

# 멀티캐스팅 구조를 이용한 효율적인 호스트 이동성

김선집\*, 송세봉, 신용태  
승실대학교 컴퓨터학과

## An Efficient Host Mobility in Multicasting-based Architecture

Sunjab Kim\*, Seborg Song, Yongtae Shin  
Dept. of Computing, Soongsil University

### 요 약

무선기술의 발전과 다양한 휴대용 장비가 개발되면서 무선 인터넷 서비스에 대한 요구가 증가하고 있다. 하지만 현재 네트워크에서 사용되고 있는 IPv4를 이용해서는 IP의 이동 환경을 지원하지 못한다. 이에 여러 연구가 진행되고 있으며 IETF의 Mobile IP Working Group에서는 기존의 IPv4를 사용하면서도 이동환경을 지원하기 위한 이동 IP에 대해 연구를 진행하고 있다. 이에 본 논문에서는 인터넷에서 계층적이며 효율적인 이동성 지원을 위하여 인트라 도메인과 인터 도메인에서 이동성 지원을 위한 기법을 제안한다. 본 논문에서는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)과 MSDP(Multicast Source Discovery Protocol)를 이용하며, 하나의 이동 노드(Mobile Node, MN)는 대응 노드(Correspondent Node, CN)에 의해 특정한 멀티캐스트 그룹으로 인식된다. 이동 노드를 목적지로 하는 패킷은 RP(Rendezvous Point)로 보내진 후 이동노드의 현재 위치로 포워딩 된다. 또한 인트라 도메인과 인터 도메인에서 계층적이며 효율적인 방법을 지원함으로써 핸드오프 지연을 감소시키며, 홈 에이전트와 대응 노드에 부가되던 부하를 줄일 수 있다.

## 1. 개 요

인터넷의 사용자가 증가함과 동시에 컴퓨터가 소형화되고 또 노트북과 같은 휴대가 간편한 컴퓨터가 보급되면서 이동을 하면서도 인터넷 서비스를 받고자 원하는 사용자가 증가하고 있다. 그러나 현재 인터넷은 사용자 이동성을 지원하지 않는다. 즉 인터넷의 라우팅과 주소 체계가 특별한 이동성을 지원하지 않으면, 계속해서 이동하는 사용자에게 본인의 서비스를 제공하지 못한다. 이에 IETF의 Mobile IP Working Group에 의해 IPv4와 IPv6환경하의 이동성 지원이 연구되고 있다. 그러나 계속해서 이동하는 이동 노드에게 지속적인 정보를 전달하는 것은 그리 쉽지만은 않다. 이에 이 논문에서는 멀티캐스트 하부구조를 사용하여 인트라 도메인과 인터 도메인에서의 계층적인 이동성을 지원하기 위한 방안을 제시한다. 본 논문에서 제시하는 해결책은 IPv4환경 또는 많은 주소 범위를 가지고 있는 새로운 IPv6환경 하에서 제안된다. 또한 종단간의 메카니즘을 사용하는 IETF의 제안에 비해 제어 트래픽을 감소시키며 이동성지원을 위한 관리 오버레이션으로 인해 제한되는 이동 노드의 성능을 향상시킬 수 있다.

본 논문의 구성은 2장에서 멀티캐스트 환경에서 이동 노드를 지원하기 위한 관련 분야의 연구에 관하여 간단히 설명하고, 3장에서는

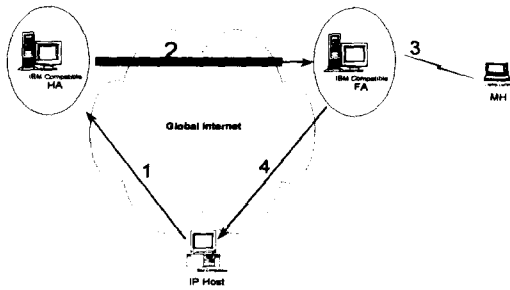
인트라 도메인과 인터 도메인 상에서의 이동 노드에게 계층적이며 효율적인 이동성 지원을 위한 제안에 대하여 설명하며, 4장에서는 IETF의 제안과 본 논문에서 제안한 방법에 대한 성능 평가를 한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문에 대한 결론 및 향후과제를 제시하고자 한다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 Mobile IP

이동 IP는 이동 노드들에게 하나의 IP 서브넷으로 부터 다른 IP 서브넷으로 연결된 링크-계층 접속지점을 변화시킨 후 자신의 IP를 변경시키지 않고 다른 노드들과 통신하는 것을 말한다. 이는 이동 노드들에게 홈 주소(Home Address, HA)와 위탁 주소(Care-of Address, COA)를 할당함으로써 가능하다.

[그림 1]은 이동 환경에서의 통신 과정을 보여주고 있다. 홈 에이전트는 현재 이동 노드의 위치에 관한 정보를 소유하고 있으며, 외부 에이전트(Foreign Agent, FA)는 자신에게 접속된 이동노드에게 위탁 주소를 부여하는 역할을 담당하고 있다. 위탁 주소를 부여하여 통신이 가능하며 홈 에이전트에게 이 정보를 알려서 홈 네트워크(Home Network)로 오는 이동 노드의 데이터를 외부 네트워크(Foreign Network)로 포워딩 시켜준다.



[그림 1] 이동환경에서의 데이터 전송

이동 IPv6에서는 각각의 IPv6 이동 노드가 접속지점에 따라 3개 이상의 주소를 가진다. 또한 외부 에이전트가 없으며, 이동 노드가 하나의 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동시 DHCPv6에게 새로운 의탁 주소를 할당받으며, 바인딩 정보를 홈 에이전트와 대응 노드에게 보내고, 대응 노드는 이동 노드의 새 정보를 자신의 캐시에 저장하여, 홈 에이전트를 경유하지 않고 바로 이동 노드와 통신을 하게 된다. 따라서 트라이앵글 라우팅을 제거한다[2].

### 2.2 IP-Multicasting

인터넷에서 호스트에게 이동성을 지원하기 위해 발생하는 문제의 원인은 주소가 위치에 의존적이라는 것이다. 이러한 해결책은 이동 노드가 위치를 바꾸어도 이를 상위 계층에서는 그 이동성을 감지하여 연결을 재 설정하는 불필요성을 제거하면 된다. 이러한 해결책의 방안으로 본 논문에서는 위치에 의존적이지 않은 멀티캐스트 주소를 하나의 이동 노드에게 부여함으로써 네트워크의 상위 계층에서 불필요한 연결 재 설정을 제거한다.

멀티캐스트에 관련된 프로토콜은 호스트들이 그룹에 가입하기 위한 호스트와 이웃한 멀티캐스트 라우터간의 그룹 가입에 관한 프로토콜, IGMP(Internet Group Management Protocol)와 라우터와 라우터간의 데이터 전송을 위한 라우팅 프로토콜로 나눌 수 있다. 라우팅 프로토콜은 그룹의 가입자가 특정한 지역에 밀집되어 있으며, 대역폭이 이 서비스를 지원할 수 있을 정도로 풍부한 여부에 따라, Dense Mode와 그렇지 않은 Sparse Mode로 나눌 수 있다. Dense Mode 라우팅 프로토콜에는 DVMRP(Distance-Vector Multicast Routing Protocol), MOSPF(Multicast Extensions to Open Shortest Path First)가 있으며, Sparse Mode 라우팅 프로토콜에는 PIM-SM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode), CBT(Core-Based Trees)가 있다. 본 논문에서는 하나의 이동 노드에게 하나의 멀티 캐스트 주소를 할당하므로, Dense Mode보다는 Sparse Mode를 선택하여 사용한다. PIM-SM은 RP를 중심으로 그룹의 멤버가 그룹에 가입하여 공유 트리를 사용 그룹에 관한 정보를 전송 받는다.

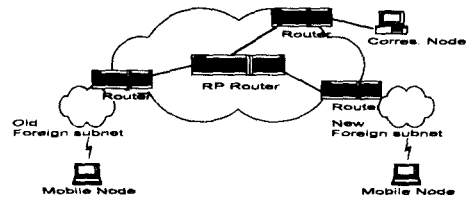
### 3. 멀티캐스트 환경에서 Mobile IP

본 논문에서는 그룹의 가입자가 특정지역에 소수로 분포되어 있는 인터넷의 환경에 적합한 PIM-SM을 선택한다. 본 논문에서 제안하는 것은 하나의 멀티캐스트 주소를 할당받은 이동 노드가 RP를 선택

하며, 이동 노드가 특정 도메인에서 서브넷간에 이동시에는 RP가 고정적이며, 이동 노드가 하나의 도메인에서 다른 도메인으로 이동시에는 해당 도메인에서 새로운 RP를 선택한다. 이동 노드가 특정 도메인에서 다른 서브넷으로 이동시 외부 에이전트나 홈 에이전트에게 자신의 이동을 알릴 필요 없이 자신의 그룹 RP에 새롭게 가입과 탈퇴를 함으로써 인터넷의 부하를 줄일 수 있다. 또한 핸드오프 지연을 감소시킬 수 있으며, 많은 제약으로부터 이동 노드를 자유롭게 만들어 줄 수 있다. 만약 RP가 고정적이라면, 경로 최적화가 없는 IETF의 이동 IP와 다를 바가 없다. 만약 RP가 COA마다 변화한다면, 경로 최적화가 있는 IETF의 이동 IP와 같게 된다. 이에 효율적인 RP의 관리를 통해 핸드오프 지연과 인터넷의 부하를 줄일 수 있다.

#### 3.1 인트라 도메인 상에서 이동 노드

[그림 2]은 인트라 도메인 상에서 이동노드가 이동했을 때 RP, 이동 노드와 대응 노드간의 관계를 보여주고 있다.

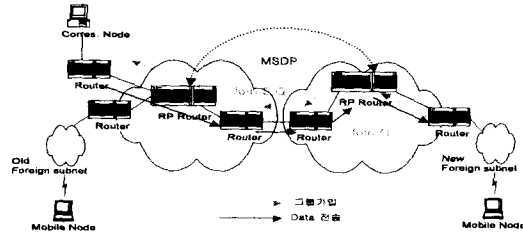


[그림 2] 인트라 도메인상의 이동 노드

[그림 2]에서 보는 것과 같이 이동 노드가 새로운 서브넷으로 이동을 한 후 자신의 위치 정보를 RP에 보내며, 이에 대응 노드는 이동 노드의 위치 변동에 관한 정보를 알 필요가 없게 된다. 이와 같이 하부구조에서 멀티캐스트를 사용하여 이동 노드를 지원하면, 기존의 이동 노드를 지원하는 연구에서 보듯 이동 노드가 새로운 외부 에이전트에서 의탁 주소를 획득하여 홈 에이전트에게 보낸 정보를 대응 노드에게 보내어 새로운 이동 노드로 대응 노드가 데이터를 보내는 방식에 있어 발생하는 인터넷의 부하를 줄일 수 있다. 이는 이동 노드가 하나의 도메인 안에서 서브넷간을 이동할 때 이동 노드는 자신의 서브넷에 인접한 멀티캐스트를 지원하는 라우터에 IGMP를 사용하여 그룹의 주소로 가입과 탈퇴를 하며, RP는 이에 홈 에이전트와 같은 기능을 하게 된다. 따라서 대응 노드는 같은 도메인 상에서 이동 노드가 이동할 때마다 이를 자신의 테이블에 이동 노드에 대한 상태정보를 가지고 있을 필요가 없다. 또한 하나의 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동시 RP에 가입과 탈퇴를 동시에 할 수 있다면 핸드오프 지연도 감소시킬 수 있다.

#### 3.2 인터 도메인 상에서 이동 노드

[그림 3]은 인터 도메인 상에서 이동노드가 이동했을 때 도메인간의 MSDP(Multicast Source Discovery Protocol)의 작동에 의한 RP, 이동 노드와 대응 노드간의 관계를 보여주고 있다. 이동 노드가 하나의 도메인에서 다른 도메인으로 이동시 RP가 바뀌게 된다. 이에 MSDP는 서로 다른 도메인의 RP들간 정보교환으로 이용된다.



[그림 3] 인터 도메인상의 이동 노드

[그림 3]에서 인터 도메인상의 이동 노드가 서비스를 받기 위한 처리 과정의 순서는 ① 이동 노드가 새로운 도메인으로 이동을 한다 ② 이동 노드에 주어진 그룹 주소에 관한 RP가 생성 ③ 이전 도메인의 RP가 대응 노드에 대한 소스 액티브 메시지를 이웃한 도메인에게 보내는 것을 새로운 도메인의 RP가 수신 ④ 새로운 RP는 특정한 소스 가입 메시지를 대응 노드에게 보냄 ⑤ 대응 노드는 이동 노드의 이동을 인식 ⑥ 대응 노드가 새로운 도메인의 RP로 데이터를 전송. 이러한 절차의 결과로 홈 에이전트의 기능이 필요 없으며, 기능적으로 복잡한 이동 노드지원을 인터 도메인간에 지원할 수 있다.

4. 성능 분석 및 평가

인트라 도메인 상에서 IETF의 MIP(Mobile IP)와 본 논문에서 제안한 MIP-MS(Mobile IP-Multicast Supporting)에 관한 성능을 살펴본다. 이동 노드와 대응 노드 그리고 홈 에이전트가 하나의 특정 도메인 상에 있다고 가정하며, 두 개의 호스트간의 거리는 홉으로 나타낸다, 같은 서브넷 상에서는 1로 계산하며 하나의 라우터로 분리되는 것은 2 홉으로 계산한다.  $\lambda$ 는 대응 노드가 이동 노드를 목적지로 하여 생성하는 데이터 패킷을 의미하며,  $\mu$ 는 이동 노드가 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동하는 비율을 의미한다. PMR(Paket to Mobility Ratio)는  $\rho = \lambda / \mu$  로 표시되며, 어느 정도의 충분한 시간 후에 거리 값은 MIP의 경우에는 제어패킷(ICMP, 이동 IP registration packet) $l_c$ , 데이터 패킷  $l_d$ 이며 이들의 비율은  $l = l_d / l_c$  이다. MIP-MS의 경우 각각  $l_{mc}$ ,  $l_{md}$  그리고  $l = l_{md} / l_{mc}$ 이며 여기서  $l_{mc}$ 의 값은 IGMP에 관한 것이다.

[표 1] MIP와 MIP-MS의 측정 변수

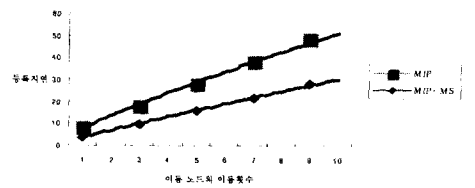
$C_{MIP} = m_r + C_{data} + C_{ICMP}$	$C_{MIP-MS} = m_{Gr} + C_{data} + l_{mc} + C_{ICMP} + C_{IGMP}$
$m_r = 2(b + d) + 5r$ : 이동 노드가 새로운 외부 에이전트에게 등록을 하기 위한 값 $b$ : 홈 에이전트와 외부 에이전트간의 거리 $d$ : 외부 에이전트와 이동 노드간의 거리 $r$ : 각 노드에서의 제어 패킷을 처리하는데 필요한 평균값	$m_{Gr} = 2(e + f) + 3r$ $e$ : RP와 이동 노드가 인접해 있는 멀티캐스트를 지원하는 라우터간의 거리 $f$ : 이동 노드와 인접한 멀티캐스트 라우터간의 거리
$C_{data} = A l_d + MIP C_d$ : 등록 지연에 의해 이전 외부 에이전트로 패킷이 전달됨으로써 손실되는 데이터에 관한 값 $l_d$ : 거리 상 수여되는 시간 $A$ : MSIP에 수여되는 시간 $C_d = l(a + b + c) + 3r$ : 대응 노드에서 이동 노드로 하나의 데이터 패킷을 전달하는데 소요되는 값 $a$ : 대응 노드와 홈 에이전트간의 거리	$C_{data} = A l_{md} + MIP-MS C_d$ $l_{md} = l(b + d)$ : 대응 노드에서 이동 노드로 하나의 데이터 패킷을 전달하는데 소요되는 값
$C_{ICMP} = \rho C_d$	$C_{ICMP} = \rho C_d$

우리가 계산하고자 하는 것은 이동 노드가 새로운 서브넷으로 이동했을 때의 효율에 관한 것으로 [표 1]의 가정에 의해 우리가 구하고자 하는 값은 다음과 같다.

$$\frac{C_{MIP-MS}}{C_{MIP}} = \frac{m_{Gr} + \lambda t_{rd-MIP-RP} C_{Mdt} + \rho C_{Mdt}}{m_r + \lambda t_{rd-MIP} C_d + \rho C_d}$$

여기서  $\rho C_d$  와  $\rho C_{Mdt}$  의 값이 같다고 가정을 해도  $C = C_{MIP-MS} / C_{MIP}$  은 1이하의 값을 가지므로 본 논문에서 제안하는 MIP-MS가 MIP보다 효율성이 높다.

[그림 4]는  $C_{MIP-MS}$  와  $C_{MIP}$ 에서 이동 노드의 이동 횟수에 따른 등록 지연에 대해 성능 평가를 한 것이다. 성능 평가를 함에 있어  $b = e, d = f, r = 1$ , ICMP 패킷은 100 그리고 IGMP 패킷은 90으로 가정하였다.



[그림 4] MIP와 MIP-MS의 등록 지연

5. 결론 및 향후과제

본 논문에서는 계층적이며 효율적인 이동성을 인터넷에 지원하기 위해 위치에 독립적인 멀티캐스팅 개념을 도입하여 인트라 도메인과 인터 도메인으로 세분화된 영역에서 현재 개발 연구되어 오고 있는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜인 PIM-SM과 MSDP를 이동 노드에 적용하여 핸드오프 지연을 감소시키며, 네트워크의 부하를 줄일 수 있는 새로운 제안에 대해 설명하였다. 물론 현재 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 IETF Working Group에서 활발히 연구되어오고 있으나, 아직은 유니캐스트 라우터가 멀티캐스트 라우터로 대체해야 하는 등의 현실적인 문제가 있는 것은 사실이다. 또한 제안한 방식에 의해 멀티캐스트 라우터에 부가되는 부하 또한 해결해야 할 사항이다.

[참고문헌]

[1] Charles Perkins, "IPv4 Mobility Support," RFC 2002, October 1996.  
 [2] Charles Perkins and David B. Jonson, "Mobility Support in IPv6," In Proceedings of MOBICOM, November 1996.  
 [3] Markus Claude Castelluccia, "A Hierarchical Mobility Management Scheme for IPv6," Proceedings of the Third IEEE Symposium on Computers and Communication, June 1998.  
 [4] Deborah Estrin and al., "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode(PIM-SM)," RFC 2362, June 1998.  
 [5] Farinacci D. et al., "Multicast Source Discovery Protocol(MSDP), draft-ietf-msdp-spec-03.txt January 2000.