

# 페이징 영역크기에 따른 계층적 이동 IPv6 의 성능분석

정회원 정 계 감\*, 이 상 옥\*\*, 정회원 김 준 년

## Performance analysis of Hierarchical Mobile IPv6 depending on the paging size

Gye-Gab Jeong\* *Regular Members*, Sang-Wook Lee\*\*, Jun-Nyun Kim *Regular Members*

요 약

계층적 이동 IPv6는 MAP(Mobility Anchor Point)을 통해 이동 IPv6를 계층적으로 확장시킨 개념의 마이크로 망 지원의 프로토콜로 이동 IPv6에 비해 빠른 이동성과 이동 노드의 데이터 전송 지연을 줄여주지만 네트워크망에서 동작하는 활동상태 노드와 비활동상태 노드를 구분하여 망의 부하와 노드의 전력낭비 문제를 해결해 주는 페이징 기법이 적용되어 있지 않기 때문에 본 논문에서는 계층적 이동 IPv6에 페이징을 적용하는 방법을 제안하였다. 기존 IPv6에서 사용되는 패킷 헤더의 목적지 옵션과 제어 메시지의 확장을 통해서 계층적 이동 IPv6에 페이징을 적용하였으며 비활동 상태의 이동 노드를 찾는 알고리즘으로 최종 지역 알고리즘을 사용하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 방법은 기존의 페이징이 적용되지 않은 계층적 이동 IPv6보다 비활동 상태인 이동 노드의 핸드오프 시 불필요한 바인딩 업데이트 메시지를 제거함으로써 이동 IPv6 전체 망의 트래픽을 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다. 또한 페이징 영역의 크기가 클수록 마이크로 망의 바인딩 업데이트 메시지가 더욱 감소하여 망의 신호 트래픽이 감소함도 알 수 있었다.

key Words : Communication; HMIPv6; Mobile IP.

### ABSTRACT

With increasing use of a personal mobile computer, the Mobile IPv6 is one of the main protocols that support mobility and complies with IPv6 specification. Similar to the mobile IPv4, the mobile IPv6 also has limitations on fast moving condition. The Hierarchical Mobile Ipv6 is a solution that overcomes these limitations. The Hierarchical Mobile IPv6 is a micro mobility protocol that supports fast mobile IP handover and reduces signaling overhead with Mobility Anchor Point(MAP). But until now no paging method is applied to the Hierarchical Mobile IPv6 to reduce unnecessary signaling overhead and power consumption of mobile nodes. So, the paging mechanism for the Hierarchical Mobile IPv6 is proposed in this paper. The mechanism is implemented by making use of the destination option header and extension function and the last location algorithm. The results show that the Hierarchical Mobile IPv6 with the paging ability reduces the traffic of mobile networks by removing unnecessary binding update packet generated whenever handover takes place. Also, the larger the paging size is, the less the number of BU(Binding Update) message generated

\* 중앙대학교 전자공학과 컴퓨터통신연구실(jcnggg@ee.cau.ac.kr), \*\* 중앙대학교 전자공학과 컴퓨터통신연구실(swakh@ee.cau.ac.kr)

논문번호 : #030073-0217, 접수일자 : 2003년 2월 17일

※본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R-01-2001-000-0303-0(2002)) 지원으로 수행되었습니다.

I. 서론

인터넷 이동 통신 방안으로 이동 IP(Mobile IP)[1][2]가 RFC 형태로 IETF에서 제안되었으며 3세대 무선 통신인 IMT2000 또한 이동 IP기술을 채택함으로써 인터넷 이동 통신 서비스의 해법으로 자리 잡게 되었다. 이동 IP는 처음 만들어질 당시의 취지는 이동성(mobile)에 중점을 두기보다는 휴대용(portable)의 개념에 중점을 두었기 때문에 이동이 빈번한 환경에 이동 IP를 적용 할 경우 핸드오프로 인한 데이터의 손실과 지연, 삼각 라우팅 문제를 가지고 있다. 이러한 문제점들을 보완하기 위하여 HAWAII[4], Cellular IP[3]등 마이크로 범위 안에서의 다양한 이동노드관리에 대한 방법들과 라우트 최적화기법[12]이 제안되었다. 그러나 이동 IPv4 프로토콜 자체 한계로 인해 발생하는 문제점은 여전히 남아있게 되며 이런 문제를 해결하기 위한 방안으로 이동 IPv4에 IPv6를 적용한 이동 IPv6[2]가 현재 인터넷 드래프트로 IETF에서 제안되고 있고 더 나아가 이동 IPv6의 단점을 개선할 수 있는 Cellular IPv6[6], Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[5]와 같은 마이크로망 범위 안에서 이동노드를 관리하는 방법들도 제시되고 있다.

본 논문에서는 이러한 HMIPv6에 활성화상태 노드와 비활성상태 노드를 구분하는 페이징을 적용하여 이동노드의 전력낭비를 줄이고 전체 네트워크의 부하를 감소시키는 방안을 제안한다. HMIPv6는 이동 IPv6를 기반으로 하고 있으며 이동 IPv6 하부 마이크로 망에서 이동노드를 관리하는 것을 목적으로 제안된 프로토콜이다. 소형화된 무선단말기의 상태를 활동상태인 이동노드와 비활성상태인 이동노드로 구분하여 불필요한 전력의 낭비를 줄이고 망 전체적으로 네트워크의 트래픽 부하를 감소시킬 수 있다. 이러한 기능을 페이징이라고 하는데 현재까지는 HMIPv6에서는 페이징에 관한 부분은 연구가 활발하지 않은 실정이다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. 2,3장에서는 각각 이동 IPv6와 HMIPv6에 대한 전반적인 기술과 동작에 대해서 설명하고 4장에서는 페이징에 관한 기본적인 내용을 언급하였다. 5장에서는 페이징이 적용된 HMIPv6에 대해서 자세히 다루고 6장에서는 모의 실험 내용을 기술하였고 마지막으로 7장에

서는 전체적인 결론과 향후과제에 대해서 살펴 보았다.

II. 이동 IPv6

이동 IPv6에서는 이동 IPv4와 다르게 외부에이전트(FA)를 두지 않고 IPv4에서의 선택적 기능이었던 경로최적화(Route optimization)를 기본으로 채택하였다. 즉 이동 IPv6에서는 이동노드(MN)가 이동 IPv4의 FA와 같은 역할을 수행하게 되는 것이다. 이동 IPv6의 동작은 다음과 같은 순으로 작동된다(Fig 1). 외부 망으로 이동한 MN는 외부망의 라우터로부터 라우터 광고 메시지를 받고 이를 통해 망의 Prefix를 얻는다. 얻은 Prefix와 자신의 interface 주소를 사용하여 IPv6의 주소 자동 설정(Address auto configuration)방법으로 CoA를 생성한다. 이 CoA를 생성한 MN은 HA에게 자신의 CoA를 알리기 위해 바인딩 업데이트 메시지(BU)를 보내고 이 메시지를 받은 HA는 자신의 바인딩 캐쉬에 정보를 갱신하고 바인딩 응답 메시지(BA)를 MN에게 보낸다. 이후 해당 MN을 향하는 패킷을 가로채 MN의 CoA로 터널링 시키게 된다. HA로부터 터널링되어 온 패킷을 받은 MN은 해당 CN이 자신의 CoA를 모른다고 판단하고 CN에게 BU메세지를 보내게 된다. CN은 HA와 마찬가지로 자신의 바인딩 캐쉬에 MN의 정보를 저장하고 BA를 보내며 이후 MN과 통신할 때에는 HA를 거치지 않고 라우팅 헤더 옵션을 이용하여 직접 전송한다. CN은 BA를 MN에게 꼭 보내야 할 필요는 없다.

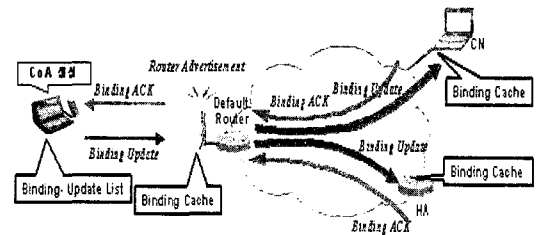


Fig 1. 이동 IPv6의 동작

이동 IPv6에서 라우팅 최적화 방법은 기존 이동 IPv4의 삼각 라우팅 문제를 해결하였고 주소 영역의 확장은 IP주소 부족 문제를 해결하고 각각의 MN이 다수의 CoA를 사용할 수 있게 하였다. 그러나 이동 IPv6에서 FA가 없기 때문에 핸드오프

등을 관리할 중심점이 없다. 현재 망들이 노드의 파워 문제와 주파수 채널의 재사용 등을 이유로 마이크로망 또는 피코망으로 작아지는 추세[13]에서는 이동 IPv6의 이동 노드들은 잦은 핸드오프가 예상되고 따라서 많은 양의 BU메세지를 HA와 CN에게 보내야 한다. 결국 망 전체에 부하가 커지고 패킷 손실이나 지연 등이 발생할 가능성이 많아지게 된다.

### III. 계층적 이동 IPv6(HMIPv6)

#### 1. 개요

HMIPv6는 이동 IPv6에 지역적으로 계층적 구조를 적용하기 위하여 MAP이라는 새로운 노드가 도입되었다. MAP은 Access Router(AR)를 포함하는 계층적인 이동 IPv6 망에서 어떤 레벨에도 위치할 수 있으며 이동 IPv4의 FA와는 달리 각 서브넷마다 필요하지는 않다. 이 프로토콜에서 두 가지 다른 MAP 모드가 제안된다. 즉, MN은 계층적인 도메인에서 로밍하는 동안 alternative CoA로써 MAP의 주소를 지역적 Regional CoA(RCoA)로 사용할 수 있거나(확장 모드) 또는 MAP의 서브넷 상에 지역적 RCoA를 생성하여 사용할 수 있다(기본 모드).

HMIPv6 구조는 MAP이라는 새로운 기능을 도입하여 MN과 HA 동작에만 약간의 확장을 도입하므로 CN의 동작은 영향을 받지 않는다. MAP 개념의 도입은 액세스 라우터 간의 핸드오프로 인한 지연을 최소화 시킬 수 있다. 또한 MAP에서 바이캐스팅(bicasting)을 추가함으로써 핸드오프로 인한 패킷 손실을 최소화 시킬 수 있는 빠른 핸드오프를 가능케하며 무선 인터페이스 상에서의 best effort 서비스의 성능을 향상시킨다. 또한 MAP 개념을 이용함으로써 무선 인터페이스 상의 이동 IPv6에 의해서 생성되는 시그널링을 줄여주는데 이는 MN이 MAP 도메인 내의 3 계층 액세스 점을 변경할 때 하나의 지역적 BU(MAP Binding Update)를 수행하는 것만을 필요로 하기 때문이다. MAP은 자신이 서비스하고 있는 MN을 대신하여 모든 패킷을 수신하고 인캡슐레이션하며 이를 MN의 현재 주소로 직접 포워드 한다. 만일 MN이 지역적 MAP 도메인 내에서 현재 자신의 주소를 바꾸는 경우에는 글로벌 CoA가 바뀌지 않기 때문에 단지 새로운

주소를 MAP에 등록하기만 하면 된다. 이것은 MN의 이동성이 MN과 통신하고 있는 CN에 투명하도록 해준다. MAP은 또한 AR 간의 빠른 고속 핸드오프를 수행하기 위하여 사용될 수도 있다. MN이 RCoA를 이용할 때 MAP은 MN에 대하여 기본적으로 지역적 HA로써 동작한다.

HMIPv6를 인식할 수 있는 이동 IPv6가 구현된 MN는 MAP을 사용하거나 표준 이동 IPv6를 선택할 수 있고 또한 MN은 언제든지 MAP을 사용하는 것을 중단할 수도 있으며 이는 MN에서 또는 네트워크 운용 측면에서 높은 융통성을 제공한다. 이러한 HMIPv6의 전반적인 형태는 Fig 2와 같다.

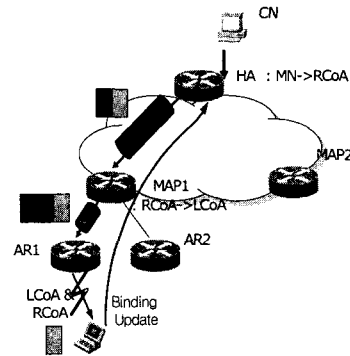


Fig 2. HMIPv6의 구성(기본 모드)

#### 2. MAP 옵션과 BU 메시지

MN이 외부망에 접속했을 때 MN은 AR이 보내는 라우터 광고 메시지를 받고 이 메시지에 포함되어 있는 MAP의 글로벌한 주소를 발견하게 된다. 이러한 것은 MAP 옵션이 라우터 광고 메시지에 포함되어 있기 때문이다. MAP은 주기적으로 자신과 연결되어 있는 AR들에게 이러한 MAP 옵션이 있는 MAP 광고 메시지를 AR들에게 보내게 된다. 각 AR들은 이 MAP 옵션을 저장한다. 이와 같은 방법으로 외부망으로 진입한 MN은 AR로부터 MAP의 정보와 망의 prefix 정보를 파악한 후 MAP에게 BU 메시지를 보내 지역적인 등록을 해야 한다. 이 BU 메시지에는 확장 모드일 경우 MN이 디폴트 라우터로부터 광고되는 prefix 정보를 이용하여 생성한 CoA(LCoA)와 자신의 홈 네트워크에서 사용되는 home address가 포함된다. 만일 기본 모드라면 LCoA와 MN이 MAP 옵션의 정보에 따라 생성한 CoA(RCoA)가 home address로써 포함되어 진다. MN으로부터 BU메세지를 받은 MAP은 이러한 MN의 정보를 바인딩 캐쉬에 저장

하고 차후에 HA나 CN으로부터 오는 패킷을 전달 하는데 사용하게 된다. BU 메시지와 MAP 옵션 형식은 Fig 3,4와 같고 각 필드의 역할은 다음과 같다.

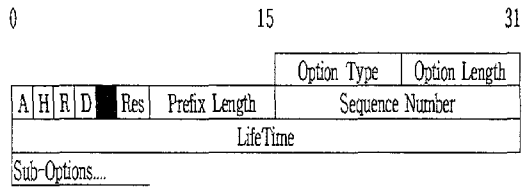


Fig 3. BU 메시지 형식

**M Flag:** 이 부분이 세팅되어 있다면 이는 HA가 아닌 MAP에게 등록하려는 메시지임을 알린다.

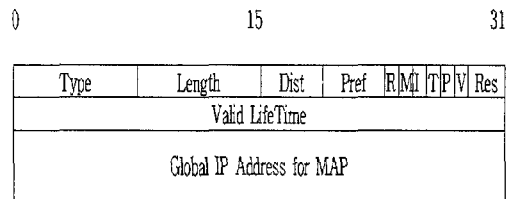


Fig 4. MAP 옵션 형식

- R:** HMIPv6에서 기본 모드로 동작됨을 알린다.
- M:** HMIPv6에서 확장 모드로 동작됨을 알린다.
- I:** 이부분이 1로 세팅되어 있다면 MN은 RCoA를 소스 주소로 사용할 수 있다. 만일 R 플래그가 세팅되어 있지 않다면 세팅할 수 없다.
- P:** 이부분이 1로 세팅되어 있다면 MN은 RCoA를 소스 주소로 반드시 사용해야 한다. 만일 M 플래그가 세팅되어 있다면 세팅할 수 없다.
- V:** 역 터널링을 사용함을 알린다.
- Valid lifetime:** 유효한 MAP 주소의 시간. 즉, RCoA가 유효한 시간으로 볼 수 있다
- Global Address:** MAP의 글로벌 주소중 하나로 기본모드에서는 이 주소는 MN이 RCoA를 구성하기 위한 Prefix 정보(64Bit)를 반드시 포함하고 있어야 한다.

### 3. HMIPv6의 기본모드

기본모드는 매우 간단한 구조로 되어 있으며 단지 MAP이 지역적으로 HA로의 역할을 수행하게 되는 것이다. 이 모드에서 MN은 두 가지 주소 RCoA와 LCoA를 생성한 MN은 먼저 MAP에게 BU메세지를 보내게 되는데 이때 BU 메세지의 형식 중 A, M, D 비트를 세팅 한 채로 보내게 된다. 또한 home address 필드에는 생성한 RCoA를 사용하며 LCoA는 BU메세지의 소스 주소 필드로 사용된다. 이러한 BU 메세지는 MN의 RCoA와 LCoA를 바인드시키게 된다. MAP은 BU메세지를 받으면 주소 충돌 검사후 MN에게 BA메세지를 보내게 된다. MAP에게 BU 메시지를 보낸 후 BA메세지를 받으면 MN은 HA에게 BU 메시지를 보내게 된다. 이때에는 home address 필드는 자신의 홈 주소로 하고 alternate CoA 옵션은 RCoA로 설정한다. 현재 바인딩 리스트에 있는 CN이 있다면 같은 방식으로 BU 메시지를 CN에게 보내게 된다. 만일 AR로부터 받은 MAP 옵션에 I 또는 P 비트가 1로 세팅되어 있다면 외부로 향하는 모든 메시지의 소스 주소는 RCoA를 사용하고 alternate CoA 옵션은 사용하지 않는다. 또한 빠른 핸드오버를 위해서 MN은 MAP 영역을 변경하기 전의 MAP에게도 BU메세지를 보내게 된다. 이렇게 함으로써 이전의 MAP으로 오는 패킷은 현재 LCoA로 보내지게 된다[17].

MAP이 MN의 RCoA를 목적지로 하는 패킷을 수신할 경우 이동 IPv6의 HA와 같이 그 패킷을 가로채어서 바인딩 캐쉬를 참조하여 MN의 LCoA로 터널링시키고 MN은 패킷을 디캡슐레이션 한다. MN은 MAP의 영역 내에서 현재 위치해 있는 AR이 변경 되어도 RCoA는 변경 되지 않고 LCoA만 변경되므로 HA나 CN에게 새로운 BU메세지를 보내지 않아도 된다. 기본 모드에서 MAP은 거의 HA과 같은 동작을 하게 된다.

### 4. HMIPv6의 확장 모드

HMIPv6의 확장 모드에서 MN은 MAP의 인터페이스중 하나인 주소를 RCoA로 할당 받게 된다. 이러한 RCoA는 MAP 옵션에 포함되어 있는데 이 RCoA는 각 MN마다 중복될 수 있다. 그러므로 기본 모드와는 다르게 외부로 향하는 패킷의 소스 주소를 RCoA로 할 수 없다. 확장 모드에서는 MN이 MAP 옵션의 M과 T 또는 V 플래그를 1로 세트된 채로 받을 수 있다. 또한 MN은 HA와 CN에게

BU를 RCoA를 사용하여 보내게 된다. 외부로부터 패킷을 받은 MAP은 바인딩 캐쉬의 MN의 홈 주소와 LCoA를 참조 하여 MN의 현재 LCoA로 터널링하게 되는데 이는 기본모드에서 MN의 RCoA와 LCoA를 참조하여 MN에게 터널링한 것과 대조적이라고 할 수 있다.

외부망으로 들어온 MN은 MAP에게 BU 메시지를 보내는데 이 BU 메시지에는 반드시 A와 M 플래그가 1로 세트되어야 하며 home address 필드에는 MN의 홈 주소가 들어가고 CoA로는 LCoA가 사용되어야만 한다. MAP으로부터 BA 메시지를 수신한 MN은 HA에게 역시 BU 메시지를 보내야 하는데 이때에는 반드시 소스 주소로 LCoA가 사용되어야 하며 home address 필드에는 MN의 홈 주소가 CoA는 alternate-CoA 옵션을 사용하여 RCoA를 사용해야만 한다. 만일 MN이 여러 개의 홈 주소를 사용한다면 MAP에게 보내는 BU 메시지의 home address 필드와 HA에게 보내는 BU의 home address 필드의 값은 반드시 같아야 한다. MN이 MAP으로부터 전달되어온 패킷을 수신하였을 때 해당 패킷이 라우트 최적화 방법을 사용하여 CN으로부터 직접 온 것인지 아니면 HA를 거쳐 삼각 라우팅 방법으로 온 것인지에 대해 판단을 해야 할 필요가 있다. 그러므로 MN은 MAP으로부터 받은 패킷의 안쪽 헤더에 라우팅 헤더가 포함되어 있는지 여부를 체크해야만 한다. 만일 라우팅 헤더가 존재 한다면 이는 CN으로부터 직접 MAP으로 들어온 패킷이며 아니라면 이는 HA를 통해서 온 패킷이므로 MN은 CN이 자신의 CoA정보를 가지고 있지 않다고 판단하고 CN에게 BU 메시지를 보내야만 한다.

MN으로부터 BU 메시지를 수신한 MAP은 MN의 홈 주소와 LCoA를 바인딩 캐쉬에 저장하고 BA 메시지를 MN에게 응답으로서 보낸다. MAP 영역에 있는 MN으로 향하는 모든 패킷은 MAP이 수신하게 된다. 이때 해당 패킷이 인캡슐레이션되어 있다면 MAP은 외부 헤더를 디캡슐레이션 한 후 내부 헤더에 라우팅 헤더가 존재 하지 않는다면 내부 헤더의 목적지 주소를 바인딩 캐쉬와 대조하여 해당 MN의 LCoA로 인캡슐레이션 후 터널링하게 된다. 만일 내부 헤더에 라우팅 헤더가 존재 한다면 MAP은 반드시 라우팅 헤더를 진행한 후 최종 목적지의 주소와 자신의 바인딩 캐쉬를 참조하여 해

당 MN을 찾은 후 MN의 LCoA로 터널링 시켜야만 한다. 캡슐레이션 되어 있지 않은, 즉 CN으로부터 직접 온 패킷 역시 라우팅 헤더를 진행한 후 MN의 LCoA로 터널링하게 된다. HMIPv6의 확장 모드를 사용할 경우 이동 IPv6의 HA는 약간의 변경이 필요하게 된다. HA가 MN의 site-local 범위의 홈 주소로 패킷을 터널링할 경우 MAP은 MN의 global 범위의 홈 주소만을 알고 있으므로 HA는 캡슐화 하는 외부헤더의 라우팅 헤더를 추가 하여 최종 목적지가 MN의 global 홈 주소임을 알려야만 한다.

#### IV. 페이징

이동성을 지원하는 네트워크망에서는 MN의 위치를 지속적으로 라우터 또는 게이트웨이에 알려야 할 필요가 있다. 이는 외부로부터 패킷이 들어올 경우 현재 MN의 위치를 알고 있어야 올바른 경로로 패킷을 전송할 수 있기 때문이다. 그러나 현재 무선망은 채널의 재사용 효율과 MN의 전력 절감을 목적으로 하나의 베이스 스테이션이 관리하는 영역을 작게 하는 추세이다[13]. 이러한 마이크로 또는 피코 영역의 망에서 MN이 이동하게 된다면 잦은 핸드오프가 일어나게 될 것이고 네트워크의 부하 또한 커지고 MN의 전력 소모도 커질 것이다. 현재 이러한 문제를 해결하고자 페이징을 적용하는 방법 [9][10][11]들이 연구되고 있다. 페이징이란 현재 데이터를 주고받지 않는 상태의 MN가 몇 개의 베이스 스테이션 또는 라우터를 하나의 영역으로 인식하고 이 영역 안에서 이동할 경우 새로운 지점으로 이동하였음을 네트워크에 알리지 않는 방법을 말한다. 또 그러한 영역을 페이징 영역(Paging Area)이라고 한다. 이동 IPv4에서는 마이크로 망에 관한 프로토콜인 HAWAII나 셀룰러 IP같은 경우도 이와 같은 페이징 방법을 사용하고 있다. 페이징 서비스를 사용함으로써 MN의 전력 낭비를 현저히 줄일 수 있고 휴지모드의 MN이 페이징 영역을 벗어나지 않는 한 업데이트 메시지를 네트워크망에 보내지 않으므로 망의 부하를 줄일 수 있는 이점을 얻을 수 있다. 이동 IP에서 이러한 비활동 상태의 MN에 페이징을 적용하는 구조로 HA 페이징 방법과 FA 페이징 방법 그리고 Domain 페이징 방법 등이 있고 다른 노드로부터 데이터가 전송될 때 현재 MN

의 위치를 찾는 페이징 알고리즘으로 Fixed paging과 Hierarchical paging 그리고 Last-location paging 등의 알고리즘들이 연구 되고 있다[9].

### V. HMIPv6의 페이징 적용

#### 1. 페이징 적용의 필요성

HMIPv6는 이동 IPv6를 기본으로 하고 MAP을 두어 마이크로 영역에서 지역적 CoA를 등록하는 프로토콜이다. 마이크로 망을 관리하는 방법인 만큼 하나의 AR이 관장하는 영역이 작아질수록 채널의 재사용과 MN의 전력 소모를 감소시킬 수 있을 것이다[13]. 그러나 HMIPv6에서는 MN가 AR의 위치가 변경 될 때 마다 MAP에게 새로운 LCoA에 관한 BU메세지를 보내야만 한다. HMIPv6의 MAP은 MN에게 들어오는 모든 패킷을 수집하므로 MAP에서 병목 현상이 생길 수 있다. 이러한 MAP에 수많은 MN이 AR이 변경 될 때 마다 MAP에게 BU 메시지를 보낸다면 전체적인 네트워크뿐만 아니라 MAP에 생기는 병목현상이 심화 될 수 있다. 또한 MN들이 활동 중이 아니라 비활동상태인 경우도 많을 것이며 이러한 비활동상태의 MN이 MAP에게 AR이 변경될 때 마다 BU 메시지를 MAP에게 보내는 것은 매우 비효율적이므로 HMIPv6에 페이징을 적용하는 것은 MN의 전력적인 측면에서나 네트워크망 전체 그리고 MAP의 병목 현상을 줄여주는데 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

페이징 영역당 AR의 수를  $m$ , AR의 총 수를  $n$ , AR당 MN의 수를  $k$ 라 했을 때 HMIPv6에 페이징 기법과 Last-Location 알고리즘 적용되지 않은 구성에서는 MAP에서 휴지모드의 목적지 MN을 찾기 위해  $n$ 개의 AR에게 메시지를 보내게 되고 각 AR은 브로드캐스팅을 통해  $m$ 개의 MN에게 보내게 되므로 총 메시지의 수는  $nk$ 가 된다. 목적지 MN은 BU를 통해 활성모드로 전환되고 버퍼링된 패킷을 받게 되지만 망 전체에 파생되는 페이징 요청 메시지의 오버헤드는 휴지상태의 노드의 이동이 빈번할 수록 큰 문제가 될 수 있다. HMIPv6에 페이징 기법과 Last-Location 알고리즘 적용된 구성에서는 MAP은 먼저 마지막으로 BU를

받은 AR로 찾는 메시지를 보내고 응답이 없으면 동일 페이징 영역내의 다른 AR들에게 브로드캐스팅을 하여 해당 MN을 찾게 된다. 동일한 페이징 영역내에서 이동할 경우 MN은 AR에게 휴지모임을 알릴 필요가 없기 때문에 마지막으로 등록된 AR에 존재할 확률( $P$ )은  $0 \leq P \leq 1$  이며 휴지모드의 목적지 노드를 찾기위한 페이징 요청 메시지의 수는

$$P k + (1 - P) m k$$

가 되며 정리하면  $m + (1 - m) P k$ 가 된다.

페이징 기법과 Last-Location 알고리즘 적용된 경우 마지막으로 BU를 받은 AR에 목적지 노드가 없는 경우 동일 페이징 영역내에 다시 브로드 캐스팅을 통하여 목적지 노드를 찾기 때문에 일반 HMIPv6에서 MAP이 MN을 찾는데 걸리는 시간의  $(1 + (1 - P))$  배 만큼 더 지연이 발생되고 그에 따른 MAP의 버퍼 점유율이 커지는 단점은 있지만  $m + (1 - m) P k \ll nk$  이기 때문에 각 MN에서 처리해야 할 페이징 요청 메시지는 상당히 줄어들게 되는 이점이 있다.

#### 2. 페이징이 적용된 HMIPv6의 동작

페이징을 적용한 HMIPv6는 동일 페이징 영역 내에서는 AR을 변경하여도 MAP에게 BU를 보내지 않고 비활동상태의 MN을 찾는 방법을 추가한 것이다. 이동 IPv6[2], HMIPv6[3]에서는 FA의 개념이 없으므로 대신 MAP 페이징 개념을 도입하여 사용하며 비활동상태의 MN을 찾는 페이징 알고리즘은 가장 효율성이 뛰어난 것으로 알려져 있는 Last-Location[9] 알고리즘을 사용한다.

MN이 비활동상태로 전환 될 경우 MN은 AR로부터 받은 페이징 ID값을 확인 하고 이를 저장 한 후 MAP에게 BU메세지에 P 플래그를 1로 세팅하여 보냄으로서 MAP이 이 MN이 현재 비활동상태로 들어갔음을 알리도록 한다. 이때에 BU의 lifetime 값은 활동상태의 MN의 그 값 보다 훨씬 큰 값으로 변경해야 할 것이다. 이러한 변형된 BU 메시지의 형식은 다음 Fig 5과 같다.

0		15		31	
			Option Type	Option Length	
A	H	R	D	Res	Prefix Length
			Sequence Number		
LifeTime					
Sub-Options...					

Fig 5. 변형된 BU 옵션 메시지 형식(페이징 등록 메시지)

MAP이 이러한 P 플래그가 세팅되어 있는 지역적 등록 메시지를 수신하면 바인딩 캐쉬에 기존 HMIPv6와 같이 해당 MN의 정보와 추가적으로 MN이 현재 비활동상태임을 기록해 놓는다. 이후 MN은 같은 페이징 영역에서 AR이 변경 되었을 때에는 더 이상 MAP에게 지역적 등록을 위한 BU 메시지를 보내지 않게 되고 오직 페이징 영역이 변경 되었을 때나 lifetime이 만료 될 때 BU메세지를 MAP에게 보내게 됨으로써 빈번한 MN의 BU메세지 전송을 줄이게 된다.

같은 MAP상의 새로운 페이징 영역으로 들어온 MN은 먼저 AR로부터 광고되는 라우터 광고 메시지를 수신하고 이 광고메세지에 포함되어 있는 페이징 영역 ID 확장 부분을 검사하여 자신이 새로운 페이징 영역으로 들어왔음을 인식하게 된다. 이때에는 새로운 지역적 등록을 MAP에게 해야만 한다. 그러므로 기존 HMIPv6의 AR이 변경 되었을 때처럼 AR로부터 새로운 LCoA 생성하고 이를 이용하여 다시 P 플래그가 세팅된 지역적 등록인 BU메세지를 MAP에게 보내게 되고 이를 수신한 MAP은 MN의 정보를 갱신하게 된다. 만일 새로운 MAP 영역으로 이동되었음을 인식했을 때는 HMIPv6의 MAP간을 이동 하였을 때와 동일하게 동작한다. 즉 MN은 활동모드로 전환되고 새로운 MAP에 일반적인 BU 메세지를 보내야 한다.

0		15		31	
Type	Length	Reserved			

Fig 6. 페이징 영역 ID 형식

Fig 8에서 보여주듯이 비활동상태에 있는 MN로 향하는 패킷이 MAP에게 도착했을 때, MAP는 바인딩 캐쉬를 참조하여 해당 MN이 현재 비활동상태

임을 인식하고 패킷을 일단 버퍼링하고 등록되어 있는 AR 즉, MN이 마지막으로 접속해 있던 AR로 페이징 요청 메시지를 보냄으로써 시작된다.

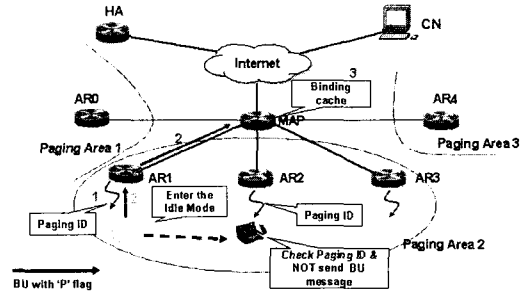


Fig 7. 페이징이 적용된 HMIPv6에서의 페이징 등록

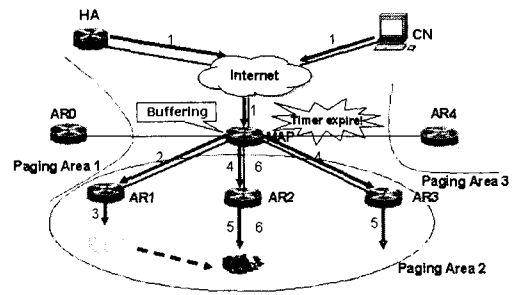


Fig 8. HMIPv6의 페이징 과정

다음은 MAP 페이징 알고리즘을 설명한 것이다.

- ① HA 또는 CN으로부터 MN로 향하는 패킷이 MAP에게 도착했을 때, MAP는 바인딩 캐쉬를 참조하여 해당 MN이 현재 휴지모드 상태임을 인식하고 패킷을 일단 버퍼링한다.
- ② MAP은 페이징 요청 메시지를 MN이 마지막으로 접속해 있던 AR을 목적지 주소로 하여 보내고 일정 시간 동안 MN의 BU 메세지를 기다리는 페이징 타이머를 동작 시킨다.
- ③ MAP의 주소를 소스 주소로 하는 페이징 요청 메시지를 받은 AR은 자신의 영역 내에 해당 MN의 홈 주소를 포함한 페이징 광고 메세지를 보낸다. 만약 MN이 AR간을 이동하지 않고 그대로 위치해 있다면 MN은 MAP에게 BU메세지를 전송하고 활동 모드로 전환되는 것으로 페이징 절차는 끝나게 된다. 이때 MAP은 버퍼링해 두었던 패킷과 이후의 패킷을 전달한다.
- ④ 만약 MAP이 MN으로부터 BU 메세지를 받지 못하고 페이징 타이머가 만료된다면 마지막 위치의

AR을 제외한 나머지 AR들로 향하는 인터페이스로 페이징 요청 메시지를 보내고 역시 같은 시간을 가지는 타이머를 동작 시킨다.[7].

⑤ MAP으로부터 페이징 요청 메시지를 받은 각 AR들은 영역 내에 페이징 광고 메시지를 보낸다.

⑥ 새로운 AR에 접속해 있던 MN은 페이징 광고 메시지를 받고 새로운 LCoA를 생성한 후 BU를 MAP를 보냄으로써 현재의 정확한 위치를 알린다. MAP은 그 때까지 버퍼링해 놓았던 패킷을 MN에게 전달한다.

페이징 절차가 끝나면 MAP의 바인딩 캐쉬에는 MN의 정확한 위치가 저장되어 있으므로 이 후의 패킷은 정확하게 전달된다. 여기서 사용되는 페이징 요청 메시지와 페이징 광고 메시지는 제안된 메시지 형식으로 다음의 Fig 9 와 Fig 10과 같이 구성 되는데 이 메시지는 IPv6의 목적지 옵션 헤더에 추가되는 서브옵션 형식이다.

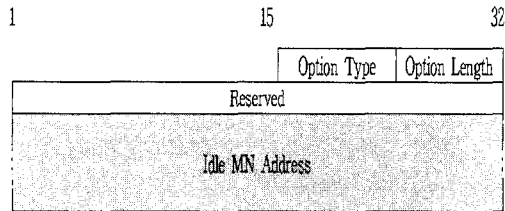


Fig 9. 페이징 요청 메시지의 형식

Idle MN Address : 외부로부터 온 패킷의 최종 목적지 주소 즉, 활동모드로 전환되어야 할 MN의 홈 주소로 하나 이상의 MN들을 찾기 위해 하나 이상의 MN 주소를 사용할 수 있다.

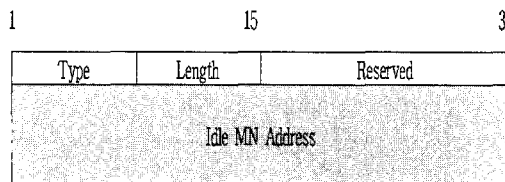


Fig 10. 페이징 광고 형식

이 형식은 라우터 광고 메시지에 옵션으로 추가되어 진다.

Idle MN Address : 활동모드로 전환되어야 할 MN의 홈 주소로 하나 이상의 MN들을 전환하기 위해 하나 이상의 MN 주소를 사용할 수 있다.

## VI. 성능 분석

### 1 실험 환경

모의실험을 위한 도구로는 linux 환경하에서 C++ Testbed인 OMNet++ 2.2[14]를 사용하여 시뮬레이션 하였다. MAP은 1개를 두었으며 MAP 도메인 안에는 다수의 AR을 두었는데 MN는 각각의 속도 값으로 랜덤하게 망을 움직이게 된다[15]. 모의실험에서는 두 가지 성능 측정을 해 보았다.

첫 번째 측정은 HMIPv6과 페이징을 적용한 HMIPv6의 성능비교를 MN의 수가 10개일 때와 20개 일 때로 나누고, HMIPv6의 경우 모든 노드를 활동상태로, 페이징 HMIPv6인 경우 활동상태인 MN와 비활동상태인 MN를 2:8의 비율로 두고 3시간 동안 측정하였다. 또한 MN의 이동속도는 서로 다르게 설정하였다.

두 번째 측정은 두개의 페이징 영역 안에 AR의 개수가 각각 2개, 3개, 4개인 경우로 나누어 페이징 영역 크기에 따른 성능 측정을 해 보았다.

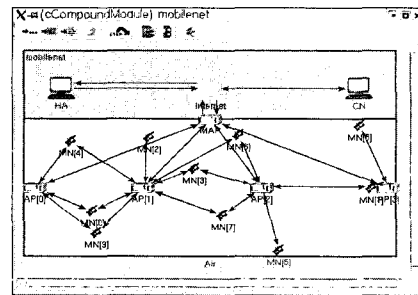


Fig 11. 모의실험 네트워크

### 2 HMIPv6와 페이징 HMIPv6

모의실험 시간	3 hour
전체 망의 AR의 수	4개
전체 망의 MAP의 수	1개
전체 망의 MN의 수	10개, 20개
MN의 이동 주기	1 sec
라우터의 광고 메시지 주기	0.2 sec
MN의 이동 속도	0.2, 0.8, 2, 5m/s
MAP 옵션 광고주기	1 sec
휴지모드인 MN과 활동 모드인 MN의 비율	8:2
페이징 영역 당 AR의 수	2개

Table 1. 모의실험 1를 위한 파라미터 값



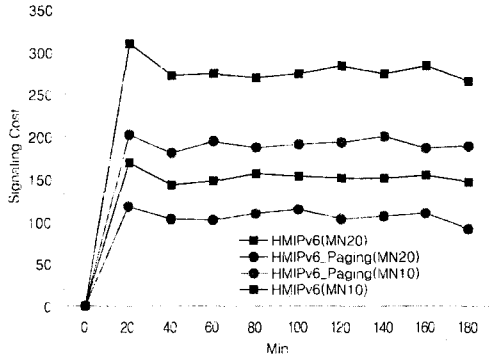


Fig 12. HMIPv6와 페이징 적용된 HMIPv6의 메시지 수 비교

이번 실험은 기존의 HMIPv6와 페이징을 적용한 HMIPv6에서 MAP이 시간당 받게 되는 BU의 메시지 수를 MN의 수에 따라 측정된 것으로 측정 최종시간인 3시간째의 최종 BU메시지 개수가 HMIPv6인 경우 1378개와 2496개 이고 페이징 HMIPv6 인 경우 958개와 1746개로 페이징을 적용한 경우가 약 30%의 정도의 메시지 감소의 효과를 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 Fig 12에서 MN의 수를 10개에서 20개로 두 배 증가 하였을 때 MAP으로 향하는 패킷 수의 증가율이 페이징을 적용하였을 경우 더 작다는 것을 알 수 있다. 즉 페이징이 적용 되지 않은 상태에서 MN의 수가 증가 한다면 망의 걸리는 부하는 페이징이 적용되었을 때보다 더 많이 증가 한다고 할 수 있다. 결과적으로 HMIPv6에 페이징의 적용은 MN가 같은 페이징 영역에서 AR이 변경되어도 MAP에게 BU메시지를 보내지 않으므로 MAP으로 향하는 메시지의 수를 현저히 줄여주고 망의 부하를 줄여주는 역할을 한다는 것을 알 수 있다.

3 페이징 영역 크기에 따른 성능 분석

모의실험 시간	30 min
전체 망의 AR의 수	8개
전체 망의 MN의 수	5개
중계 망의 MAP의 수	1개
라우터의 광고 메시지 주기	0.2 sec
MN의 이동 속도	50km/h
MAP 올린 광고주기	1 sec
페이징 영역의 비율(AR의 수)	2:2:2, 3:3:2, 4:4

Table 2. 모의실험2 을 위한 파라미터 값

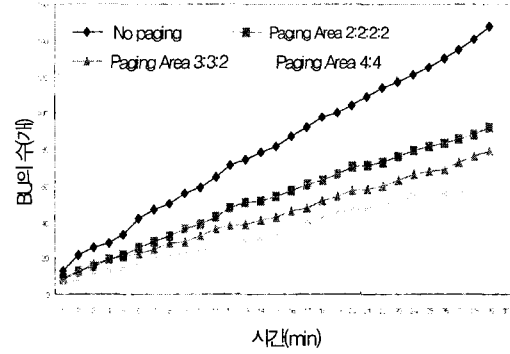


Fig 13. 페이징 영역 크기에 따른 누적된 BU의 수

이 실험은 하나의 MAP 영역에서 AR의 수를 1개, 2개, 3개, 4개씩 묶어 하나의 페이징 영역을 구성한후 30분간 50km/h의 MN 5개를 이동시켜 BU의 수를 측정해 보았다. Fig 16에서 알 수 있듯이 페이징 영역의 크기가 크면 클수록 누적된 BU의 양이 현저히 감소함을 알 수 있다. 30분간의 실험이 끝났을 때 누적된 BU의 수는 페이징을 적용하지 않은경우 148개, 2개의 AR을 한 페이징 영역으로 구성된 경우는 92개, 3개의 AR을 한 페이징 영역을 구성한 경우는 79개, 4개의 AR을 한 페이징 영역으로 구성된 경우는 63개가 측정되었다. 이는 4개의 AR을 한 페이징 영역으로 구성하였을 때 페이징을 적용하지 않은 경우에 비해 지역 등록을 위한 신호 트래픽을 57% 감소 시킬수 있었다.

VII. 결론

현재 IP주소의 부족 문제를 해결하고 이동성을 지원할 수 있는 프로토콜의 필요성이 절실히 요구되고 있다. 이러한 요구 들을 수용하기 위한 방법으로 페이징이 적용된 이동 HMIPv6를 제안하고 성능을 평가하였다. 실험을 통해 페이징이 적용된 HMIPv6에서 기존의 HMIPv6 보다 훨씬 적은 양의 BU 메시지가 MAP으로 향하는 것을 알 수 있었으며 페이징 영역이 크면 클수록 BU의 개수가 감소함을 알 수 있었다. 하지만 페이징을 적용한다는 것은 휴지 모드상태의 MN을 찾는데 지연이 발생함을 의미한다. 페이징 영역이 커진다는 것은 그 안에 MN의 수가 많아져서 페이징 지연이 커질 수 있음을 의미하기 때문에 서로간의 trade-off 가 발생한다. 향후과제로 이 두 가지 trade-off 관계에 관한 비교분석이 필요하며, 최적화된 페이징 영역의

크기를 찾는 연구가 이루어져야 할 것이다. 또한 UDP와 같은 패킷이 지속적으로 전송되어 올 때 MAP의 버퍼링 한계에 따른 문제를 해결하기 위한 버퍼링의 분산에 대해서도 추가적인 연구가 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] C. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4" *IETF RFC 3344*

[2] David B. Johnson, Charles Perkins "Mobility Support in IPv6" *<draft-ietf-mobileip-ipv6- 17.txt>* May 2002

[3] A.G. Valko, "Cellular IP: A New Approach to Internet to Internet Host Mobility," *ACM Computer Communication Review*, January 1999

[4] R. Ramjee, et. al, "HAWAII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Network," *ICNP '99*

[5] Claude Castelluccia "Hierarchical MIPv6 mobility management" *<draft-ietf-mobileip- hmipv6-06.txt>* July 2002

[6] Z. D. Shelby, D. Gatzounas, A. T. Campbell, and C-Y. Wan, Cellular IPv6, *draft-shelby-seamoby-cellularipv6-00*, Work in Progress, November 2000.

[7] B.Sarikaya "Mobile IPv6 Regional Paging" *<draft-sarikaya-mobileip-hmipv6rp-00.txt>* November 2000

[8] Tsuguo Kato, Hideaki Ono "A Study on Mobile IPv6 Based Mobility Management Architecture" *FUJITSU Sci.Tech. J.37.1*, pp.65-71(June 2001)

[9] R. Ramjee, L.Li "IP paging Service for Mobile Hosts", 2001 *ACM SIGMOBILE*

[10] B. Sarikaya, Xiaofeng Xu, Vinod Kumar Choyi, Andrew Krywaniuk "Mobile IPv6 Hierarchical paging" *<draft-sarikaya-seamoby-miphp-00.txt>* September 2001

[11] Javier Gomez, Xiaowei Zhang "P-MIP:

paging in Mobile IP". 2001

[12] Charles Perkins "Route Optimization in Mobile IP" *<draft-ietf-mobileip-optim-11.txt>* September 2001

[13] Alper Yegin "Micromobility Problem Statement" *<draft-irtf-mm-prob-stmt-00.txt>* June 2002

[14] OMNET++ 2.2  
<http://whale.hit.bme.hu/omnetpp/>

[15] Simulation of Mobile IPv6  
<http://www-tkn.ee.tu-ber lin.de/research/mobileip/index.html>

[16] Choi Hoon, N. Moayeri, "A Fast Handoff Scheme for Packet Data Service in the CDMA 2000 System" *IEEE GLOBECOM '01*, Volume 3 Page 1747-1753 2001

[17] Rajeev Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6" *<draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-05.txt>* September 2002

정 계 갑(Gye-gab Jeong) 정회원



1989년 8월 중앙대학교 전자공학과(공학사)  
1993년 8월 중앙대학교 전자공학과(공학석사)  
1997년 8월 ~ 현재: 중앙대학교 전자공학과 박사과정

<주관심분야> Mobile IP, Ad-hoc Network, Sensor Network

이 상 욱(Sang-Wook Lee) 정회원



2002년 2월 중앙대학교 전자전기공학부(공학사)  
2003년 3월~현재 중앙대학교 전자전기공학부 석사과정

<주관심분야> Mobile IP, Sensor Network

김 준 년(Jun-Nyun Kim)    중신회원



1978년 2월 : 서울대학교  
전자공학과(공학사)  
1986년 8월 : 아이오와 주립  
대학교 컴퓨터공학(공학석사)  
1987년 12월 : 아이오와 주립  
대학교 컴퓨터공학(공학박사)

1988년~현재 : 중앙대학교 전기전자공학부 교  
수

1993년~1996년 : 한국통신학회 데이터통신망  
연구회 전문 위원장

1993년~1999년 : ISO/IEC/ JTC1/SC6(정보통  
신 국제표준기구) 제1실무위원장

1999년~현재 : ISO/IEC/ JTC1/SC6(정보통신  
국제표준기구) Chairman

1996년~1997년 : 한국통신학회 논문지 편집위원  
회 편집위원

2002년~현재 : 개방형 컴퓨터통신 연구회 회장

1997년 1월~12월 : 대한전자공학회 통신연구회  
전문위원장

1998년~현재 : 외교통상부 통상교섭 기술표준  
자문위원

2000년 9월~현재 : IBS (Intelligent Building  
System) Korea 부회장

<주관심분야> 네트워크 성능분석, Multimedia  
QoS, 표준화