

계층적 MIPv4 네트워크에서의 외부 에이전트 부하 분산 방안

(Load Balancing Mechanisms for Foreign Agents in Hierarchical Mobile IPv4 Networks)

변 해 선 [†] 이 미 정 ^{**}
(Haesun Byun) (Meejeong Lee)

요약 계층적 MIPv4(Mobile IPv4) 네트워크 도메인의 경우, 최상위 FA(Foreign Agent)가 도메인 내에 있는 모든 이동노드의 CoA(Care of Address)로 동작하기 때문에 최상위 FA에서 혼잡 및 과도한 지연이 발생할 수 있다. 이에 본 논문에서는 최상위 FA에서 발생하는 부하를 분산하기 위한 방안으로서 HRFA(Hierarchical Root Foreign Agent) 기법을 제안한다. HRFA 기법에서는 계층적 MIPv4 네트워크 도메인의 최상위 FA와 같은 역할을 담당하는 HRFA를 무선 네트워크 도메인 내에 여러 개 선정한다. HRFA 기법은 HRFA를 선정하는 주체가 무엇인지에 따라 Active와 Passive 방법으로 분류하며, 새로운 HRFA가 선정되었을 때 새로운 HRFA를 CoA로 사용하게 되는 이동노드들의 집합이 무엇인지에 따라 All MN(Mobile Node)s와 New MN 방법으로 분류한다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 HRFA 기법의 네 가지 방법들을 조합하여 성능을 조사하였고, 이와 함께 기존연구에서 계층적 무선 네트워크 도메인에서의 멀티캐스트 서비스를 제공하는 FA의 부하 분산 방안으로서 제안된 바 있는 LMSP(Local Multicast Service Provider) 기법과 그 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 결과, 제안하는 HRFA 기법 가운데 Passive & New MN 방법이 부하 분산 및 오버헤드 면에서 가장 우수함을 볼 수 있었다.

키워드 : 무선 이동 네트워크, 지역적 등록, 부하 분산

Abstract In hierarchical Mobile IPv4 Networks the highest FA(Foreign Agent) may experience serious congestion and delay since the highest FA plays a role of CoA(Care of Address) for all mobile nodes in the domain, In this paper, we propose mechanism called 'HRFA(Hierarchical Root Foreign Agent)', which distributes the load imposed on the highest FA. In the proposed HRFA scheme, multiple HRFAs are selected to provide the similar service that is provided by the highest FA. According to which entity determines HRFAs, HRFA scheme is categorized into 'Active' and 'Passive' approaches. HRFA scheme is further categorized into 'All MN(Mobile Node)s' and 'New MNs' approaches, depending on which mobile nodes are assigned to a newly elected HRFA. Through a course of simulations, we investigate the performance of 4 possible combinations of HRFA schemes. We also compare the performance of the proposed HRFA schemes with the LMSP(Local Multicast Service Provider) scheme, which is a scheme to distribute the load of FA for multicast service in hierarchical wireless network domain. The simulation results show that the Passive & New MN approach performs best with respect to both the overhead and the load balancing.

Key words : wireless mobile network, regional registration, load distribution

1. 서론

무선 접근 기술과 이동 단말 기술이 발전함에 따라 무선 네트워크를 통해 인터넷에 접속하는 이동노드의 수가 늘어나게 되는데, 이로 인해 무선 네트워크 도메인의 FA(Foreign Agent)에서 혼잡 및 지연이 발생할 수 있다. 특히 핸드오버 지연과 오버헤드를 줄이기 위해 제안된 지역적 등록(Regional Registration)에서와 같이

· 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음

† 학생회원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과
ladybhs@ewhain.net

** 정 회 원 : 이화여자대학교 컴퓨터학과 교수
lmj@ewha.ac.kr

논문접수 : 2004년 3월 8일

심사완료 : 2004년 11월 22일

무선 네트워크 도메인이 계층적 FA 구조로 구성된 경우에는 최상위 FA가 현재 도메인에 들어와 있는 모든 이동노드의 CoA(Care of Address)로 동작하기 때문에 최상위 FA에서 발생하는 부하는 더욱 심각한 문제가 된다. 최상위 FA는 현재 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 모든 이동노드의 등록에 관련된 시그널링 메시지를 처리해야 하며 이동노드별로 정보를 유지해야 한다. 또한, HA(Home Agent)나 CN(Correspondent Node)이 이동노드에게 보내는 트래픽은 항상 최상위 FA를 통해 전달되므로 최상위 FA에서 과부하가 발생할 수 있다[1-5]. FA subscription 기반 멀티캐스트를 이용하는 경우에는 FA가 멀티캐스트 트리에 가입하여 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공해야 하므로 최상위 FA가 멀티캐스트 트리에 가입하고 탈퇴함에 따른 오버헤드도 발생하게 된다[6].

이에 하나의 이동성 지원 에이전트(Mobility Agent : FA, HA, MAP(Mobility Anchor Point))에서 발생하는 부하를 다중의 이동성 지원 에이전트에게 분산하기 위한 방안에 대하여 연구가 이루어졌는데, 이들 연구는 크게 작업량이 적은 HA에게 데이터 플로우(Flow)를 전환(Redirect)하는 방안들과[7-10] 이동노드의 밀도를 기반으로 부하를 분산시키는 방안[6,11], 이동노드의 이동성 패턴(Mobility Pattern)에 따라 적절한 FA를 선택하여 부하를 분산시키는 방안[12]으로 분류해 볼 수 있다. 먼저, 작업량이 적은 HA에게 데이터 플로우(Flow)를 전환(Redirect)하는 방안들을 살펴보면, 이들 방안은 공통적으로 각각의 HA가 정책 큐(Policy Queue)에 대해 임계치를 정해놓고 데이터 패킷의 양이 그 임계치에 도달하면 임계치에 도달하지 않은 다른 HA에게 플로우를 전환함으로써 부하를 분산시킨다. 다음으로, 이동노드의 이동성 패턴에 따라 적절한 FA를 선택하는 방안을 살펴보면, 이들 방안에서는 모든 FA를 계층적인 트리로 구성하고 각각의 FA의 거리(Distance)와 주소를 광고 메시지(Advertisement Message)에 추가하여 브로드캐스팅 한다. 이동노드는 일정한 간격(Interval)동안 FA로부터 받은 광고 메시지의 주소들을 기록하고 있다가 자신의 이동성 패턴에 가장 적합하면서 가까운 FA를 선택한다. 그런데 이들 두 가지 방안은 이동노드나 이동성 지원 에이전트에게 또 다른 오버헤드를 가져올 수 있다. 작업량이 적은 HA에게 데이터 플로우(Flow)를 전환(Redirect)하는 방안들은 주기적으로 HA 간 업데이트된 작업량에 대한 상태정보를 교환하고 유지해야 하며, 이동노드의 이동성 패턴에 따라 적절한 FA를 선택하는 방안은 노드의 이동성을 계속 모니터링 하는 프로세싱 오버헤드를 감수해야 한다.

한편, 이동노드의 밀도를 기반으로 부하를 분산하는

방안은 서비스 범위 안에 들어와 있는 이동노드의 수를 파악하여 그에 따라 FA가 이동노드에게 서비스를 제공할 것인지의 여부를 결정한다. 이 방안에서는 각 FA가 자신이 부하 분산을 위한 FA로 동작할 것인지의 여부를 추가적인 제어 메시지 교환 없이 결정하므로 상태정보 교환 오버헤드가 없고 노드의 이동성 모니터링으로 인한 프로세싱 오버헤드를 발생하지 않는다는 장점이 있다. 단 이동노드의 CoA 변경이 빈번하게 일어날 수 있으며 네트워크 상황에 적절한 부하 분산이 이루어지지 못할 수 있다.

이에 본 논문에서는 이동노드의 밀도를 기반으로 도메인 내 다중 FA에게 효율적으로 부하를 분산하면서 이동노드의 CoA 변경횟수를 줄이기 위한 방안으로서 HRFA(Hierarchical Root Foreign Agent) 기법을 제안한다. HRFA 기법은 지역적 등록을 기반으로 하는 계층적 FA 구조의 무선 네트워크 도메인을 기반으로 한다. HRFA 기법에서 HRFA는 최상위 FA에서 발생하는 부하를 분담하는 FA를 지칭하며 지역적 등록의 최상위 FA인 GFA(Gateway Foreign Agent)와 같이 이동노드의 CoA로서 동작한다[1]. HRFA 기법은 HRFA를 선정하는 방법에 따라 Passive/Active 방법으로 분류되며, 새로운 HRFA가 선정되었을 때 새로운 HRFA를 CoA로 사용하게 되는 이동노드들의 집합이 무엇인지에 따라 All MNs/New MN 방법으로 분류된다. 이들 분류 방식을 조합해 보면 제안하는 HRFA 기법은 Passive & All MNs, Passive & New MN, Active & All MNs, Active & New MN 등의 네 가지로 나뉘어진다.

시뮬레이션을 통해 제안하는 네 가지 조합의 HRFA 기법에 대하여 이동노드 수를 변화시켜 보면서 HRFA 서비스 부하 분산 정도, 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수, 시그널링 메시지의 오버헤드, 동작하는 HRFA의 평균 수 등의 성능을 조사하였고, 이와 함께 기존의 이동노드 밀도 기반 부하분산 방안인 LMSP 기법의 성능을 비교하였다. LMSP는 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공해주는 FA를 의미하며 [6]에서는 멀티캐스트 트리에 가입 탈퇴함에 따라 발생하는 오버헤드를 분산하기 위한 방안으로 토폴로지 기반의 LMSP 선정(Topology based LMSP selection) 방법과 이동노드 밀도 기반의 LMSP 선정(Density based LMSP selection) 방법을 제안하였다. 토폴로지 기반의 LMSP 선정 방법은 계층적 FA 구조를 논리적인 세그먼트로 분할한 후 각 세그먼트의 루트 FA를 LMSP로 선정한다. 이동노드 밀도 기반의 LMSP 선정 방법은 각 FA가 자신을 포함하여 하위 트리에 들어와 있는 이동노드의 수를 동적으로 파악하면서 그 수가 정해진 임계치 이상이 되면 스스로

LMSP가 되어 부하를 분산시킨다.

시뮬레이션 결과, 서비스 부하 분산 측면에서는 제안하는 HRFA 기법의 Passive & New MN 방법과 Passive & All MNs 방법이 LMSP 기법과 비슷한 성능을 보임을 알 수 있었다. 한편, 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수와 시그널링 메시지의 오버헤드 측면에서는 Passive & New MN 방법은 LMSP 방법보다 더 낮은 오버헤드를 보였지만, Passive & All MNs 방법은 LMSP 보다 더 높은 오버헤드를 보였다. Active & New MN 방법은 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수와 시그널링 메시지의 오버헤드는 가장 작았지만, HRFA 서비스 부하 분산에서는 낮은 성능을 보였다. 모든 실험 결과를 종합하여 볼 때, Passive & New MN 방법이 HRFA 서비스 부하를 잘 분산하면서 HRFA 변경 횟수와 시그널링 메시지의 오버헤드가 작은 효율적인 방법임을 알 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 논문에서 제안하는 HRFA 기법에 대하여 자세히 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션을 통해 HRFA 기법과 LMSP 기법의 성능을 비교하고 4장에서 결론을 맺는다.

2. 제안하는 HRFA 기법

그림 1은 무선 네트워크 도메인의 FA가 계층적으로 구성되어 있는 토폴로지를 나타낸다. 그림 1에서 HRFA는 최상위 FA가 모든 이동노드의 CoA로 동작할 때 부과되는 부하를 분담하기 위한 FA들이며 지역적 등록 기법에서의 GFA와 같이 이동노드의 CoA로 동작한다. 즉, HA는 HRFA의 주소를 이동노드의 CoA로 등록하고 이동노드의 패킷을 HRFA에게 터널링한다.

제안하는 HRFA 기법에서는 하나의 HRFA에서 발생

할 수 있는 부하를 여러 FA에게 분산하기 위하여 다중의 HRFA를 둔다. HRFA 기법은 HRFA를 선정하는 방법에 따라 Passive와 Active로 분류되며, 새로운 HRFA가 선정되었을 때 새로운 HRFA의 주소를 CoA로 사용하게 되는 이동노드들의 집합이 무엇인지에 따라 All MNs과 New MN으로 분류된다. 본 장에서는 제안하는 HRFA 기법의 네 가지 분류 방법의 동작과정을 자세히 설명한다.

2.1 Passive 방법과 Active 방법

Passive 방법은 부모 FA가 자식 FA에게 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 부여하도록 하는 방법이다. 즉, 부모 FA로부터 HRFA 권한을 부여받은 FA만 이동노드에게 CoA 서비스를 제공할 수 있다. 이 방법에서는 HRFA 권한 설정을 위해 모든 FA에서는 HRFA-Full, HRFA-OK, HRFA-high-threshold, HRFA-low-threshold의 값을 유지한다. HRFA-Full 플래그는 HRFA가 CoA로 서비스 해주고 있는 이동노드 수가 많아서 더 이상 새로운 이동노드에 대해 HRFA로 동작할 수 없음을 표시하는 플래그이며, HRFA-OK 플래그는 FA가 HRFA로 동작하고 있는지의 여부를 나타내는 플래그이다. 무선 네트워크 도메인의 최상위 HRFA는 현재 자신이 CoA 서비스를 제공하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-high-threshold에 도달하면 HRFA-Full 플래그를 1로 설정한 후 자식 FA에게 HRFA-Permission 메시지를 보낸다. HRFA-Permission 메시지는 HRFA-high-threshold에 도달한 HRFA가 자식 FA에게 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 부여하는 메시지이다. HRFA-Permission 메시지를 받은 자식 FA는 HRFA로 동작할 수 있음을 나타내는 HRFA-OK 플래그를 1로 설정한 후 새로운 HRFA로 동작하게 된다. 새로운 HRFA도 자신이 현재 CoA 서비스를 제공하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-high-threshold에 도달하면 HRFA-Full 플래그를 1로 설정한 후, 다시 자식 FA에게 HRFA-Permission 메시지를 보냄으로써 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 부여해준다. 반대로 HRFA-Full 플래그가 1로 설정되어 있는 HRFA는 자신이 CoA 서비스를 제공해주던 이동노드가 다른 곳으로 이동하여 자신을 CoA로 등록한 이동노드의 수가 HRFA-low-threshold 이하로 떨어지면 HRFA-Full 플래그를 0으로 설정한 후 자식 FA에게 HRFA-Possible 메시지를 보낸다. HRFA-Possible 메시지는 자신을 CoA로 등록한 이동노드 수가 적어 새로운 이동노드에 대해 추가적으로 CoA 서비스를 제공할 수 있음을 하위 FA에게 알리기 위한 메시지이다. 이 메시지는 HRFA-Permission 메시지와 달리 계층적 트리를 따라 말단 FA까지 전달되는데, 이로 인해 HRFA-Permission 메

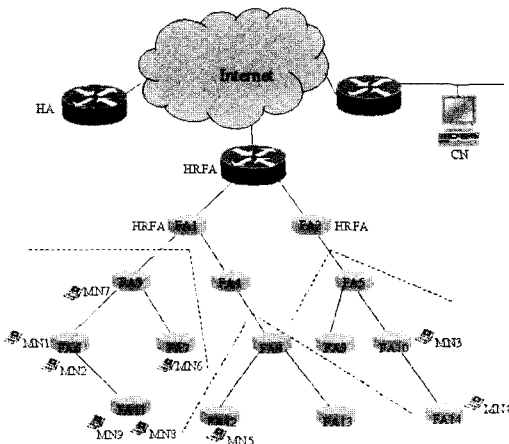


그림 1 계층적 FA구조를 가진 무선 네트워크 도메인

시지를 보낸 HRFA의 계층적 경로의 하위에 위치하는 모든 FA가 상위의 FA에서 추가적으로 CoA 서비스를 할 수 있음을 알게 된다. HRFA-Possible 메시지를 받은 모든 FA는 HRFA-OK 플래그를 0으로 설정하게 된다.

Active 방법은 임의의 FA가 자신을 포함하여 자신의 하위 트리에 들어와 있는 이동노드 수가 정해진 임계치에 도달하면 그 FA가 스스로 HRFA로 동작을 시작하도록 한다. 이 방법에서는 HRFA 권한 설정을 위해 모든 FA에서 HRFA-threshold를 유지한다. 지역적 등록에서와 같이 이동노드가 보낸 등록요청 메시지가 무선 네트워크 도메인의 계층적인 트리를 따라 상위로 올라가게 되는데, 이 메시지를 받은 FA들은 자신의 FA 바인딩 테이블에 등록요청 메시지를 보낸 이동노드의 정보를 유지하게 된다. 이때, 임의의 FA에서 자신의 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드 수가 HRFA-threshold에 도달하면 스스로 HRFA로 동작하기 시작한다. 한 가지 유의할 것은 Passive 방법에서의 임계치인 HRFA-high-threshold와 HRFA-low-threshold는 임의의 HRFA가 CoA 서비스를 제공하고 있는 이동노드의 수에 대한 것이지만, Active 방법에서의 HRFA-threshold는 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수에 대한 임계치라는 점이다.

Passive 방법과 Active 방법은 HRFA가 선정되는 형태, 각 FA에서 유지해야 되는 값, 추가적인 시그널링 메시지 발생 등에서 차이가 있다. HRFA가 발생되는 형태를 보면 Passive 방법은 부모 FA가 자식 FA에게 HRFA 동작 권한을 부여해 주기 때문에 반드시 최상위 FA에서부터 차례대로 하위로 HRFA가 선정되어 나간다. 반면에, Active 방법에서는 임의의 FA에서 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수에 따라 HRFA가 발생되므로 자신의 상위에 있는 FA들이 HRFA로 동작하지 않는 상황에서도 그 FA가 HRFA 동작을 시작할 수 있다. 각 FA에서 유지해야 되는 값에서는 Passive 방법의 경우 HRFA-high-threshold, HRFA-low-threshold, HRFA-Full, HRFA-OK 등의 네 개의 값을 유지하는 반면, Active 방법의 경우 HRFA-threshold 값만을 유지한다. 시그널링 메시지의 발생의 차이를 보면 Passive 방법에서는 상위 FA와 하위 FA 간에 HRFA 선정을 위해 HRFA-Permission 메시지와 HRFA-Possible 메시지를 주고받아야 하므로 이를 위한 추가적인 시그널링 오버헤드가 발생한다.

2.2 New MN 방법과 All MNs 방법

New MN 방법은 HRFA가 새로이 들어와 등록을 요청하는 이동노드에 대해서만 CoA 서비스를 담당하도록 하는 방법이다. HRFA가 등록요청 메시지를 받았을 때, 자신의 계층적 트리의 경로상의 상위 HRFA에 이미 등

록되어 있는 이동노드의 등록요청인 경우에는 상위 HRFA가 여전히 그 이동노드에게 CoA 서비스를 제공하도록 한다. 자신의 계층적 트리의 경로상의 상위 HRFA에 등록되어 있지 않은 이동노드의 등록요청인 경우에는 그 FA가 해당 이동노드의 HRFA로 동작하며 CoA 서비스를 제공한다. HRFA로 동작하지 않는 FA가 이동노드의 등록요청 메시지를 받았을 경우에는 이동노드의 등록요청 메시지를 HRFA를 만날 때까지 상위로 전달한다.

All MNs 방법은 새롭게 선정된 HRFA가 새로이 자신의 하위 트리에 들어와 등록을 요청하는 이동노드뿐 아니라 자신을 통해 계층적 트리 경로상의 상위 HRFA에 이미 등록된 이동노드에 대해서도 CoA 서비스를 제공하도록 한다. HRFA는 이미 상위에 등록되어 있는 이동노드 일지라도 그 HRFA가 해당 이동노드의 HRFA로 동작하며 CoA 서비스를 제공한다. 따라서 이동노드의 CoA는 기존 HRFA에서 새로운 HRFA로 변경된다.

2.3 조합에 따른 FA들의 동작 방식

무선 네트워크 도메인의 FA는 주기적으로 에이전트 광고 메시지(Agent Advertisement Message)를 브로드캐스팅 한다. 지역적 등록 기법에서와 같이 FA가 보낸 에이전트 광고 메시지의 Care of Addresses 필드에는 최상위 FA부터 자신에 이르는 경로에 해당하는 계층적 트리 경로상의 FA들의 주소가 포함되어 있다[1]. 이동노드는 새로운 FA로부터 에이전트 광고 메시지를 받았을 때 핸드오프를 감지하고 새로운 셀에서의 등록 프로세스를 시작한다. 표 1은 HRFA 기법에서 사용되는 이동노드의 등록요청 메시지 포맷을 보인 것이다. HRFA 기법에서의 등록 요청 메시지는 지역적 등록 기법의 등록 요청 메시지에서의 GFA 필드를 HRFA 필드로 변경한 것이다.

표 1 HRFA 기법에서의 등록 요청 메시지 포맷

Type	S	B	D	M	G	r	T	x	Lifetime
Home Address									
HRFA Address									
Care of Addresses									
Identification									
Extensions...									

이동노드는 에이전트 광고 메시지의 Care of Addresses 필드에 있는 주소 리스트와 자신의 이전 HRFA 주소를 비교하여 동일한 주소가 있는지 검사한다. 동일한 주소를 발견하면 등록 요청 메시지의 HRFA 필드에 이전 HRFA 주소를 설정하고, 동일한 주소를 발견할 수 없으면 HRFA 필드를 Zero로 설정하여 등록요청 메시

지를 보낸다. 지역적 등록 방법에서는 이동노드의 등록 요청 메시지가 최상위 FA인 GFA에게 전달되지만, 제안하는 기법에서의 등록요청 메시지는 HRFA를 만날 때까지 계층적 트리를 따라 상위로 올라간다.

제안하는 HRFA 기법에서는 Passive & New MN, Active & New MN, Passive & All MNs, Active & All MNs 등의 조합에 따라 FA가 이동노드의 등록요청 메시지를 받았을 때 어떻게 동작하는지가 결정된다. 표 2는 네 가지 경우에 대해 각각 FA가 등록요청 메시지를 받았을 때 설정되어 있는 플래그의 값에 따라 어떻게 동작하는지를 정리한 것이다.

표 2에서와 같이 Passive & New MN 방법과 Active & New MN 방법의 경우, FA는 등록요청 메시지의 HRFA 필드가 Zero인지 아닌지를 검사한다. Passive/Active에 관계없이 New MN 방법에서는 HRFA 필드의 주소가 Zero가 아니라면 최상위 FA부터 현재 FA에 이르는 계층적 경로상의 FA중 하나가 이미 그 이동노드의 CoA로 동작하는 HRFA로 결정되어 있음을 의미한다. 만약, 등록요청 메시지의 HRFA 필드의 값이 등록요청 메시지를 받은 FA의 주소와 동일하다면 그 FA가 해당 이동노드의 HRFA로 동작하고 있다는 것을 의미하며, 동일하지 않다면 계층적 트리의 상위 HRFA에 이미 등록되어 있는 이동노드이기 때문에 등록요청 메시지의 HRFA 필드의 값에 해당하는 HRFA가 등록요청 메시지를 받을 때까지 상위로 전달한다.

Passive & New MN 방법과 Active & New MN 방법에서 등록요청 메시지의 HRFA 필드의 주소가 Zero이면 이동노드가 새로이 계층적 무선 네트워크 도메인에 진입했다는 것을 의미하므로 FA는 자신이 HRFA로 동작할 수 있는 권한이 있는지를 검사한다. Passive New MN 방법에서는 HRFA-OK 플래그를 검사하는데, 임의의 FA에 HRFA-OK 플래그의 값이 1이면 그 FA는 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 갖고

있다는 것을 의미한다. 따라서 그 FA는 새로이 들어와 등록을 요청하는 이동노드에게 CoA 서비스를 제공할 수 있는 FA이며 해당 이동노드의 HRFA가 된다. 제안하는 HRFA 기법에서는 지역적 등록의 FA 바인딩 테이블에서 각 이동노드의 엔트리 정보에 HRFA 플래그를 추가하였는데, 이 플래그는 FA가 해당 이동노드의 HRFA로 동작하고 있는지의 여부를 나타낸다. HRFA는 해당 이동노드의 엔트리를 FA 바인딩 테이블에 추가한 후, 해당 엔트리의 HRFA 필드를 1로 설정하고 이동노드의 HRFA로 동작하기 시작한다. 반면에 HRFA-OK 플래그의 값이 0인 경우에는 그 FA는 새로운 이동노드에 대해 HRFA가 될 수 있는 권한이 없기 때문에 등록요청 메시지를 부모 FA에게 전달한다. 등록요청 메시지는 이동노드의 HRFA-OK 플래그가 1인 FA를 만날 때까지 계층적 트리를 따라 상위로 전달된다. Active New MN의 경우 등록요청 메시지의 HRFA 필드의 주소가 Zero이면 FA는 이동노드에 대한 엔트리를 FA 바인딩 테이블에 추가한 후 FA 바인딩 테이블에서 유지하고 있는 이동노드의 수를 확인한다. FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-threshold에 도달했다면 그 FA는 FA 바인딩 테이블에 추가한 이동노드의 HRFA 필드의 값을 1로 설정하고 해당 이동노드의 HRFA로 동작하기 시작한다. FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-threshold에 도달하지 못했다면 등록요청 메시지를 부모 FA에게 전달한다.

Passive & All MNs 방법과 Active & All MNs 방법에서는 HRFA로 동작하는 FA가 등록 요청 메시지를 받게 되면 무조건 그 이동노드에 대해 HRFA로 동작하기 시작한다. All MNs 방법에서는 어떤 FA가 HRFA로 동작하기 시작하면 그 HRFA는 새로이 들어오는 이동노드뿐 아니라 자신의 계층적 트리를 통해 상위 FA에 이미 등록이 되어 있는 이동노드에 대해서도 HRFA

표 2 FA에서의 HRFA-OK 플래그 값과 등록요청 메시지의 HRFA 필드 값에 따른 HRFA 선정을 위한 동작과정

조합 방법	설정되어 있는 플래그의 값		동작 형태
	등록요청 메시지의 HRFA 필드 값	FA에서의 HRFA-OK 플래그의 값	
Passive & New MN	Zero	0	부모 FA에게 전달
		1	현재 FA가 HRFA
Active & New MN	Not Zero	검사안함	이전 HRFA에게 전달 (HRFA 변경 없음)
	Zero	필드가 존재하지 않음	HRFA Threshold 검사
Passive & All MNs	검사안함	0	부모 FA에게 전달
		1	현재 FA가 HRFA
Active & All MNs	검사안함	필드가 존재하지 않음	HRFA Threshold 검사

로 동작한다. Passive & All MN 방법의 경우, FA는 이동노드의 등록요청 메시지를 받았을 때 HRFA-OK 플래그를 검사하여 값이 1이면 그 FA는 해당 이동노드의 HRFA로 동작한다. HRFA-OK 플래그의 값이 0이라면 현재 FA가 HRFA가 될 수 있는 권한이 없기 때문에 등록요청 메시지를 부모 FA에게 전달한다. 즉, 등록요청 메시지는 HRFA-OK 플래그의 값이 1인 FA를 만날 때까지 계층적 트리를 따라 상위로 전달된다. Active & All MNs의 경우에는 Active & New MNs 방법에서와 같이 이동노드의 엔트리를 FA 바인딩 테이블에 추가한 후 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수를 확인한다. FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-threshold에 도달했다면 그 FA는 FA 바인딩 테이블에 추가한 이동노드의 HRFA 필드의 값을 1로 설정하고 해당 HRFA로 동작하기 시작한다. FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-threshold에 도달하지 못했다면 등록요청 메시지를 부모 FA에게 전달한다. 1장에서 설명한 이동노드 밀도 기반의 LMSP 선정 방법은 Active & All MNs 방법을 적용한 형태라 볼 수 있다.

HRFA 기법의 모든 방법에서 FA는 임의의 이동노드에 대하여 새로운 HRFA 동작하게 되면 이전의 HRFA에게 바인딩 업데이트 메시지를 보내 이동노드가 이동했음을 알린다. 이전의 HRFA는 바인딩 업데이트 메시지를 받으면 FA 바인딩 테이블에서 해당 이동노드의 엔트리를 삭제한다. 한편, Passive & All MNs 방법과 Passive & New MN 방법에서 각 HRFA는 바인딩 업데이트 메시지를 받을 때마다 현재 자신이 HRFA로 서비스하고 있는 이동노드수가 HRFA-low-threshold 이하로 떨어졌는지 검사한다. 그 수가 HRFA-low-threshold 이하로 떨어졌다면 HRFA-Full 플래그를 0으로 설정하고, HRFA-Possible 메시지를 자식 FA에게 보내어 자신이 현재 이동노드 이외의 새로운 이동노드

에게 추가적으로 CoA 서비스를 제공할 수 있음을 알린다. HRFA-Possible 메시지는 말단 FA가 받을 때까지 전달되며 이 메시지를 받은 FA는 HRFA-OK 플래그를 0으로 설정한다.

그림 2와 표 3은 그림 1에서 이동노드들이 MN1~MN9의 순으로 도메인에 진입한다고 가정하고, HRFA-high-threshold 값과 HRFA-threshold 값은 5, HRFA-low-threshold 값이 2라고 가정했을 때 네 가지 방법의 조합에 따른 예를 보인 것이다. 그림 2는 네 가지 방법의 조합 각각에 대하여 HRFA 선정 및 메시지 교환이 어떻게 이루어지는지의 예를 보인 그림이다. 표 3은 각 HRFA에서 서비스하고 있는 이동노드 리스트와 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드 리스트를 보인 것이다. 최상위 FA인 FA0은 임계치와 관계없이 항상 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 갖고 있기 때문에 MN1~MN5가 진입할 때까지 네 가지 방법 모두 FA0이 MN1부터 MN5까지의 HRFA로 동작한다. MN5가 진입한 이후 Passive 방법에서는 FA0이 HRFA로 서비스 하고 있는 이동노드가 HRFA-high-threshold에 도달했기 때문에 FA1과 FA2에게 HRFA-Permission 메시지를 보낸 후 HRFA-Full 플래그를 1로 설정한다. HRFA-Permission 메시지를 받은 FA1과 FA2는 HRFA-OK 플래그를 1로 설정하고 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 갖게 된다. 단, Passive & All MNs 방법의 경우에는 이미 FA0에서 CoA 서비스를 받고 있던 MN1~MN5에 대하여 이동노드의 등록 리프레쉬 과정 도중 새로이 선정된 FA1과 FA2가 CoA 서비스를 제공하는 반면 Passive & New MN 방법에서는 새로이 FA1과 FA2가 선정된 후에도 기존에 서비스를 받고 있던 이동노드인 MN1~MN5에 대해서는 FA0이 계속 CoA 서비스를 제공한다.

MN6이 진입했을 때 Passive 방법에서는 FA1이 HRFA로 선정되어 있으므로 FA1이 MN6의 HRFA가

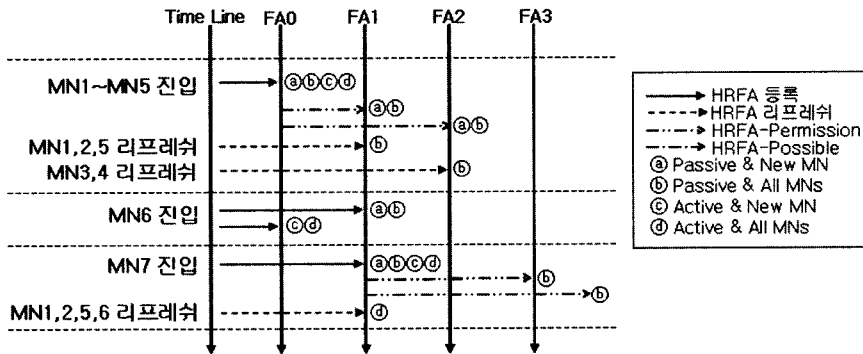


그림 2 네 가지 조합에 대한 이동노드 등록 및 HRFA 선정 과정의 예

표 3 HRFA에서 서비스하는 이동노드 리스트와 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드 리스트

방법	MN 동작	FA0	FA1	FA2	FA3	FA4
Passive & New MN	MN1~MN5 진입	MN①②③④⑤				
	MN6 진입	MN①②③④⑤	MN⑥			
	MN7 진입	MN①②③④⑤	MN⑥⑦			
Passive & All MNs	MN1~MN5 진입	MN①②③④⑤				
	MN1~MN5 리프레쉬		MN①②⑤	MN③④		
	MN6 진입		MN①②⑤⑥	MN③④		
	MN7 진입		MN①②⑤⑥⑦	MN③④		
Active & New MN	MN1~MN5 진입	MN①②③④⑤	MN1,2,5		MN1,2	MN5
	MN6 진입	MN①②③④⑤⑥	MN1,2,5,6		MN1,2,6	
	MN7 진입	MN①②③④⑤⑥	MN1,2,5,6,⑦		MN1,2,6,7	
Active & All MNs	MN1~MN5 진입	MN①②③④⑤	MN1,2,5		MN1,2	MN5
	MN6 진입	MN①②③④⑤⑥	MN1,2,5,6		MN1,2,6	MN5
	MN7 진입	MN①②③④⑤⑥	MN1,2,5,6,⑦		MN1,2,6,7	MN5
	MN1,2,5,6 리프레쉬	MN③④	MN①②⑤⑥⑦		MN1,2,6,7	MN5

* 예) MN① : HRFA로 서비스하고 있는 이동노드
MN1 : FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드

되지만 Active 방법에서는 FA0의 하위 FA중 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 이동노드의 수가 HRFA-threshold에 도달한 FA가 없는 관계로 새로운 HRFA가 선출되지 않았으므로 여전히 FA0이 MN6의 HRFA가 된다. MN7이 진입했을 때는 네 가지 방법 모두에서 FA1이 MN7의 HRFA가 된다. Passive 방법에서는 이미 HRFA 권한을 갖고 있던 FA1이 MN7의 HRFA가 되며, 이때 Passive & All MNs 방법의 경우 FA1은 HRFA로 서비스하고 있는 이동노드가 HRFA-high-threshold에 도달하여 FA3과 FA5에게 HRFA-Permission 메시지를 보낸다. Active 방법에서도 FA1의 FA 바인딩 테이블에 유지하고 있는 MN의 수가 HRFA-threshold에 도달했기 때문에 FA1이 새로운 HRFA로 동작하기 시작하며 MN7의 HRFA가 된다. FA1이 HRFA 권한을 갖게 된 이후에 Active & All MNs 방법의 경우 FA0에서 CoA 서비스를 받고 있던 MN1, MN2, MN5, MN6에 대해서 FA1이 HRFA로 동작하게 된다. 그러나 MN3, MN4는 FA1을 지나는 경로를 따라서 등록이 이루어진 이동노드가 아니기 때문에 여전히 FA0이 HRFA로 동작한다.

3. 성능평가

제안하는 HRFA 기법의 성능평가를 위해 캘리포니아 버클리 대학에서 개발된 NS-2[13]를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. NS-2에서는 기본적인 MIPv4의 동작 과정만 구현되어 있으므로 본 시뮬레이션을 위해 MIPv4의 기능을 수행하는 FA를 지역적 등록 방법의 최상위 FA와 같이 동작할 수 있는 모듈로 확장하고 이

와 같이 동작하는 노드들을 계층적으로 구성하였다. 또한 제안하는 HRFA 방안에서 요구되는 메시지를 처리하기 위해 바인드 업데이트 메시지와 Passive 방법에서 발생하는 시그널링 메시지를 FA가 패킷을 받았을 때 동작하는 프로시저에 추가하였다. 본 시뮬레이션에서는 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 이동노드 수를 변화시켜 보면서 전체 FA에 대하여 HRFA 서비스 부하가 분산된 정도, HRFA로 동작하는 FA 간 서비스 부하가 분산된 정도, 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수, 평균적으로 HRFA로 동작하는 FA 수, 전체 시그널링 메시지 오버헤드, 그리고 Passive 방법에서만 발생하는 시그널링 메시지 오버헤드를 측정하였다. Passive / Active 방법과 New MN / All MNs 방법을 조합한 네 가지 방법에 대해 실험하였고, 이와 함께 무선 네트워크 도메인의 최상위 FA인 GFA가 현재 도메인에 들어와 있는 모든 이동노드의 CoA로 동작하는 지역적 등록 방법, 계층적 무선 네트워크 도메인에서의 멀티캐스트 부하 분산 방안을 위해 제안된 바 있는 토폴로지 기반 LMSP 선정 방법, 이동노드 밀도 기반 LMSP 선정 방법과 그 성능을 비교하였다. 이동노드 밀도 기반 LMSP 선정 방법의 경우 Active & All MNs 방법을 적용한 형태로 볼 수 있기 때문에, 결과적으로 시뮬레이션에서는 총 6가지의 비교모델로 실험하였다. 시뮬레이션에서 사용된 네트워크 모델은 그림 1에서와 같이 무선 네트워크 도메인에 15개의 FA들이 계층적으로 구성되어 있는 토폴로지를 가정하였고, 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 이동노드 수는 20개부터 100개까지 변화시켜 보았다. 또한 각각의 이동노드들이 150초의 시뮬레이션

표 4 시뮬레이션에서 적용된 임계치

적용 분류	해당 변수	적용 값
절대 임계치	HRFA-high-threshold HRFA-threshold	최대 이동노드수의 25%
	HRFA-low-threshold	HRFA-high-threshold의 20%
상대 임계치	HRFA-high-threshold HRFA-threshold	실험한 이동노드수의 25%
	HRFA-low-threshold	HRFA-high-threshold의 20%

시간동안 임의의 시간에 임의의 위치와 임의의 속도로 이동하도록 하였다. 시뮬레이션에서는 제안하는 방안에서 사용된 임계치들의 값을 실험한 이동노드 수에 영향 받지 않는 값(절대 임계치라 하기로 함)을 사용한 경우와 이동노드 수에 따라 비례하여 변하는 값(상대 임계치라 하기로 함)을 사용한 경우 각각에 대하여 실험하여 보았다. 표 4는 임계치값 설정 방식을 정리한 것이다.

3.1 노드 이동시 평균 HRFA 변경 횟수 비교

이동노드의 핸드오프 시 새로운 HRFA로 변경되는 횟수가 많을수록 이동노드의 CoA의 변경 횟수가 증가하게 되고 이로 인해 HA로 보내는 등록요청 및 등록응답에 관련된 시그널링 메시지의 수 또한 증가하게 된다. 따라서 이동노드에 대하여 HRFA가 새로운 HRFA로 변경되는 횟수가 최소화되어야 한다.

그림 3과 4는 이동노드 수를 변화시켜보면서 노드 당 평균 HRFA 변경 횟수를 구한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이, 지역적 등록 방법은 이동노드가 무선 네트워크 도메인의 최상위 HRFA에게만 등록하기 때문에 이동노드의 HRFA 변경횟수는 항상 1이다. New MN 방법과 All MNs 방법을 비교해 보면, New MN 방법이 All MNs 방법보다 HRFA 평균 변경 횟수가 더 적었다. New MN 방법에서는 이동노드가 등록을 요청하려는 계층적 트리의 경로 상에 이동노드의 이전 HRFA가 존재한다면 이전 HRFA에게 등록하므로 이동노드의 HRFA가 변경되지 않는 반면, All MNs 방법에서는 이동노드가 등록을 요청하려는 계층적 트리의 경로 상에 이동노드의 이전 HRFA가 존재하더라도 등록 리프레쉬 도중 새로운 HRFA를 만나게 되면 그 HRFA에게 서비스를 받으므로 이동노드의 HRFA가 변경된다. New MN 방법과 All MNs 방법 내에서 각각 Active 방법과 Passive 방법을 비교해보면, 두 방법에서 모두 Active 방법이 Passive 방법보다 HRFA 변경 횟수가 더 적었다. Passive 방법에서는 HRFA-high-threshold에 의해 HRFA가 자식 FA를 새로운 HRFA로 동작하게 하지만, Active 방법에서는 HRFA의 하위 FA중 스스로 새로운 HRFA로 동작하는 FA가 발생할 때까지 기다려야 하므로 HRFA로 동작하는 새로운 FA가 발생할 때까지

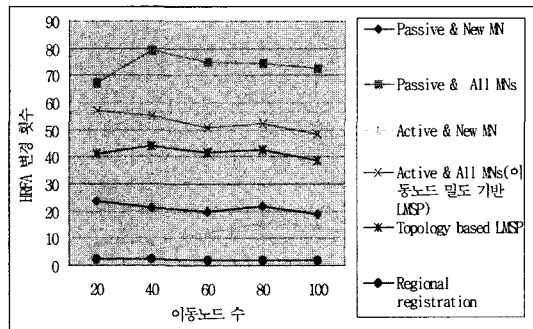


그림 3 노드 당 평균 HRFA 변경 횟수 (상대 임계치 경우)

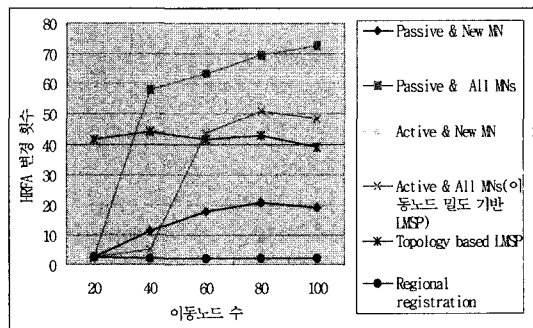


그림 4 노드 당 평균 HRFA 변경 횟수 (절대 임계치 경우)

의 시간이 Passive 방법보다 길다. 따라서 새로운 HRFA가 발생하기 전까지 현재 HRFA로 동작하고 있는 FA가 모든 이동노드의 HRFA가 되므로 이동노드의 HRFA 변경 횟수가 적어진다. 하지만, New MN 방법과 All MNs 방법 내에서 모두 Active 방법이 Passive 방법보다 HRFA 변경 횟수가 더 적었을지라도 네 가지 방법을 조합했을 때에는 Passive & New MN 방법이 Active & All MNs 방법보다 HRFA 변경 횟수가 적었다. 따라서 Passive를 적용하느냐 Active를 적용하느냐는 HRFA 변경 횟수에 크게 영향을 미치지 않음을 알 수 있다. 결론적으로 노드 당 평균 HRFA 변경횟수는 New MN 방법을 적용하느냐, All MNs 방법을 적용하느냐에 의해 많은 영향을 받으며, New MN 방법을 적

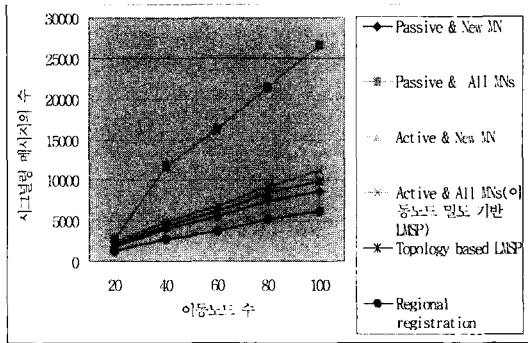


그림 5 시그널링 메시지 오버헤드 (상대 입계치 경우)

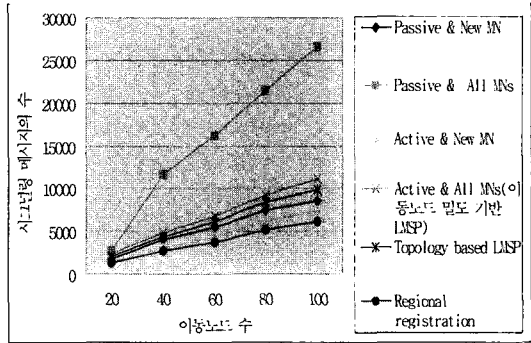


그림 6 시그널링 메시지 오버헤드 (절대 입계치 경우)

용한 Active & New MN 방법과 Passive & New MN 방법이 다른 방법들에 비해 노드 당 평균 HRFA 변경 횟수가 적음을 알 수 있었다. 또한 All MNs 방법을 적용한 Active & All MNs 방법과 Passive & All MNs 방법은 토폴로지 기반 LMSF 방법보다 노드당 평균 HRFA 변경 횟수가 더 많음을 알 수 있었다.

3.2 시그널링 메시지 오버헤드 비교

어떤 이동노드의 HRFA가 새로운 HRFA로 변경되었을 때, 이전 HRFA는 새로운 HRFA에게 바인딩 업데이트 메시지를 보낸다. HRFA가 변경되지 않았을지라도 이동노드와 직접 속해 있는 FA(Local FA라 하기로 함)가 바뀐 경우에도 이전 FA는 새로운 FA에게 바인딩 업데이트 메시지를 보낸다. 이 바인딩 업데이트 메시지는 이전 FA에서부터 이전 HRFA까지에 이르는 경로상의 모든 FA에게 전달되며, 이 메시지를 받은 FA들은 해당 이동노드에 대한 엔트리를 지우게 된다. 또한 Passive 방법에서는 HRFA 권한 설정을 위해 사용되는 HRFA-Permission 메시지와 HRFA-Possible 메시지도 발생한다. 그림 5와 6은 이와 같은 상황에서 발생하는 모든 시그널링 메시지 오버헤드를 나타낸 것이다.

그림 5와 6에서 보는 바와 같이, 시그널링 메시지 오버헤드는 지역적 등록 방법이 가장 낮았다. 지역적 등록 방법에서는 무선 네트워크 도메인 내에서 노드가 이동하더라도 이동노드의 HRFA가 바뀌지 않으므로 새로운 HRFA에게 보내는 시그널링 메시지가 발생하지 않으며 이동노드의 Local FA가 바뀌는 경우에만 시그널링 메시지가 발생한다. 시그널링 메시지 오버헤드에 상대적으로 크게 영향을 미치는 정책은 새로운 HRFA가 등장했을 때 이를 어떤 MN들이 사용하느냐이다. New MN 방법과 All MNs 방법을 비교해보면, New MN 방법이 All MNs 방법보다 시그널링 메시지 오버헤드가 낮았다. New MN 방법에서는 이동노드의 Local FA가 바뀌

지 않았다면 이동노드의 HRFA도 바뀌지 않으며, 이동노드의 Local FA가 바뀌었을지라도 새로운 Local FA의 계층적 트리상에 이전 HRFA가 존재한다면 이동노드의 HRFA는 바뀌지 않으므로 그에 따른 시그널링 메시지가 발생하지 않는다. 다만, 이동노드의 Local FA가 바뀌었을 때 새로운 Local FA가 이전 Local FA에게 보내는 시그널링 메시지는 발생한다. 이 메시지는 이전 Local FA에서부터 이전 HRFA까지의 경로상의 모든 FA에게 전달된다. All MNs 방법에서는 New MN 방법에서 발생하는 시그널링 메시지 이외에, 이동노드의 Local FA가 바뀌지 않아도 이동노드의 HRFA가 바뀌는 경우에 시그널링 메시지가 발생한다.

New MN 방법과 All MN 방법 내에서 Active 방법과 Passive 방법을 비교해보면 모두 Passive 방법이 Active 방법보다 시그널링 메시지 오버헤드가 크다. Active 방법에서는 FA가 스스로 HRFA로 동작하기 때문에 HRFA 권한 설정을 위한 시그널링 메시지가 필요하지 않다. 반면, Passive 방법에서는 바인딩 업데이트 메시지 이외에도 HRFA 권한 설정을 위한 시그널링 메시지가 추가적으로 발생한다. 그림 7과 8은 Passive 방법을 적용할 경우 추가적으로 발생하는 시그널링 메시지 오버헤드를 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, Passive & All MNs 방법과 Passive & New MN 방법이 상당히 큰 차이를 보이고 있다. 이는 All MNs 방법을 적용한 경우 3.1절의 그림 3과 4에서 보았듯이 이동노드의 HRFA 변경이 잦음으로 인해 그에 따른 시그널링 메시지의 수도 증가하기 때문이다.

결론적으로 New MN 방법을 적용한 Active & New MN 방법과 Passive & New MN 방법이 다른 방법들에 비해 시그널링 메시지 오버헤드가 낮았다. Passive & New MN 방법의 경우 Passive 방법에서 추가적으로 발생하는 메시지 오버헤드를 전체 시그널링 메시지

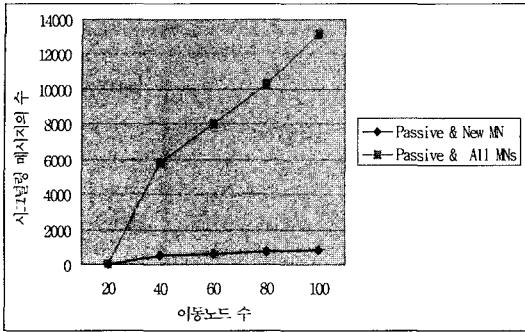


그림 7 Passive 기법에서만 추가적으로 발생하는 시그널링 메시지 오버헤드(상대 임계치 경우)

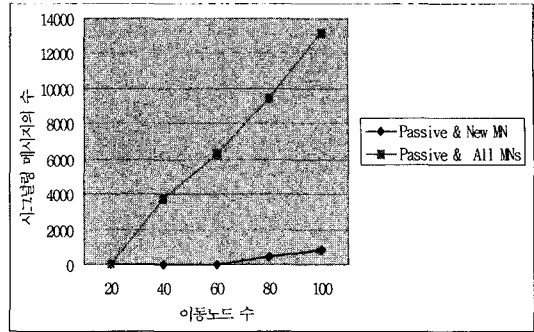


그림 8 Passive 기법에서만 추가적으로 발생하는 시그널링 메시지 오버헤드(절대 임계치 경우)

오버헤드에 포함했음에도 불구하고 토폴로지 기반 LMSP 방법, Active & All MNs 방법, Passive & All MNs 방법보다 낮은 시그널링 메시지 오버헤드를 보였다. 한편, Passive & All MNs 방법은 Passive 방법과 All MNs 방법을 적용함으로써 발생하는 시그널링 메시지로 인하여 다른 방법들에 비해 현저하게 높은 오버헤드를 보였다.

3.3 평균적으로 HRFA로 동작한 FA의 수

그림 9와 10은 이동노드 수를 변화시켜 보면서 총 15개의 FA 중 평균적으로 HRFA로 동작한 FA 수를 구한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이, 지역적 등록 방법과 토폴로지 기반 LMSP 선정 방법은 HRFA로 동작하는 FA가 지정되어 있기 때문에 값이 항상 일정하다. 이동노드 수에 따른 밀도 기반 방법에서 상대 임계치를 적용한 경우에는 이동노드 수에 따라서 상대적으로 임계치를 적용시키기 때문에 HRFA로 동작하는 FA의 수가 거의 일정하다. 그러나 절대 임계치를 적용한 경우에는 이동노드 수에 따라서 HRFA로 동작하는 FA의 수가 점차 늘어난다.

상대 임계치를 적용한 경우에 대한 결과인 그림 9에서는 HRFA 기법을 적용한 네 가지 방법들이 토폴로지 기반 LMSP 선정 방법보다 HRFA로 동작한 FA의 수가 더 높았다. 약간 특이한 점은 이동노드의 수가 20개 일 때 Passive 방법들의 HRFA의 수가 Active 방법들보다 약간 높게 나왔는데, 이는 20개의 이동노드에 대한 HRFA-low-threshold의 값이 너무 작아서 노드의 이동에 따라 HRFA로 동작했다가 하지 않았다가 하는 역할이 빈번하게 바뀌게 되기 때문이다. 따라서 한번이라도 HRFA로 서비스를 제공한 적이 있는 FA의 수가 Active 방법에 비해서 많이 발생하고, 이는 전체 동작한 HRFA의 수에 영향을 미치게 된다. 절대 임계치를 적용한 경우에 대한 결과인 그림 10에서는 이동노드 수가 60개인 경우까지 HRFA 기법을 적용한 네 가지 방법들이 토폴로지 기반 LMSP 선정 방법보다 HRFA로 동작한 FA의 수가 적었다가 이동노드 수가 80개부터 HRFA로 동작한 FA의 수가 더 많이 발생했다. 즉, 실험에서 절대 임계치가 25이기 때문에 4개 이상의 HRFA가 발생하려면 최소 75개의 이동노드가 무선 네

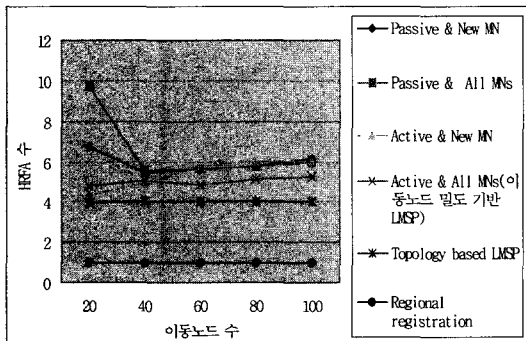


그림 9 HRFA로 동작한 평균 FA의 수 (상대 임계치 경우)

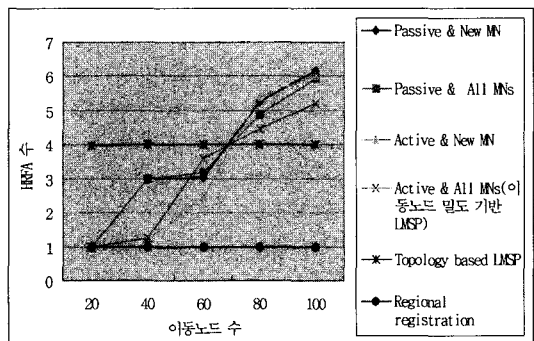


그림 10 HRFA로 동작한 평균 FA의 수 (절대 임계치 경우)

트위크 안에 들어와야 하기 때문이다.

3.4 HRFA 서비스 부하 분산 비교

최상위 HRFA의 오버헤드는 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 이동노드의 수가 많을수록 증가하게 된다. 따라서 무선 네트워크 도메인에 다중 HRFA를 둬으로써 최상위 HRFA의 오버헤드를 분산할 수 있다.

그림 11과 12는 이동노드의 수를 변화시켜보면서 전체 FA에 대하여 HRFA 서비스 부하가 분산된 정도를 구한 결과이다. 이 값은 각 FA가 시뮬레이션 시간동안 HRFA로 서비스한 평균 이동노드 수의 분산을 구한 것이다. 그림 11과 12에서 보는 바와 같이, 지역적 등록 방법은 최상위 HRFA가 무선 네트워크 도메인내의 모든 이동노드에게 HRFA 서비스를 제공하기 때문에 HRFA 서비스 부하 분산 성능이 가장 좋지 않다. 지역적 등록을 제외한 나머지 방법들 가운데서는 Active & New MN 방법의 HRFA 서비스 부하 분산 성능이 가장 좋지 않았다. Active & New MN 방법은 임의의 HRFA의 하위 FA 중 새로운 HRFA가 생기기 전까지 현재 HRFA로 동작하고 있는 FA가 등록을 요청하는 모든 이동노드의 HRFA로 동작하게 되므로 FA 간 서비스한 이동노드 수의 차이가 크다는 Active 방법의 특징을 갖고 있다. 또한, 임의의 HRFA에 등록된 이동노드가 다른 서비스 지역으로 이동하지 않는 한 이동노드의 HRFA가 변경되지 않으므로 3.1절에서 보았던 이동노드의 HRFA 변경 횟수가 적다는 New MN 방법의 특징을 동시에 갖고 있기 때문이다. Passive & New MN 방법, Passive & All MNs 방법, Active & All MNs 방법 그리고 토폴로지 기반 LMSP 방법은 HRFA 서비스 부하 분산에 있어서 차이가 크지는 않았다. 절대 임계치를 적용한 실험의 결과인 그림 12에서는 이동노드 수가 60개인 경우까지 토폴로지 기반 LMSP 방법이 나머지 세 가지 방법보다 약간 더 HRFA 서비

스 부하 분산 성능이 좋았지만 이동노드 수가 80개 이상부터는 나머지 방법들과 비슷해지거나 더 좋지 않았다. 이는 토폴로지 기반 LMSP 방법의 경우, 4개의 HRFA가 커버할 수 있는 이동노드 수보다 더 많은 이동노드가 무선 네트워크 도메인에 들어온다면 HRFA 서비스 부하 분산이 다른 나머지 방법들보다 좋지 않게 될 것임을 의미한다.

그림 13과 14는 이동노드 수를 변화시켜 보면서 HRFA 간 서비스 부하 분산 정도를 구한 결과이다. 이 값은 FA가 HRFA로 동작한 시간동안 서비스한 평균 이동노드의 수의 분산을 구한 것이다. 그림 13과 14에서 보는 바와 같이 지역적 등록 방법은 HRFA가 항상 하나만 있으므로 분산 결과는 0이다. 나머지 방법들 가운데서 Active & New MN 방법의 HRFA 서비스 부하 분산 성능이 가장 좋지 않았다. 이는 HRFA 간 서비스한 이동노드 수의 차이가 크다는 것을 의미하며, 그림 11의 Active & New MN 방법이 전체 FA의 HRFA 서비스 부하 분산에서 지역적 등록을 제외한 다른 방법들보다 좋지 않았던 이유를 뒷받침해준다. Passive & New MN 방법, Passive & All MNs 방법, Active & All MNs 방법 그리고 토폴로지 기반 LMSP 방법은 HRFA 서비스 부하 분산에 있어서 차이가 크지는 않았지만, 그림 11과 12에서와는 달리 토폴로지 기반 LMSP 방법이 나머지 세 가지 방법보다 서비스 부하 분산이 약간 더 좋은 결과를 보여주고 있다. 토폴로지 기반 LMSP 방법은 토폴로지를 적당한 크기의 세그먼트로 나누고 각각 세그먼트에 하나의 HRFA가 서비스를 제공하므로 각 세그먼트에 이동노드가 골고루 들어와 있다면 HRFA 간 서비스 부하 분산은 좋을 수밖에 없다. 하지만, 이동노드 분포가 고르지 않다면 서비스 부하 분산의 성능이 떨어질 것이다. 그림 14에서 이동노드 수가 40일 때의 Active & All MNs 방법과 이동노드 수가

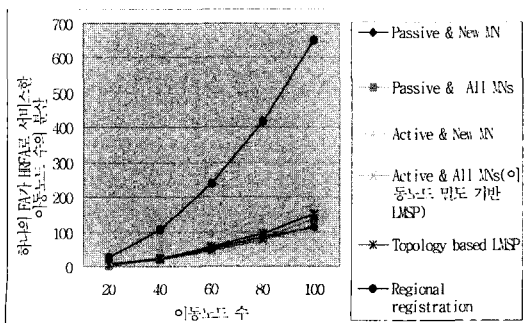


그림 11 전체 FA에 대하여 HRFA 서비스 부하가 분산된 정도(상대 임계치 경우)

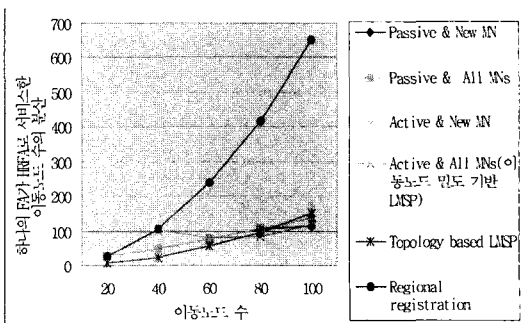


그림 12 전체 FA에 대하여 HRFA 서비스 부하가 분산된 정도(절대 임계치 경우)

60일 때의 Active & New MNs 방법의 HRFA 간 서비스 부하 분산 값이 갑작스럽게 올라간 것을 볼 수 있다. 이는 하나 이상의 HRFA가 동작할 때 각 HRFA마다 서비스 하는 이동노드 수의 차이가 크다는 것을 의미한다. 이동노드 수가 40개일 때 Active & New MN 방법이 Passive 방법들과 비슷한 분산 결과를 보이다가 이동노드 수가 60개 일 때 갑작스럽게 올라간 것은 특별한 경우로 봐야 한다. 실제 Active & New MN 방법에서 이동노드의 수가 40개일 때 여러 번 시뮬레이션을 수행한 결과 1개의 HRFA가 발생할 확률이 약 80% 정도이고, 이때의 분산은 0이다. 2개 이상의 HRFA가 발생할 가능성은 약 20%였으며, 이때의 분산 정도는 800에 근접했다. 즉, 이동노드의 수가 40개일 때 분산이 0인 값이 그래프에 많은 영향을 미쳤기 때문에 마치 분산이 잘 되고 있는 것으로 보이지만 실제로는 서비스 부하 분산 성능이 좋지 않다.

4. 결론

본 논문에서는 지역적 등록에서와 같이 최상위 FA가 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 모든 이동노드의 CoA로 동작할 때 최상위 FA에서 발생하는 부하를 도메인 내 다중 FA에게 분산하기 위한 방안인 HRFA 기법을 제안하였다. HRFA 기법은 이동노드 밀도를 기반으로 HRFA 부하를 분산시키며 HRFA를 선정하는 주체가 무엇인지에 따라 Passive / Active 방법으로 분류하고, 부하 분산을 위해 새로운 HRFA가 선정되었을 때 새로운 HRFA를 CoA로 사용하게 되는 이동노드들의 집합이 무엇인지에 따라 All MNs / New MN 방법으로 분류한다.

네 가지 방법을 조합하여 시뮬레이션을 수행하고 기존의 LMSP 기법, 지역적 등록 기법과 함께 성능을 비교해 본 결과, Passive & All MNs 방법과 Active &

All MNs 방법은 HRFA 서비스 부하 분산 정도에서는 나머지 방법들과 비슷한 성능을 보였던 반면, 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수와 시그널링 메시지 오버헤드에서 가장 좋지 않은 성능을 보였다. 지역적 등록 방법과 Active & New MN 방법은 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수와 시그널링 메시지 오버헤드에서 가장 좋은 성능을 보였지만 HRFA 서비스 부하 분산 정도에서 가장 좋지 않은 성능을 보였다. 토폴로지 기반 LMSP 방법과 Passive & New MN 방법은 전체 FA에 대한 HRFA 서비스 부하 분산에서는 비슷한 성능을 보이고 HRFA 간 서비스 부하 분산 정도에서는 토폴로지 기반 LMSP 방법이 약간 더 나은 성능을 보였다. 그러나 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수와 시그널링 메시지 정도에 대해서는 Passive & New MN 방법이 토폴로지 기반 LMSP 방법보다 훨씬 낮은 오버헤드를 보였다. 또한 각 세그먼트에 이동노드가 끌고루 들어와 있지 않는 상황에서는 토폴로지 기반 LMSP 방법의 HRFA 간 서비스 부하 분산 성능이 떨어지게 된다. 그리고 각 세그먼트에 HRFA로 지정된 FA가 커버할 수 있는 이동노드 수보다 더 많은 이동노드가 무선 네트워크 도메인에 들어온 경우에도 토폴로지 기반 LMSP 방법은 유연하게 이에 대처하지 않으므로 즉, 새로운 HRFA를 자동으로 추가 생성하지 않으므로 HRFA 서비스 부하 분산이 저하하게 된다. 따라서 이들 측면을 모두 고려할 때 Passive & New MN 방법이 HRFA 부하 분산 정도 및 오버헤드 면에서 안정적이며 가장 우수함을 볼 수 있었다. 제안하는 HRFA 기법을 실제 무선 네트워크 도메인에 적용하기 위해서는 도메인 내의 모든 FA들이 계층적 MIPv4의 최상위 FA와 같은 기능을 수행할 수 있는 장비여야 한다는 부담이 있다.

본 논문에서는 이동노드 밀도를 기준으로 HRFA로 동작할 수 있는 임계치를 가정하여 실험하였으나 추후,

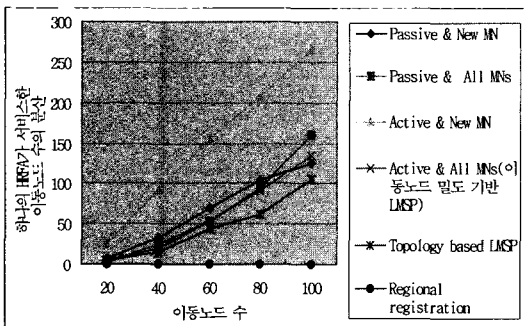


그림 13 HRFA로 동작하는 FA 간 서비스 부하 분산 정도(상대 임계치 경우)

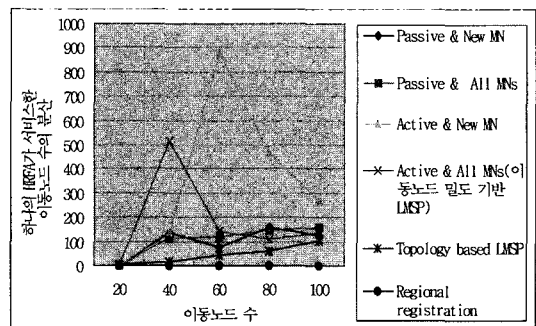


그림 14 HRFA로 동작하는 FA 간 서비스 부하 분산 정도(절대 임계치 경우)

무선 네트워크 도메인에서의 이동노드 QoS 향상을 위해 이동노드가 요구하는 대역폭에 따라 HRFA 서비스 부하를 분산하는 방안을 연구하고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Eva Gustafsson, Annika Jonsson, Charles E. Perkins "Mobile IPv4 Regional Registration," IETF Internet draft, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-05.txt, 2002.

[2] Hesham Soliman, Claude Castelluccia, Karim Elmalki, Ludovic Bellier "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," IETF Internet draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-07.txt, 2002.

[3] R. Ramjee, T. La Porta, S. Thuel, K. Varadhan, S.Y. Wang "HAWAII : A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless networks," ICNP, pp.283-292, 1999.

[4] Claude Castelluccia, Ludovic Bellier "A Hierarchical Mobility Management Framework for the Internet," IEEE MoMUC, pp.149-154, 1999.

[5] Taewan You, Sangheon Pack, and Yanghee Choi, "Robust Hierarchical Mobile IPv6," VTC, pp.2014-2018, 2003.

[6] H.Omar, T.Sassdawi and M.Lee "Multicast Support for Mobile-IP with the Hierarchical Local Registration Approach," WOWMOM, pp.55-64, 2000.

[7] Adrian. Vasilache, Jie. Li, and Hiso. Kameda, "Threshold load balancing for multiple home agents in Mobile IP networks," Telecommunications Systems, Special Issue on Mobile Computing and Wireless Networks, Vol. 22, issue 1-4, pp.11-31, 2003.

[8] Adrian Vasilache, Jie Li, and Hisao Kameda, "Load Balancing Policies for Multiple Home Agents Mobile IP networks," WISE'01, Volume 2, pp.0178-0198, 2001.

[9] Adrian Vasilache, Jie Li, and Hisao Kameda, "Simulation Study on Load Balanced Multiple Home Agents for Mobile IP network," DNIS 2000, pp.228-245, 2000.

[10] Adrian Vasilache, Hisao Kameda, and Jie Li. "A Dynamic Proxy-based Load Balancing Policy for Mobility Agents in Mobile IP," SIGEVA Workshop, Vol.2003, No.26, pp.13-20, 2003.

[11] Sangheon Pack, Byoungwook Lee, and Yanghee Choi, "Load Control Scheme at Local Mobility Agent in Mobile IPv6," Technical Paper, WWC 2004.

[12] Yi Xu Henry C. J. Lee Vrizlynn L. L. Thing, "A Local Mobility Agent Selection Algorithm for Mobile Networks," ICC 2003.

[13] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>



변 해 선

2001년 광주대학교 컴퓨터학과 졸업(학사). 2003년 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사). 2003년~현재 이화여자대학교 과학기술대학원 컴퓨터학과 박사과정. 관심분야는 Mobile IP, Mobile Network, Handoff, Virtual Private Network

Virtual Private Network

이 미 정

정보과학회논문지 : 정보통신
제 32 권 제 1 호 참조