

무선 이동 네트워크에서의 계층적 외부 에이전트 부하 분산 방안

변해선*, 이미정**
이화여자대학교 컴퓨터학과
e-mail:{ladybhs*, lmj**}@ewha.ac.kr

Load Balancing for Hierarchical Foreign Agents in Wireless Networks

Hae-Sun Byun*, Mee-Jeong Lee**
Dept. of Computer Science & Engineering, Ewha Womans University

요 약

무선 네트워크를 통해 인터넷에 접속하려는 이동노드 수가 늘어남에 따라 다수의 이동노드에게 무선 서비스를 제공해야 하는 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent)에서의 부하도 함께 증가하고 있다. 특히 지역적 등록(Regional Registration)에서와 같이 무선 네트워크 도메인의 최상위 FA가 현재 도메인에 로밍한 모든 이동노드의 COA로 동작함으로써 인해 발생하는 부하는 최상위 FA에서 혼잡 및 지연의 원인이 된다. 이에 본 논문에서는 최상위 FA에서 발생할 수 있는 부하를 하위 FA에게 분산하기 위하여 두 가지 접근방법인 Passive Approach와 Active Approach를 제안한다. Passive Approach는 부모 FA가 부하 분산 시점을 결정하여 자식 FA에게 분산해주는 기법이고 Active Approach는 임의의 FA가 스스로 분산 시점을 결정하여 상위 FA에서 발생할 수 있는 부하를 완화시켜주는 기법이다. 시뮬레이션을 통해 Active Approach의 한 형태를 띠고 있는 기존 연구인 LMSP 기법과 성능을 비교하여 가장 효율적인 부하 분산 방법을 제시한다.

1. 서론

이동 단말 기술이 발전함에 따라 무선 네트워크를 통해 인터넷에 접속하려는 이동노드의 수가 늘어나고, 동영상·음성과 같은 대량의 트래픽을 발생시키는 멀티미디어 어플리케이션의 사용이 증가하고 있다. 이는 한정된 대역폭을 가진 네트워크에서나 다수의 이동노드에게 무선 서비스를 제공해야 하는 HA 또는 FA에서 혼잡 및 지연의 원인이 된다. 특히, 대규모의 계층적 트리 구조를 가진 무선 네트워크 도메인의 경우, 지역적 등록에서와 같이 최상위 FA가 현재 도메인에 로밍한 모든 이동노드의 COA로 동작할 때 최상위 FA에서 발생하는 오버헤드는 더욱 증가할 수 있다. 최상위 FA는 현재 무선 네트워크 도메인에 로밍한 모든 이동노드의 등록에 관련된 시그널링 메시지를 처리해야 하며 이동노드별로 캐쉬를 유지해야 한다. 또한, HA나 CN(Correspondent Node)이 이동노드에게 보내는 트래픽은 항상 최상위 FA를 통해 전달되므로 최상위 FA에서 과부하가 발생할 수 있다[1][2][3][4]. FA가 멀티캐스트 트리에 가입하여 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공하는 방식인 FA Subscription 기반 멀티캐스트를

적용하는 경우, 최상위 FA가 멀티캐스트 트리에 가입하고 탈퇴함에 따른 오버헤드도 발생한다[5].

이에 본 논문에서는 최상위 FA에서 발생할 수 있는 부하를 도메인 내 다중 FA에게 효율적으로 분산하기 위하여 두 가지 접근방법인 Passive Approach와 Active Approach를 제안한다. Passive Approach는 부모 FA가 부하 분산 시점을 결정하여 자식 FA에게 분산해주는 기법이고, Active Approach는 임의의 FA에서 스스로 분산 시점을 결정하여 상위 FA의 부하를 완화시켜주는 기법이다. 시뮬레이션을 통해 이동노드 수를 변화시켜 보면서 FA 서비스 부하 분산 정도, 노드의 이동 시 COA 변경 횟수의 측면에서 성능을 비교하고 추가적인 시그널링 메시지의 발생 정도를 살펴본다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 최상위 FA의 부하를 분산하기 위해 제안된 기존 연구에 대하여 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 두 가지 접근방법인 Passive Approach와 Active Approach에 대하여 설명한다. 4장에서는 시뮬레이션을 통해 기존연구와 성능을 비교하고, 마지막으로 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 기존 연구

지역적 등록을 기반으로 한 FA Subscription 멀티캐스트의 경우 이동노드가 멀티캐스트 서비스를 받기를 원할 때 최상위 FA는 이동노드가 요구하는 모든 멀티캐스트 트리에 가입해야 한다. 최상위 FA가 멀티캐스트 트리에 가입/탈퇴함에 따른 오버헤드를 분산하기 위한 기존연구로는 LMSP(Local Multicast Service Provider)[5] 기법이 있다. LMSP는 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공해주는 FA를 말하는데, 계층적인 트리로 구성된 무선 네트워크 도메인에서 이동노드가 요구하는 멀티캐스트 트리에 가입하기 위한 LMSP를 여러 개 선정함으로써 최상위 FA의 오버헤드를 여러 FA에게 분산한다. LMSP 기법은 토폴로지 기반의 LMSP 선정과 이동노드 밀집 기반의 LMSP 선정으로 나뉘어진다. 토폴로지 기반의 LMSP 선정은 계층적 FA 구조를 논리적인 세그먼트로 분할한 후 각 세그먼트의 루트 FA를 LMSP로 선정하는 기법이다. 이동노드 밀집 기반의 LMSP 선정은 각 FA가 자신을 포함하여 하위 트리에 로밍한 이동노드의 수를 유지하고 있다가 그 수가 정해진 한계에 도달하면 스스로 LMSP가 되는 선정기법이다. 즉, 말단 FA부터 자신의 셀에 로밍한 이동노드의 수를 바로 상위 FA에게 보내고 상위 FA는 하위 FA에서 받은 이동노드 수와 자신의 셀에 로밍한 이동노드의 수의 합을 자신의 상위 FA에게 보낸다. 그러다가 어느 한 FA에서 유지하고 있는 이동노드의 수가 정해진 한계선을 넘어서면 그 FA가 스스로 새로운 LMSP가 된다. LMSP로 선정된 FA는 서비스 범위 안에 들어와 있는 이동노드가 멀티캐스트 트리에 가입을 요구하면 멀티캐스트 트리에 가입하여 이동노드에게 멀티캐스트 서비스를 제공해준다. 따라서 최상위 FA가 모든 멀티캐스트 트리에 가입 및 탈퇴함에 따른 오버헤드를 LMSP로 지정된 FA에게 분산할 수 있다. 그러나 이동노드 밀집 기반의 LMSP 선정의 경우 새로운 LMSP가 선정이 되면 이동노드의 COA가 새로운 LMSP로 변경되므로 COA 변경 횟수가 늘어난다는 단점이 있다.

3. 최상위 FA를 위한 로드밸런싱

본 장에서는 최상위 FA에서 발생할 수 있는 부하를 도메인 내 다중 FA에게 분산하기 위해 제안하는 기법에 대해 설명한다. 그림 1은 무선 네트워크 도메인의 FA가 계층적인 트리 구조로 구성되어 있는 토폴로지를 나타낸다. HRFA(Hierarchical Root Foreign Agent)는 이동노드의 COA로 서비스 해주는 FA를 말하며 지역적 등록에서의 최상위 FA와 같이 이동노드의 등록요청 메시지를 HA에게 보낸다. HA는 HRFA 주소를 이동노드의 COA로 등록하고 이동노드에게 보낼 패킷을 HRFA에게 터널링한다. 제안하는 기법에서는 최상위 HRFA의 부하를 하위 FA에게 분산하기 위하여 다중 HRFA를 선정하며, HRFA를 선정하는 방법에 따라 Passive Approach와 Active Approach로 분류한다.

3.1 Passive Approach

Passive Approach는 부모 FA가 자식 FA에게 HRFA로 동작할 수 있는 권한을 부여해 주는 기법이다. 즉, 부모 FA

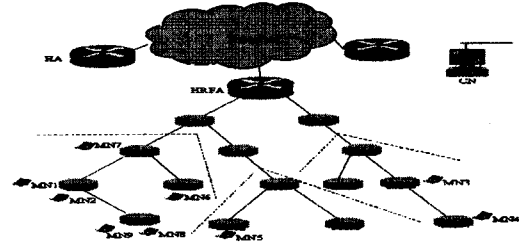


그림 1. 계층적 트리 구조를 가진 무선 네트워크 도메인

로부터 HRFA 권한을 부여받은 FA만 이동노드에게 COA 서비스를 제공할 수 있다. 이 기법에서는 HRFA 권한의 설정을 위해 모든 FA가 High-Threshold, Low-Threshold, HRFA-Full, HRFA-OK라는 변수를 유지하도록 한다. 무선 네트워크 도메인의 최상위 HRFA는 자신이 COA로 서비스하고 있는 이동노드의 수가 High-Threshold에 도달하면 COA 서비스 부하가 크다는 것을 표시하는 HRFA-Full 변수를 1로 설정한 후 자식 FA에게 HRFA-Permission 메시지를 보낸다. HRFA-Permission 메시지를 받은 자식 FA는 HRFA로 동작할 수 있음을 나타내는 HRFA-OK 변수를 1로 설정한 후 새로운 HRFA로 동작한다. 반대로 HRFA-Full 변수가 1인 HRFA는 자신이 COA로 서비스 해주던 이동노드가 다른 곳으로 이동하여 현재 자신에게 등록되어 있는 이동노드의 수가 Low-Threshold 이하로 떨어지면 HRFA-Full 변수를 0으로 설정한 후 자식 FA에게 HRFA-Possible 메시지를 보낸다. 이 메시지는 자신의 주소를 COA로 등록한 이동노드 수가 적어 더 많은 이동노드에게 COA 서비스를 제공할 수 있음을 하위 FA에게 알리기 위한 메시지이다. 이 메시지는 최종적으로 말단 FA가 받을 때까지 전달되며 이 메시지를 받은 FA는 HRFA-OK 변수를 0으로 설정한다.

어떤 FA가 부모 FA로부터 HRFA-Permission 메시지를 받아 HRFA로 동작하기 시작할 때 무선 네트워크 도메인에 새로이 들어오는 이동노드에게만 COA 서비스를 제공하거나, 기존에 들어와 있던 이동노드를 포함하여 새로이 들어오는 이동노드에게 COA 서비스를 제공하느냐에 따라 Passive Approach는 다시 Passive New MN Approach와 Passive All MNs Approach로 분류된다. 예를 들어 그림 1에서 High-Threshold가 5라 가정한다면, FA0은 MN1부터 MN5까지의 이동노드에 대하여 HRFA로 동작하게 된다. FA0은 자신의 주소를 COA로 등록한 이동노드의 수가 5 이상이 되었을 때 FA1과 FA2에게 HRFA 서비스 권한을 부여해 주기 위하여 HRFA-Permission 메시지를 보낸다. HRFA-Permission 메시지를 받은 FA1과 FA2는 새로운 HRFA로 동작하기 시작한다. 이때 MN6이 들어왔다면 Passive New MN Approach의 경우 FA1이 MN6의 HRFA가 되고 이미 도메인에 들어와 있던 MN1부터 MN5까지는 여전히 FA0이 HRFA로 동작한다. 그러나 Passive All MNs Approach의 경우 새로이 HRFA로 선정된 FA1이 MN1, MN2, MN5, MN6의 HRFA로 동작하고 FA2가 MN3, MN4의 HRFA로 동작한다.

3.2 Active Approach

Active Approach는 한 FA에 등록되어 있는 이동노드 수가 정해진 한계에 도달하면 그 FA가 스스로 HRFA로 동작하는 기법이다. 즉, 모든 FA는 자신을 통해 등록이 이루어진 이동노드의 수를 유지하고 있다가 그 수가 High-Threshold에 도달하면 HRFA-OK 변수를 1로 설정하고 스스로 HRFA로 동작하기 시작한다.

Active Approach에서도 무선 네트워크 도메인에 새로이 들어오는 이동노드에게만 COA 서비스를 제공하느냐, 기존 이동노드를 포함하여 새로이 들어오는 이동노드에게 COA 서비스를 제공하느냐에 따라 Active New MN Approach와 Active All MNs Approach로 나뉘어진다. 그림 1의 경우 FA0은 MN1부터 MN7이 들어올 때까지 HRFA로 동작한다. 무선 네트워크 도메인에 MN8이 들어와 보낸 등록요청 메시지가 계층적 트리를 따라 올라가다가 FA3에 도착했을 때 FA3이 High-Threshold인 5에 도달하여 스스로 새로운 HRFA로 동작하기 시작한다. 이때 Active New MN Approach의 경우, 기존의 MN1부터 MN7까지는 계속 FA0에 의해 서비스되고, 새로이 들어온 MN8에 대해서만 FA3이 HRFA로 서비스한다. Active All MNs Approach의 경우에는 FA3이 기존에 그 경로를 통해 등록이 이루어져 있던 MN1, MN2, MN6, MN7과 새롭게 도메인에 들어온 MN8의 HRFA로 동작하고, MN3, MN4, MN5는 여전히 FA0이 HRFA로 동작한다. 2장에서 설명한 이동노드 밀집 기반의 LMSP 선정 기법은 이와 같은 Active All MNs Approach를 적용한 형태로 볼 수 있다.

4. 성능평가

제안하는 최상위 HRFA 서비스 부하분산 방안의 성능평가를 위해 캘리포니아 버클리 대학에서 개발된 NS-2[7]를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 이동노드 수를 변화시켜 보면서 HRFA 서비스 부하 분산 정도, 노드의 이동 시 COA 변경 횟수, 그리고 Passive Approach에서 발생하는 추가적인 시그널링 메시지의 발생정도를 측정하였다.

본 시뮬레이션에서는 무선 네트워크 도메인의 최상위 FA(GFA)가 현재 도메인에 로밍한 모든 이동노드의 COA로 동작하는 지역적 등록기법과 LMSP에서 제안된 두 가지 기법(토폴로지 기반 기법과 이동노드 밀집 기반 기법)을 포함하여 총 6가지 기법을 실험하였다.

4.1 시뮬레이션 환경

실험에 사용된 HA, FA, CN의 수는 그림 1에서와 같이 각각 1개, 15개, 1개이며 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 이동노드의 수는 20개부터 100개까지 변화시켜 보면서 실험하였다. HA와 최상위 HRFA간, FA와 FA간, FA와 MN간의 링크 딜레이는 각각 10ms, 1ms, 2.5us로 가정하였고 150초의 시뮬레이션 시간동안 이동노드는 임의의 시간에 임의의 장소로 이동하도록 하였다. 2장에서 설명한 토폴로지 기반 HRFA 선정을 위한 논리적인 세그먼트의 수는 그림 1에서와 같이 4개로 분할하였다.

4.2 시뮬레이션 결과

최상위 HRFA의 오버헤드는 무선 네트워크 도메인에 로밍한 이동노드가 많을수록 증가할 것이다. 따라서 무선 네트워크 도메인에 다중 HRFA를 선정함으로써 최상위 HRFA의 오버헤드를 분산할 수 있다. 그림 2와 3은 무선 네트워크 도메인에 들어와 있는 이동노드의 수를 변화시키면서 HRFA로 선정된 FA의 수를 구한 결과인데 그림 2는 절대적 High-Threshold와 Low-Threshold를 가진 네트워크 도메인을 가정한 실험 결과이며 그림 3은 상대적 High-Threshold와 Low-Threshold를 가진 네트워크 도메인을 가정한 실험결과이다. 그림 2에서 High-Threshold와 Low-Threshold는 각각 25와 5로 가정하였고, 그림 3에서 High-Threshold는 실험한 이동노드 수의 25%, Low-Threshold는 High-Threshold의 20%로 가정하였다. 절대적인 Threshold 값은 최대 100개의 이동노드를 가정하였을 경우 토폴로지 기반 HRFA 선정에서의 논리적인 세그먼트 수로 분할한 값이다.

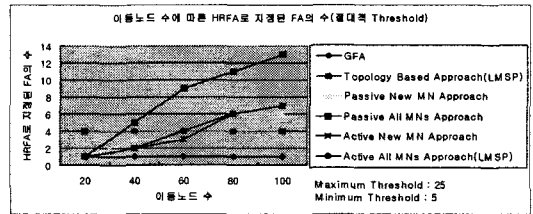


그림 2. 이동노드 수에 따른 HRFA로 선정된 FA의 수(절대적인 Threshold)

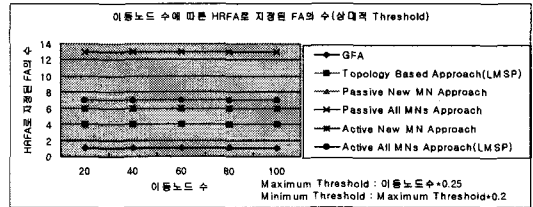


그림 3. 이동노드 수에 따른 HRFA로 지정된 FA의 수(상대적인 Threshold)

그림 2에서 보는 바와 같이 GFA와 Topology Based Approach(LMSP)는 HRFA로 동작할 FA가 이미 지정되어 있기 때문에 HRFA의 수가 일정하다. Passive Approach와 Active Approach의 경우에는 Passive All MNs Approach가 Active All MNs Approach보다 HRFA로 동작하는 FA의 수가 더 많았다. 그 이유는 Active All MNs Approach에서는 최상위 FA에 등록되어 있는 이동노드의 수가 High-Threshold를 넘었다 할지라도 하위 FA중 High-Threshold를 넘는 FA가 발생할 때까지 모든 이동노드의 등록요청은 최상위 FA에게 요청되므로 HRFA 서비스 분산정도가 낮기 때문이다. Passive New MN Approach와 Active New MN Approach의 경우는 HRFA 서비스 부하 분산정도가 비슷하게 증가하고 있다. New MN Approach의 경우

는 새롭게 등록을 요청하는 이동노드에 대해서만 HRFA로 동작하기 때문에 HRFA 상위에 이미 등록이 되어 있는 이동노드의 경우에는 High-Threshold의 값에 변화를 주지 못한다. 그림 3은 상대적인 Threshold를 가정하였기 때문에 이동노드 수와 관계없이 HRFA 수가 동일하게 분산됨을 보였다.

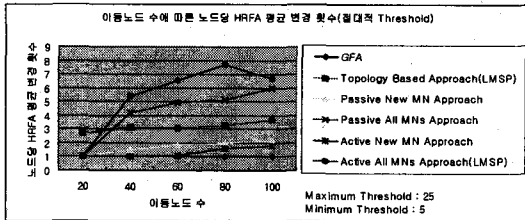


그림 4. 이동노드 수에 따른 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수(절대적인 Threshold)

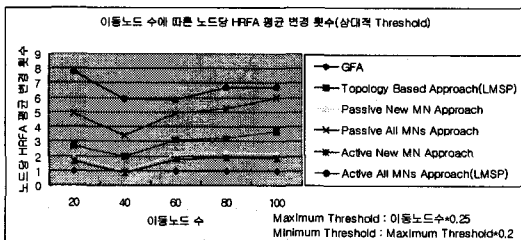


그림 5. 이동노드 수에 따른 노드당 HRFA 평균 변경 횟수(상대적인 Threshold)

이동노드의 핸드오프 시 새로운 HRFA로 변경되는 횟수가 많을수록 HA로 보내는 등록요청 및 등록응답에 관련된 시그널링 메시지의 수는 증가할 것이다. 따라서 이동노드의 핸드오프 시 새로운 HRFA로 변경되는 횟수가 가급적 최소화되어야 한다. 그림 4와 5는 이동노드 수의 변화에 따른 노드 당 HRFA 평균 변경 횟수를 실험한 결과이다. Passive Approach와 Active Approach 모두 New MN Approach를 적용했을 경우가 All MNs Approach를 적용했을 경우보다 이동노드 당 HRFA 평균 변경 횟수가 낮음을 볼 수 있다. All MNs Approach의 경우는 새로이 HRFA가 선정되었을 때 그 경로를 통해 이미 등록이 이루어진 이동노드의 HRFA가 새로운 HRFA로 변경되기 때문에 이동노드 당 HRFA 변경 횟수가 잦다. New MN Approach의 경우에는 Active New MN Approach의 경우가 Passive New MN Approach의 경우보다 다소 차이는 없지만 이동노드 당 HRFA 평균 변경 횟수가 더 낮았다.

그림 6은 Passive Approach를 적용할 경우 추가적으로 발생하는 HRFA-Permission 메시지와 HRFA-Possible 메시지의 수를 나타낸 그림이다. 추가적인 메시지의 발생 빈도는 상당히 적으며 따라서 성능에 큰 영향을 미치지 않는다.

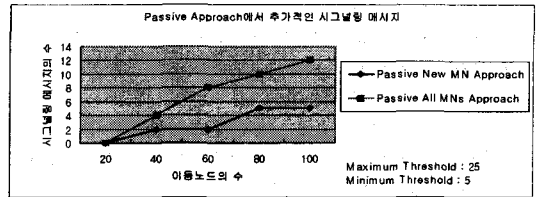


그림 6. Passive Approach에서 추가적인 시그널링 메시지의 수

5. 결론

본 논문에서는 지역적 등록에서의 같이 최상위 FA가 무선 네트워크 도메인에 로밍한 모든 이동노드의 COA로 동작할 때 발생할 수 있는 부하를 도메인 내 다중 FA에게 분산하기 위해 이동노드의 밀집 정도를 기반으로 하여 두 가지 접근방법인 Passive Approach와 Active Approach를 제안하였다. Passive Approach는 부모 FA가 자식 FA에게 HRFA 권한을 부여해주는 기법이고, Active Approach는 FA가 스스로 HRFA로 권한을 얻게 되는 기법이다.

시뮬레이션 결과, HRFA 서비스 분산 정도 측면에서는 Passive Approach를 적용하느냐, Active Approach를 적용하느냐에 따라 성능이 달라졌는데 Passive Approach를 적용했을 때 Active Approach의 경우보다 HRFA 서비스가 더 넓게 분산되는 것으로 나타났다. 이동노드의 핸드오프 시 COA 변경 횟수 측면에서는 New MN Approach를 적용하느냐, All MN Approach를 적용하느냐에 따라 성능에 변화가 달라졌는데 New MN Approach를 적용했을 때 이동노드의 COA 변경 횟수가 더 적음을 볼 수 있었다. HRFA 서비스 분산 정도와 이동노드의 COA 변경 횟수 측면에서 이 실험을 통해 종합해 볼 때 Active New MN Approach가 최상위 FA의 부하를 분산하기 위한 가장 효율적인 분산 방법임을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] Eva Gustafsson, Annika Jonsson, Charles E. Perkins "Mobile IPv4 Regional Registration" IETF Internet draft, 2002
- [2] Hesham Soliman, Claude Castelluccia, Karim Elmalki, Ludovic Bellier "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management" draft-ietf-mobileip-hmip6-07.txt
- [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, 1998
- [4] Claude Castelluccia, Ludovic Bellier "A Hierarchical Mobility Management Framework for the Internet" IEEE MoMUC, pp.149-154, 1999
- [5] H.Omar, T.Sassdawi and M.Lee "Multicast Support for Mobile-IP with the Hierarchical Local Registration Approach" WOWMOM, pp.55-64, 2000
- [6] Adrian Vasilache, Jie Li, Hisao Kameda "Threshold Load Balancing for Multiple Home Agents in Mobile IP Networks" WISE'01 Volume 2, pp.178-183, 2001
- [7] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>