 싱글윈도우에서 다수의 에러가 발생하면 재전송 타임아웃이 안 걸리고, 한 RTT마다 하나씩만 복구하게 된다.

4.2 핸드오프수에 따른 영향

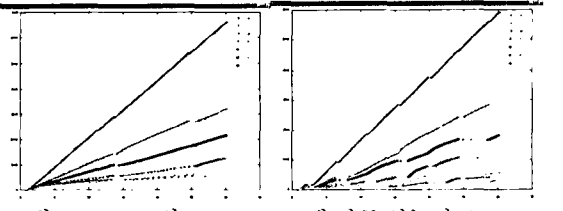


[그림 4] Handoff # vs. TCP performance(CIP, HAWAII)

그림 4는 핸드오프수와 TCP성능과의 상관관계 그래프이다. 각 micro-mobility 프로토콜에서 가장 좋은 성능을 내는 세미소프트 모드와 MSF모드를 사용하여 측정하였다. Cellular IP의 경우는 30초 동안에 핸드오프가 7번이상 발생할 경우 심각한 TCP성능 저하가 발생한다. 즉 고속의 단말과 BS와의 통신시 잦은 핸드오프는 TCP성능에 심각한 영향을 주게 됨을 알 수 있다. 반면 (b)그래프의 HAWAII를 보면 핸드오프가 10번정도의 고속의 모바일에서도 TCP성능저하가 크지 않고 패킷을 잘 전송하고 있는 것을 볼 수 있다. 따라서 고속의 단말에는 HAWAII를 사용하는 것이 TCP성능저하를 줄일 수 있다.



[그림 5] Cellular IP의 connection #에 따른 성능비교(2, 7)



[그림 6] HAWAII의 Connection #에 따른 성능비교(2, 7)

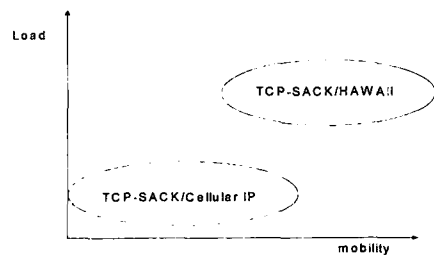
그림 5와 그림 6는 Cellular IP와 HAWAII의 확장성을 측정한 것이다. Cellular IP는 심플한 프로토콜로서 그림 5, 6의 (a)의 경우 즉 핸드오프가 적은경우(즉정에서는 2번일어나는 경우)는 Cellular IP와 HAWAII경우 connection수에 대한 성능 차이는 별로 크지 않으나, (b)의 경우 즉 핸드오프가 빈번하게 일어나는 경우의 connection수의 상관관계를 보면 HAWAII가 TCP성능이 가장 좋게 나온다. 따라서 HAWAII가 고속으로 이동하는 상황에서 에러를 더 잘 견디고, 더 나은 TCP성능향상을 준다.

5. 결론 및 향후 방향

5.1 결론

본 논문의 특징은 현재 나와있는 micro-mobility 프로토콜들을 비교하고, 각 프로토콜위에서 TCP의 어느 버전이 가장 성능이 좋은지를 측정하여 상관관계 그래프를 나타낸 것에 있다.

TCP를 무선에서 운영할 때의 가장 큰 문제점인 무선상의 에러를 유선쪽의 혼잡(Congestion)으로 인식하는 것을 줄이는 것이 TCP성능을 높이는 것임은 당연하다. 핸드오프 패킷손실을 어느 정도 보완하는 것이 해결점이라고 할 수 있는데, 이 실험의 결과로 Cellular IP보다 HAWAII는 잦은 핸드오프에서 TCP성능저하가 덜하다. 그러나 Cellular IP는 노드쪽만 조금 업데이트시키면 되고, 다른 메시지를 사용하지 않으므로 HAWAII보다는 심플한 프로토콜이다. 따라서 이 모든 것을 종합할 때 다음과 같은 그림으로 요약할 수 있다. 즉 핸드오프가 적고 높은 확장성이 요구되지 않는 도메인에서는 심플한 Cellular IP로 구축하는 것이 적절하고, 높은 핸드오프와 확장성이 요구되는 도메인에서는 HAWAII를 사용하는 것이 TCP성능저하에 대처하는 방안이다.



[그림 7] 핸드오프와 확장성을 고려한 상관관계 그래프

5.2 향후 방향

추후 micro-mobility 프로토콜을 이용한 VoIP시스템의 확장성 검증과 QoS지원방안을 계획하고 있다. 무선에서 QoS보장을 지원하기 위해 RSVP의 micro-mobility protocol을 이용한 핸드오프지원 확장방안을 가지고 있다.

6. 참고문헌

[1] <http://ntrg.cs.tcd.ie/htewari/papers/draft-mccann-thema-00.txt>
 [2] Andrew T. Campbell, Javier Gomez, Sanghyo Kim, Andras G. Valko, and Chieh-Yih Wan, *Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP*, IEEE Personal Communications Mag. Aug. 2000.
 [3] R. Ramjee, T. La Porta, S.Thuel, K. Varadhan, Hawaii : A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks, IEEE ICNP. 1999.
 [4] <http://comet.ctr.columbia.edu/micromobility/software.htm>
 [5] <http://www.icsi.berkeley.edu/~widmer/mnav/ns-extension/>
 [6] <http://comet.ctr.columbia.edu/micromobility/overview.htm>