

무선 인터넷에서 무선 시그널링 양을 줄이기 위한 이동성 관리 알고리즘

정회원 김 태 현*, 이 재 용*

Mobility Management Algorithm with Reduced Wireless Signaling Cost in the Wireless Internet

Taehyoun Kim*, Jaiyong Lee* *Regular Members*

요 약

Mobile IP의 사용자 수가 증가함에 따라 무선인터넷에서의 이동성 관리(mobility management)와 관련된 시그널링 오버헤드가 증가하게 된다. 이러한 이동성에 관련된 시그널링 오버헤드는 유선 네트워크 링크와 비교할 때 대역폭 자원이 더 적고 확장이 용이치 않은 무선 링크에 커다란 영향을 미치게 된다. 본 논문에서는 핸드오프 비율이 높은 액세스 라우터(access router)들을 그룹 존(group zone)으로 형성하여 무선 링크에서의 시그널링 비용(cost)를 급격히 줄일 수 있는 동적 IP-Grouping 알고리즘을 제안한다. 또한 수학적 분석 및 모의 실험을 통해 제안된 알고리즘이 다양한 환경에서 Hierarchical Mobile IPv6보다 무선 링크에서의 시그널링 비용이 적게 소요됨을 보인다.

Key Words : IP-Grouping; mobility management; wireless signaling cost; wireless Internet.

ABSTRACT

As the number of Mobile IP users is expected to grow, the signaling overhead associated with mobility management in the wireless Internet is bound to grow. And since the wireless link has far less bandwidth resources and limited scalability compared to the wired network link, the signaling overhead associated with mobility management has a severe effect on the wireless link. In this paper, we propose IP-Grouping algorithm that can greatly reduce the signaling cost in the wireless link as Access Routers(ARs) with a large rate of handoff are grouped into a Group Zone. Based on the numerical analysis and simulation, we show that the wireless signaling cost in the IP-Grouping is much lower than that of the Hierarchical Mobile IPv6 under various condition.

I. 서 론

Mobile IPv6(MIPv6)는 인터넷에서 다양한 어플리케이션과 디바이스에 대해 호스트 이동성 관리를 제공하는 거시적인 이동성(macro mobility) 해결을 묘사하고 있다^{[4][5]}. 이동 노드가 방문 네트워크로 이

동할 때마다 발생하는 바인딩 갱신 메시지는 네트워크 대역폭에 부하로 작용한다. 이를 극복하기 위하여 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)^[1]에서는 Mobility Anchor Point(MAP)라고 불리는 지역적 anchor point를 사용하여 이동 노드가 MAP 도메인 내에서 이동할 경우에는 MAP에서 바인딩 갱신을 처

* 연세대학교 전기전자공학부 고성능 멀티미디어 네트워크 연구실(tuskkim, jy1}@nasla.yonsei.ac.kr)
논문번호 : KICS2004-09-183, 접수일자 : 2004년 9월 2일

리한다. 이를 통해 HMIPv6는 MIPv6에 비해 MAP과 대응 노드(correspondent node ; CN)사이의 유선 네트워크 링크에서의 시그널링 비용을 줄일 수 있다. 한편 IETF에서는 MIPv6 네트워크에서 주소 자동 설정(address auto-configuration)을 통해 핸드오프 지연을 줄이기 위한 fast 핸드오프와 계층적 메커니즘을 병합한 HMIPv6 상에서의 Fast 핸드오버(Fast Handover over Hierarchical Mobile IPv6)를 제안하였다^{[2][3]}. 그러나 이것은 기본적으로 계층적 메커니즘으로 구성되어 있어 유선 네트워크 링크에서의 시그널링 비용을 줄이는 효과는 HMIPv6와 비슷하다.

그러나, 무선 인터넷 구조를 살펴보면 무선 링크는 유선 네트워크 링크와 비교할 때 대역폭 자원이 더 적고 확장이 용이치 않기 때문에 이동성에 관련된 시그널링 오버헤드는 무선 링크(wireless link)에 커다란 영향을 미치게 된다^[2]. 또한 차세대 무선 인터넷에서는 셀의 크기가 소형화됨에 따라 이동 노드의 잦은 이동이 발생하게 되고 이러한 영향은 더욱 더 크게 발생하게 된다^[6].

본 논문에서는 많은 수의 이동 노드에 대한 이동성이 존재하는 지역에서의 동적 IP-Grouping 알고리즘을 제안한다. 제안된 알고리즘은 액세스 라우터들은 측정된 핸드오프 이력(history)로부터 이끌어낸 핸드오프 비율을 사용함으로써 그룹 존을 동적으로 생성한다. 동일한 그룹 존 내에서 이동 노드의 핸드오프가 액세스 라우터 간에 발생하더라도 이동 노드의 현재 의탁 주소(care-of address)가 변경되지 않는다. 이에 대한 결과로써, 지역 바인딩 갱신(local binding update)은 발생되지 않아 무선 링크에서의 시그널링 오버헤드는 급격하게 감소한다. 그래서 동적 IP-Grouping은 다음과 같은 이득을 갖는다. 첫 번째로 무선 네트워크 자원이 절감된다. 두 번째는 이동 노드의 전력소비가 감소된다. 마지막으로 간섭의 감소로 인해 통신 품질이 좋아진다.

논문의 구성은 다음과 같다. II장에서 동적 IP-Grouping 개요를 제공하고 III장에서는 동적 IP-Grouping의 세부 동작을 묘사한다. IV장은 IP-Grouping과 Hierarchical Mobile IPv6의 성능 분석 비교를 제시한다. 마지막으로 V장에서 우리는 논문의 결과를 맺는다.

II. 동적 IP-Grouping의 개요

2.1 네트워크 구조

IP-Grouping 알고리즘의 네트워크 구조는 그림 1과

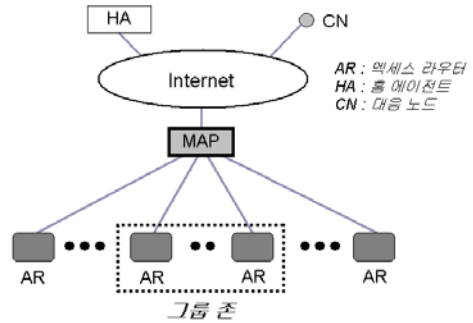


그림 1. IP-Grouping의 네트워크 구조

같이 Hierarchical Mobile IPv6^[1]를 근간으로 한다. 기본적인 기능은 다음과 같이 구성된다.

- MAP: 그룹 존을 생성하기 위하여 상응하는 액세스 라우터들에게 명령을 수행하고 이동 노드의 패킷을 새로운 액세스 라우터로 절체한다.
- 액세스 라우터: 핸드오프 이력을 가진 이동 상태(movement status)를 감시한다. 측정된 핸드오프 비율이 임계값을 초과하거나 이하로 떨어질 경우에는, 해당하는 액세스 라우터는 자신의 상태와 이웃 액세스 라우터의 IP 주소를 MAP으로 송신한다.
- 그룹 의탁 주소(group care-of address ; GCoA): 그룹 존 생성을 위해 액세스 라우터에 의해 광고되어진 그룹 네트워크 프리픽스(group network prefix)를 근거하여 이동 노드에서 구성한 의탁 주소이다.
- 국부 의탁 주소(local care-of address ; LCoA): 액세스 라우터에 의해 광고되어진 원래의 네트워크 프리픽스(original network prefix)를 근거하여 이동 노드에서 구성한 의탁 주소이다.
- 지역 의탁 주소(regional care-of address ; RCoA): 액세스 라우터에 의해 광고되어진 MAP 옵션을 근거하여 이동 노드에서 구성한 의탁 주소이다.
- 이동 갱신(movement update): 그룹 존 내에서 이동 노드가 새로운 액세스 라우터로 이동할 때, 이전 액세스 라우터는 지역 의탁 주소, 그룹 의탁 주소 그리고 새로운 액세스 라우터의 IP 주소간의 mapping 정보를 생성하기 위하여 MAP으로 이동 갱신 메시지를 송신한다.
- 지역 바인딩 갱신(local binding update): 이동 노드는 지역 의탁 주소와 국부 의탁 주소, 또

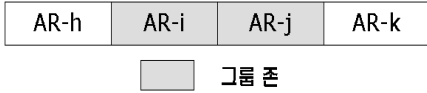


그림 2. 그룹 존의 정의

는 지역 의탁 주소와 그룹 의탁 주소간에 바인딩을 생성하기 위하여 MAP으로 지역 바인딩 갱신 메시지를 송신한다.

2.2 그룹 존의 정의

엑세스 라우터는 핸드오프 이력을 통해 이웃 액세스 라우터로의 이동 상태를 감시한다 즉, 액세스 라우터는 자신의 이웃 액세스 라우터로의 핸드오프 수를 일정 기간 동안 계산한다 그리고, 액세스 라우터는 핸드오프 이력으로부터 이끌어낸 핸드오프 비율을 사용함으로써 그룹 존을 동적으로 생성한다 그룹 존의 정의를 설명하기 위해 그림 2에서 보여진 것과 같이 1 차원 토폴로지를 가정한다 여기서, 식 (1)의 조건을 만족하면, 액세스 라우터 i (AR- i)는 액세스 라우터 j (AR- j)와의 그룹 존을 생성하기 위해 MAP으로 요구를 송신하고 MAP은 그룹 존을 생성토록 액세스 라우터 i 와 액세스 라우터 j 에게 명령한다. 이에 따라, 하나의 그룹 존은 액세스 라우터 i 와 액세스 라우터 j 에서 형성되어진다.

$$rateHO(i, j) \geq THi(GI) \quad (1)$$

여기서, $rateHO(i, j)$ 는 일정한 기간 동안의 액세스 라우터 i 에서 액세스 라우터 j 로부터의 핸드오프 비율이고 $THi(GI)$ 는 액세스 라우터 i 에서의 핸드오프 비율에 대한 그룹 개시(group initiation ; GI) 임계값이다.

또한, 식 (2)의 조건을 만족하면, 액세스 라우터 i 는 액세스 라우터 j 와의 그룹 존을 해제하기 위해 MAP으로 요구를 송신하고 MAP은 그룹 존을 해제토록 액세스 라우터 i 와 액세스 라우터 j 에게 명령한다. 이에 따라, 하나의 그룹 존은 액세스 라우터 i 와 액세스 라우터 j 에서 해제된다.

$$rateHO(i, j) \leq THi(GR) \quad (2)$$

여기서 $THi(GR)$ 은 액세스 라우터 i 에서의 핸드오프 비율에 대한 그룹 해제(group release ; GR) 임계값이다. 한편, 그룹 존을 생성하기 위한 $THi(GI)$ 와 그룹 존을 해제하기 위한 $THi(GR)$ 는 안정된 조건에서 변동(oscillation)을 피하기 위하여 히스테리시스(hysteresis)로부터 다른 값을 가진다. 즉, 그룹 존을

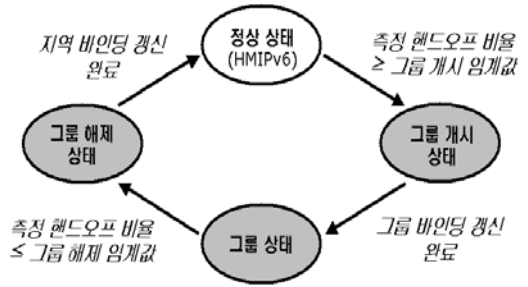


그림 3. 동적 IP-Grouping 알고리즘의 상태 다이어그램

형성하기 위한 트리거 조건(trigger condition)은 안정된 조건에서 변동을 피하기 위하여 그룹 존을 해제하기 위한 트리거 조건과는 충분히 다르다.

III. 동적 IP-Grouping의 세부 동작

IP-Grouping 알고리즘은 그림 3에 명시된 것과 같이 4가지 상태, 즉 정상 상태, 그룹 개시 상태, 그룹 상태 그리고 그룹 해제 상태로 동작한다. 동적 IP-Grouping 알고리즘의 각 상태에 대한 세부 동작은 다음과 같다. 참고적으로 여기서 설명의 용이성을 위해 액세스 라우터내의 다수의 이동 노드들 중 1개의 이동 노드 그리고 또한 다수의 액세스 라우터들 중에 두 개의 액세스 라우터에 적용된 그룹 존에 대한 IP-Grouping 알고리즘의 동작 원리를 설명한다. 즉, 실제로는 IP-Grouping 알고리즘은 동시에 동작하는 다수의 이동 노드와 다수의 액세스 라우터에 적용된다.

3.1 정상상태 (Normal State)

정상 상태에서는 IETF에 의해 제안된 Hierarchical Mobile IPv6로 동작한다. MAP 도메인으로 들어오는 이동 노드는 하나 또는 그 이상의 MAP에 대한 정보를 포함하는 라우터 광고 메시지를 수신한다. 이동 노드는 현재의 의탁 주소(LCoA)와 MAP의 서브넷 상에서의 지역 의탁 주소(RCoA)를 바인딩한다. 지역 홈 에이전트로 동작하는 MAP은 이동 노드를 대신하여 모든 패킷을 수신한다 그리고 그 때, MAP은 수신한 패킷을 인캡슐화하여 MN의 국부 의탁 주소(LCoA)로 전달한다. 만약 이동 노드가 지역 MAP 도메인 내에서 현재의 국부 의탁 주소(LCoA)를 변경한다면 단지 MAP으로 새로운 주소를 등록한다. 그래서, 대응 노드와 홈 에이전트로는 지역 의탁 주소(RCoA)를 등록한다. 이동 노드가 동일한 MAP 도메인내에서 이동하는 한 지

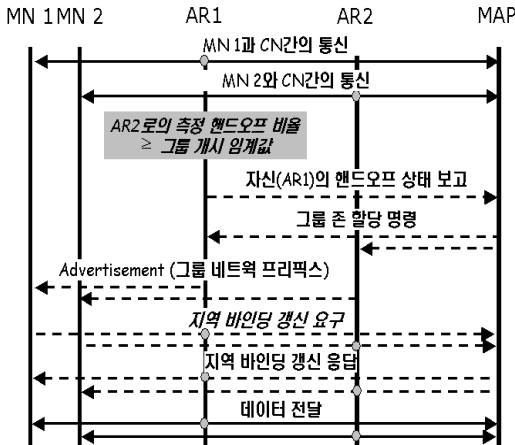


그림 4. 그룹 개시 상태에서의 메시지 흐름도

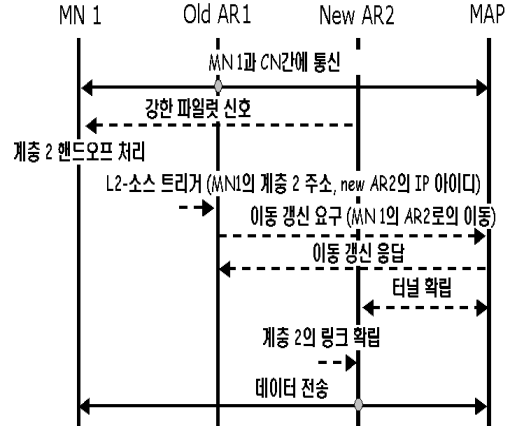


그림 5. 그룹 상태에서의 메시지 흐름도

역 위탁 주소(RCoA)는 변경되지 않는다. 이는 이동 노드의 이동성을 통신하고 있는 대응 노드로 투명성을 보장한다.

3.2 그룹 개시 상태(Group Initiation State)

그림 4는 그룹 개시 상태에서의 메시지 흐름을 보여주고 있다. 각 액세스 라우터는 원래의 네트워크 프리픽스(original network prefix)와 그룹 네트워크 프리픽스(group network prefix)를 가지고 있다. 원래의 네트워크 프리픽스는 주소 체계에 따라 액세스 라우터마다 다르게 존재하며 그룹 네트워크 프리픽스는 MAP내에 존재하는 모든 액세스 라우터에 동일하게 존재한다. 다만, 다른 MAP에서는 다른 그룹 네트워크 프리픽스를 사용한다. 이동 노드 1(MN 1)은 액세스 라우터 1(AR 1)을 통해, 이동 노드 2(MN 2)는 액세스 라우터 2(AR 2)를 통해 대응 노드와의 통신 수행 상태를 가정한다. 이 상태에서 이동 노드 1의 바인딩 캐쉬는 {RCoA 1 : LCoA 1} 이고 이동 노드 2의 바인딩 캐쉬는 {RCoA 2 : LCoA 2} 이다. 또한 MAP의 바인딩 캐쉬는 {RCoA 1 : LCoA 1} 그리고 {RCoA 2 : LCoA 2} 이다. 이때, 액세스 라우터 1은 액세스 라우터 2로의 측정 핸드오버 비율이 그룹 개시 임계값을 초과할 때 액세스 라우터 1은 자신의 핸드오버 상태와 액세스 라우터 2로의 IP 주소를 MAP으로 송신한다. 이후 MAP은 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2에 그룹 존을 생성하도록 명령한다.

절차에 따라, 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2는 라우터 광고 메시지를 사용하여 원래의 네트워크 프리픽스 대신 그룹 네트워크 프리픽스를 송신한다. 이동 노드 1과 이동 노드 2는 그룹 네트워크 프리픽

스를 수신하고 원래의 네트워크 프리픽스와 비교한다. 이동 노드 1과 이동 노드 2는 새로운 네트워크 프리픽스의 도착을 인식하고 주소 자동 설정 (address auto-configuration) 기능에 의해 새로운 그룹 위탁 주소 1(GCoA 1)과 그룹 위탁 주소 2(GCoA 2)를 생성한다. 이 메커니즘은 마치 이동 노드 1과 이동 노드 2가 각각 새로운 액세스 라우터로 핸드오버되어 지는 것처럼 인식하도록 한다. 이동 노드 1과 이동 노드 2는 새롭게 획득한 그룹 위탁 주소 1(GCoA 1)과 그룹 위탁 주소 2(GCoA 2)를 MAP으로 등록한다. 이후 MAP은 바인딩 캐쉬를 {이동 노드 1 - RCoA 1 : GCoA 1 : 액세스 라우터 1} 그리고 {이동 노드 2 - RCoA 2 : GCoA 2 : 액세스 라우터 2}로 갱신한다. 이 절차를 통해 그룹 존은 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2에서 생성되고 상태는 그룹 상태로 전환한다.

3.3 그룹 상태(Group State)

그룹 상태에서 대응 노드에서 이동노드 1(MN 1)과 이동노드 2(MN 2)로 전달되는 패킷 데이터는 MAP에서 새로운 그룹 위탁주소 1(GCoA 1)과 그룹 위탁주소 2(GCoA 2)로 인캡슐화하여 이동노드 1과 이동노드 2로 전달된다. 그림 5는 그룹 상태에서의 핸드오버의 메시지 흐름을 보여 주고 있다. 이동 노드 1은 이전 액세스 라우터 1(old AR 1)과의 통신을 가정한다. 여기서의 이동 노드 1과 MAP의 바인딩 캐쉬는 {RCoA 1 : GCoA 1 : 액세스 라우터 1}이다. 이동 노드 1이 새로운 액세스 라우터 2에 근접하게 되면 새로운 액세스 라우터 2의 강한 파일럿 시그널(pilot signal)을 수신하게 되고 이로 인해 계층 2 핸드오버가 수행된다. 여기서, 이전 액세스

스 라우터 1(old AR1)는 계층 2 - 소스 트리거(layer 2 - source trigger)를 사용하여 새로운 액세스 라우터 2(new AR2)의 IP 주소를 결정한다³⁾. 계층 2 - 소스 트리거는 이동노드 1의 계층 2 아이디(identifier) 정보를 포함하고 있고 계층 2 아이디는 매핑 구조에 의해 액세스 라우터의 IP 주소로 변환된다. 이 때 사용되는 소스 트리거는 이동 노드로부터 계층 2에서 새롭게 만들어지는 메시지를 통해 전달되는 것이 아니라 계층 2 핸드오프에서 기존에 존재하는 메시지를 통해 전달된다. 예를 들면 CDMA의 경우 계층 2 핸드오프 시에 사용되는 이웃 기지국에 대한 아이디 또는 WLAN의 경우 계층 2 핸드오프 시에 사용되는 이웃 액세스 포인트(access point)에 대한 아이디를 소스 트리거로 사용한다. 결국 계층 2에서의 추가적인 시그널링 메시지는 존재하지 않는다. 이 절차를 통해 이전 액세스 라우터 1이 새로운 액세스 라우터 2로 이동한다는 것을 감지하고 MAP으로 이동 갱신 메시지(movement update message)를 송신한다. 이 때, MAP은 바인딩 캐쉬를 {RCoA 1 : GCoA 1 : 액세스 라우터 2}로 갱신하고 새로운 액세스 라우터 2로 터널을 생성한다. 그리고 새로운 액세스 라우터 2는 이동노드 1의 그룹 의탁주소 1(GCoA 1)에 대한 호스트 루트(host route)를 설정한다. 이후 이동노드 1은 새로운 액세스 라우터 2로 이동하고 계층 2 핸드오프를 완료한 후에 계층 2 링크를 설정한다. 이 때, 이동 노드 1은 새로운 액세스 라우터 2를 통해 이전 액세스 라우터 1과 동일한 그룹 네트워크 프리픽스를 수신하므로 액세스 라우터 2로 이동하여도 바인딩 갱신 절차를 수행하지 않는다. 이후 대응 노드에서 이동 노드 1으로 전달되는 패킷 데이터는 MAP에서 그룹 의탁주소 1(GCoA 1)로 인캡슐화하여 새로운 액세스 라우터 2를 통해 이동노드 1으로 전달된다. 그래서 이동 노드 1이 그룹 존내의 새로운 액세스 라우터 2로 핸드오프를 수행할 지라도 바인딩 갱신 요구 및 응답 메시지가 무선 링크 상에서 송신되지 않는다. 만약 그룹 상태에서 이동 노드 1이 그룹 존 밖의 액세스 라우터로 이동하거나 그룹 존 밖에서 그룹 존 안의 액세스 라우터로 이동할 때 이동 노드는 수신되는 네트워크 프리픽스가 다르므로 새로운 의탁주소를 획득하고 바인딩 갱신 절차를 수행한다.

3.4 그룹 해제 상태(Group Release State)

그림 6은 그룹 해제 상태에서의 메시지 흐름을

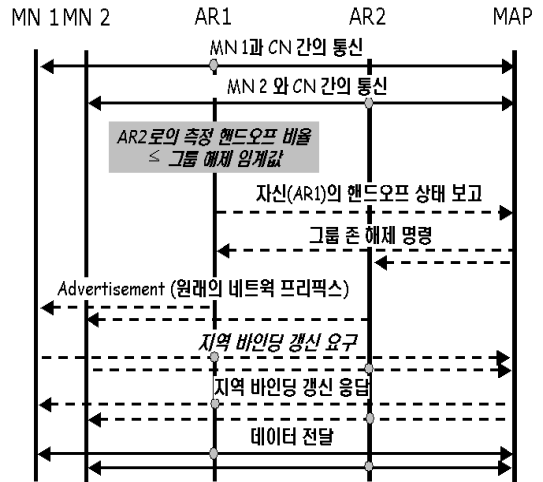


그림 6. 그룹 해제 상태에서의 메시지 흐름도

보여 주고 있다. 이동노드 1(MN 1)과 이동노드 2(MN 2)는 각각 그룹 존 내의 액세스 라우터 1(AR 1)과 액세스 라우터 2(AR2)를 통해 대응 노드와의 통신을 가정한다. 이 때, 이동노드 1과 2의 바인딩 캐쉬는 각각 {RCoA 1 : GCoA 1}과 {RCoA 2 : GCoA 2}이고 MAP의 바인딩 캐쉬는 {RCoA 1 : GCoA 1 : 액세스 라우터 1} 그리고 {RCoA 2 : GCoA 2 : 액세스 라우터 2} 이다. 이 때 액세스 라우터 1은 액세스 라우터 2로의 측정 핸드오프 비율이 그룹 해제 임계값 이하로 떨어짐을 감지할 경우 액세스 라우터 1은 자신의 핸드오프 상태와 액세스 라우터 2로의 IP 주소를 MAP으로 송신한다. 이후 MAP은 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2에 그룹 존을 해제하도록 명령한다.

절차에 따라, 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2는 라우터 광고 메시지를 사용하여 그룹 네트워크 프리픽스(group network prefix) 대신 원래의 네트워크 프리픽스(original network prefix)를 송신한다. 이동노드 1과 이동 노드 2는 원래의 네트워크 프리픽스를 수신하고 그룹 네트워크 프리픽스와 비교한다. 이동노드 1과 이동 노드 2는 새로운 네트워크 프리픽스의 도착을 인식하고 주소 자동 설정(auto-configuration) 기능에 의해 새로운 국부 의탁 주소 1(LCoA 1)과 국부 의탁 주소 2(LCoA 2)를 생성한다. 이동 노드 1과 이동 노드 2는 새롭게 획득한 국부 의탁 주소 1(LCoA 1)과 국부 의탁 주소 2(LCoA 2)를 MAP으로 등록한다. 이후 MAP은 바인딩 캐쉬를 {이동 노드 1 - RCoA 1 : LCoA 1} 그리고 {이동 노드 2 - RCoA 2 : LCoA 2}로 갱신한다. 이 절차를 통해

MAP 도메인

AR43	AR44	AR45	AR46	AR47	AR48	AR49
AR42	AR21	AR22	AR23	AR24	AR25	AR26
AR41	AR20	AR7	AR8	AR9	AR10	AR27
AR40	AR19	AR6	AR1	AR2	AR11	AR28
AR39	AR18	AR5	AR4	AR3	AR12	AR29
AR38	AR17	AR16	AR15	AR14	AR13	AR30
AR37	AR36	AR35	AR34	AR33	AR32	AR31

■ : 그룹 존

그림 7. 수학적 분석 토폴로지

보여 주고 있다. 이동노드 1(MN 1)과 이동노드 2(MN 2)는 각각 그룹 존 내의 액세스 라우터 1그룹 존은 액세스 라우터 1과 액세스 라우터 2에서 해제되고 정상 상태로 전환한다

IV. 성능 분석

4.1 수학적 분석

4.1.1 이동성 모델

IP-Grouping 알고리즘과 HMIPv6에 대한 무선 시그널링 비용을 도출하기 위해 유체 흐름 모델을 적용하였다⁸⁾. 그림 7에서 보여진 것과 같이 본 모델에서 사용된 네트워크는 하나의 MAP 지역으로 구성된 도메인이다. 하나의 MAP 지역은 다수의 액세스 라우터로 구성되고 다수의 액세스 라우터의 일부는 그룹 존을 형성한다. 이 때 그룹 존과 액세스 라우터는 정방형으로 가정한다 또한 파워 개시 등록은 완료된 상태이다. 이동 노드는 [0, 2π] 상에서 균등하게 분포된 방향으로 평균 속도 v로 이동하고 밀도 ρ로 균등하게 분포된다. 액세스 라우터 경계 횡단 비율(Ra)는 다음의 식 (3)으로 주어진다.

$$Ra = \frac{\rho v l}{\pi} (mobiles/sec) \tag{3}$$

여기서, ρ는 이동 노드의 밀도(mobiles/m²)이고 v는 평균 이동 속도(m/sec) 그리고 l은 액세스 라우터의 둘레(m)이다.

또한 그룹 존 경계 횡단 비율(Rg)는 다음의 식 (4)로 주어진다.

$$Rg = \frac{\rho v L}{\pi} (mobiles/sec) \tag{4}$$

여기서, L은 그룹 존의 둘레이고 L = l√N 이다. N은 액세스 라우터 수이다

표 1. 분석 변수 값

항목	정의	값
v	이동노드 평균 속도	10km ~ 100km/h
ρ	이동노드 밀도	0.0002 이동노드/m ²
l	액세스 라우터의 둘레	2km
L	그룹 존 둘레	4km, 6km, 8km, 10km, 12km
Nn	정상상태에서의 액세스 라우터 수	1 ~ 49개
Ng	그룹 상태에서의 액세스 라우터 수	4, 9, 16, 25, 36개
Rr	재개 주기	10분 = 600초
Mb	핸드오프 등록 메시지	2 메시지/이동노드
Mr	재개 등록 메시지	1 메시지/이동노드

4.1.2 무선 시그널링 비용

■ HMIPv6

HMIPv6의 무선 시그널링 비용(메시지/초)은 다음의 식 (5)로 도출된다.

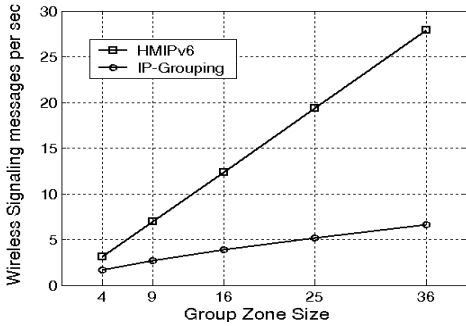
$$\begin{aligned}
 Ch &= [Ra \cdot Nn] \cdot Mb + [\rho(\frac{l}{4})^2 \cdot Nn \cdot Rr] \cdot Mr \\
 &= [(\frac{\rho v l}{\pi}) \cdot Nn] \cdot Mb \\
 &\quad + [\rho(\frac{l}{4})^2 \cdot Nn \cdot \frac{1}{T(life)}] \cdot Mr
 \end{aligned} \tag{5}$$

여기서 첫 번째 항은 바인딩 갱신 요구 및 응답에 대한 비용이고 두 번째 항은 재개 등록(renewal registration) 요구에 대한 비용이다.

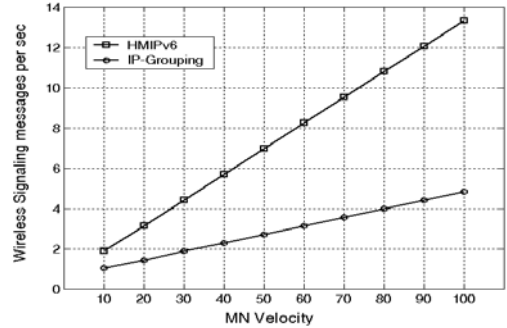
■ IP-Grouping 알고리즘

IP-Grouping 알고리즘에서 무선 시그널링 비용(메시지/초)은 다음의 식 (6)으로 도출된다.

$$\begin{aligned}
 Ch &= [Ra \cdot Nn] \cdot Mb + [\rho(\frac{l}{4})^2 \cdot Nn \cdot Rr] \cdot Mr \\
 &\quad - [(Ra \cdot Ng) - Rg] \cdot Mb \\
 &= [(\frac{\rho v l}{\pi}) \cdot Nn] \cdot Mb \\
 &\quad + [\rho(\frac{l}{4})^2 \cdot Nn \cdot \frac{1}{T(life)}] \cdot Mr \\
 &\quad - [(\frac{\rho v l}{\pi}) \cdot Ng - (\frac{\rho v L}{\pi})] \cdot Mb
 \end{aligned} \tag{6}$$



(a) 그룹 존 크기에 대한 영향



(b) 이동노드 속도에 대한 영향

그림 8. 무선 링크 비용 상에서의 그룹 존과 이동 노드 속도에 대한 영향

여기서 첫 번째와 두 번째 항은 HMIPv6의 전체 비용이고 세번째 항은 동일한 그룹 존내의 다른 액세스 라우터들 간의 핸드오프 동안에 절감되는 비용이다.

4.1.3 수치적 결과 분석

■ 그룹 존 크기에 따른 무선 시그널링 비용

이 분석에서는 그룹 존 크기 값(N_g)을 변수로 하여 결과를 얻는다. 즉, 표 1의 N_g 값을 4개, 9개, 16개, 25개, 36개로 변화하여 적용한다. 이것은 무선 시그널링 비용에 대한 그룹 존 크기의 영향을 나타내기 위함이다. 분석 결과는 그림 8의 (a)에서 보여 주고 있다. 결과를 보면 그룹 존 크기가 증가함에 따라 무선 시그널링 비용이 IP-Grouping 알고리즘에서는 완만하게 증가하는 반면에 HMIPv6에서는 급격히 증가함을 볼 수 있다.

■ 이동노드의 속도에 따른 무선 시그널링 비용

이 분석에서는 이동노드의 속도(v)를 변수로 하여 결과를 얻는다. 즉, 표 1의 v 값을 10km/시간에서 100km/시간으로 변화하여 적용한다. 이것은 무선 시그널링 비용에 대한 이동 노드의 속도의 영향을 나타내기 위함이다. 결과를 보면 그림 8의 (b)에서 보여 주는 것과 같이 이동 노드의 속도가 증가함에 따라 IP-Grouping 알고리즘의 무선 시그널링 비용이 HMIPv6 보다 훨씬 적게 소요됨을 알 수 있다.

위의 같이 IP-Grouping 알고리즘은 그룹 존의 크기와 이동 노드의 속도에 의한 무선 시그널링 비용이 크게 감소함을 알 수 있다. 또한, 실제로 그룹화 진행 시간은 수 초에서 끝나는 것이 아니라 최소 수 분에서 최대 수 시간을 소요할 것이다. 그래서 위의 결과를 초당 메시지가 아닌 그룹화 진행 시간

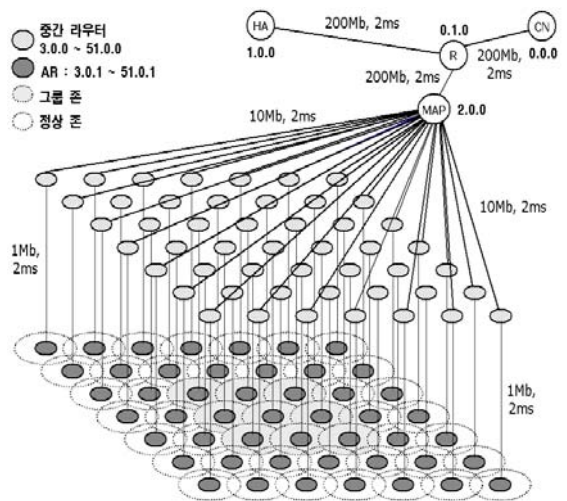


그림 9. 모의 실험의 네트워크 구성도

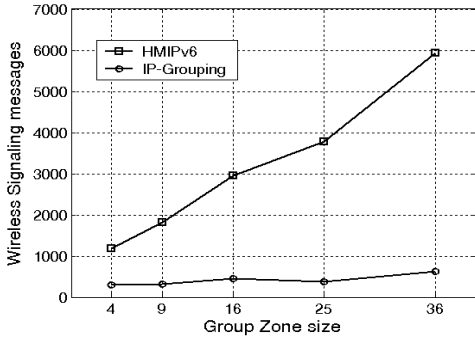
당 메시지로 나타낼 경우 IP-Grouping 알고리즘은 HMIPv6에 비해 약 수 백 메시지에서 수 천 메시지가 감소할 것이다. 이는 그룹 개시와 그룹 해제시에 발생하는 추가적인 바인딩 갱신 메시지는 그룹 존에서 절감되는 무선 시그널링 비용에 비해 아주 적은 값을 알 수 있다.

4.2 모의 실험

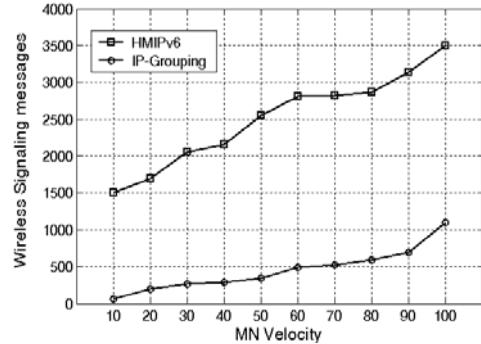
4.2.1 모의 실험의 환경

모의 실험은 Network Simulator(ns-2)인 ns-2.1b7a^[7]를 사용하여 IP-Grouping 알고리즘의 성능을 분석한다. 또한 이것은 4.1절의 수치적인 분석 결과의 입증에 제공한다. 그림 9은 모의 실험에 대한 네트워크 구성도를 보여 주고 있다. 모의 실험 모델에서 다음과 같은 파라미터가 구성되어진다

그림에서는 대역폭(메가비트/초)와 지연(밀리초)로

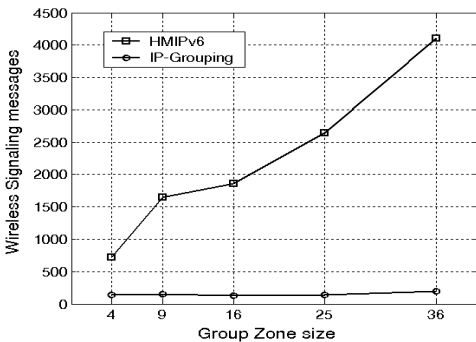


(a) 그룹 존 크기에 대한 영향

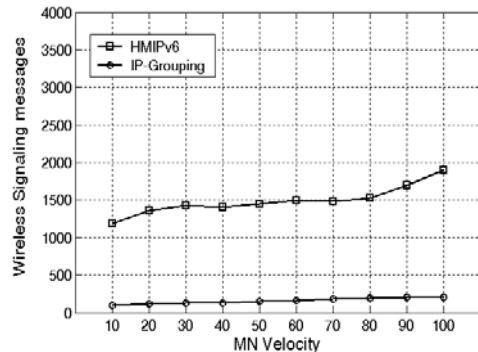


(b) 이동노드 속도에 대한 영향

그림 10. 이동 노드의 연속적인 이동 환경에서의 영향



(a) 그룹 존 크기에 대한 영향



(b) 이동노드 속도에 대한 영향

그림 11. 이동 노드의 불연속적인 이동 환경에서의 영향

명시된 링크 특성 및 각 구성요소(MAP, 라우터, 홈 에이전트 그리고 상대 노드)의 주소를 나타내고 있다. 모의 실험에서의 트래픽 소스는 고정 데이터 비율을 사용하였고 소스 에이전트는 상대노드에 참가되고 수신 에이전트는 이동노드에 참가되었다. MAP 지역 내의 전체 셀 수는 49개이고 그룹 존의 크기는 4개, 9개, 16개, 25개 그리고 36개로 변화되어진다. 모의실험은 1시간동안 수행되었고 셀의 직경은 500m이다. 이동 노드들은 49개 셀에 임의로 분산되어지고 최대 속도로서 100km/h를 갖는다. 또한 각 이동 노드는 임의로 이동하게 된다 또한 이동 노드의 이동 형태를 이동 노드의 연속적인 이동과 불연속적인 이동으로 나누어 수행하였다.

4.2.2 모의 실험의 결과 분석

- 연속적인 이동에서의 영향

ns-2에서 모든 이동노드는 연속적인 이동을 지원

하기 위해 중지 시간 (pause time)을 0 으로 설정되어 동작한다. 이 이동 형태는 모든 이동노드가 끊임 없이 이동하는 수치적 분석에서 제시된 유체 흐름 모델과 유사하다. 이것은 셀룰라 네트워크에서의 이동성에 적합한 모델이다. 연속적인 이동에 대한 모의 실험의 결과는 그림 10에서 보여 주고 있다. 이 모의 실험 결과는 앞서 살펴 본 수치적인 분석 결과인 그림 8과 동일한 경향을 보여 주고 있다. 즉, IP-Grouping 알고리즘이 그룹 존 크기와 이동노드 속도에 따라 무선 시그널링 비용이 HMIpV6에 비해 훨씬 적게 소요됨을 나타낸다.

- 불연속적인 이동에서의 영향

앞서 살펴 본 수치적인 분석에서 사용된 유체 흐름 모델로부터 관찰할 수 없는 이동 노드의 불연속 이동의 영향에 대해서 살펴본다. 모든 이동노드는 불연속적인 이동을 지원하기 위해 중지 시간(pause

time)을 30 으로 설정되어 동작한다. 즉, 위에서 논의된 연속적인 이동과 반대적으로 이동 노드는 목적지를 향해 이동한 후에 일정한 시간 동안 머물렀다가 다시 이동한다. 이와 같은 non-zero 중지 시간을 가진 모델은 인터넷을 대표하는 이동성에 적합하다. 그림 11에서 보여 주는 결과는 IP-Grouping 알고리즘에 의한 무선 시그널링 비용이 드물게 이동하는 이동노드에 대해서도 HMIPv6에 비해 적게 소요됨을 알 수 있다. 그러나, 무선 시그널링 비용이 연속적인 이동보다 덜 절감됨을 볼 수 있다. 이것은 불연속적인 이동에서는 이동노드가 드물게 이동함에 따라 이동 노드의 셀 경계 횡단의 수가 감소하기 때문이다.

V. 결론

본 논문에서는 핸드오프 비율이 높은 액세스 라우터들을 그룹 존으로 형성하여 무선 링크에서의 시그널링 비용을 급격히 줄일 수 있는 동적 IP-Grouping 알고리즘을 제안하였고 또한 수학적 분석 및 모의 실험을 통해 제안된 알고리즘이 HMIPv6보다 무선 링크에서의 시그널링 비용이 급격히 감소함을 보였다. 더욱이, IP-Grouping 알고리즘이 수분에서 수 시간 동안 동작할 경우 HMIPv6 보다 무선 링크에서 수 만개의 바인딩 갱신 메시지를 절감할 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] C. Castelluccia, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6," draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, 2003.
- [2] Robert Hsieh, Zhe Guang Zhou, and Aruna Seneviratne, "SMIP : A Seamless Handoff Architecture for Mobile IP," *Inforcom*, 2003.
- [3] Rajeev Koodli, "Fast Handoffs for Mobile IPv6," draft-ietf-mobileip-fast-mipv6-06.txt, 2003.
- [4] D. Johnson, and C. Perkins, "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, 2003.
- [5] Bongjun Choi, and Taehyoun Kim, "An Efficient and Scalable Domain-based Approach to Support Multicast Source Mobility in Mobile Internet," 제 14회 통신정보 합동 학술대회 논문집 (JCCI), 2004.

- [6] R. Berezdivin, and R. Breining, "Next-Generation Wireless Communication Concepts and Technologies," *IEEE Communication Magazine*, pp.108-116, 2002.
- [7] "ns2 simulator, version 2.1b7a," <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [8] T. Brown, and S. Mohan, "Mobility management for personal communications systems," *IEEE Transactions on Vehicular Technology, Communication Magazine*, vol.46(2), pp.269-278, 1997.

김 태 현(Taehyoun Kim)

정회원



1996년 2월 홍익대학교 전자공학과 졸업
1999년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
2002년 2월~현재 연세대학교 전기전자공학부 박사과정
1996년 2월~2002년 삼성전자

(주) 책임연구원

<관심분야> IP-Mobility Management, IP-QoS Provision, Resource management

이 재 용(Jaiyong Lee)

정회원



1977년 연세대학교 전자공학과 졸업
1984년 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 석사
1987년 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 박사
1977년~1982년 국방과학연구

소 연구원

1987년~1994년 포항공과대학교 전자계산학과 부교수
1994년 8월~현재 연세대학교 전기전자공학부 교수
<관심분야> QoS Management/Protocol, 차세대 이동통신망 프로토콜: MAC, Mobility Management, WTCP, Sensor Network