

이동 컴퓨팅 환경에서 FA의 부하 감소 기법

강용혁, 김문정, 엄영익
e-mail: {yhkang, tops, yieom}@dslab.skku.ac.kr

Load Reduction Scheme for FA in Mobile Computing Environments

Yong Hyeog Kang, Moon-jeong Kim, Young Ik Eom
School of Electrical and Computer Engineering,
Sungkyunkwan University

요약

이동 컴퓨팅 환경에서, 하나의 셀 내의 여러 이동 호스트들이 제한된 무선 채널을 사용하여 서로 통신을 하게 된다. 따라서 채널을 요구하는 이동 호스트들에게 제한된 무선 채널을 효율적으로 할당하는 작업은, 이동 컴퓨팅 환경에서 상당히 중요한 일이라 할 수 있을 것이다. 이동 컴퓨팅 환경의 구성 요소 중에 무선 링크는 다른 요소들에 비해 사용이 제한되어 있는 자원이다. 본 논문에서는 Mobile IP를 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서 하나의 FA에 등록하는 이동 호스트의 수를 효율적으로 관리하는 기법을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 채널 할당 상태는 변경하지 않고 그대로 유지하면서 셀의 중복도를 이용해서 중복된 지역에 있는 이동 호스트들은 자동적으로 다른 셀의 FA(Foreign Agent)로 등록되게 하여 현재의 FA의 부하를 감소시키는 기법이다.

1. 서론

최근 휴대용 컴퓨터 기술의 발전과 무선 통신의 기술의 발전은 이동 컴퓨팅 환경을 보다 다양한 영역으로 확장시키고 있다. 이동 컴퓨팅 환경의 시스템 모델은 기존의 고정 네트워크에 MH(Mobile Host), FA(Foreign Agent)와 무선 네트워크로 구성된다. 무선 네트워크와 고정 네트워크와의 접속은 무선링크로 이루어지며 FA는 이동 호스트를 고정 네트워크에 연결하는 중계자 역할을 수행한다.

기존의 네트워크 환경이 이동성을 고려하지 않고 설계되었기 때문에 이동 컴퓨터가 이동하는 도중에 기존의 네트워크에 접속하기 위해서는 기존의 주소 기법으로는 문제점이 발생한다. 즉, 이동 호스트가 새로운 위치로 이동하였을 때 기존의 주소체계로는 그 이동 호스트를 찾는 데 어려움을 가지며, 이동 호스트 자체도 다른 네트워크 주소를 가지고 있는 곳으로 이동하였을 경우에는 새로운 환경에 적응하는 데 어려움을 가지게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 IETF에서 Mobile IP를 제안하였다. 홈 네트워크와 현재 이동 호스트가 위치한 네트워크간의 주소 변환을 하는 간접 주소 기법을 제안함으로써 기존의 주소체계를 변경하지 않고 이동성을 지원하게 되었다[1].

이동 컴퓨팅 환경의 구성 요소 중에 무선 링크는 다른 요소들에 비해 사용이 제한되어 있는 자원이다. 이동 컴퓨팅 환경이 한 셀(cell) 안에서 하나의 FA와 여러 개의 이동 호스트들이 제한된 무선 채널을 사용하여 서로 통신을 하게 된다. 따라서 효과적인 채널 할당은 효율적인 이동 컴퓨팅 환경 설계하는 데 상당히 중요한 요소가 된다. 특히 제한된 무선 채널의 수를 효율적으로 할당함으로써 처리량을 높이고 이동 호스트의 접속 지연 시간을 줄일 수 있다. 현재 무선 채널의 효율적인 할당을 위해 제한된 채널 자체를 셀에 효율적으로 할당하도록 하는 채널 전송 정책(channel transfer policy)이 주로 연구되고 있다. 그러나 이러한 정책은 신호의 세기가 변하여 동일 채널 간섭(co-channel interference)이 발생하는 문제가 내재되어 있다. 또한 이 정책을 위해서는 부하 분배를 효율적으로 수행해야 하고 부하의 변화에 대한 적응성이 있어야 하며, 채널 할당 기법을 수행하는 시간을 최소화해야 한다[2].

본 논문에서는 Mobile IP를 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서 하나의 FA에 등록하는 이동 호스트의 수를 효율적으로 관리하는 기법을 제안하고자 한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 채널 할당 상태는 변경하지 않고 그대로 유지하여 채널 전송 정책에서 발생하는 문제점이 없는 무선 채널의 사용을

효율적으로 사용할 수 있도록 하는 기법이다.

2. Mobile IP

Mobile IP 프로토콜은 에이전트 발견(agent discovery), 등록(registration), 터널링(tunneling)을 통한 데이터그램의 전송 등 3가지 기술로 구성된다. 에이전트 발견은 FA가 ICMP 라우터 광고(ICMP router advertisement) 메시지를 확장한 에이전트 광고(agent advertisement) 메시지를 자신의 무선 셀 내에 주기적으로 방송함으로써, 자신의 셀 내에 진입한 이동 호스트들에게 자신의 존재를 주기적으로 알리는 기법이다. 이 두 메시지 형식은 그림 1과 그림 2에서 보인다.

Type	Code	Checksum
Num Adrs	Addr entry size	Lifetime
Router Address [1]		
Preference Level [1]		
Router Address [2]		
Preference Level [2]		
...		

[그림 1] ICMP 라우터 광고

Type	Length	Sequence number
Registration Lifetime		R B H F M G V Reserved
Care-of Address [1]		
Care-of Address [2]		
...		

[그림 2] 이동 에이전트 광고 확장

그림 1과 그림 2의 메시지 형식 중에서 본 논문에서 제안하는 기법과 관련된 필드들을 정리하면 다음과 같다. 먼저 그림 1에서 Lifetime 필드는 이 메시지가 유효한 기간을 나타내며, 에이전트 광고 메시지의 주기를 결정한다. 그림 2에서 Registration Lifetime(등록 시간)은 이동 호스트가 한번 등록된 후에 등록이 얼마동안 유지되는지에 대한 정보를 가지고 있으며, R 비트는 이동 호스트에게 등록을 요구하는 비트이다. B 비트는 busy 비트로서 더 이상의 등록을 받아들이지 않겠다는 의미로 사용되며, H 비트와 F 비트는 각각 HA(Home Agent)와 FA로서의 서비스를 제공할 것이라는 의미이다. Care-of Address 필드는 F 비트가 설정되어 있는 경우의 메시지에 한 개 이상의 Care-of Address가 포함된다.

에이전트 광고 메시지의 전송주기는 그림 1의 Lifetime 필드에 해당되는 값의 1/3이 되도록 설정되어야 하며, 동기화나 연속적인 충돌을 피하기 위해 난수화해야 한다. 또한, 메시지의 오버헤드를 줄이기 위해서 최대 전송 주기를 1초로 해야 한다[3].

에이전트 광고 메시지를 받은 이동 호스트는 이 메시지를 통해 자신이 이동한 네트워크를 식별하게 되며, 자신의 FA의 care-of address를 얻어 자신의 HA에게 전송함으로써 등록이 이루어진다. 이동 호스트가 자신의 HA에게 현재 위치를 등록하기 위해서 먼저 이동 호스트가 등록 요청(registration

request) 메시지를 FA에게 전송하며, FA는 받은 등록 요청 메시지를 처리하여 해당 이동 호스트의 HA에게 전달한다. 해당 HA는 FA에게 등록 응답(registration reply) 메시지를 전송하고, FA는 등록 응답을 처리하여 이동 호스트에게 전달하게 된다.

등록이 완료된 후에 HA는 임의의 호스트로부터 이동 호스트로의 데이터 전송 요구가 발생 되었을 때, 해당 데이터를 intercept하여 실제 이동 호스트가 있는 FA로 터널링 하게 된다. FA는 전송 받은 데이터를 무선링크를 통해 목적지 이동 호스트로 보내게 된다.

3. 제안 기법

이동 컴퓨팅 환경에서, 하나의 셀 내의 여러 이동 호스트들이 제한된 무선 채널을 사용하여 서로 통신을 하게 된다. 따라서 채널을 요구하는 이동 호스트들에게 제한된 무선 채널을 효율적으로 할당하는 작업은, 이동 컴퓨팅 환경에서 상당히 중요한 일이라 할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 Mobile IP를 사용하는 이동 컴퓨팅 환경에서, FA가 자신을 통해 등록하는 이동 호스트들의 수를 효율적으로 관리할 수 있도록 하는 기법을 제안하고자 한다. 임의의 FA가 자신의 셀 내의 이동 호스트들의 수가 적정 수준보다 많아지는 경우에, 자신의 셀 내에 존재하는 이동 호스트들 중 일부를 자신의 인접 FA로 하여금 관리하도록 유도함으로써, 자신의 셀 내의 무선 채널을 사용하는 이동 호스트들의 수를 감소시키는 기법이다. 이 기법은 채널의 재할당 없이 효율적인 채널 사용을 가능하게 하는 기법이라 할 수 있다.

FA가 자신의 셀 내의 무선 채널을 사용하는 이동 호스트들의 수를 감소시키는 방법으로는, 임의의 시점에서 추가 등록 요청을 거부하는 방법과 등록된 이동 호스트들의 등록 시간을 감소시킴으로써, 등록을 빠른 시간 내에 해지시키는 기법이 있다. 그러나 임의의 시점에서 추가 등록 요청을 거부하는 방법은 위급한 처리가 필요한 이동 호스트가 등록을 요청 하더라도 수락하지 못하게 되는 경우가 발생할 수 있다는 문제점을 갖는다. 또한, 등록을 빠른 시간 내에 해지시키는 방법은 등록이 취소된 이동 호스트가 바로 재등록을 요청하게 되는 경우가 빈번히 발생하게 되어 오히려 채널의 낭비를 초래할 수 있다.

본 논문에서는 이동 호스트의 수를 감소시키는 기법으로 에이전트 광고 메시지의 전송 주기를 느리게 하는 방법을 사용하였다. 이동 컴퓨팅 환경에서 셀들은 보통 중첩구조로 구성된다. 따라서 자신의 셀 내의 무선 채널을 사용할 수 있는 이동 호스트들의 수를 줄여야 하는 FA는 자신이 주기적으로 방송하는 에이전트 광고 메시지의 방송 주기를 늦춤으로써, 자신이 관리하는 셀과 인접 FA가 관리하는 셀의 중첩된 위치에 있는 이동 호스트들이 자신보다 자주 에이전트 광고 메시지를 방송하는 인접 FA의 에이전트 광고 메시지를 받게 된다. 이와 같은 상황에는 해당 이동 호스트들은 인접 FA에게 등록을 요청하게 되어, 자율적으로 처음의 FA가 관리하는

셀 내의 무선 채널을 사용하게 되는 이동 호스트들의 수가 감소되도록 하는 기법이다.

또한 이미 FA를 통해 등록하여 무선 채널을 사용할 수 있는 이동 호스트들의 등록 시간을 감소시킴으로써, 등록을 빠른 시간 내에 해지시키는 기법을 함께 적용하면, 보다 높은 적응성을 갖는 기법이 될 것이다.

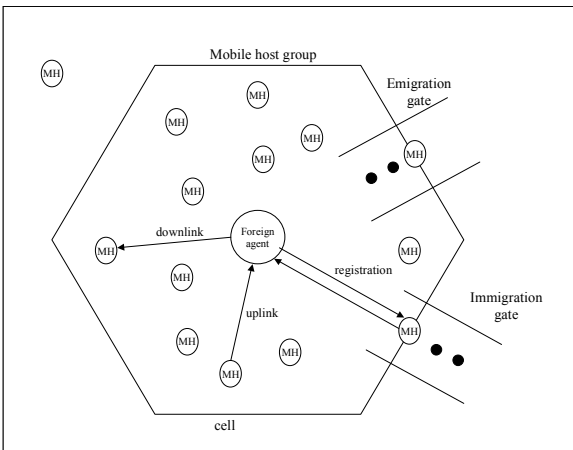
4. 성능 평가

본 제안 기법에 대한 성능 평가를 위해서 이산 사건 시뮬레이션(event-driven simulation) 도구 중에 하나인 SIMLIB을 사용하였다[4]. 시뮬레이션을 위해 먼저 FA와 이동 호스트들간의 등록 과정을 모델링하고, 몇 가지 가정을 가진다.

4.1 성능 평가를 위한 모델링

본 제안 기법에 대한 성능 평가를 위해서 FA와 이동 호스트들간의 등록과정만을 고려한다. 임의의 FA가 관리하는 셀 내에 진입한 이동 호스트들 중에 인접한 셀을 관리하는 인접 FA로 등록한 이동 호스트들의 수를 비교하여 채널의 효율성을 측정한다.

이동 컴퓨팅 환경에서 이동 호스트들이 임의의 FA에 등록하는 과정에 대한 모델링은 그림 3에서 보인다.



[그림 3] 이동 호스트의 등록 과정 모델링

그림 3에서 임의의 FA가 관리하는 셀 내에 들어오고 나가는 이동 호스트들을 immigration gate와 emigration gate라고 하는 두 개의 큐로 관리한다. 각각의 큐에서 관리되는 이동 호스트들의 수에 의해 해당 FA의 부하가 결정된다. 또한 임의의 이동 호스트가 에이전트 광고 메시지를 연속적으로 손실하였을 경우에는 emigration gate로 나가는 것으로 모델링하였다.

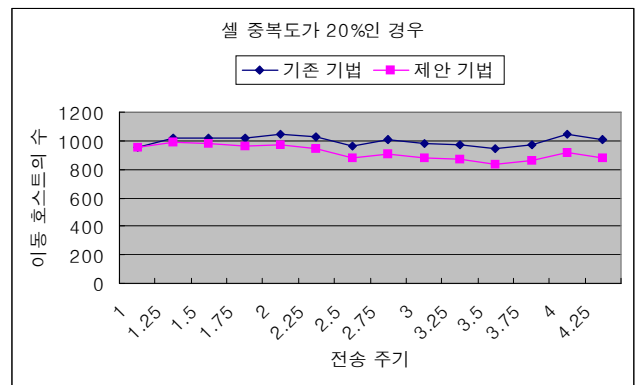
본 제안 기법에 대한 시뮬레이션을 위해서 몇 가지 가정들을 둔다. 먼저 시뮬레이션의 초기시, 임의의 FA가 관리하는 셀 내에 1000 개의 이동 호스트 존재한다고 가정한다. 해당 FA의 에이전트 광고 메시지 방송 주기는 최대 1초로하며, 임의의 이동 호스트가 에이전트 광고 메시지를 방송 주기의

2배가 되는 시간 동안 받지 못했을 때 이동 호스트는 자동으로 해당 FA를 통한 등록이 해지되었다고 인지하게된다. 또한 임의의 FA와 중복된 다른 셀을 관리하는 인접한 FA는 단지 하나만 존재한다고 가정하며, 인접한 FA의 에이전트 광고 메시지의 방송주기는 일정하다고 가정한다.

4.2 시뮬레이션 결과

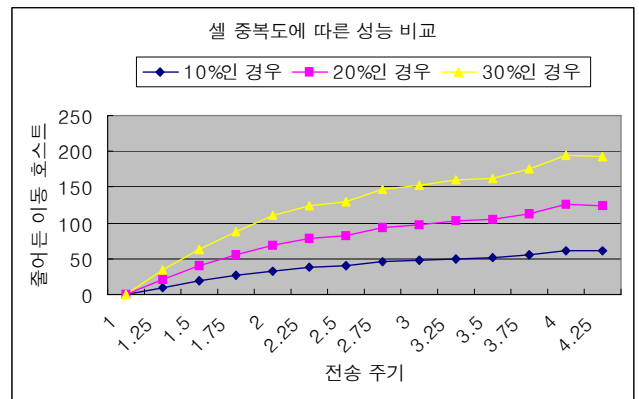
에이전트 광고 메시지의 방송 주기가 1초로 고정된 기존 기법과의 비교 평가하기 위해서 에이전트 광고의 전송 주기를 1에서부터 4.25까지 증가시키면서 평가하였다.

그림 4는 셀 중복도가 20%인 경우에 전송 주기와 이동 호스트의 수의 변화 관계를 보여주고 있다. 전송 주기가 1인 경우에는 거의 차이가 없으나 전송 주기가 커질수록 제안 기법이 이동 호스트가 점점 줄어든다.



[그림 4] 전송 주기와 이동 호스트의 수

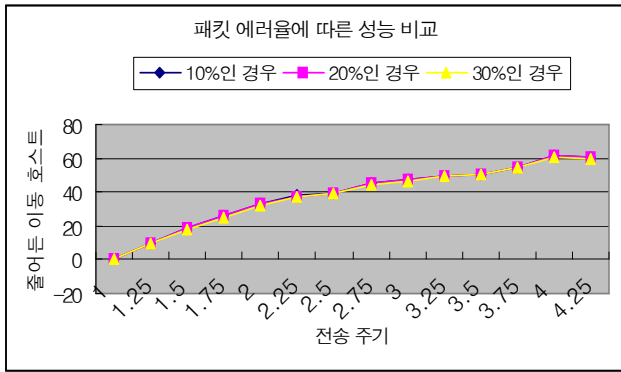
다음은 셀 중복도가 제안기법에 주는 영향을 보여주기 위해 셀 중복도에 따른 성능 비교를 보여준다. 여기서도 전송 주기가 1일 경우에는 거의 차이가 없고 전송 주기가 커질수록 줄어든 이동 호스트의 개수가 커지고 있다. 또한 셀 중복도가 많을 수록 이동 호스트의 개수가 더욱더 줄어든다는 것을 알 수 있다. 줄어든 이동 호스트의 개수가 중복된 지역의 이동 호스트 개수의 반을 차지할 때의 전송주기를 보면 셀 중복도에 관계없이 3에서 3.25정도인 경우이다.



[그림 5] 셀의 중복도에 따른 성능평가

다음은 셀 중복도가 10%인 상태에서 패킷 에러율이 제안 기법에 어떤 영향을 주는 지를 평가한 것이다. 실험 결과는

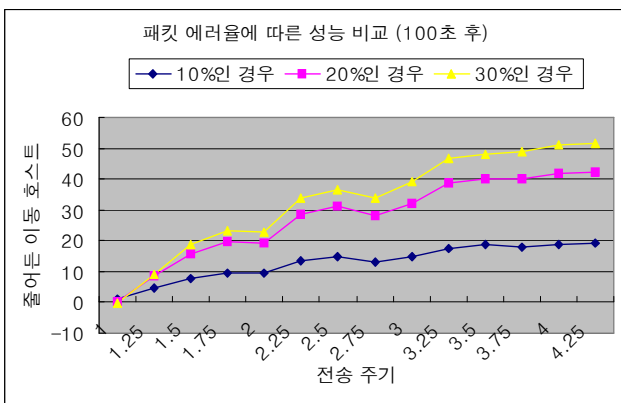
60000초를 수행한 후의 줄어든 이동 호스트의 수를 전송주기 별로 나타낸 것이다.



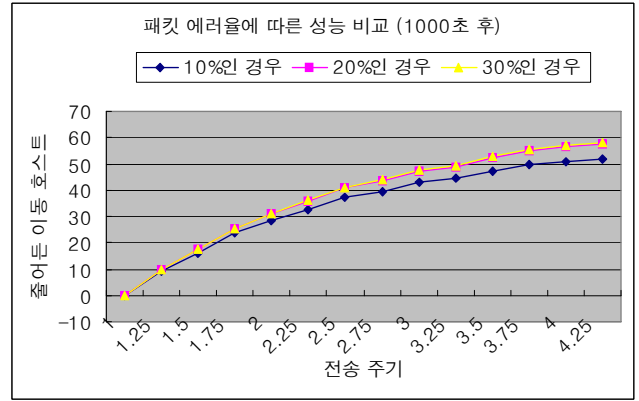
[그림 6] 패킷 에러율에 따른 성능 평가

그림 6에서 보듯이 패킷 에러의 차이가 상당한 시간이 지나면 거의 영향을 주지 않는다. 패킷 에러율이 많으면 바로 직전의 에이전트 광고 메시지의 유효한 시간동안에 에이전트 광고 메시지를 받을 확률이 줄어들어서 재등록을 요청하는 이동 호스트가 많아지게 된다. 재등록을 요청한 이동 호스트 중에 일부 이동 호스트가 다른 FA로 등록을 하게 되면 자연스럽게 부하를 줄일 수 있다. 그러나 인접 FA에서도 마찬가지로 재등록을 요청하는 이동 호스트가 많이 발생하여 현 FA와 중복된 셀에 위치한 이동 호스트가 현 FA로 재등록을 요청할 때는 현 FA의 부하를 높여서 패킷 에러율에 의한 현 FA의 부하의 감소를 줄일 것이다.

그래서 패킷 에러율이 수렴하는 과정을 보기 위해서 100초 후와 1000초 후에 패킷 에러율에 의한 줄어든 이동 호스트의 개수를 평가하였다. 그림 7과 그림 8에서 보여지듯이 패킷 에러율이 많은 경우가 줄어든 이동 호스트의 개수가 많다. 즉, 패킷 에러율이 클수록 더 빠르게 이동 호스트의 개수를 줄여서 부하를 줄이는 적응력이 좋음을 보여주고 있다.



[그림 7] 100초 후의 패킷 에러율에 대한 성능 평가



[그림 8] 1000초 후의 패킷 에러율에 대한 성능 평가

5. 결론

이동 호스트가 새로운 셀에 진입하였을 경우, 해당 FA가 주기적으로 방송하는 에이전트 광고 메시지를 통해 자신의 새로운 FA를 확인하게 된다. 본 논문에서 제안하는 기법은, 이동 호스트가 새로운 셀에 진입하였을 때, 해당 FA가 관리하는 셀 내의 무선 채널을 사용하고자하는 이동 호스트들의 수가 일정 수준을 넘는 경우, 해당 FA는 에이전트 광고 메시지의 방송 주기를 길게 함으로써 비록 자신의 셀 내에 진입한 이동 호스트라 하더라도 인접된 다른 셀을 관리하는 FA로 등록을 유도할 수 있도록 하는 기법이다.

본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경에서의 중요한 요소인 FA의 부하를 줄이기 위해 에이전트 광고 전송 주기를 늘리는 기법을 제안하였다. 이 기법이 다른 부하균형기법에 비해 간단하고, 동적으로 변경될 수 있는 장점을 가지나, 셀 중복도가 없는 곳에서는 적용할 수 없는 단점이 있다. 또한 에이전트 광고 전송 주기를 늘림으로써 이동 호스트가 등록하는데 걸리는 시간이 전송 주기를 늘린 만큼 등록에 지연이 생길 것이다. 향후 연구 과제로는 본 기법의 문제점 중에 하나인 등록 지연 시간을 줄일 수 있는 기법을 연구해야 할 것이다.

참고문헌

- [1] C. E. Perkins, Mobile IP Design Principles and Practice, Addison Wesley, 1998.
- [2] R. Rrakash and M. Singhal, "Modeling and Analysis of Channel Transferability in Mobile Computing Environment," ICPADS, Tokyo, Japan, Jun. 1996.
- [3] C. E. Perkins, "IP Mobility Support, RFC 2002," Oct. 1996.
- [4] A. M. Law and W. D. Kelton, Simulation Modeling and Analysis, 2-ed., Mcgraw-Hill, 1991.
- [5] G. N. Higginbottom, Performance Evaluation of Communication Networks, Artech House, Inc., 1998.
- [6] A. DeSimone and S. Nanda, "Wireless Data: Systems, Standards, Services," ACM Wireless Networks, Vol. 1, No. 3, Oct. 1995.