

# IPv6 네트워크에서 멀티캐스트 기반 이동성 제공 방안의 TCP 성능 분석

박호현<sup>o</sup> 우미애

세종대학교 정보통신공학과

strike@cnet.sejong.ac.kr, mawoo@sejong.ac.kr

## TCP Performance Evaluation of Multicast-based Mobility Support Scheme in IPv6 Networks

Ho-Hyun Park<sup>o</sup>, Miae Woo

Dept. of Information Communication Eng. Sejong University

### 요 약

무선 통신 기술이 급속히 발전하면서 이동 중 데이터 통신이 가능하도록 하기 위한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 본 논문에서는 효율적인 이동성 제공 방안으로 멀티캐스트 기반 이동성 제공 방안을 제안하고 모의실험을 통하여 TCP 트래픽에 대한 성능을 분석하였다. 본 논문에서 제안한 방안은 이동 단말이 외부 도메인 내에서 핸드오프 시 자신의 위치 갱신을 멀티캐스트 그룹에 조인하는 방법으로 바인딩 갱신에 따른 추가적인 신호를 지역 내에서 처리함으로써 Mobile IPv6와 Hierarchical Mobile IPv6 보다 TCP 처리율을 높임을 알 수 있었다.

### I. 서 론

오늘날 인터넷 환경에서와 같이 차세대 무선 인터넷에서 데이터 서비스를 제공하는 것은 필수 불가결한 요소로 인식되고 있다. 인터넷 환경에서 사용자 이동성을 제공하기 위해서는 지역에 의존하는 주소와 TCP/IP와 같은 상위 프로토콜과의 연결에서 문제가 따른다. 지역에 의존하는 IP 유니캐스트 주소는 호스트가 하나의 네트워크에서 다른 네트워크로 이동하게 됐을 때 IP 주소를 변경하여 연결을 재설정해야만 한다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 IETF에서는 Mobile IPv6[1]를 제안하였다. Mobile IPv6에서는 이동 노드(Mobile Node; MN) 당 영구적인 IP 주소인 홈 주소와 일시적인 라우팅 주소인 의탁 주소(Care-of-Address; CoA)를 사용하고, 이 두 주소간의 매핑은 홈 에이전트(Home Agent; HA)가 저장해 놓는 방법을 사용하여 이동 호스트에 대한 지속적인 서비스를 제공할 수 있다.

IP 멀티캐스트는 해당 멀티캐스트 그룹에 속한 수신자로의 패킷 전달과 위치에 독립적인 주소 지정 메커니즘을 제공함으로써 이동성을 제공하는 하나의 방안으로 여러 논문에서 제안되었다. 호스트 이동성 제공을 위한 멀티캐스트 프로토콜로는 널리 분산된 그룹의 수신자 사이에 효율적인 통신을 제공하는 PIM-SM (Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)과 CBT (Core Based Tree)와 같은 공유 트리 형태의 프로토콜이 널리 사용된다.

본 논문에서는 매크로 이동성 제공을 위하여 Mobile IPv6를 사용하고 외부 네트워크에서는 PIM-SM 프로토콜을 사용하여 IPv6 네트워크에서 마이크로 이동성을 제공하는 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안한 방안에서 멀티캐스트 그룹 주소는 이동 노드에 의하여 자동으로 만들어지고 IPv6의 구조를 갖는다. 제안된 방안의 성능은 모의 실험을 통하여 사용자가 이동하는 동안 TCP 순서번호(sequence number)와 처리율을 Mobile IPv6과 Mobile IPv6의 성능을 향상시키기 위하여 계층적 이동성 관리 방안으로 제안된 Hierarchical Mobile IPv6[2](HMIIPv6)와 비교 분석하였다.

### II. 관련 연구

#### 2.1 Mobile IPv6

IP 기반 호스트가 새로운 서브넷으로 이동하게 되면 해당 서브넷 망에 맞춰 IP를 변경해야만 한다. Mobile IPv6는 IPv6 네트워크에서 MN이 이동했을 때 새로운 서브넷에 대한 IP 주소를 자동으로 설정하여 이동성을 지원한다. Mobile IPv6의 기본적인 동작은 이동 발견, 등록, 데이터 전송의 단계로 구성된다.

이동 노드의 이동 발견은 라우터 광고 (Router Advertisement) 메시지를 수신함으로써 감지한다. 자신이 이동했다는 것을 알게 된 MN은 IPv6 주소 자동 설정 (auto-configuration)을 이용하여 새로운 서브넷에 맞는 IP 주소를 설정하여 CoA로 사용한다. MN은 홈 서브넷에 있을 때는 홈 주소라는 영구적인 주소를 사용하게 되고 외부 서브넷으로 이동했을 때는 CoA를 자신의 주소로 사용하게 된다.

MN이 새로운 링크에서 CoA를 생성하면 홈 서브넷에 있는 자신의 HA에게 바인딩 갱신 (Binding Update : BU) 메시지를 보내게 된다. BU 메시지를 받은 HA는 MN의 HA로 동작한다.

#### 2.2 멀티캐스트 기반 이동성 제공 방안

멀티캐스트를 이용한 방안은 호스트가 분산되어 있는 네트워크 환경에 적합한 PIM-SM이나 CBT와 같은 멀티캐스트 프로토콜을 이용하여 그룹 주소에 참여하는 호스트로 데이터를 전달하는 방식으로 이동성을 제공하는 방안으로 적용되는 영역에 따라 크게 두 가지 범주로 분류할 수 있다. 첫 번째 범주는 글로벌 멀티캐스트 방안으로 대응 노드는 패킷을 전송하고자 하는 이동 노드를 하나의 멀티캐스트 그룹으로 본다. 따라서 대응 노드에서 이동 노드로 전송하는 모든 패킷은 멀티캐스트 패킷이 된다. 두 번째 범주는 지역적으로 멀티캐스트를 이용하는 방안이다. 지역적 멀티캐스트 이용 방안에서 대응 노드는 유니캐스트로 패킷을 전송하고 외부 도메인 내에서는 멀티캐스트

패킷으로 변환되어 이동 노드로 전송된다. 첫 번째 범주로 제안된 방안에는 MSM-IP(Mobility Support using Multicasting in IP)[3]와 [4]가 있다. MSM-IP는 이동 노드에 로의 주소 지정과 라우팅을 제공하기 위하여 멀티캐스트 프로토콜만을 사용한다. [4]에서는 PIM-SM 프로토콜을 기반으로 하는 계층적 방안이 제안되었다.

지역적으로 멀티캐스트 프로토콜을 이용하는 방안으로는 [5], [6]가 제안되었다. 여기서 제안된 방안은 외부 도메인에 연결된 게이트웨이들 AP 또는 코어에 사용하여 해당 도메인 내에서만 멀티캐스트 프로토콜을 이용한다.

2.3. Hierarchical Mobile IPv6

Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)는 Mobile IPv6의 성능을 향상시키기 위하여 계층적 이동성 관리 방안으로 제안되었다. HMIPv6는 Mobile IPv6의 이웃 발견(Neighbor Discovery) 메커니즘을 확장하여 사용한다. 또한 지역적 개체의 핸드오프 성능을 개선하고, 이동에 따른 외부 네트워크의 신호를 감소하기 위하여 MAP(Mobility Anchor Point)라 불리는 새로운 노드를 도입한다. 이때 MAP는 계층적 네트워크에 있는 어떤 라우터든 될 수 있다. HMIPv6의 기본적인 동작 메커니즘은 호스트가 외부 도메인으로 이동하면 이동 노드는 해당 서브넷의 액세스 라우터에 의하여 보내지는 라우터 광고 메시지의 MAP에 대한 정보에 포함되어있는 MAP의 글로벌 주소를 발견함으로써 자신이 외부 도메인으로 이동했다는 사실을 인지하게 된다. 그러면 이동 노드는 CoA를 생성하여 도메인 내에서 이동하는 동안에는 MAP에 바인딩 갱신 메시지를 전송하여 자신의 현재 위치를 등록한다.

III. 제안된 방안

본 논문에서 제안하는 멀티캐스트 방안은 앞서 설명한 멀티캐스트 범주의 두 번째에 속한다. 그림 2와 같은 네트워크 환경에서 외부 도메인은 게이트웨이, 사이트 라우터, 액세스 라우터가 계층적인 구조로 되어 있고 도메인 내에서 PIM-SM 프로토콜을 사용하여 모든 라우터는 멀티캐스트가 가능하다고 가정한다.

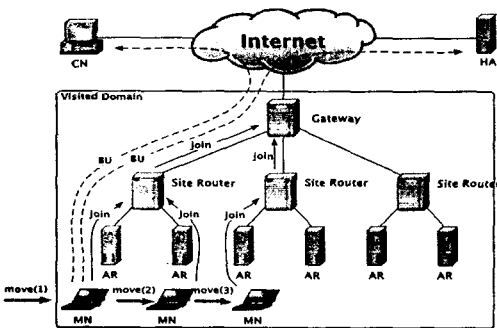


그림 1. 제안된 방안에서의 바인딩 과정

최초 이동 노드가 홈 네트워크에서 외부 네트워크로 이동하게 되면 이동 노드는 서브넷의 액세스 라우터로부터 수신하는 라우터 광고 메시지를 통하여 해당 도메인 내 게이트웨이의 글로벌 주소를 획득하게 된다. 게이트웨이의 글로벌 주소를 획득한 이동 노드는 도메인에서 사용하는 organization-local scope과 자신의 인터페이스 주소를 사용하여 자신만이 사용하

는 유일한 멀티캐스트 주소를 생성한다. 외부 도메인으로 이동 시 이동 노드는 자신의 홈 주소와 새로운 멀티캐스트 그룹 주소를 게이트웨이로 전송하여 이동 노드로 전송되는 Mobile IPv6 패킷을 멀티캐스트 패킷으로 변환해 줄 것을 요청한다. 게이트웨이는 해당 정보를 자신의 캐시에 저장하고 이동 노드로 전송되는 패킷을 멀티캐스트 패킷으로 변환하여 전송한다. 게이트웨이로부터 바인딩 갱신 메시지에 대한 응답을 받게 되면 이동 노드는 자신의 홈 에이전트와 대응 노드에게 자신이 이동한 도메인 내 게이트웨이의 주소를 CoA로 하여 바인딩 갱신 메시지를 통하여 대응 노드와 홈 에이전트에게 등록한다. 이동 노드로부터 바인딩 갱신 메시지를 받은 대응 노드는 이에 대한 응답을 보내고 이후 전송하는 패킷을 게이트웨이로 전송한다. 대응 노드로부터 패킷을 받은 게이트웨이는 멀티캐스트 패킷으로 변환하여 해당 그룹에 멀티캐스트 하게 된다. 이동 노드가 도메인 내에서 새로운 서브넷으로 이동하게 되면 이전 서브넷과 같은 그룹 주소로 참여하고 게이트웨이나 홈 에이전트, 대응 노드 어디에도 바인딩 갱신 메시지를 전송하지 않는다. 이와 같은 방법으로 이동 노드는 자신의 현재 위치 정보를 멀티캐스트 그룹에 참여함으로써 백분방 트래픽의 양을 줄이고, 핸드오프 시간을 줄일 수 있어 효율적인 이동성을 제공할 수 있다.

IV. 성능 분석

본 절에서는 3절에서 제안한 방안에 대한 성능 분석을 제시한다. ns-2[7]를 이용한 모의실험을 통하여 TCP 트래픽에 대해서 처리량(throughput)을 측정하여 Mobile IPv6, HMIPv6와 비교 검토하였다.

그림 2와 같은 네트워크 환경에서 CN, HA, 게이트웨이 사이에 위치한 인터넷 백본 망에서의 전파지연(propagation delay)은 50ms, 대역폭은 2Mbps로 설정하였고 외부 도메인 내에서의 모든 링크의 전파지연과 대역폭은 5ms와 10Mbps로 각각 설정하였다. MN이 한 서브넷에서의 잔류시간은 25초로 설정하였고, 각각의 AR에 순차적으로 접속하도록 하였다. MN의 핸드오프 시 TCP에서는 송신자의 패킷 전송 비율을 줄이는 혼잡 제어를 수행하게 됨으로써 TCP 처리량이 저하되게 된다. 이러한 경우 성능에 영향을 미치는 환경 변수에는 AR사이의 거리, MN의 이동 속도, 라우터 광고 주기가 있는데, AR 사이의 거리는 400m로 하였고, MN의 이동 속도는 시뮬레이션 시간에 준하여 40M/sec로 설정하였다. 또한 MN이 이동한 후 CoA를 생성하는데 걸리는 시간을 줄이기 위하여 라우터 광고주기를 0.03초로 설정하였다.

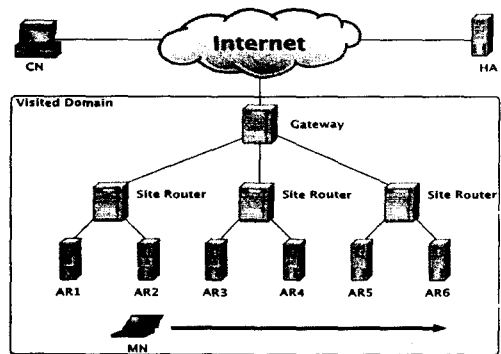


그림 2. ns-2를 이용한 모의실험 환경

TCP의 성능을 분석하기 위해 CN에서 tahoe TCP에 FTP 응용 프로그램을 사용하여 MN으로 패킷을 전송하였다. 이때 MN에서 수신하는 패킷의 순서번호(sequence number)와 전체 네트워크의 처리율을 분석하였다. 그림 3은 시뮬레이션 시간 동안 MN이 수신하는 패킷의 순서 번호를 나타내고 있다. 그림에서 MN이 하나의 링크에서 다른 링크로 이동했을 때 tahoe에서는 느린 출발(slow start), 혼잡 회피(congestion avoidance), 빠른 재전송(fast retransmit) 메커니즘[8]을 사용하여 전송 비율을 줄이고, 손실된 패킷에 대하여 재전송을 하게 되는데 이때 전송되는 패킷의 순서 번호는 증가되지 않는다. MIPv6에 비해 멀티캐스트 이용 방안에서 해당 멀티캐스트 그룹에 참여하는데 걸리는 시간의 차에 따라 증가하는 순서 번호가 다르게 나타나고 있다. 제안한 방안은 MIPv6에 비하여는 약 37%, HMIPv6에 비하여는 약 5%의 패킷을 더 많이 전송할 수 있었다.

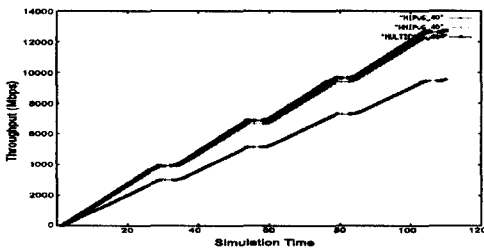


그림 3. 순서 번호 비교

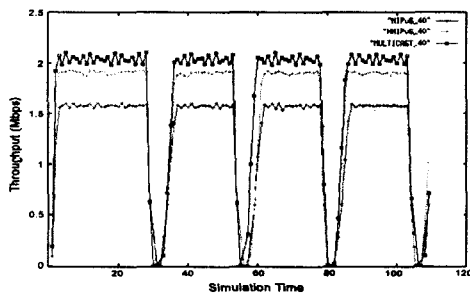


그림 4. 처리율 비교

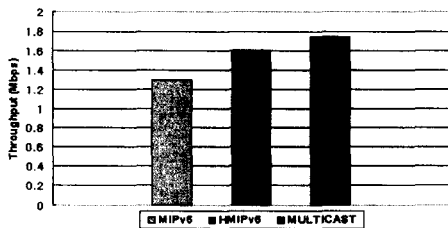


그림 5. 평균 처리율 비교

그림 4는 시뮬레이션 시간 동안 이동 노드의 이동 속도에 따른 전체 네트워크의 처리율을 나타내고 있다. 그림에서 처리율이 급감하는 부분은 MN의 핸드오프 시 패킷을 받지 못하는

시간을 나타내고 있는데 그 폭은 MIPv6, HMIPv6, 본 논문에서 제안한 방안 순으로 작게 나타나고 있는데 이는 패킷을 받지 못하는 시간이 더 길어진다는 것을 알 수 있다.

그림 5는 이동 노드가 이동할 때의 전체 네트워크의 평균 처리율을 나타내고 있는데 제안한 방안은 MIPv6에 비하여 약 34%, HMIPv6에 비하여는 약 9% 정도 향상된 성능을 나타내었다.

### V. 결론

본 논문에서 우리는 IPv6 기반 네트워크에서 멀티캐스트를 이용하여 해당 멀티캐스트 그룹에 조인함으로써 이동성을 지원하는 방안을 제안하고 모의실험을 통하여 TCP의 성능을 분석하였다.

모의실험을 통하여 MIPv6, HMIPv6 방안, 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 이용 방안의 성능을 비교 분석하였다. 그 결과 패킷 손실에 따른 재전송으로 인하여 불필요하게 발생하는 패킷을 줄여줌으로써 MIPv6와 HMIPv6에 비하여는 처리율 면에서 향상된 성능을 나타내었다. 따라서 본 논문에서 제안한 멀티캐스트 이용 방안은 Mobile IPv6와 HMIPv6 보다 효율적인 이동성을 제공한다는 확인할 수 있었다.

그러나 멀티캐스트 이용 방안은 이동 노드가 이동하는 네트워크내의 모든 라우터가 멀티캐스트를 지원해야만 가능하기 때문에 도메인 사이의 완벽한 상호호환에 어려움이 있고, 이동 노드가 이동했을 때 이전 CoA에 대한 leave 메시지를 보내지 않게 되면 이전 링크로도 멀티캐스트 패킷을 전송하게 되기 때문에 대역폭의 낭비를 가져올 수도 있다는 단점이 있다. 따라서 대역폭의 낭비 문제와 멀티캐스트 프로토콜을 이용하기 위한 상호 호환 문제에 관한 연구가 필요하다.

### 참고 문헌

- [1] D. B. Johanson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," Internet draft, draft-ietfmobileip-ipv6-24.txt, Jun. 2003.
- [2] H. Soliman C. Castelluccia K. El-Malki, and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6 Mobility Management (HMIPv6)," Internet draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, jun. 2003.s
- [3] J. P. Mysore and V. Bharghavan, "A New Multicasting-based Architecture for Internet Host Mobility," Proceedings of ACM Mobicom, 1997.
- [4] C. Castelluccia, "A Hierarchical Mobility Management Scheme for IPv6," Proceedings of ISCC '98, pp. 305-309, 1998.
- [5] A. Mihailovic, M. Shabeer and A. H. Aghvami, "Multicast For Mobility Protocol(MMP) For Emerging Internet Networks," Proceedings of PIMRC 2000, Vol. 1, pp. 327-333, 2000.
- [6] A. Stephane, A. Mihailovic, and A. H. Aghvami, "Mechanisms and Hierarchical Topology for Fast Handover in Wireless IP Networks," IEEE Communication magazine, Vol.38, No. 11, pp. 112-115, Nov. 2000.
- [7] "The Network Simulator ns-2," <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [8] W. Stevens. "TCP Slow Start, Congestion Avoidance, Fast retransmit, and Fast Recovery Algorithm," RFC2582, April 1999.