

확장성 있는 네트워크 이동성 지원 방안

(A Mechanism to Support Scalability for Network Mobility)

김 태 은 [†] 이 미 정 ^{**}
(Tae-eun Kim) (Meejeong Lee)

요 약 최근 운송 수단 등에 형성된 네트워크가 하나의 단위로 이동할 때 효율적으로 인터넷 접속을 지속할 수 있도록 하는 네트워크 이동성 지원 방안에 대한 연구가 이루어지고 있다. 그런데, 지금까지 제안된 방안들은 이동 네트워크에 속하는 이동 노드의 수가 많아지는 경우 점차 핸드오프에 걸리는 시간이 증가하여 원활한 통신이 불가능하게 되거나, 이동 네트워크가 중첩된 상황에서 비효율적인 경로를 통한 전송을 초래하는 문제를 가지고 있다. 이에 본 논문은 이들 문제점을 해결할 수 있는 확장성 있는 네트워크 이동성 지원 방안인 SNEMOS(Scalable Network Mobility Support)를 제안하고 시뮬레이션에 의해 그 성능을 평가하였다. 시뮬레이션 결과 핸드오프 지연, 라우팅 경로 길이, 패킷 전달 지연, 데이터 패킷의 헤더 오버헤드 및 시그널링 오버헤드 등의 측면에서 SNEMOS가 기존의 스킴들에 비해 우수한 성능을 보임을 알 수 있었다.

키워드 : NEMO, 이동 네트워크, 네트워크 이동성, 중첩된 이동 네트워크

Abstract Recently, various proposals for supporting network mobility, which provides efficient Internet access when a network formed within a vehicle moves around as a unit, have emerged. The schemes in those proposals, though, manifest some major drawbacks with respect to scalability: If the number of mobile nodes within a mobile network is large, the handoff latency would increase greatly, causing communication disruption; Data delivery to a node within a nested mobile network may suffer extremely inefficient pinball routing. We propose a scalable network mobility supporting mechanism named SNEMOS (Scalable Network Mobility Support), which resolves the above two major problems of the existing schemes. The performance of SNEMOS is compared with the existing schemes through extensive simulations. The numerical results show that SNEMOS outperforms the existing schemes with respect to handoff latency, hop counts of routing paths, packet delivery time, header overhead in data packets, and signaling overhead.

Key words : NEMO, Mobile network, Network mobility, Nested mobile network

1. 서 론

이동통신 단말기 보급이 이미 일반화되었고 최근에는 노트북, PDA 등에 대한 수요도 급속히 확대되고 있으며 무선 통신 네트워크 구축을 가능하게 하는 무선랜의 도입 또한 확산 추세에 있다. 머지않은 미래에는 이동전화와 PC의 기능을 통합한 PDA, 스마트폰 등에 대한 수요가 폭발적으로 증가할 것이고, 이동 통신망 기술과 무선랜 기술도 데이터 처리 속도의 대폭 향상에 힘입어 획기적으로 발전될 전망이다. 이와 같이 무선 관련 기술

의 발전에 힘입어 앞으로도 계속해서 이동성을 지원하는 무선 단말기의 수는 기하급수적으로 증가할 것이다. 이렇게 이동 단말기의 수가 증가하게 되면 지금까지 단 순히 단일 이동 노드 지원에 국한되어 있던 이동성 지원 방안들은 보다 구체적이고 현실적인 상황에 맞게 확장되어야 할 것이고, 그 중 한 분야가 네트워크 전체가 이동하는 경우의 지원이 될 것이다.

현재 IP 네트워크 기반의 단일 노드 이동성 지원 표준으로는 IETF의 Mobile IP가 있다. Mobile IP는 IPv4 네트워크를 대상으로 하는 Mobile IP[1]와 IPv6 네트워크를 대상으로 하는 Mobile IPv6[2]가 있는데, Mobile IP는 IPv4 주소체계를 그대로 사용하기 때문에 단말기 수가 현재보다도 훨씬 많아질 미래의 통신 환경에는 적합하지 않으므로 네트워크 이동성 지원 방안은 기본적으로 Mobile IPv6를 가정한다[3]. 그러나 Mobile

· 본 연구는 대학 IT 연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

[†] 비 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과

loco@ewha.ac.kr

^{**} 정 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수

lmj@ewha.ac.kr

논문접수 : 2004년 1월 9일

심사완료 : 2004년 11월 16일

IPv6를 네트워크 이동을 지원하기 위해 그대로 사용하는 경우 라우팅 루프가 발생하여 데이터는 원하는 목적지까지 전송되지 못한다[4].

따라서 현재 Mobile IPv6를 확장하여 이동 네트워크를 지원하기 위한 방안에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있는데 대표적인 이동 네트워크 지원 방안을 연구하기 위한 단체로는 IETF의 NEMO(NETwork MObility) 워킹 그룹이 있다[5]. NEMO에서 제시하고 있는 이동 네트워크의 구조는 그림 1과 같이 이동 네트워크 내에 하나 이상의 이동 라우터를 두고, 개별 단말들이 이동 라우터를 통하여 인터넷에 접속하도록 하는 것이다[3]. 이동 네트워크 내에 위치한 노드들은 이동 노드일 수도 있고 고정 노드일 수도 있다. 이와 같은 구조를 사용하면 단말기 각각이 인터넷의 액세스 라우터를 찾아 인터넷에 접속하는 것에 비하여 단말기의 전력 소모를 절감할 수 있으며, 배나 비행기와 같이 지형적으로 인터넷 액세스 라우터와 멀리 떨어진 운송 수단을 이용하는 경우 이동 라우터와 인터넷 액세스 라우터 간의 고비용 무선 링크를 운송 수단 내의 모든 단말기들이 공유할 수 있기 때문에 인터넷 접속 비용 절감 효과를 가져올 수 있다.

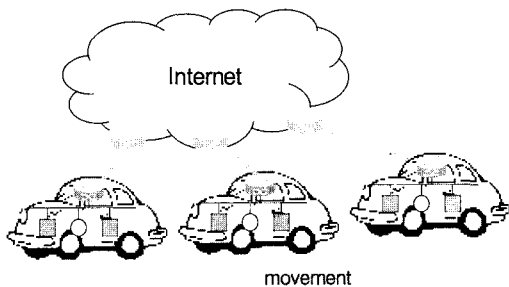


그림 1 이동 네트워크(Mobile Network)

NEMO 워킹 그룹에서는 NEMO 지원을 위한 기본적인 요구사항들을 제안하고[6] 가장 기본적인 구조의 이동 네트워크를 지원하는 방안[7]을 비롯하여 몇 가지의 “proposed solutions”을 제시하였다. 그런데, 현재 제안된 스킴들은 대부분 가장 간단한 구조를 가지는 이동 네트워크 지원만을 가정하고 있거나, 이동 네트워크 내의 이동 노드 혹은 고정 노드 지원에만 초점을 맞추고 있다. 또한, 이동 네트워크의 규모가 크거나 중첩된 경우에 모두 효과적으로 동작할 수 없다는 문제점을 가지고 있다.

이에, 본 논문은 고정 노드와 이동 노드 지원이 모두 가능하고, 규모가 크고 중첩된 이동 네트워크도 효율적으로 지원할 수 있는 일반성과 확장성을 모두 갖춘 네

트워크 이동성 지원 방안을 제시하고, 이를 SNEMOS (Scalable NETwork MObility Support)라 이름하였다. 그리고 시뮬레이션을 통해 SNEMOS와 기존 스킴들의 성능을 비교하였는데, 시뮬레이션 결과 SNEMOS가 이동 네트워크가 포함하고 있는 이동 노드 수에 관계없이 짧은 핸드오프 시간을 거의 일정하게 유지하고, 이동 네트워크의 중첩 정도에 관계없이 효율적인 경로로 데이터 패킷을 전송함을 볼 수 있었다. 또한, 이동 노드의 수나 중첩 정도에 무관하게 일정하게 적은 패킷 헤더 크기와 시그널링 오버헤드를 유지함을 볼 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장 서론에 이어 2장에서는 현재 제안되어 있는 스킴들에 대해 설명하고 이들의 문제점들을 살펴본다. 3장에서는 제안하는 이동 네트워크 지원 방안인 SNEMOS의 동작 방식과 SNEMOS가 기존 스킴들의 문제를 해결하는 방법에 대해 자세히 기술한다. 그리고 4장에서는 시뮬레이션을 통해 제안된 스킴과 기존의 스킴들의 성능을 비교하고, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

이 절에서는 기존에 제안되어 있는 네트워크 이동성 지원 방안들에 대하여 살펴보고 이들이 가지고 있는 대표적인 두 가지의 문제점인 pinball routing과 BU(Binding Update) storm에 대하여 그 원인을 분석한다.

2.1 NEMO Basic Support

Mobile IPv6를 사용하여 이동 네트워크 내의 고정 노드로 패킷을 보내면 이 패킷은 먼저 해당 이동 네트워크의 홈 네트워크로 전달된다. 그런데 홈 네트워크에서는 이동 네트워크와 함께 움직인 노드들에 대한 정보는 알지 못하기 때문에 디폴트 라우터와 홈 에이전트 간에 라우팅 루프가 발생하여 전송에 실패하게 된다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 제시된 방안으로는 함께 움직인 노드들의 prefix 정보를 Binding Update 메시지에 추가하는 Prefix Scoped Binding Update(PSBU) 방법과 이동 라우터와 홈 에이전트 사이에 라우팅 프로토콜을 사용하는 Mobile Router Tunneling Protocol(MRTP)[8] 방법이 있다. NEMO WG은 PSBU와 MRTP를 기반으로 두 가지 모드로 동작하는 Basic Support 방안을 제시하고 있다.

2.1.1 Explicit mode

Explicit mode는 기존의 Mobile IPv6를 이동 네트워크에 적용할 때 발생하는 routing loop 문제를 해결하기 위해 기존의 Mobile IPv6의 BU(Binding Update)를 확장하여 그림 2와 같이 이동 네트워크를 담당하는 이동 라우터가 BU를 보낼 때 하위 노드들의 prefix 정보를 보낸다. 이를 통해 이동 라우터의 홈 에이전트는 이동

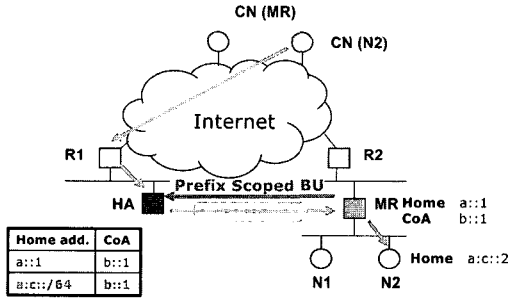


그림 2 NEMO Basic Support - Explicit Mode

라우터와 함께 움직인 노드들의 위치 정보를 파악할 수 있게 되어 이동 라우터 하위 노드들로 향하는 패킷이 들어오면 이 패킷들을 이동 라우터의 현재 주소로 터널링 한다. 패킷은 이동 라우터를 통해 목적지 노드로 전송되고 결과적으로 최종 목적지 노드로 전송이 가능하게 된다.

2.1.2 Implicit mode

Explicit mode에서 확장된 BU를 이용해 이동 라우터가 자신의 하위에 속한 노드들에 대한 정보를 홈 네트워크에 이동할 때 마다 직접적으로 알린 것에 반해, implicit mode는 이동 네트워크가 홈을 떠난 후에도 홈에 있을 때와 같이 이동 라우터가 자신이 담당하는 네트워크에 대한 라우팅 정보를 홈 네트워크에 선전하는 방법을 사용한다. 그림 3에서 보는 바와 같이 이동 라우터는 우선 스스로 하나의 Mobile IPv6를 이용하는 이동 노드로서 BU를 보내야 하는데, BU가 성공적으로 완료 되면 만들어지는 역터널(Reverse Tunnel)을 통해 자신의 하위 노드들에 대한 라우팅 정보를 라우팅 프로토콜을 이용하여 전송한다. 이 결과 이동 네트워크에 속한 노드로 향하는 패킷이 도착하면 패킷을 받은 홈 네트워크는 자신의 라우팅 정보를 통해 그 패킷을 이동 라우터로 전달하고 이 결과 목적지 노드로의 전송이 가능하게 된다.

Implicit mode는 이동 라우터 밑에 달려 있는 네트워크 혹은 노드의 변화에 대하여 알리는 작업을 기본적으로

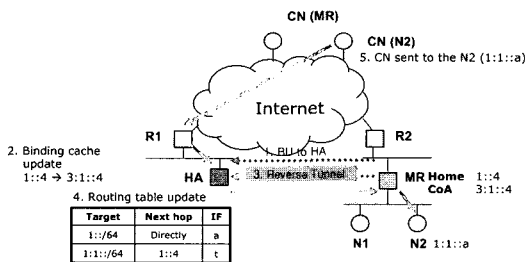


그림 3 NEMO Basic Support - Implicit Mode

로 라우팅 프로토콜의 라우팅 정보 갱신에 의존하고 있기 때문에 이동 라우터 밑에 동적으로 이동 노드가 출입하는 경우를 지원하기에는 적합치 못하다. 즉, 이동 라우터 밑에 거의 고정적인 토폴로지가 형성되어 있는 경우에만 적용이 가능하다.

NEMO basic support 방안을 사용하는 경우, 이동 네트워크 내에 속한 이동 라우터가 아닌 노드들은 네트워크 이동에 대처하여 추가로 수행해야 하는 동작이 없다. 이는 NEMO WG.에서 제시하는 주된 요구조건인 네트워크 이동에 트랜스퍼런트 해야 한다는 조건을 만족시킨다[7]. 그러나 각 이동 라우터가 보내는 BU 혹은 라우팅 정보는 자신과 직접 연결된 노드들에 대한 정보만을 포함하기 때문에 중첩된 이동 네트워크에서 임의의 계층에 위치한 이동 네트워크를 목적으로 하는 패킷은 먼저 그 계층의 이동 네트워크를 담당하는 이동 라우터의 홈네트워크로 보내지고, 다시 이동 라우터의 CoA(Care Of Address)인 한 단계 상위 계층의 이동 라우터의 홈네트워크로 보내지게 된다. 이와 같은 작업이 반복되어 결국 이동 네트워크가 중첩된 경우 상위 이동 라우터의 홈이전트들을 모두 거치는 매우 비효율적인 경로를 통해서 패킷이 전달되게 된다.

2.2 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)

HMIPv6[10]는 이동 네트워크에 이동 노드가 들어오는 경우를 지원하는 프로토콜 중에 NEMO에서 추천하는 대표적인 해결 방안이다. 원래 HMIPv6는 핸드오프 시간 및 오버헤드를 줄이는 것을 목적으로 제안된 프로토콜로서, 무선 네트워크 도메인에서의 이동 노드들의 홈 에이전트인 것처럼 동작하는 MAP(Mobility Anchor Point)을 사용한다. 그림 4는 HHIPv6의 동작과정을 도식화 한 것이다. MAP 도메인 내의 이동 노드들은 자신의 홈 에이전트와 교신 노드에게 MAP의 주소 혹은 MAP 주소의 prefix를 따서 만든 CoA를 등록하고, 무선 네트워크 도메인 내에서의 이동 노드의 현재 위치에

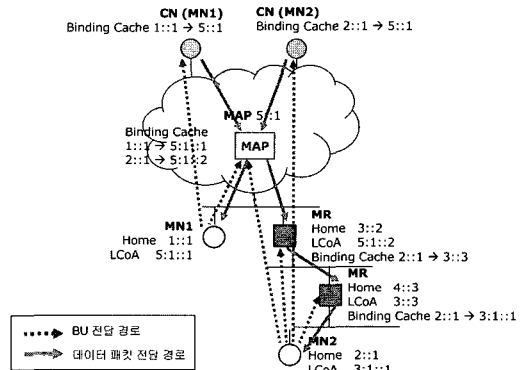


그림 4 HMIPv6

의해 결정되는 지역 주소를 MAP에게 등록한다. 따라서, 교신 노드가 MAP 도메인에 위치한 이동 노드에게 보내는 패킷은 일단 MAP으로 전달되고 무선 네트워크 내에서의 위치에 따라 결정된 이동 노드의 지역 주소를 알고 있는 MAP은 이를 이용해 패킷을 다시 이동 노드에게 전달한다.

이동 네트워크에 속하는 이동 노드 경우, 홈 에이전트와 교신 노드에게는 개별적으로 이동하는 이동 노드와 마찬가지로 MAP의 주소 혹은 MAP 주소의 prefix를 따라 만든 CoA를 등록한다. 그러나, MAP에게는 개별적으로 이동하는 이동 노드와는 달리 이동 라우터의 지역 주소를 등록한다(그림 4 참조). 따라서, 네트워크가 이동하여 이동 라우터의 지역 주소가 변하게 되면 MAP에게 이를 알리기 위해 이동 네트워크에 속하는 각각의 이동 노드가 모두 BU를 보내야 하고, 이동 네트워크에 속하는 이동 노드의 수가 많다면 BU storm이 발생하게 된다. 또한, 이동 네트워크가 중첩되어 있는 경우라면 중첩 계층 상 상위에 있는 모든 이동 라우터에게 각각 하위 이동 라우터를 알리기 위한 BU를 보내야 하므로(그림 4 참조) 네트워크 이동에 따른 핸드오프를 처리하는 BU 메시지의 양이 더욱 폭발적으로 증가하게 된다. 이동 네트워크에 속하는 이동 라우터나 이동 노드로의 패킷은 HIMPv6에서와 마찬가지로 일단 MAP으로 전달되고, MAP은 이를 이동 네트워크의 최상단 이동 라우터로 보내며, 최상단 이동 라우터로부터 중첩 계층 상의 상위 이동 라우터를 차례로 거쳐 목적지 이동 라우터에게로 전달된다(그림 4 참조). 따라서, HIMPv6에서는 이동 네트워크에 속하는 이동 라우터 혹은 이동 노드로의 데이터 전송은 최적의 경로를 통해 이루어진다.

2.3 Reverse Routing Header(RRH)

RRH[9]는 중첩된 이동 네트워크 환경에서 basic support 방법이 야기하는 pinball 라우팅 문제를 피하도록 하기 위하여 제안된 방법이다. RRH는 그림 5와 같이 이동 라우터가 자신의 홈 에이전트에게 CoA로 중첩된 이동 네트워크의 최상위 이동 라우터로부터 자신에게 이르기까지의 이동 라우터들의 리스트를 알려준다. RRH에서 이동 노드 지원에 관해 명시적으로 언급하고 있지는 않으나 이동 노드의 경우에도 이동 라우터와 마찬가지로 자신의 홈 에이전트에게 중첩된 경로를 담은 BU를 보냄으로써 이동한 위치로 최적의 경로를 통해 데이터를 전달 받을 수 있다. 이동 네트워크 내에 있는 노드로 향하는 패킷이 홈네트워크에 도착하게 되면, 목적지 주소를 담당하는 홈 에이전트는 목적지 노드가 속한 중첩 이동 네트워크 내의 이동 라우터들의 리스트를 모두 적어 계층의 최상위 이동 라우터로 전송한다. 따라

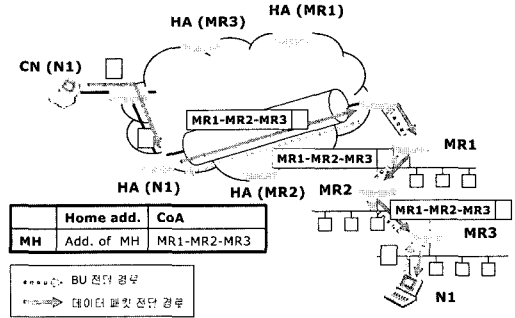


그림 5 RRH(Reverse Routing Header)

서, 패킷은 중첩 계층 상위의 각 이동 라우터를 담당하는 홈 에이전트들을 차례로 모두 거치는 pinball 라우팅 없이 최상위 이동 라우터에 직접 전달되고, 패킷 헤더에 표시된 계층적 이동 라우터 리스트를 따라 최상위 이동 라우터로부터 목적지 노드가 속한 이동 라우터까지 전달된다.

RRH에서 패킷 헤더에 표시하게 되는 계층적 이동 라우터 리스트는 중첩된 터널링에 소요되는 패킷 오버헤드에 비하여 훨씬 적기는 하지만 여전히 중첩된 깊이가 깊어질수록 패킷 당 헤더 오버헤드가 증가하게 된다. 그리고 BU에 계층적 이동 라우터 리스트를 포함해야 하므로 중첩 깊이에 따라 시그널링 오버헤드도 커지게 된다. 이동 네트워크 내의 이동 노드가 이동 라우터와 마찬가지로 RRH방법을 수행하기 위해서는 변형된 이동 라우터의 광고메시지를 처리할 수 있어야 하고, 이동 네트워크가 이동할 때마다 이를 인식하고 BU를 새로 만들어 보내야만 한다. 결과적으로 이동 노드의 수가 많은 이동 네트워크가 이동하는 경우 BU storm이 발생하게 된다.

2.4 그 밖의 중첩된 이동 네트워크를 위한 경로 최적화 방안

RRH 이외에도 [11], [12], [13], [14] 등에서 중첩된 이동 네트워크를 위한 경로 최적화 방안이 다양하게 제안되었다. [11]에서는 중첩된 이동 네트워크의 최상위 수준에 있는 이동라우터인 TLMR(Top Level Mobile Router)과 이동 네트워크에 속한 모든 이동라우터들 각각의 홈 에이전트 사이에 터널을 설정하고 TLMR과 각 이동라우터와도 터널을 설정하여 최적화된 경로로 데이터가 전송될 수 있도록 하는 방안을 제안하였다. 즉, 이동 네트워크에 속한 어떤 노드로 교신 노드가 패킷을 전송하면 그 노드가 속한 이동 라우터의 홈 에이전트로 일단 패킷이 전달되고, 이동 라우터의 홈 에이전트는 이를 TLMR로 터널링하며 다시 TLMR은 해당 노드가 속한 이동 라우터로 이를 터널링한다. 이 방법은 제안하

는 방안과 기본적인 접근 방식이 유사하나, TLMR이 이동 네트워크에 속한 모든 이동 라우터로의 경로 정보를 알고 있으면서 TLMR로부터 목적지 이동 라우터에 이르는 계층 상의 각 이동 라우터를 위한 터널링 헤더로 패킷을 인캡슐레이션 하여 전송해야 한다는 점에서 차이가 있다. 즉, RRH가 이동 네트워크 내에서의 라우팅을 위해 라우팅 헤더를 이용하는 것처럼 이 방법에서는 중첩된 터널링 헤더를 사용하는데, 라우팅 헤더보다 터널링 헤더의 오버헤드가 더 크므로, 이동 네트워크 내에서의 패킷 오버헤드가 RRH보다 더 크며, 그 정도도 RRH와 마찬가지로 중첩이 깊어질수록 더 커지게 된다.

[12]에서는 경로 최적화를 위해 hop-by-hop 옵션인 PCH(Path Control Header)를 사용한다. 이 방법은 RRH와 매우 유사하게 중첩된 이동 네트워크 내의 노드에게 패킷을 보낼 때 최상위 이동 라우터를 목적지로 하면서 중첩된 이동 네트워크 내에서의 라우팅 정보(목적지 노드에 이르기 위해 경유하는 이동 라우터의 리스트)를 라우팅 헤더에 실어서 보낸다. RRH에서는 목적지 노드의 홈 에이전트가 BU를 통해 이와 같은 라우팅 정보를 파악하고 라우팅 헤더를 붙이는 역할을 담당하는데 반하여, [12]에서 제안하는 방안에서는 교신 노드가 이와 같은 역할을 담당한다. 이동 네트워크에 속한 노드로부터 교신노드로 전송되는 데이터 패킷이 처음 전달될 때 이 패킷은 중첩 계층 상의 최상위 이동 라우터로부터 노드가 직접 속해 있는 이동 라우터에 이르기까지의 경로 상에 있는 모든 이동 라우터 각각의 홈 에이전트를 경유하는데 이 때 홈 에이전트는 PCH에 자신이 담당하는 이동 라우터의 CoA를 추가하고 궁극적으로 패킷의 목적지인 교신 노드에 패킷이 도착하면 교신 노드는 그 패킷의 PCH로부터 중첩된 이동 네트워크의 최상위 이동 라우터와 함께 최상위 이동 라우터로부터 목적지 이동 라우터로의 라우팅 정보를 파악하게 된다.

[13]과 [14]에서는 이동 라우터 혹은 노드가 이동할 때마다 새로이 속하게 된 네트워크에서 프리픽스를 할당 받고 그에 따라 자신의 CoA를 다시 형성할 뿐 아니라 할당 받은 프리픽스의 서브 프리픽스를 자신의 하위에 속하는 이동 네트워크에 선전하는 '프리픽스 위임' 기능을 이용하여 중첩된 이동 네트워크를 위한 경로 최적화를 달성하는 방안을 제안하였다. 프리픽스 위임을 하게 되면 이동 라우터 혹은 노드는 항상 현재 속한 액세스 라우터에 의존적인 즉 위치 의존적인 유효한 프리픽스를 사용하여 CoA를 형성하므로 중첩된 이동 네트워크 내의 노드를 목적지로 하는 패킷은 먼저 이동 네트워크가 현재 접속되어 있는 액세스 라우터로 전달된다. 이동 네트워크 내에서는 각 이동 라우터가 자신이 하위에 어떤 프리픽스를 위임하였는지를 알고 있으므로

이 정보를 이용하여 패킷을 목적지 노드가 속한 이동 라우터까지 라우팅할 수 있다. 따라서 이 방법은 경로 최적화를 이룰 수는 있으나, 이동 노드나 이동 라우터가 이동할 때마다 CoA가 변경되고 이를 교신 노드와 홈 에이전트에게 알려야 하므로 이동 네트워크의 규모가 커지면 HMIPv6보다 더 심각한 BU storm 문제를 발생하게 된다.

2.5 Pinball 라우팅과 BU storm 문제

이 절에서는 2.1 ~ 2.4에서 소개한 기존의 방안들에서 발생하는 확장성에 관련된 두 가지의 대표적인 문제인 pinball 라우팅과 BU storm에 대하여 그 원인이 무엇인지 분석한다. 먼저, 중첩된 이동 네트워크에 속하는 노드로의 데이터 전달 시에 발생하는 pinball 라우팅에 관해 살펴보기로 한다. Pinball 라우팅은 이동 네트워크에 속하는 노드의 홈 에이전트나 교신 노드에게 알리는 CoA를 상위 이동 라우터의 홈 주소를 따르는 prefix를 사용하여 만드는 경우 발생한다. 이동 네트워크가 중첩되어 있는 경우 각 이동 라우터는 중첩 계층 상 바로 상위에 있는 이동 라우터의 홈 주소를 따르는 prefix를 사용해 자신의 CoA를 형성하므로 임의의 이동 라우터로 패킷이 전달되기 위해서는 그 이동 라우터의 상위 이동 라우터의 홈 에이전트를 거쳐야만 패킷이 전송된다. 결국 이동 네트워크 내에 위치한 노드를 향해 교신 노드가 보내는 패킷은 그림 6과 같이 중첩된 이동 네트워크에서 가장 상위 이동 네트워크로부터 이동 노드가 속한 이동 네트워크에 이르기까지 각 단계의 이동 네트워크에 위치한 이동 라우터들의 홈 에이전트들을 차례로 거치는 pinball 라우팅이 발생하게 된다. 중첩된 이동 네트워크 내의 이동 라우터의 홈 네트워크들, 즉 그림 6에서는 MR1, MR2, MR3의 홈네트워크들이 지형적으로 멀리 떨어져 있을수록 pinball 라우팅 문제는 더욱 심각해진다.

반면에, 이동 네트워크에 속하는 노드가 자신의 홈 에이전트나 교신 노드에게 알리는 CoA를 이동 네트워크의 현재 위치를 반영하도록 형성한다면 네트워크가 이

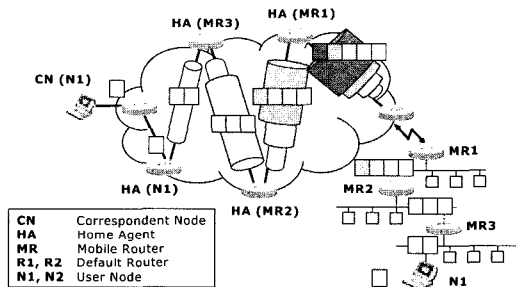


그림 6 Pinball 라우팅

동할 때마다 이동 네트워크에 속하는 모든 노드들이 새로운 위치에 적합한 prefix를 가지는 CoA를 형성하여 이를 홈 에이전트나 교신 노드에게 알리는 BU를 수행하여야 한다. 따라서, 많은 수의 이동 노드를 포함한 이동 네트워크가 이동하는 경우에는 그림 7과 같이 시그널링 부하로 인한 통신 장애를 피할 수 없을 것이다. 이와 같은 BU storm은 이동 노드의 수가 증가할수록 심각한 문제가 된다.

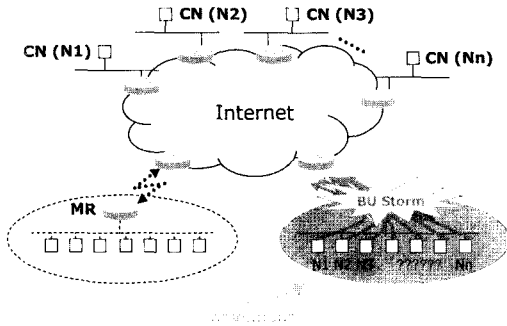


그림 7 BU (Binding Update) Storm

3. 확장성 있는 네트워크 이동성 지원 프로토콜 (SNEMOS)

이 장에서는 제안하는 네트워크 이동성 지원 프로토콜인 SNEMOS 프로토콜을 자세히 설명한다. SNEMOS는 이동 네트워크의 중첩 정도가 깊거나 다수의 이동 노드를 포함하는 규모가 큰 이동 네트워크가 이동하는 경우에도 pinball 라우팅 혹은 BU storm과 같은 문제를 발생시키지 않으며, 중첩 깊이가 깊어져도 헤더 크기를 일정하게 유지하면서 기존 방안들에 비해 적은 시그널링 오버헤드로 대규모의 이동 네트워크를 지원할 수 있다.

먼저, 3.1절에서는 SNEMOS가 대상으로 하는 이동 네트워크의 일반적인 구조와 SNEMOS의 전체적인 동작과정 및 특성을 설명한다. 그리고 3.2절에서는 네트워크가 이동했을 때 이동 라우터 혹은 이동 노드가 수행하는 작업에 대하여 각각 자세히 설명하고, 3.3절에서는 SNEMOS를 사용하는 경우 이동 네트워크에 속한 노드 혹은 이동 라우터와 데이터 패킷을 주고받는 과정을 설명한다.

3.1 SNEMOS가 대상으로 하는 이동 네트워크 구조 및 전체적인 동작과정

SNEMOS는 그림 8에서 보인 것과 같은 중첩된 일반적인 이동 네트워크의 이동성 지원을 목적으로 한다. 그림 8의 이동 네트워크는 3중으로 중첩된 이동 네트워크이며, MR1~MR4의 네 개의 이동 라우터를 포함하고,

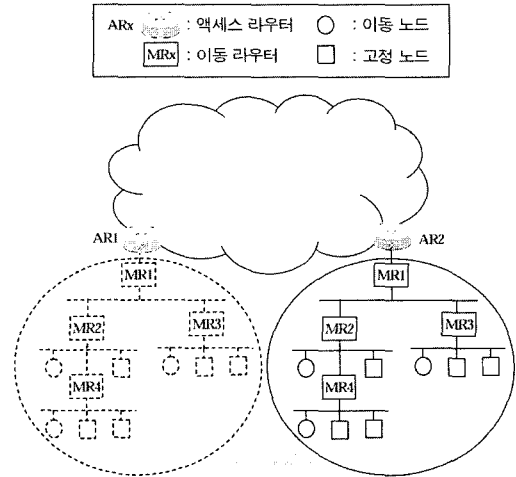
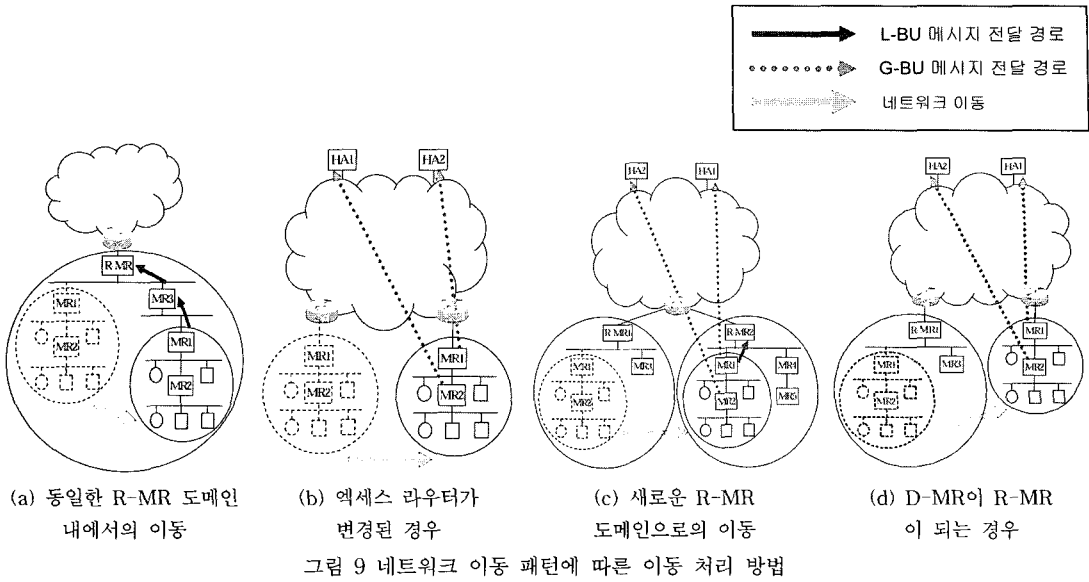


그림 8 SNEMOS가 대상으로 하는 이동 네트워크 구조

각 이동 라우터 밑에는 고정 노드나 이동 노드 혹은 또 다른 이동 라우터가 올 수 있다. 각 이동 라우터는 자신에게 직접 속한 노드나 이동 라우터들에 대해 D-MR이라 부르기로 하고 중첩 계층상 가장 상위에서 있는 이동 라우터를 R-MR이라 부르기로 한다. 그림 8의 이동 네트워크에서는 MR1이 R-MR 역할을 담당한다. 각 이동 라우터나 노드들은 D-MR을 결정할 수 있고, D-MR을 통해서만 교신한다고 가정한다. D-MR을 통하지 않고 액세스 라우터를 통해 직접 교신하는 이동 라우터는 R-MR로서 동작한다. R-MR은 단일 계층 혹은 중첩된 이동 네트워크 도메인을 인터넷 접속 게이트웨이에 연결하는 역할을 담당한다.

SNEMOS에서 노드들은 어떠한 경우에도 네트워크 이동에 대하여 인식하지 못한다. 이동 라우터의 경우는 그림 9의 (a)와 같이 중첩된 이동 네트워크의 임의의 계층에 있는 이동 네트워크가 이동하여 D-MR이 변경되면 이동한 네트워크의 최상위 이동 라우터(MR1)만 이동 사실을 인식한다. 단, 그림 9의 (b)와 같은 이동이 발생하여 R-MR이 접속하는 액세스 라우터가 변경되었거나 그림 9의 (c)와 같이 이동 네트워크의 R-MR이 바뀔 경우, 혹은 (d)와 같이 D-MR이 이동 후에 R-MR이 되어 직접 액세스 라우터와 연결하는 경우에는 이동한 네트워크에 속하는 모든 이동 라우터들이 이를 인식하고 대처해야 한다.

R-MR은 현재 속한 네트워크의 prefix를 따르는 CoA를 형성한다. R-MR을 비롯하여 R-MR 도메인에 속하는 각 이동 라우터는 R-MR CoA를 자신의 CoA로 홈 에이전트와 교신 노드에게 등록하는데, 앞으로 이 절차를 G-BU(Global Binding Update)라 부르기로 한다. 임의의 이동 라우터는 동일한 액세스 라우터의 네트워크



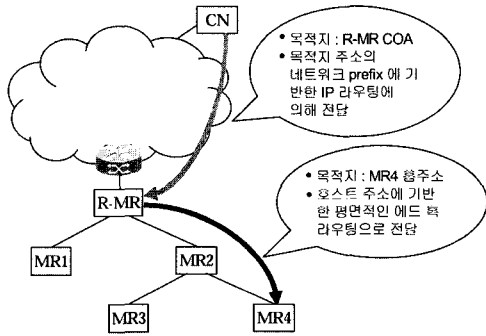
크 도메인 내에서 이동하는 경우에는 CoA가 변하지 않으므로, 홈 에이전트나 교신 노드에게 G-BU 메시지를 보낼 필요가 없다. 단, 그림 9의 (a)에서 보듯이 이동한 네트워크의 최상위 이동 라우터 (MR1)만 이동을 인식하고 중첩 계층에서 새로운 D-MR이 된 이동 라우터 (MR3)로부터 R-MR(R-MR)에게 이르는 이동 라우터들에게 자신(MR1)과 함께 중첩 계층에서 자신의 하위에 있는 이동 라우터들(MR2)의 홈 주소를 등록한다. 앞으로 이 절차를 L-BU(Local Binding Update)라 부르기로 한다. 그러나 그림 9의 (b)(c)나 (d)와 같은 이동으로 인해 이동 네트워크의 R-MR CoA가 변한 경우에는 그 이동 네트워크에 속하는 모든 이동 라우터들에 대해 각각의 교신 노드와 홈 에이전트에 등록해 둔 CoA가 변하게 된다. 따라서 이동한 네트워크의 최상단 이동 라우터로 L-BU를 수행할 뿐 아니라 이동한 네트워크 내의 모든 이동 라우터들이 자신의 홈 에이전트와 교신 노드에게 변경된 CoA를 등록하는 G-BU가 이루어져야 한다.

이동 라우터가 새로운 위치에서 D-MR로 동작할 것인지 R-MR로 동작할 것인지를 결정하는 방법과 이동 라우터가 새로운 위치에서 이동 라우터 간의 관계를 수립하는 방법에 대해서는 이동 라우터의 동작 과정을 다음 3.2절에서 더 자세히 살펴보도록 한다.

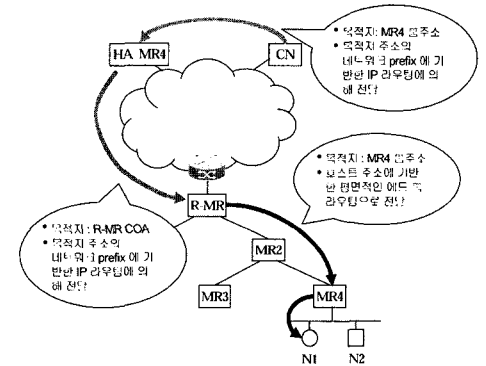
그림 10의 (a)는 중첩된 이동 네트워크의 임의의 이동 라우터를 목적지로 하는 패킷이 전달되는 방법을 도식화한 것이다. R-MR을 비롯한 모든 이동 라우터들은 현재 액세스 라우터의 네트워크 도메인 prefix를 기반으로 형성된 R-MR CoA를 교신 노드와 홈 에이전트에

등록하므로 특정 R-MR 도메인에 속한 임의의 이동 라우터를 목적지로 하는 모든 패킷들은 먼저 이 CoA의 prefix에 따라 인터넷 라우팅에 의해 해당 액세스 라우터로 전달된다. 그리고 R-MR로부터 그 밑에 속하는 중첩된 이동 네트워크 내에서는 L-BU에 의해 파악된 라우팅 정보에 따라 호스트 주소 기반의 애드 혹 라우팅에 의해 목적지 이동 라우터로 전달된다. 즉, 이동 라우터를 목적지로 하는 패킷은 우회 없이 최적의 경로를 이용해 전달된다. 즉, [11]의 방법에서는 중첩된 이동 네트워크의 최상위에 있는 TLMR이 이동 네트워크 전체의 토폴로지 정보를 유지하고 목적지 이동 라우터까지의 라우팅 정보를 중첩된 터널링 헤더에 실어 보낸 반면, 제안하는 방안에서는 각 이동 라우터가 자신에게 접속되어 있는 이동 네트워크에 속한 이동 라우터들에 대하여 다음 홈 정보를 유지함으로써 라우팅한다. L-BU에 기반한 R-MR 도메인 내에서의 라우팅에 관한 자세한 설명은 3.3절에서 다루기로 한다.

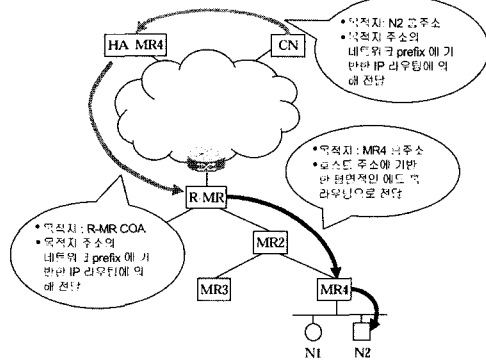
이동 노드들은 자신의 D-MR의 홈 주소를 CoA로 사용한다. 따라서, 이동 노드가 속한 네트워크가 이동한 경우에는 D-MR이 변하지 않으므로 이동 노드의 CoA가 변하지 않고 이동 노드는 이동을 인식하지 못한다. 단, 이동 노드가 개별적으로 이동하여 이동 노드의 D-MR이 변경된 경우에만 이동을 인식하고 새로운 CoA를 교신 노드와 홈 에이전트에게 알린다. 그림 10의 (b)는 중첩된 이동 네트워크에 위치한 임의의 이동 노드를 목적지로 하는 패킷이 전달되는 경위를 도식화한 것이다. 중첩된 이동 네트워크에 속하는 임의의 이동 노드를 목적지로 하는 패킷은 일단 그 이동 노드의



(a) 이동 라우터가 목적지인 경우



(b) 이동 네트워크에 속한 이동 노드가 목적지인 경우



(c) 이동 네트워크에 속한 고정 노드가 목적지인 경우

그림 10 이동 라우터 혹은 이동 네트워크에 속한 노드로의 데이터 패킷 전달 과정

D-MR의 홈 네트워크로 보내지게 되고 D-MR의 홈 에이전트를 경유한다. 그 이후에는 이동 라우터를 목적지로 하는 패킷과 동일한 방법으로 해당 D-MR로 전달되고, 다시 D-MR이 해당 이동 노드에게 패킷을 전달한다. 즉, 이동 노드를 목적지로 하는 패킷의 경우는 최적의 경로로 전달되지 못하고 반드시 그 이동 노드의 D-

MR의 홈 에이전트를 경유해야 한다. 그러나 SNEMOS에서 이동 노드가 겪는 이와 같은 라우팅의 비효율성은 basic support 방안을 사용하는 경우와는 다르게 이동 네트워크에 속하는 노드가 겪는 최소한의 라우팅 우회에 불과하며 중첩 깊이에 관계없이 일정하므로 중첩 정도에 대하여 확장성이 있다.

중첩된 이동 네트워크에 위치한 고정 노드에 대해서는 basic support 방안의 explicit mode와 유사하게 D-MR이 자신과 함께 움직인 고정 노드들의 prefix 정보를 G-BU를 통해 등록하도록 한다. 그림 10의 (c)는 중첩된 이동 네트워크에 속한 고정 노드를 목적지로 하는 패킷이 전달되는 경우를 도식화한 것이다. 중첩된 이동 네트워크에 속하는 고정 노드를 목적지로 하는 패킷은 고정 노드가 원래 속해있던 홈 네트워크에 도착하게 되고 고정 노드의 현재 위치 정보를 가진 이동 라우터의 홈 에이전트에 의해 R-MR을 거쳐 D-MR로 전달된다. 패킷을 전달받은 D-MR은 고정 노드의 주소를 확인하여 원래 목적지 노드인 고정 노드로 전달한다.

SNEMOS는 이동성 지원을 위한 시그널링 측면에서 최소한의 오버헤드만을 요한다. 이동 네트워크에 속한 개별적인 노드들은 네트워크 이동을 인식하지 못하므로 이동 네트워크의 이동성 지원을 위한 추가적인 시그널링을 전혀 발생시키지 않고, 이동 라우터들만이 자신이 담당하는 네트워크의 이동을 처리하기 위한 시그널링을 발생시킨다. 더 나아가, 이동 라우터들이 네트워크의 이동을 처리하는데 있어서도 R-MR CoA가 바뀌는 경우가 아니라면 이동한 네트워크의 최상단 이동 라우터만을 인식할 뿐 아니라, 이동 처리를 위한 시그널링도 이동 네트워크 도메인 내에서만 이루어지고 외부 즉 홈 에이전트나 교신 노드에게까지 알리지 않으므로 핸드오버 처리를 위한 지연이나 시그널링 오버헤드가 최소화된다.

교신 노드나 홈 에이전트, 무선 네트워크의 액세스 라우터 등은 전혀 SNEMOS를 인식하지 않고 원래의 MIPv6대로 동작하면 된다. 단, 이동 노드는 이동 네트워크에 진입하였음을 인식할 수 있어야 하고 이동 네트워크에 속해 있는 경우에는 3.2절에 설명된 바와 같이 MIPv6에서 정의하는 것과는 다른 방법으로 CoA를 형성하고 등록해야 한다. 또한, 이동 라우터도 원래의 MIPv6와는 다르게 동작해야 하는데, 역시 3.2절에서 이에 대하여 구체적으로 설명한다.

3.2 SNEMOS에서의 이동 노드와 이동 라우터의 동작

SNEMOS에서는 네트워크가 이동한 경우에는 이동 라우터에서만 이를 처리하고 이동 노드들은 이를 인식하지 않는다. 이동한 네트워크의 최상단에 있는 이동 라우터는 L-BU를 수행하여 R-MR 도메인 내에서의 라

우팅 정보를 갱신하고, R-MR CoA가 변경된 경우에는 G-BU도 수행한다. 이동한 네트워크에 속하는 그 외의 이동 라우터들은 이동으로 인해 R-MR CoA가 변한 경우에 한해 G-BU만을 수행한다. 3.2.1절에서 먼저 이동 라우터들이 발생시키는 MR 광고 메시지에 대하여 살펴보고, 3.2.2절과 3.2.3절에서는 이 MR 광고 메시지에서 R-MR CoA가 변경된 것을 발견한 경우에 수행하는 G-BU와 D-MR이 변경된 것을 발견한 경우에 수행하는 L-BU에 대해 각각 설명하기로 한다.

3.2.1 이동 라우터의 MR 광고 메시지 브로드캐스트

SNEMOS를 위해 각 이동 라우터는 정기적으로 MR 광고를 브로드캐스트 한다. MR 광고의 목적은 각 이동 라우터와 이동 노드가 자신의 D-MR의 홈 주소와 R-MR CoA를 파악할 수 있도록 하기 위함이다. 하위 노드로 보내는 MR 광고에는 이동 라우터의 광고임을 알리기 위해서 IPv6의 라우터 광고 메시지에 그림 11과 같이 N 플래그를 추가한다. 그리고 R-MR의 CoA를 알리기 위해 그림 12와 같은 R-MR 옵션을 추가하는데 이 옵션에는 R-MR로부터 MR 광고 메시지를 보내는 이동 라우터까지의 홉 카운트도 함께 표시한다.

Type	Code		Checksum
Cur Hop Limit	M	N	Reserved
Router Lifetime			
Reachable Time			
Retrans Timer			
Options			

그림 11 이동 라우터 광고 메시지

Type	Hop Count	Reserved
R-MR Address		

그림 12 R-MR 옵션

이동 라우터는 현재 D-MR로부터 오는 전파 세기가 통신 가능한 임계치 미만으로 내려가거나 D-MR이 결정되지 않은 경우 Router Solicitation 메시지를 보내서 이동한 위치에서 전파 범위 내에 있는 이동 라우터로부터 MR 광고 메시지를 받는다. 이동 라우터는 일정 시간 MR 광고 메시지를 수집하여 그 가운데 가장 홉 카운트가 낮은 이동 라우터를 자신의 D-MR로 결정한다. 이 때, 만약 이동 라우터가 N 플래그가 오픈된 광고 메시지를 받다면 액세스 라우터와 직접 통신할 수 있는지의 여부를 파악하여 R-MR이 된다. R-MR이 된 이동 라우터는 액세스 라우터로부터 이동 노드가 이동할 때 CoA를 만드는 것과 같이 새로운 위치에 맞는 CoA를 만들어야 하며, IP 헤더의 송신자 주소에 자신의 홈

주소를 적고, R-MR 옵션에 자신의 CoA를 담아서 홉 카운트를 0으로 설정한 MR 광고를 만들어 브로드캐스트 한다. R-MR 하위에 위치한 이동 라우터는 자신의 D-MR로부터 받은 MR 광고의 R-MR 옵션에서 홉 카운트를 하나 증가시키고, IP 헤더의 송신자 주소에 자신의 홈 주소를 적어 이를 다시 브로드캐스트 한다. 이동 라우터가 같은 홉 카운트를 가지는 MR 광고를 받는 경우에는 이동 라우터는 더 먼저 받은 MR 광고의 이동 라우터를 자신의 D-MR로 선택한다. 이동 라우터는 일단 자신의 D-MR이 결정되면 그 D-MR의 전파 세기가 임계치 이상인 동안은 D-MR을 변경하지 않으며, D-MR이 보내는 MR 광고 메시지만을 보고 다른 이동 라우터로부터의 MR 광고 메시지를 무시한다. 결과적으로 이동 라우터는 하나의 D-MR만을 가지게 되므로 이동 라우터 사이의 D-MR 관계는 루프가 발생하지 않게 되는 트리 구조를 이루게 된다.

3.2.2 MR 광고 메시지에서 R-MR CoA가 변경된 경우

MR 광고를 받은 이동 노드와 이동 라우터는 MR 광고 메시지의 IP 헤더에 소스 주소를 통해 자신의 D-MR로부터의 MR 광고 메시지인지를 확인하고, MR 광고 메시지의 R-MR 옵션에서 자신이 속한 R-MR의 CoA를 발견한다. 이동 라우터는 MR 광고에 담긴 R-MR CoA가 변경된 것을 발견하면 이를 자신의 홈 에이전트와 교신 노드에게 등록하는 G-BU를 수행하여야 한다. G-BU 메시지는 그림 13과 같이 basic support 방안의 explicit mode가 사용하는 BU 메시지와 유사하며, G-BU 메시지임을 표시하기 위해 G 비트를 추가하였다. 이동 라우터는 이 메시지의 G 비트를 세트시키고 Mobility option에 자신의 홈 주소와 자신의 CoA인 R-MR CoA, 그리고 자신이 담당하는 이동 네트워크에 속해 있는 고정 노드들로의 패킷 전송을 위해 그 이동 네트워크의 prefix를 실어서 보낸다. G-BU 메시지를 받은 교신 노드는 basic support 방안의 explicit mode와 동일하게 이동 라우터의 홈 주소 대 R-MR CoA 바인딩과 prefix 대 R-MR CoA 바인딩을 바인딩 캐쉬에 추가하고, 홈 에이전트는 이동 라우터의 홈 주소 대 R-MR CoA 바인딩과 함께 prefix 대 이동

Sequence #					
A	H	L	K	G	T
Reserved					Lifetime
Mobility Options					
Alternative Care-Of Address Option : R-MR CoA					
Home Address Option : 이동 라우터 홈 주소					
Prefix Option : 고정 노드급 위한 prefix					

그림 13 G-BU 메시지 포맷

라우터의 홈 주소 바인딩을 저장한다. 이와 같은 바인딩 정보를 이용하여 이동 라우터의 교신 노드 혹은 홈 에이전트가 이동 라우터 혹은 이동 네트워크에 속한 노드로 데이터를 전달하는 과정에 대해서는 3.3절에서 자세히 설명하기로 한다.

3.2.3 MR 광고 메시지에서 D MR이 변경된 경우

이동 노드도 이동 라우터와 마찬가지로의 방법으로 현재 D MR의 전파세기 변화에 의해 이동한 것을 파악하고 새로운 D MR을 결정한다. 이동 노드는 자신이 개별적으로 이동하여 D MR이 변경된 경우 새로운 D-MR의 홈 주소를 자신의 홈 에이전트와 교신 노드에게 등록하기 위한 G BU 메시지를 전송한다. 또한, 자신의 홈 주소를 새로운 D MR에게 등록한다. 한편, 이동 라우터는 D MR의 홈 주소가 변경된 것을 발견하면 이동한 네트워크의 최상위 이동 라우터임을 의미하므로 R-MR 도메인 내에서의 에드 후 라우팅 정보를 갱신하기 위한 L-BU를 수행한다.

L BU 메시지는 그림 14와 같이 MIPv6의 BU 메시지에 L BU 메시지임을 표시하는 플래그 T와 해당 L-BU 메시지의 최종 목적지를 표시하는 R-MR option, 그리고 자신의 홈 주소를 비롯해 중첩 계층에서 하위에 있는 모든 이동 라우터들의 홈 주소를 포함하는 리스트를 기록하는 Sub MR list option을 추가한 것이다. L-BU 메시지는 소스와 목적지가 각각 L-BU를 만든 이동 라우터의 홈 주소와 그 이동 라우터의 D-MR의 홈 주소로 설정된 IP 패킷에 인캡슐레이션 되어 전송 된다.

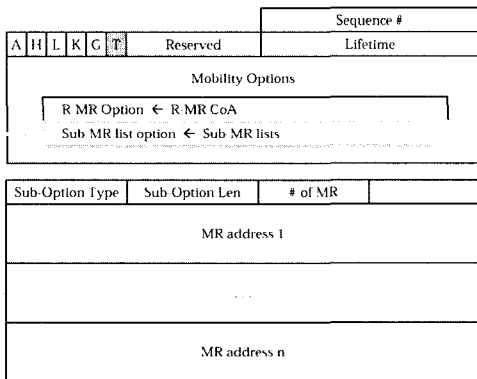


그림 14 L-BU 메시지 포맷

L BU 메시지는 그림 15에서와 같이 이동한 네트워크의 최상단 이동 라우터로부터 R-MR에 이르기까지 홈에서 업스트림 D-MR로 hop-by-hop으로 전달한다. L-BU를 받은 각 이동 라우터는 그림 15에서와 같이 L-BU의 Sub-MR list에 실린 이동 라우터들의 홈

주소를 MR-routing 테이블에 추가시키고 이들의 다음 홈을 L-BU IP 헤더의 소스 필드에 기록된 주소로 설정한다. 그리고 L-BU IP 헤더의 소스 주소를 자신의 홈 주소로 바꾸어 R-MR로의 다음 홈인 자신의 D-MR로 전달한다. MR-routing 테이블의 엔트리는 일정 기간 리프레쉬되지 않으면 소멸되는 소프트 상태로 유지한다. 따라서 각 이동 라우터는 정기적으로 자신의 홈 주소를 알리는 L-BU를 발생시켜야 한다. 이동을 발견한 경우 이동 라우터가 발생시키는 L-BU와는 달리 각 라우터가 정기적으로 발생시키는 L-BU에는 Sub-MR list option에 자신의 홈 주소만을 기록한다. 그림 15에서 보인 것과 같이 MR-routing 테이블에는 이동 라우터 하위에 속한 이동 네트워크에 있는 모든 이동 라우터들의 홈 주소에 대한 다음 홈 정보가 기록된다. 네트워크의 이동을 발견한 이동 라우터가 L-BU 메시지를 만들 때, 현재 MR-routing 테이블에 기록되어 있는 하위 이동 라우터들의 홈 주소 리스트를 이용하여 L-BU 메시지의 Sub-MR list option을 작성한다. 또한, 각 이동 라우터는 MR-routing 테이블에 기록된 정보를 이용하여 호스트 주소 기반의 에드 후 라우팅을 수행한다. MR-routing 테이블을 이용한 호스트 주소 기반의 에드 후 라우팅으로 R-MR 도메인 내에서 데이터가 전달되는 과정은 3.3절에서 자세히 다루기로 한다.

3.3 중첩된 이동 네트워크에 속하는 노드 혹은 이동 라우터로의 데이터 패킷 전달

이 절에서는 중첩된 이동 환경에서 이동 라우터를 포함한 이동 네트워크 내의 노드들로 어떻게 패킷이 전달되는지에 대해 설명한다. 이동 라우터나 이동 노드를 목적으로 하는 패킷이 전달되는 과정은 경로 최적화가 완료된 경우와 그렇지 않은 경우로 나누어 볼 수 있는데 여기에서는 경로 최적화가 완료된 상황을 기준으로 설명하기로 한다.

SNEMOS에서 이동 라우터 그림 16에서 보는 것과 같은 절차를 통해 패킷을 전달받게 된다. 교신 노드 CN은 MR4로 패킷을 보낼 때 MR4 홈 주소로 바인딩 캐쉬를 검색하여 R-MR CoA인 5::1을 얻게 된다. CN은 MIPv6의 동작 과정과 동일하게 바인딩 캐쉬에서 주소 5::1을 IP 헤더의 목적지 주소에 적고 라우팅 헤더에는 패킷을 보내고자 하는 이동 라우터의 홈 주소 3::3을 적는다. 이렇게 발송된 패킷은 IP 라우팅을 통해 우선 R-MR에 도착한다. R-MR은 패킷을 보고 목적지 주소에는 자신의 CoA가 적혀있지만 아직 처리할 라우팅 헤더의 값이 남아있기 때문에 라우팅 헤더 프로세싱을 통해 라우팅 헤더 내의 주소로 목적지 주소 값을 교환한다. 이 결과 목적지 주소는 이동 라우터 MR4의 홈 주소인 3::3이 되는데 R-MR은 MR-routing 테이블을

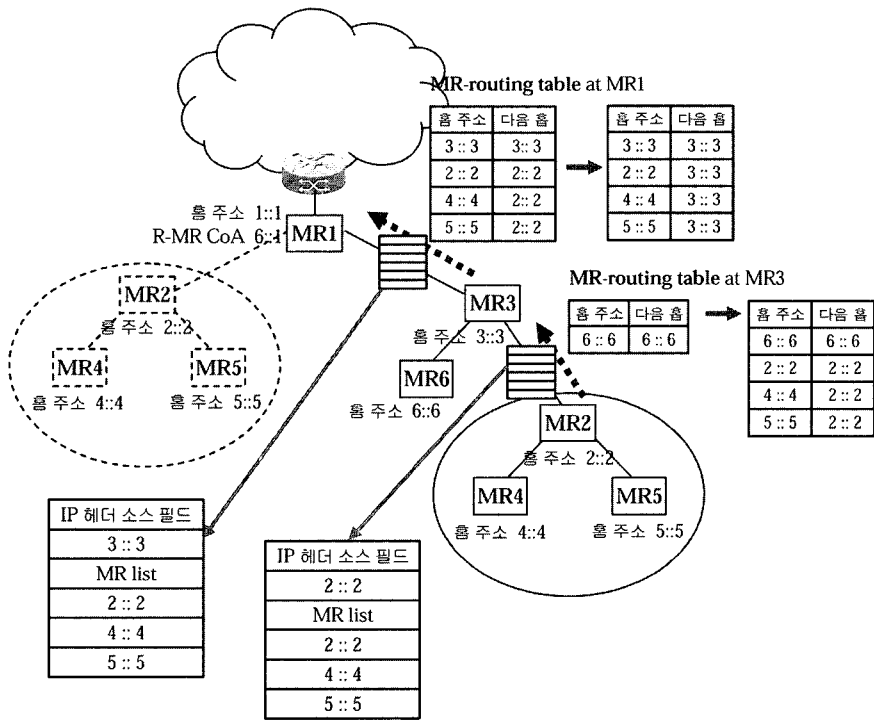


그림 15 L-BU 전달 과정

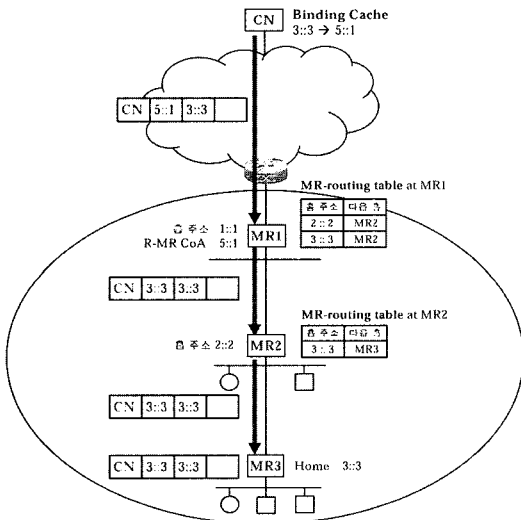


그림 16 이동 라우터로의 패킷 전달 과정

검색하여 3::3로 보내기 위한 다음 홉을 찾아 MR2로 전달한다. 패킷을 전달받은 MR2도 마찬가지로 자신의 MR-routing 테이블을 통해 3::3로 가는 다음 홉을 찾아 패킷을 전달하는데 다음 홉인 MR3가 최종 목적지 주소이므로 이것으로 패킷 전송이 완료된다.

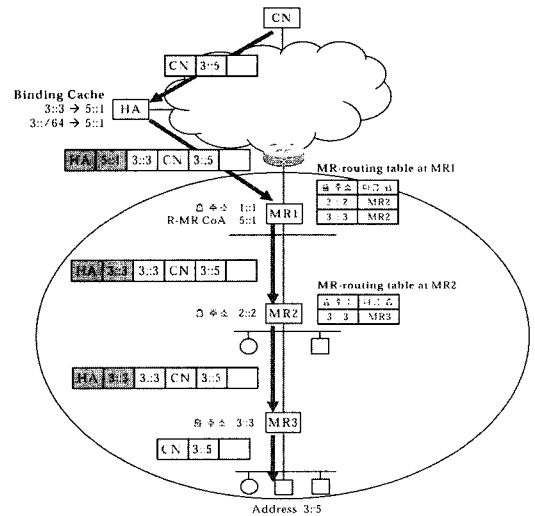


그림 17 이동 네트워크 내의 고정 노드로의 패킷 전달 과정

이동 네트워크 내의 고정 노드는 자신의 교신 노드에 대해 현재 위치에 대한 정보를 알릴 수 있는 기능이 없다. 그렇기 때문에 그림 17에서 보는 바와 같이 고정 노드와 교신하는 노드는 항상 홉 주소인 3::5로 패킷을 보낸다.

다. 이 패킷은 우선 인터넷 라우팅을 통해 3:: prefix를 가지는 홈 네트워크에 도착한다. 그런데 고정 노드의 D-MR이 G-BU를 통해 자신의 홈 에이전트에게 자신과 함께 움직인 고정 노드의 prefix 정보를 알려주었기 때문에 홈 에이전트는 고정 노드로 향하는 패킷이 R-MR과 D-MR을 거쳐 전송되도록 하기 위해 라우팅 헤더에 D-MR의 홈 주소 3::3을 적고 목적지 주소에는 R-MR의 CoA 5::1를 적은 IP 헤더를 붙인다. 이 패킷은 우선 R-MR에 도착하고 R-MR에서 라우팅 헤더 프로세싱을 통해 목적지 주소가 D-MR의 홈 주소 3::3으로 바뀌게 된다. R-MR은 자신의 MR-routing 테이블을 통해 3::3으로 가기 위한 다음 홈이 MR2인 것을 알게 되고 전달 받은 패킷을 MR2로 보낸다. MR2 역시 자신의 MR-routing 테이블을 목적지 주소인 3::3로 검색하여 3::3으로 향하는 다음 홈인 MR3로 패킷을 전달한다. MR3은 받은 패킷의 터널링 헤더를 제거한 후 이 패킷이 자신과 함께 움직인 고정 노드 3::5으로 향하는 패킷임을 알게되어 3::5로 패킷을 전달한다.

그림 18은 이동 노드가 패킷을 전달받는 과정을 보인 것이다. 이동 노드의 교신 노드는 바인딩 캐쉬에 이동 노드의 홈 주소인 4::4에 대해 D-MR의 홈 주소인 3::3을 바인딩하는 엔트리를 가지고 있다. 그러므로 교신 노드 CN이 이동 노드로 패킷을 보낼 때는 라우팅 헤더에 이동 노드의 홈 주소인 4::4를 쓰고 IP 헤더의 목적지 주소에는 이동 노드의 현재 CoA인 3::3을 쓴다. 이렇게 보내진 패킷은 인터넷 라우팅에 따라 D-MR의 홈 네트워크에 도착하게 된다. 그리고 D-MR의 홈 에이전트에

의해 D-MR로 향하는 패킷처럼 R-MR CoA인 5::1로 터널링 된다. R-MR에서부터 D-MR까지는 이동 라우터로의 패킷 전달과정과 동일한 방식으로 중간 라우터의 MR-routing 테이블을 통해 다음 홈을 찾아 전달된다. 이렇게 D-MR인 MR3로 전달된 패킷은 이동 노드의 홈 주소인 3::3을 라우팅 헤더에 포함하고 있으므로 MR3에 의해 라우팅 헤더 프로세싱이 되어 목적지 주소에 3::3 주소를 가지게 된다. MR3은 이동 노드가 자신을 D-MR로 선택하면서 등록한 MR-routing 테이블 엔트리에 따라 목적지 주소가 자신에게 직접 연결된 것임을 발견하고 패킷을 이동 노드로 전달해 준다.

4. 시뮬레이션 및 결과

제안하는 기존의 네트워크 이동성 지원 방안의 성능과 SNEMOS의 성능을 비교하기 위해서 Lawrence Berkeley National Laboratory에서 개발된 Network Simulator(NS-2)[15]를 사용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 4.1절에서 시뮬레이션 환경 및 모델을 설명하고, 4.2절에서는 시뮬레이션 결과를 제시한다.

4.1 시뮬레이션 환경 및 모델

현재 이동 라우터는 개발 단계에 있으며 표준안도 제시되어 있지 않은 상황이지만 이동 노드에 비해 무선 구간의 처리 능력이 우수할 것으로 예상되므로 NS-2에서 base station의 기능을 이용하여 구현했으며 이동 라우터 사이의 무선 구간은 2Mbps의 전송률을 가지는 랜으로 대체하여 실험하였다. 이동 라우터 간의 간격은 70m로 설정했는데 이동 라우터의 영역이 반경 40m까지이므로 이동 라우터 간에 중첩된 영역은 10m가 된다.

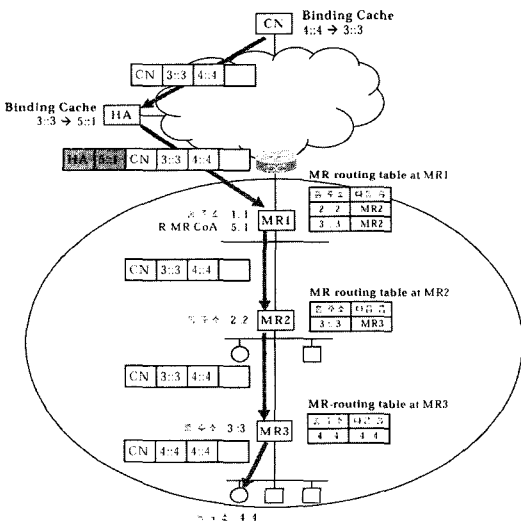


그림 18 이동 네트워크 내의 이동 노드로의 패킷 전달 과정

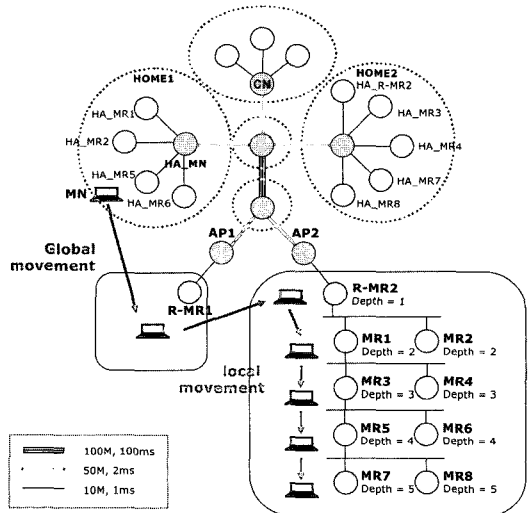


그림 19 시뮬레이션 네트워크 모델

이동 라우터와 이동 노드 사이의 무선 구간은 802.11 프로토콜을 탑재한 Lucent WaveLan을 가정하였으며 이동 노드는 1m/s의 속도로 이동 라우터 사이를 이동하도록 구현하였다.

이동 노드 MN은 홈 네트워크인 HOME1에 위치하고 있다가 시뮬레이션 시작 5초 후에 R-MR1이 담당하는 이동 네트워크로 이동한 후 40초가 되면 R-MR2의 이동 네트워크로 이동한다. 40초 이후부터 실험이 완료되는 100초까지는 R-MR2가 담당하는 이동 네트워크 내에서 이동 라우터를 바꿔가며 계속 이동한다. 교신 노드인 CN은 이동 노드 MN에게 시뮬레이션 시작 후 5초부터 100초까지 TCP 연결을 통해 크기가 1000 byte인 TCP 세그먼트를 계속 전송한다고 가정하였다.

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

시뮬레이션에서는 SNEMOS와 2장의 관련연구에서 소개한 기존 방안 가운데 Basic Support의 explicit mode, RRH 그리고 HMIPv6를 비교하였다. 2장의 관련 연구에서 소개한 방안 가운데, Basic Support의 implicit mode는 동적으로 출입하는 이동 노드를 지원하기에는 적합하지 않으므로 비교 대상에서 제외하기로 한다. 그 밖에 2장에서 소개한 [11]과 [12]에서 연구한 방안은 SNEMOS와 비교할 때 RRH와 유사한 패킷 오버헤드를 추가적으로 가지고 있고, [13]과 [14]에서 연구한 방안은 프로토콜 특성상 HMIPv6가 발생하는 BU의 수퍼셋에 해당하는 BU를 발생시키게 되므로 이들을 각각 대표하여 RRH와 HMIPv6만을 비교하기로 한다. 제안하는 SNEMOS와 함께 이들 세 가지의 기존 방안은 다음의 네 가지 측면에서 비교되었다. 첫째, BU storm으로 인한 영향을 살펴보기 위해 하나의 이동 네트워크에 속하는 이동 노드 수를 증가시키면서 핸드오프 지연 시간을 측정하였다. 둘째, 이동 네트워크가 중첩되어 있는 경우 얼마나 효율적인 경로를 통해 전송하는지를 알아보기 위해서 중첩 정도를 변화시켜가면서 패킷 전송에 걸리는 시간과 거치는 홉 수를 측정했다. 셋째, 역시 이동 네트워크가 중첩되어 있는 경우 데이터 패킷의 헤더 오버헤드를 비교하기 위해 중첩 경로가 깊어짐에 따라 전송되는 패킷의 크기가 어떻게 변화하는지 살펴보았다. 마지막으로 핸드오프시 발생하는 시그널링 오버헤드를 비교했다.

4.2.1 핸드오프 지연 시간

그림 20은 BU storm의 영향을 보기 위해 이동하는 네트워크에 속한 이동 노드의 수를 1부터 10R까지 증가시켜 보면서 기존 스킴 가운데 유일하게 이동 노드 지원을 명시적으로 제안한 스킴인 HMIPv6와 SNEMOS의 핸드오프 지연을 측정한 결과를 보인 것이다. 핸드오프 시간은 핸드오프가 시작되기 전에 마지막으로 패킷

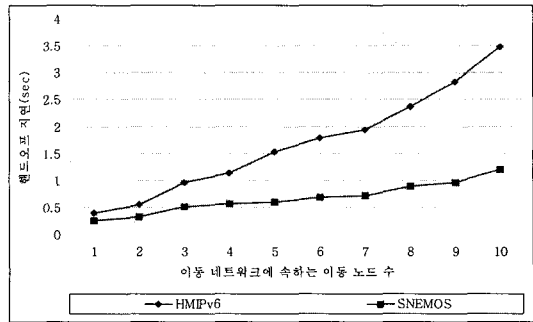


그림 20 이동 노드 수에 따른 핸드오프 시간

을 받은 시간부터 핸드오프가 완료되어 다음번 패킷을 받을 때까지의 시간으로 정의한다.

그림 20에서 보면 HMIPv6의 경우 네트워크가 이동했을 때 그 네트워크에 속한 이동 노드 각자가 핸드오프를 위해 BU를 보내야 하기 때문에 이동 노드 수가 증가함에 따라 핸드오프 시간이 급격하게 증가하는 것을 볼 수 있다. 반면에 SNEMOS는 노드 수가 증가하는 경우에도 핸드오프 시간의 차가 거의 없음을 볼 수 있다. SNEMOS에서 이동 노드의 수가 증가함에 따라 핸드오프 시간이 약간 증가하는 것은 이동 노드가 보내는 BU 증가로 인한 것이 아니고 같은 무선 링크를 공유하는 이동 노드 수의 증가로 인한 MAC계층 충돌의 증가 때문이다.

4.2.2 라우팅 경로 길이와 패킷 전달 지연

그림 21은 중첩 깊이를 변화시키면서 각 스킴 별로 거치게 되는 노드들의 홉 수를 측정한 결과를 보인 것이다. 이 실험에서 이동 노드의 경우에는 경로 최적화가 완료된 상태를 기준으로 경로 길이를 카운트하였다. 또한 pinball 라우팅이 일어나는 것을 명확하게 반영하고자, 중첩 계층상 인접한 계층에 위치한 이동 라우터들을 각자 다른 도메인에 속하도록 구성하였다. 즉, 그림 19에서 MR1과 MR5의 홈 에이전트는 HOME2 도메인에 위치하도록 하고, MR3과 MR7의 홈 에이전트는 HOME1 도메인에 위치하도록 하였다.

중첩 깊이가 1인 경우에는 HMIPv6를 제외한 나머지 스킴들은 항상 D-MR의 홈 에이전트를 거쳐야 하기 때문에 HMIPv6에 비해 4홉이 추가된다. 그런데 중첩 정도가 하나씩 커짐에 따라 SNEMOS, RRH, HMIPv6는 전체 지나는 홉 수가 1홉씩만 증가하는 반면, Basic support 방법의 explicit mode를 사용하는 경우에는 pinball 라우팅으로 인해 상위 이동 라우터들의 홈 에이전트를 거쳐야 하기 때문에 홉 수의 증가량이 다른 스킴에 비해 큰 것을 볼 수 있다. RRH와 SNEMOS는 둘 다 D-MR의 홈 에이전트를 거쳐 pinball 라우팅 없이

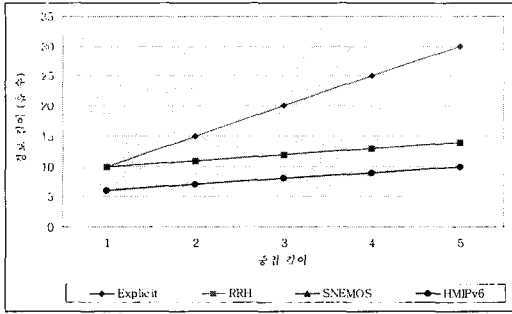


그림 21 각 스킴별 데이터 전송시 거치게 되는 홉 수

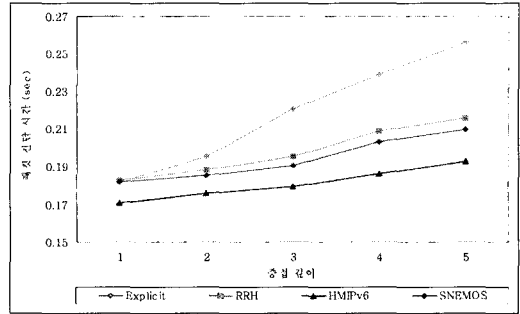


그림 22 종단간 지연

R-MR로부터 현재 D-MR로 전해진다. 두 스킴은 같은 경로를 이용하므로 같은 경로 길이를 가진다. HMIPv6는 다른 스킴들처럼 이동 라우터의 홈 에이전트를 거치지 않아도 되기 때문에 항상 최적화된 경로를 통해 전송되어 가장 적은 홉 수를 통해 라우팅 된다. 그러나 이번 실험은 핸드오프로 인한 영향을 전혀 고려하지 않은 것으로 첫 번째 실험 결과에서 보았듯이 HMIPv6는 BU storm을 유발하고 이동 노드 지원만을 명세하고 있는 스킴이기 때문에 본 논문에서 목적으로 하는 확장성 및 일반성을 갖춘 이동 네트워크 지원 방안으로는 적합하지 않다.

패킷이 전달되는데 걸리는 시간은 경로의 홉 수 뿐 아니라 데이터 패킷의 크기나 대역폭의 변화에 영향을 받는다. 그러므로 홉 수를 비교하는 것만으로는 실제적인 패킷 전달 지연을 비교 할 수 없다. 그래서 홉 수를 측정할 것과 동일한 실험을 수행하면서 각 스킴 별로 교신 노드가 패킷을 보내는 시간부터 이동 네트워크 내의 목적지 노드가 그 패킷을 전달 받을 때까지의 시간을 측정해 보았다. 단 이 실험에서는 이동 노드의 이동에 따른 손실은 고려하지 않았으며 노드와 이동 라우터간의 링크가 안정된 상태라 가정하였다.

기본적으로 중첩 깊이가 한 단계씩 깊어질수록 거쳐야 할 이동 라우터의 개수가 하나씩 늘어나기 때문에 종단간 지연시간은 그만큼 길어지게 된다. 그림 22를 보면 그림 21의 결과와 비슷하게 basic support explicit mode는 pinball 라우팅을 발생시키기 때문에 다른 스킴들에 비해 중첩 깊이에 따른 종단간 지연 시간의 증가량이 훨씬 크고, HMIPv6의 경우 최적화된 경로를 가지기 때문에 가장 작은 종단간 지연 시간을 가지는 것을 볼 수 있다. 그러나 그림 21에서 RRH와 제안하는 스킴이 같은 결과를 가지는 것과는 다르게 이번 실험에서는 제안하는 스킴이 RRH에 비해 작은 종단간 지연 시간을 가지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 중첩된 깊이가 깊어질수록 그 차이가 조금씩 커지는 것을 볼 수 있다. 이런 결과의 원인은 데이터 패킷을 보낼 때 붙이는 헤더

의 크기가 RRH에서 사용하는 것보다 SNEMOS에서 사용하는 것이 작기 때문이다. RRH의 경우에는 D-MR의 홈 에이전트는 중첩된 이동 네트워크 내에서 패킷이 거쳐야 할 계층적인 이동 라우터의 주소를 모두 포함한 헤더로 패킷을 캡슐화한다. 반면, SNEMOS에서는 경로를 모두 포함하지 않고 R-MR의 CoA만을 적기 때문에 결과적으로 헤더 크기가 중첩 깊이에 따라 변하지 않고 항상 RRH보다 더 작은 헤더 크기를 유지할 수 있다. 각 스킴이 데이터 패킷을 보내는데 사용하는 헤더 내용 및 크기에 관해서는 4.2.3에서 더 자세히 분석하였다.

4.2.3 데이터 패킷 크기

basic support 방법에서 explicit mode의 경우 중첩된 깊이가 깊어지면 그만큼 거치게 되는 이동 라우터의 홈 에이전트 수가 증가하고 홈 에이전트를 거칠 때마다 한번씩 터널링을 수행하므로 점점 헤더 크기도 커진다. RRH는 이런 문제를 개선하여 모든 홈 에이전트를 지나지 않도록 D-MR의 홈 에이전트가 R-MR로부터 D-MR에 이르기까지 중첩 경로상에 위치한 이동 라우터들의 주소를 붙여서 터널링하게 되는데 이 경우에 터널이 중첩되는 문제는 발생하지 않지만 헤더에 중첩된 계층에서 경유하는 이동 라우터를 모두 기록해 두어야 하기 때문에 여전히 중첩 깊이에 비례하여 패킷크기가 증가하는 문제는 남게 된다. 하지만 SNEMOS에서는 D-MR의 홈 에이전트는 패킷 헤더에 R-MR 주소만을 명시하고 R-MR 위치로 패킷이 전달된 후에는 이동 라우터 MR-routing 테이블에 기록되어 있는 에드 혹 라우팅 정보를 이용해 MR로 전달되기 때문에 패킷 헤더에 경유하는 중간 이동 라우터 주소를 기록할 필요가 없어 중첩 깊이와 상관없이 일정한 패킷 크기를 유지할 수 있게 된다.

그림 23은 각 스킴별 평균 데이터 패킷의 크기를 보여준다. explicit mode와 RRH는 중첩 깊이가 깊어질수록 데이터 패킷의 크기가 증가하는데 반해 제안하는 스킴은 중첩 정도와 상관없이 거의 일정한 패킷 크기를 유지하는 것을 볼 수 있다. 중첩 정도가 비교적 낮은 1

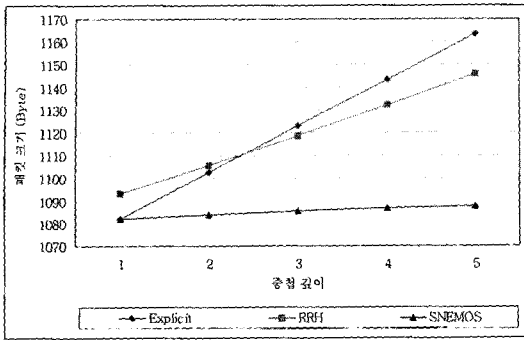


그림 23 중첩 정도에 따른 평균 데이터 패킷 크기

이나 2일 때에는 RRH가 explicit mode에 비해 평균 데이터 패킷 크기가 크다. 그 이유는 RRH의 경우 D-MR의 홈 에이전트가 붙이게 되는 헤더의 기본 크기가 더 크기 때문인데 중첩 깊이가 커질수록 RRH의 경우 목적지 주소만 추가되는 반면 explicit mode의 경우 IP헤더 전체가 계속 중복되는 캡슐화가 반복되기 때문에 explicit mode의 평균 데이터 패킷의 크기가 커지게 된다. 그림 23에서 보면 SNEMOS도 중첩 깊이가 깊어질수록 평균 데이터 패킷 크기가 조금씩 증가하는 것을 볼 수 있다. 그러나 이것은 중첩 깊이가 깊어질수록 일반 패킷보다 헤더 크기가 큰 터널링 패킷이 지나는 구간이 늘어나는 것이 원인이고, 터널링 구간에서의 패킷 크기 자체는 중첩 깊이에 상관없이 일정하다.

4.2.4 시그널링 오버헤드

하나의 이동 라우터와 하나의 이동 노드를 포함하는 이동 네트워크가 핸드오프 시에 발생시키는 시그널링 오버헤드를 측정하였다. 시그널링 오버헤드는 BU의 크기와 개수 그리고 BU가 네트워크 내에서 전달되는 범위를 반영하며, BU의 크기는 BU 크기가 가장 작은 basic support explicit mode의 BU 크기에 의해 정규화한 값을 가정하였다. 결과는 크게 이동 네트워크가 서로 다른 R-MR 사이를 이동한 경우와 동일한 R-MR 내에서 이동한 경우로 나누어 살펴볼 수 있는데 우선 R-MR 사이를 이동하는 경우를 보면 그림 24와 같다. HMIPv6와 RRH는 이동 라우터뿐만 아니라 이동 노드도 위치변화를 파악하고 BU를 보내야 한다. 그렇기 때문에 이동 노드가 BU를 보내지 않는 다른 스킴에 비해 시그널링 오버헤드가 크다. 그런데 RRH가 홈 에이전트로만 BU를 보내는데 반해 HMIPv6의 경우 경로 최적화를 위해 교신 노드에도 BU를 보내야 하고 상위 이동 라우터들에게도 BU를 보내야 하므로 시그널링 오버헤드가 RRH보다 더 크다. 제안하는 스킴과 explicit mode의 경우 이동 라우터만 자신의 홈 에이전트와 교신 노드에게 BU를 보내므로 RRH나 HMIPv6 보다 훨씬

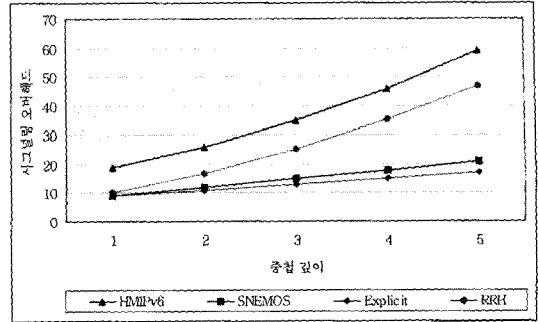


그림 24 서로 다른 R-MR 도메인 사이를 이동하는 경우의 시그널링 오버헤드

낫은 시그널링 오버헤드를 발생시킨다. 그런데 제안하는 스킴은 이동 네트워크 내에서의 라우팅 정보 갱신을 위해 R-MR로 L-BU 메시지를 보내야 하기 때문에 explicit mode 보다는 약간 시그널링 오버헤드가 크다.

같은 R-MR 하위에서 이동하는 경우의 각 스킴별 시그널링 오버헤드는 그림 25와 같다. RRH는 R-MR 하위에서 이동하는 경우에도 R-MR을 바꾸는 경우에서와 같이 이동 노드와 이동 라우터가 모두 이동 라우터의 홈 에이전트로 BU를 보내야 하므로 BU가 전달되는 범위가 가장 크고 중첩된 깊이가 깊어질수록 RRH의 크기도 커지므로 네 가지 스킴 중 가장 큰 시그널링 오버헤드를 가진다. HMIPv6의 경우 R-MR이 바뀌지 않으면 교신 노드와 홈 에이전트로 BU를 보내지는 않지만 이동 라우터와 이동 노드 모두가 상위 이동 라우터들에게 각각 BU를 보내야 하기 때문에 R-MR을 바꿀 때 보다는 시그널링 오버헤드를 가지지만 여전히 이동 노드가 네트워크 이동성에 트랜스패런트한 다른 스킴에 비해 높은 시그널링 오버헤드를 가진다. explicit mode는 R-MR 내에서 이동하는 경우에도 R-MR을 바꾸는 경우와 같이 이동 라우터의 홈 에이전트에게 BU를 보내야 한다. 반면에 제안하는 스킴은 R-MR로 L-BU만을

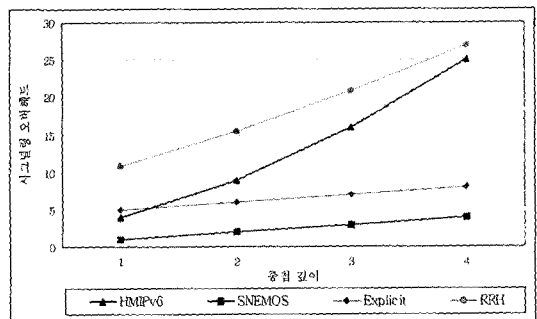


그림 25 동일한 R-MR 도메인 내에서 이동하는 경우의 시그널링 오버헤드

보내기 때문에 R-MR이 바뀌지 않는 경우 가장 적은 시그널링 오버헤드를 발생시키는 것을 볼 수 있다.

5. 결론

고정 노드 및 이동 노드를 모두 포함하는 대규모의 중첩된 이동 네트워크를 지원하기에 적합한 일반성과 확장성을 모두 갖춘 네트워크 이동성 지원 방안으로 SNEMOS를 제안하였다. SNEMOS는 기존의 네트워크 이동성 지원 방안들이 발생하는 pinball 라우팅과 BU storm 문제를 피하기 위하여 이동 라우터와 이동 노드의 CoA 형성 방법을 이분화 시켰다. 즉, 이동 라우터는 홈 에이전트나 교신노드에게 알리는 CoA로 현재 이동 네트워크가 속해있는 중첩된 이동 네트워크 그룹의 최상위 이동 라우터인 R-MR의 CoA를 사용하고, 이동 노드는 바로 상위 이동 라우터인 D-MR의 홈 주소를 사용하도록 하였다.

이와 같은 CoA 등록으로 인해 이동 라우터로 향하는 패킷들은 모두 pinball 라우팅 없이 R-MR로 직접 보내지게 된다. R-MR로부터 목적지 이동 라우터까지의 패킷 전달을 위해서는 중첩된 이동 네트워크 내부에서 이루어지는 L-BU를 통해 이동 라우터들이 라우팅 정보를 수집하고 저장하도록 하였다. 따라서, 패킷 헤더에 중첩된 이동 네트워크 내에서 경유해야 하는 경로 정보를 실지 않는다. 또한, 이동 노드는 네트워크가 이동해도 변하지 않는 D-MR의 홈 주소를 홈 에이전트와 교신 노드에게 등록하는 CoA로 사용하므로 네트워크가 이동하여도 BU를 수행할 필요가 없다. 이동 노드로 향하는 패킷은 D-MR의 홈 네트워크로 보내지게 되고 D-MR의 홈 에이전트에 의해 D-MR로 향하는 패킷으로 간주되어 처리된다. 이동 노드를 목적지로 하는 패킷의 경우는 반드시 D-MR의 홈 에이전트를 경유하게 되므로 최적의 경로로 전달되지 못하나, 이것은 basic support 방안에서 이동 네트워크에 속하는 노드가 겪는 최소한의 라우팅 우회에 불과하며 중첩 깊이에 관계없이 일정하르로 중첩 깊이에 대한 확장성 문제는 없다.

시뮬레이션 결과, SNEMOS는 이동 네트워크의 중첩 정도가 깊거나 다수의 이동 노드를 포함하는 규모가 큰 이동 네트워크가 이동하는 경우에도 pinball 라우팅 혹은 BU storm과 같은 문제를 발생시키지 않으며, 중첩 깊이가 깊어져도 헤더 크기를 일정하게 유지하면서 기존 방안들에 비해 적은 시그널링 오버헤드를 발생시킬 수 있었다.

참고 문헌

[1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF, RFC 3220, January 2002. Obsoletes RFC 2002.

[2] D. Johnson. and C. Perkins. "Mobility Support in IPv6," Internet Draft, IETF, June 2003. Work in progress.

[3] T. Ernst, H. Y. Lach "Network Mobility Support Terminology," Internet Draft, IETF, May, 2003. Work in progress.

[4] T. Ernst, A. Olivereau, L. Bellier, C. Castelluccia, and H. Y. Lach. "draft-ernst-mobileip-v6-network-03.txt," Internet Draft, IETF, March 2002. Work in progress.

[5] IETF NEMO working group, "http://www.ietf.org/html.charters/nemo-charter.html."

[6] T. Ernst. "draft-ietf-nemo-requirements-01.txt," Internet Draft, IETF, November 2002. Work in progress.

[7] V. Devarapalli, R.Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "NEMO Basic Support Protocol," Internet Draft, IETF, September 2003. Work in progress.

[8] T. J. Kniveton, J. T. Malinen, V. Devarapalli, and C. E. Perkins, "draft- kniveton-mobtr-01.txt," Internet Draft, IETF, November 2002. Work in progress.

[9] P. Thurbert, M. Molteni, "draft-thurbert-nemo-reverse-routing-header-01 .txt," Internet Draft, IETF, October 2002. Work in progress.

[10] H. Soliman, C. Castelluccia, and K. El-Malki, "Hierarchical MIPv6 mobility management," Internet Draft, IETF, July 2002. Work in progress.

[11] Hyunsik Kang, Keecheon Kim, Sunyoung Han, Kyeong-Jin Lee and Jung-Soo Park, "Route Optimization for Mobile Network by Using Bi-directional Between Home Agent and Top Level Mobile Router," Internet Draft, IETF, June 2003.

[12] Jongkeun Na, Chongkwon Kim, Sungjin Lee, hyunjeong Kang, Changhoi Koo, "Route Optimization Scheme based on Path Control Header," Internet Draft, IETF, April 2004.

[13] Kyeong-Jin Lee, Jae-Hoon Jeong, Jung-Soo Park, Hyoung-Jun Kim, "Route Optimization for Mobile Nodes in Mobile Network based on Prefix Delegation," Internet Draft, IETF, February 2004.

[14] Jaehoon Paul Jeong, Kyeongjin Lee, jungsoo Park, Hyoungjun Kim, "ND-Proxy based Route and DNS Optimizations for Mobile Nodes in Mobile Network," Internet Draft, IETF, February 2004.

[15] The Network Simulator ns-2, "http://www.isi.edu/nsnam"



김 태 은

2002년 이화여자대학교 컴퓨터학과 졸업 (학사). 2003년~현재 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과 석사과정. 관심 분야는 Mobile IP, Network Mobility, RSVP, mobile IP multicasting



이 미 정

1983~1987년 이화여자대학교 전자계산학 학사. 1987~1989년 University of North Carolina at Chapel Hill 컴퓨터학 석사 1990~1994년 North Carolina State University 컴퓨터공학 박사 1994~현재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과 부 교수. 관심분야는 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을 위한 트래픽 제어, 인터넷에서의 QoS 지원, 트래픽 엔지니어링, 무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크