

Mobile IPv4와 IPv6 네트워크 상에서 TCP 성능 비교 평가

장수정, 박재형, 원용관
전남대학교 컴퓨터 정보통신 공학과
e-mail:wkdtnewjd@grace.chonnam.ac.kr

Comparative Evaluation of TCP Performance over Mobile IPv4 and IPv6 Networks

Sujeong Chang, Jaehyung Park, and Yonggwon Won
Department of Computer Engineering, Chonnam National
University

요 약

본 논문에서는 인터넷 사용자들의 이동 요구사항을 고려하여 현 인터넷 환경에 이동 IP 네트워크를 적용하려는 ISP들을 돕기 위해서 MIPv4와 MIPv6 네트워크의 성능을 비교하였다. 특히, 이동 노드와 상대 노드간의 손실된 패킷의 양과 지속적인 연결을 중심으로 Mobile IPv4와 Mobile IPv6 네트워크상의 TCP 성능을 살펴본다. 이동 노드간의 TCP의 성능은 MIPv6가 MIPv4에 비해서 우수함을 보여준다.

1. 서론

인터넷 서비스의 급속한 발달로 인터넷 사용자들은 유선 환경뿐만 아니라 무선 이동 환경에서 제공된 서비스들을 요구한다[1][2]. 그러나, 인터넷 프로토콜들은 고정 호스트의 가정 하에 적용되었기 때문에 인터넷을 통한 서비스가 이동 호스트에게 제공되지 못한다. IEEE에서 개발된 무선 LAN은 제한된 방식으로 응용 서비스를 이동 호스트에 제공한다[3]. 즉, 호스트가 자신의 LAN 범위를 벗어나면 이동 호스트상의 인터넷 서비스는 연결이 끊기고 재설정하여야 한다.

인터넷 사용자들의 이동성 요구사항을 만족시키기 위해 IETF는 IP계층에서 이동 호스트들의 연속적인 인터넷 서비스를 제공하기 위한 Mobile IP 표준을 제정하였다. Mobile IPv4 (MIPv4)[4]는 현재 IPv4 네트워크에서 이동성을 제공함으로써 제안되었다. 또한 차세대 IPv6 네트워크가 제정됨으로써 MIPv4의 문제해결과 이동성 제공을 위해 Mobile IPv6 (MIPv6)[5]를 제안하였다. Mobile IP는 IP계층

에서 운영되는 동안 IP 주소는 상위계층의 변화없이 응용 서비스 상에서 적용된다. 이와 같은 특징들 때문에 사용자 호스트의 링크가 자신의 네트워크로부터 끊어졌을지라도 Mobile IP에 의해 끊임없는 인터넷 서비스가 제공될 수 있다.

고정된 인터넷 사용자의 관점에서 차세대 IPv6는 현재 IPv4로부터 IP 계층에 대중적이고 국제적인 프로토콜이 될 것으로 예상된다. 그러나, 이 같은 추세와 대조적으로 많은 인터넷 서비스 제공자(ISP)들은 IPv6 네트워크 적용을 주저한다. 그러므로, 이동 인터넷 환경상의 MIPv6 적용은 예상보다 지연되고 있다. 하지만, 인터넷 사용자들은 언제 어디서나 인터넷에 연결하기 위해서 유연하고 끊임없는 연결에 대한 호스트 이동성을 요구한다.

본 논문은 현재 인터넷 환경내에 이동 IP 적용을 위한 ISP들을 돕기 위해 TCP 트래픽들로부터 MIPv4와 MIPv6 네트워크의 성능을 평가하였으며, MIPv4와 MIPv6의 동작과 구조적 차이점을 서술하였다. 그리고 MIPv4와 MIPv6 네트워크 성능을 비

교하기 위해서 네트워크 시뮬레이터인 NS-2[6]을 통해 MIPv4와 MIPv6 프로토콜의 특징을 반영한 TCP 트래픽의 성능을 평가하였다.

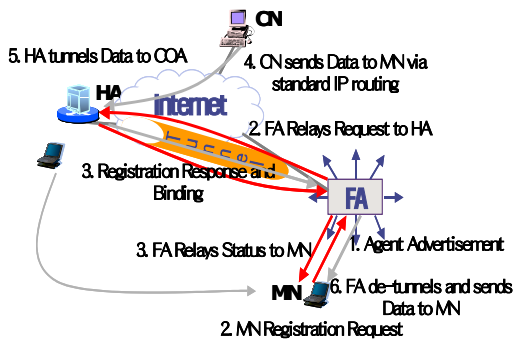
본 논문은 다음 절에서 MIPv4와 MIPv6 프로토콜의 구조와 특징들을 기술하였고, 3절에서는 NS-2를 사용하여 MIPv4와 MIPv6 네트워크 상의 TCP 성능을 평가하였다. 마지막으로 4절에서 결론을 기술하였다.

2. Mobile IP Protocols

본 절은 호스트 이동을 제공하는 Mobile IP 프로토콜의 동작과 구조를 기술하였다. Mobile IPv4는 현재 IPv4 네트워크에서 제공되며, Mobile IPv6는 차세대 IPv6 네트워크에서 적용된다. 그리고 그들의 차이점을 기술하였다.

2.1. Mobile IPv4 (MIPv4)[4]

MIPv4는 IPv4 네트워크에서 이동성을 제공하기 위해 제안되었다. MIPv4는 Mobile Node(MN)를 포함하고, Home Agent(HA)는 홈 네트워크에 존재하는 MN에 대한 이동 정보를 유지한다. 또한 Foreign Agent(FA)는 이동 노드가 있는 자신의 네트워크를 관리하고 MN을 위한 Care-of-Address(COA)로서 동작한다. MIPv4의 동작은 <그림 1>과 같다.



<그림 1. Operational Procedure of MIPv4>

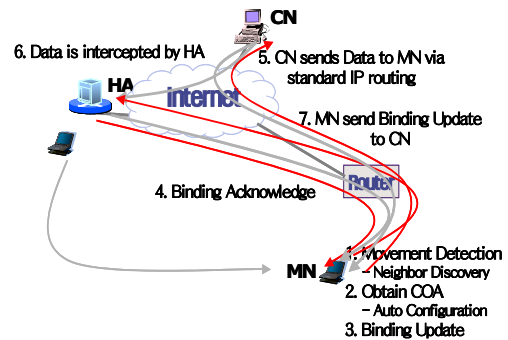
<그림 1>에서 보여지는 바와 같이 FA는 주기적으로 Agent advertisement 메시지를 방송한다. 만약 MN가 그 FA로 관리되는 범위에 있다면 MN은 이러한 메시지를 받는다. MN이 메시지를 받은 후 FA를 통해 HA에게 FA에 존재하는 COA와 함께 등록 요청 메시지를 보냄으로써 위치 등록 절차를 시작한다. 그리고 HA는 MN의 이동 정보를 변경하고 등록 응답과 바인딩 메시지를 보낸다. MN이 다른 네트워크로 이동하면 HA는 등록 요청과 응답을 통해 MN의 위치를 저장한다.

만약 CN이 MN과 통신을 원한다면 CN은, MN

에게 데이터를 보낸다. CN으로부터 데이터는 표준 인터넷 라우팅에 의해 MN의 홈 네트워크에 도착한다. HA는 데이터의 목적지 주소에 대한 바인딩 리스트를 체크하고 만약 MN이 홈 네트워크에 없다면, MN의 FA에게 데이터를 터널링한다. 또한 FA는 터널링에 의해 HA로부터 도착한 데이터의 목적지 주소와 함께 방문 리스트를 체크한다. 그리고 만약 MN이 외부 망에 존재한다면, FA는 MN에게 직접 데이터를 보낸다.

2.2. Mobile IPv6 (MIPv6)[5]

MIPv4와 다르게 MIPv6에서는 MN이 외부 망에 주소 자동 설정 방법에 의해 새로운 IPv6를 포함하고 있기 때문에 FA는 존재하지 않는다[7]. MIPv6의 동작 절차는 <그림 2>에 기술되어 있다.



<그림 2. Operational Procedure of MIPv6>

MIPv6에서 MN의 이동은 Router advertisement 메시지와 노드의 neighbor unreachable detection mechanism에 의해 감지하고, MN은 필요에 따라 Router solicitation 메시지를 보낸다. MIPv6에서는 MIPv4와 다르게 MN이 COA를 포함한다. MN의 이동이 감지된 후, HA와 CN에게 바인딩 변경 메시지를 보내면, HA와 CN은 그 바인딩 리스트를 변경하고 그들의 acknowledgement 메시지를 보낸다.

만약 CN이 MN과 통신하기를 원한다면, 그 CN은 MN의 COA를 알지 못하기 때문에 MN의 원래 IP 주소에게 데이터를 보낸다. 따라서 CN으로부터 발생한 데이터는 표준 IP 라우팅을 통해 MN의 홈 망에 도착된다. 그 후 HA는 데이터의 목적지 주소를 포함한 바인딩 리스트를 체크하고 MN의 COA에게 데이터를 터널링한다. 만약 CN이 터널된 데이터가 도착한 MN의 COA를 알지 못할 경우, CN에게 바인딩 변경 메시지를 보낸다. CN이 변경 메시지를 받은 후부터는 MN의 COA에게 직접 데이터를 보낸다.

2.3. MIPv4와 MIPv6의 비교

2.2절에서 서술된 바와 같이 MIPv6는 COA로 동작하는 FA가 없으며 HA로부터 데이터를 de-tunneling 하지 않는다. 전자는 IPv6의 충분한 주소로 인해 가능하며, 후자는 MN의 이행 능력에 의해 주어진다.

따라서 MIPv4에서 CN으로부터의 모든 데이터는 HA를 통해 MN에게 전송된다. 그러나 MIPv6에서는 최초의 데이터를 전달할 때에는 HA를 경유해야 하지만, 모든 데이터는 IPv6에서 제공하는 라우팅 헤더에 의해 MN에게 직접 전송된다. 그러므로, MIPv4는 루트 최적화에 의해 삼각 라우팅 문제를 극복하였다.

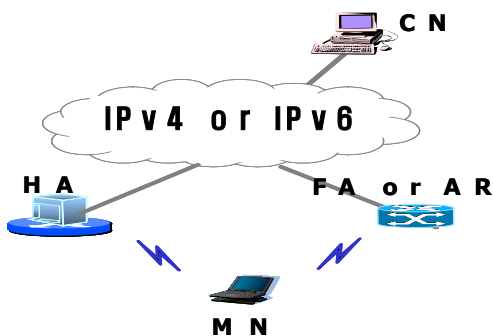
3. TCP 트래픽의 성능비교

본 절에서는 MIPv4와 MIPv6의 성능을 평가하였다. 그러기 위해 모바일 IP의 네트워크 시뮬레이터인 NS-2 시뮬레이션 환경에 적용하였다. 그리고 MIPv4와 MIPv6 네트워크 상의 TCP 트래픽 성능은 비교하고 평가하였다.

3.1 시뮬레이션 환경

본 실험은 NS-2를 통해 MIPv4와 MIPv6 네트워크 상의 TCP 성능을 평가하였으며 Mobile IPv4는 가장 최근 버전인 ns-2.27을 사용하여 측정하였고, Mobile IPv6는 ns-2.1b에 맞춰 개발되었기 때문에 ns-2.1b를 사용하여 측정하였다.

노드가 이동 네트워크에서 끊임없는 망 간의 이동을 위해서 무선 채널은 IEEE802.11 MAC으로 제공되었고, 양방향 통신을 통해 패킷전송이 가능하며, 무선 네트워크 인터페이스와 OmniAntenna를 사용하였다. 또한, Droptail을 사용한 Interface Queue 방식을 사용하였다. Router Advertisement와 Router Solicitation은 3초로 정한다.

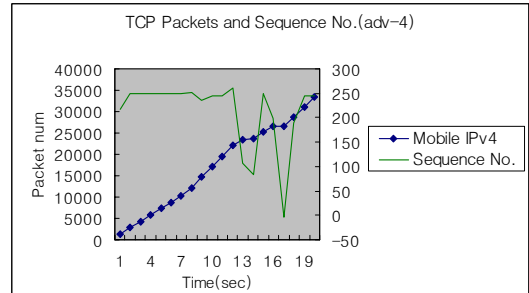


<그림 3. 시뮬레이션 topology>

<그림 3>에서와 같은 시뮬레이션 topology에서 MN은 적정시간에 HA와 FA사이를 이동한다.

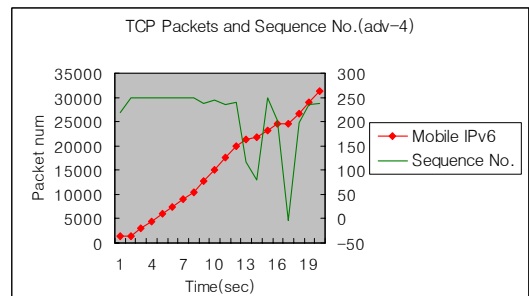
MIPv6 네트워크에서는 FA가 Access Router로 변화된다. MN이 이동함으로써 CN은 MN에게 계속적으로 패킷을 전송한다. 라우터 또는 호스트의 패킷 처리 시간이 MIPv4와 MIPv6망에서 같다고 가정한다.

3.2 MIPv4와 MIPv6 네트워크상의 TCP Traffic



<그림 4. MIPv4 network상의 TCP Traffic>

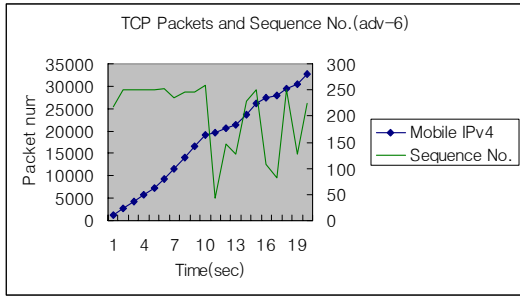
본 시뮬레이션은 처음 MN이 HA와 FA에 모두 link되어 advertisement를 받다가 1초에 FA와의 연결을 끊고 패킷을 수신하지만 여전히 HA와 연결되어 있으므로 끊임없이 패킷을 수신하게 된다. 그리고 8초에 FA와의 link 연결을 설정하고, 11초가 되어 HA와의 link 연결을 설정한다. 15초 후 이동 호스트는 HA와 연결을 끊고 다시 FA와 연결이 되는 상태를 보여준 것이다. <그림 4>와<그림 5>에서 이 같은 결과를 그래프로 나타내었다.



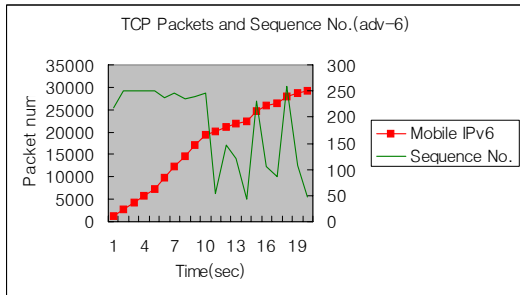
<그림 5. MIPv6 network상의 TCP Traffic>

이 실험의 결과는 이동 호스트의 이동에 의해 link의 연결 상태가 변함으로써 어느 정도의 시간동안 패킷을 받지 못하는지를 알아보기 위한 것으로 주기적인 advertisement message에 의해 지속적인 패킷전송이 가능함을 보여준다.

<그림 6>과 <그림 7>은 이동 호스트의 link상태에 따라 이동 호스트의 advertisement 상태가 달라지는데 여러 번 연결이 끊기더라도 이동 호스트는 advertisement message에 의해 얼마간의 지연 후 다시 연결된다.



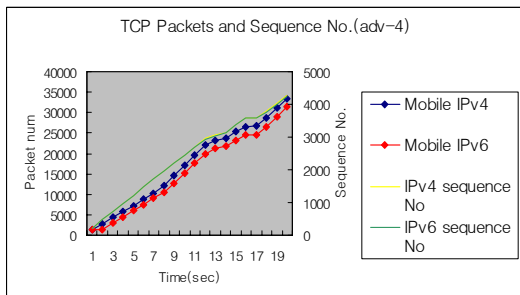
<그림 6. MIPv6 network상의 TCP Traffic>



<그림 7. MIPv6 network상의 TCP Traffic>

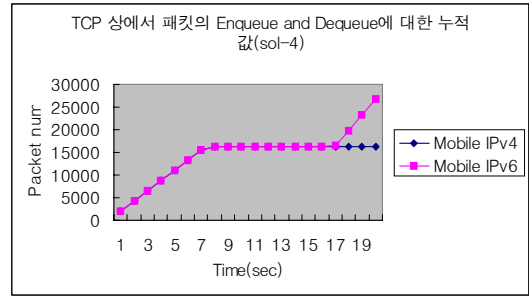
3.3 성능비교

<그림 8>에서 나타난 바와 같이 MIPv4 네트워크에서의 TCP 트래픽 양이 MIPv6 네트워크 상의 TCP 트래픽 양보다 조금 더 많음을 볼 수 있다. 그러나, packet sequence number 증가율은 비슷하다. 따라서 Mobile IPv4는 좀더 여러 번 패킷전송을 시도하지만 결국 전달되지 못하고 손실되는 패킷이 많음을 뜻한다.



<그림 8. TCP의 패킷전달량과 Sequence Number 비교>

<그림 9>에서 MN는 HA나 FA 어느 곳으로부터도 advertisement message를 받지 못한 상태에서 solicitation을 통해 TCP 패킷 전송량을 분석한 것이다. MIPv4와 다르게 MIPv6 네트워크에서 MN는 노드의 solicitation 기간이 지난 후 라우터 요청 메시지를 보낸다. 그리고 CN은 MIPv6 환경에서 MN과의 연결을 유지한다. 이것은 MIPv6 프로토콜에서 노드가 시도하는 handover 기법으로 연결이 유지되는 것을 돕는다.



<그림 9. Router Solicitation에 의한 TCP Traffic>

4. 결론

본 논문에서 우리는 MIPv4와 MIPv6 네트워크 상의 TCP 성능을 비교하고 평가하였다. TCP 성능 평가에서 나타난 바와 같이 손실된 패킷의 양과 지속적인 연결에 관해 MIPv4 네트워크보다 MIPv6 네트워크에서 TCP 성능이 뛰어남을 알 수 있다. IPv6는 보안과 quality-of-service(QoS) 능력을 제공하기 때문에 대부분의 ISP들은 IPv6 네트워크를 선호한다. 그러므로, 고정 IPv4망에 MIPv6를 지원하는 Access Router를 기반으로 이동 IP망을 구축하는 방안은 ISP들에게 현재의 인터넷 환경에서 적절한 방안이 될 수 있다.

참고문헌

- [1] J. H. Schiller, Mobile Communications, Pearson Education Limited, London, 2000.
- [2] C. S. R. Muthy and B. S. Manoj, Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols, Prentice Hall PTR, New Jersey, 2003.
- [3] T. R. Henderson, "Host Mobility for IP Networks: A Comparison", IEEE Network, November/December 2003, pp. 18-26.
- [4] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", IETF RFC, August 2002.
- [5] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", IETF RFC 3775, June 2004.
- [6] Network Simulator NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [7] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", IETF RFC 1971, August 1996.
- [8] T. Ernst, Mobiwan: NS-2 Extension to study Mobility in Wide Area IPv6 Networks, 2002.