부하 분산을 적용한 효율적인 Domain FA 관리 기법☆

An Effective Management Technique of Domain FA using Load Balancing in Mobile Computing Environment

김 용 철* 김 윤 정** 정 민 교*** 이 웅 재****
Yong-Chul Kim Yoon-jeong Kim Min-Gyo Chung Woong-Jae Lee

요 약

이동 컴퓨팅 환경이란 사용자가 어떤 장소로 이동하더라도 동일한 환경에서 네트워크 서비스를 지속적으로 끊임없이 제공받을 수 있는 환경을 말하며, Mobile IP는 이러한 환경이 가지는 특성들을 고려한 네트워크 표준 프로토콜이다. 하지만 이 프로토콜도 이동 노드의 빈번한 핸드오프 시 위치 등록 절차에서 반드시 홈 에이전트 (Home Agent, HA)를 접근해야 하므로 네트워크 자원과 서비스 지연을 초래하는 단점을 가진다. 따라서 본 논문에서는 지역적 외부 에이전트 (Foreign Agent, FA) 기법을 도입하여 방문 도메인에서의 등록을 지역화 하여 이동 노드의 빈번한 핸드오프 시 위치 등록 절차에 대한 지연 부하를 최소화 하는 방안을 제안한다. 또한 부하 분산 요소를 부가하여, 모든 FA가 상황에 따라 동적으로 루트 권한 FA가 될 수 있는 기법을 도입하여 중앙으로만 집중되는 위치 등록 메시지를 지역적 FA에 분산하여 네트워크 자원 낭비를 줄이고 빠른 위치 등록 응답 시간을 얻을 수 있으며 기존 Mobile IP에서의 패킷 지연 및 손실 그리고 재전송을 예방하고자 한다.

Abstract

Mobile computing environment makes it possible for computing activities to be maintained during movement even if a user changes its network point of attachment. Mobile IP is a standard protocol designed to be used in such a mobile computing environment. However, Mobile IP has a drawback to incur a lot of handoff delays and waste network resources, since CoA(Care of Address) registration packets need to go through a HA(Home Agent) first whenever a mobile node moves. To solve this long-standing problem, this paper proposes a new scheme that, for intra-domain movement, efficiently performs local handoff without notifying the HA. Specifically, based on the notion of load balance, the proposed scheme allows every FA(Foreign Agent) in a domain to become the root FA(also known as domain FA) dynamically, thus distributing the registration task into many other foreign agents. The dynamic root assignment through load balancing ultimately leads to fast network response due to less frequent transmission of registration packets.

Keyword : mobile ip, domain foreign agent, load balancing

1. 서 론

정보통신기기의 발전으로 이동 단말기가 지속적으로 경량화, 보편화되어 가고 있으며, 이미 우리의 생활 속에서 필수 불가결한 요소가 되어가고 있는 추세이다. 이에 따라 인터넷상에서 단말의 이동성 보장을 위해 Mobile IP 프로토콜이 제안되었으며, 여러 분야에서 연구가 활발히 진행되고 있는 상황이다. 이러한 환경은 이동 노드를 통하여 언제, 어디서든지 인터넷을 사용할 수 있으며, 단순히 노드가 이동하여 방문 네트워크에 접속할 수 있을 뿐만 아니라 접속한 상태에서 노드의 이동성을 지원할 수 있게 되었다.

이러한 연구에도 불구하고, Mobile IP는 현재 몇 가지 문제점을 지니고 있다. 그 중의 하나가 바로

* 정 회 원 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정
pertzs@sslab.cse.cau.ac.kr(공동저자)
** 정 회 원 : 서울여대 정보통신공학부 조교수
yjkim@swu.ac.kr(제 1저자)
*** 정 회 원 : 서울여대 정보통신공학부 전임강사
mchung@swu.ac.kr(공동저자)
**** 종신회원 : 서울여자대학교 정보통신공학부 교수
wjlee@swu.ac.kr(공동저자)
☆ 이 논문은 2003년도 서울여자대학교 교내특별과제 연구비 지원을 받았음

이동 노드가 핸드오프 시, 즉 COA(Care of Address)를 변경할 때마다 반드시 홈 에이전트(Home Agent, HA)에게 등록을 해야 한다는 점이다[4]. 이 때 이동 노드가 지속적으로 빈번한 핸드오프를 시도할 때 방문 네트워크(Visited Network, VN)와 홈 네트워크(Home Network, HN)간 거리가 멀다면 위치 등록 절차에서 패킷 전송 지연과 손실 및 재전송에 따른 문제점이 발생 한다[2,6].

따라서 본 논문에서는 지역적 FA를 도입하여 위치 등록 부하 분산을 적용, 동적으로 모든 FA가 루트 권한 FA가 될 수 있는 기법을 제안하여 루트 FA에게만 집중되었던 위치 등록 메시지 처리 부하를 해소함으로써 위에서 언급한 위치 등록 절차에서의 빠른 응답 시간과 패킷 전송 지연 및 손실 그리고 재전송에 따른 부하의 문제점을 해결하고자 한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 본 논문에서 필요한 관련 연구를 살펴보고, 3장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대해 설명한다. 이 후 4장에서는 본 제안 기법과 기존 기법을 시뮬레이션을 통하여 성능 평가를 수행한 내용을 기술하며, 5장에서는 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

2.1 Mobile IP

Mobile IP는 두 개의 IP 주소를 사용한다. 하나는 일반 IP 주소처럼 고정된 주소이며, 다른 하나는 COA(Care of Address)라고 불리는 방문 네트워크에 접속될 때마다 유동적으로 변하는 주소이다[1]. Mobile IP를 지원하기 위해 각 방문 네트워크에는 이동성을 지원하는 에이전트가 있고, 이동 호스트의 현재 위치를 나타내는 COA를 이용하여 터널링을 통해 패킷 전달이 이루어진다. 에이전트는 홈 에이전트(Home Agent, HA)와 외부 에이전트(Foreign Agent, FA)로 나누어지며, 각 위치 등록 절차를 거쳐 이동 호스트 간에 바인딩 정보를 관리하며 홈 주소와 COA사이의 주소 변환 기능을 수행한다[4,5,6].

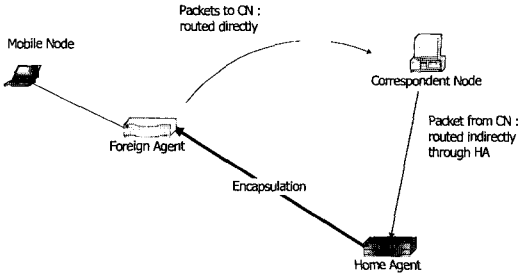
HA란 이동 노드의 HN에 접속되어 있는 이동 에이전트로써, 이동 노드의 COA와 홈 어드레스를 관리하며, FA는 HN을 벗어나 이동 노드가 현재 접속하고 있는 네트워크에 연결되어 있는 이동 에이전트로서, 방문 네트워크로 이동 노드가 접근할 때 자신의 IP 주소 또는 임시 IP를 COA로 부여한다.

홈 에드레스(Home Address)는 이동 노드를 식별하는 유일한 고유의 식별 주소로써, 이동노드가 어느 곳에 접속하더라도 변하지 않는 IP 주소를 말하며, COA란 이동 노드가 방문 네트워크에 접속하였을 때 포워딩 주소로 사용하는 IP 주소를 말한다.

Mobile IP 프로토콜 동작 원리는 크게 에이전트 발견(Agent Discovery), 위치 등록(Registration), 터널링(Tunneling)의 3가지 기능으로 이루어진다[4]. 각 에이전트는 접속되어 있는 네트워크의 네트워크 주소를 포함한 에이전트 광고 메시지를 일정한 주기로 방송함으로써, 이동 노드는 다른 네트워크에 이동한 것을 검출함과 동시에 FA의 IP 주소를 그 이동 노드의 COA로 하고 위치 등록 요청 패킷을 FA에게 전송한다. FA는 이 위치 등록 요청 패킷을 HA에게 전달한다. HA는 위치 등록 응답 패킷을 만들어 이동 노드에게 응답함으로써 위치 등록 절차를 완료한다. 이렇게 위치 등록이 이루어지면 이동 노드에게 전송되는 패킷을 HA가 FA에게 터널링해서 전달하고, FA는 이를 이동 노드에게 보내준다.

2.2 경로 최적화 (Route Optimization)

Mobile IP는 이동 노드와 인터넷에 접속되어진 호스트들 간에 통신함에 있어서 이동노드의 기존 IP를 변경하지 않고도 지속적인 통신을 제공하기 위해 제안되었다. HN을 떠나 있는 동안 이동 노드는 방문 네트워크에서 하나의 COA(Care of Address)를 얻게 되고 이를 HA에게 알려줌으로써이동 노드의 위치에 관계없이 지속적인 통신을 가능하게



(그림 1) Triangle Routing

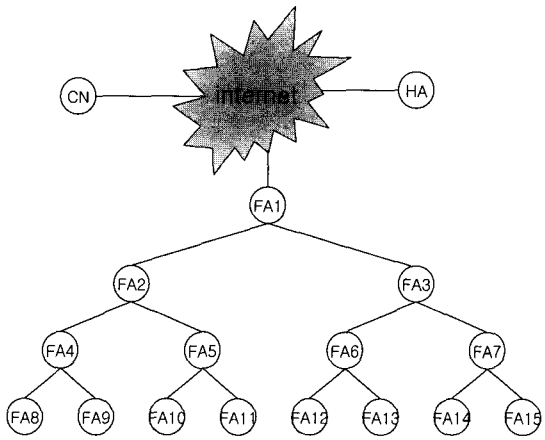
한다. 그러나 Mobile IP는 HN을 떠나있는 이동 노드에게 데이터를 전달하기 위해 항상 HA를 거쳐서 통신하게 된다. 이것은 이동 노드와 상대 노드가 물리적으로 가까운 위치에 있을 때도 HA를 거쳐서 통신하게 되는 트라이앵글 라우팅(Triangle Routing)을 함으로써 느린 통신 속도를 초래하게 된다[3,4].

경로 최적화는 Mobile IP의 위치 등록 절차 효율성 문제점을 해결하고자 HA가 상대 노드에게 데이터를 받으면 이동 노드의 COA를 상대 노드에게 알려줌으로써 HA를 거치지 않고 이동 노드와 직접 통신할 수 있도록 하였다. 그러나 이것은 노드의 이동시 매번 HA에게 이동 사실을 알려야 하는데 이동 노드가 HN에서 멀리 떨어져 있는 경우 오랜 등록 시간이 걸리게 되고, 그 시간 동안 이동 노드는 통신두절 상태가 된다.

2.3 지역적 FA

Mobile IP 환경에서 이동 노드는 COA 변경 시 HA에게 등록을 해야 한다. 이 때, 만약 이동 노드가 방문한 VN이 HN과 거리가 멀고 이동 노드의 빈번한 이동으로 핸드오프가 자주 발생한다면 위치 등록 절차에 대한 지연은 커질 수 있는데, 지역적 FA란 이러한 지연을 줄이고자, 방문 도메인에서의 위치 등록 절차를 지역적으로 해결하는 기법이다[1,3,4,7].

이 기법은 FA들의 계층화를 적용하여, 하위 FA가 공개적으로 라우팅이 가능한 IP 주소를 가진



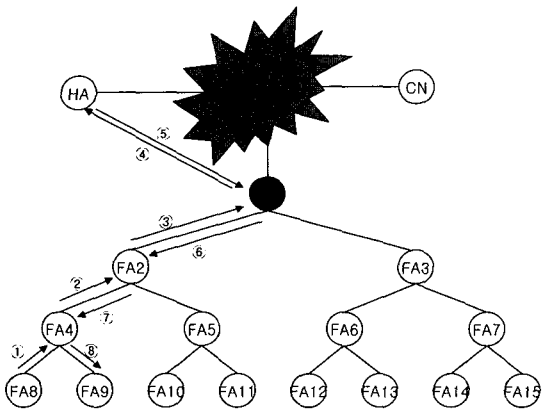
(그림 2) 지역적 FA

진 상위 FA를 기준으로 트리별로 방문 도메인을 구분한다. 루트 권한 FA는 무선 도메인에 게이트웨이 역할을 하는 라우터의 역할을 담당한다. 이는 트리의 최상위 노드를 말한다. 이동 노드는 처음 무선 도메인에 들어왔을 때만 HA에게 COA를 알려 주고, 그 이후 에는 이동 노드가 같은 무선 도메인에서 이동시에 무선 도메인의 루트가 이동 노드의 위치 등록 절차를 처리 한다. 이는 HA까지 가는 위치 등록 시간을 줄이고 네트워크 전체 관점에서 메시지 트래픽을 줄임으로써 더 효율적인 통신을 가능하게 해준다. 하지만 이 방법은 루트가 모든 무선 도메인에 있는 모든 이동 노드들의 위치 등록을 책임져야 하고 상대 노드는 루트를 엔드 포인트로 하여 패킷을 전송하기 때문에 루트의 집중화를 피할 수 없게 되었다.

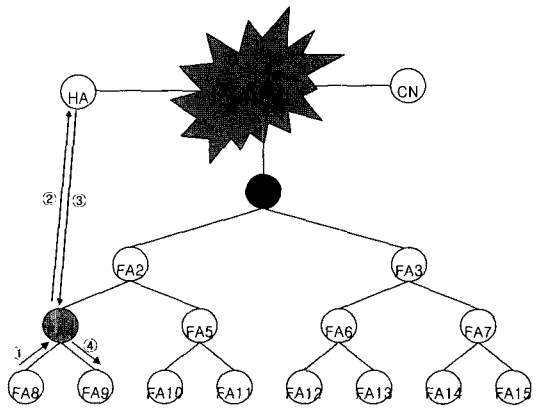
3. 부하 분산을 적용한 효율적인 FA의 지역적 관리 기법

본 논문에서 제안되는 기법은 모든 FA를 이진 트리 구조로 형성한 다음 부하 분산을 적용하기 위해 동적으로 모든 FA가 루트 권한 FA가 될 수 있는 기법을 도입하였다.

FA가 계층적인 트리로 구성된 무선 도메인에 이동 노드가 이동했을 때, 이동 노드는 로컬 FA



(그림 3) 일반적인 지역적 FA 구조 기법



(그림 4) 제안된 지역적 FA 구조 기법

즉, 이동 노드와 가장 근접한 FA의 광고 메시지를 받게 된다. 이 에이전트 광고 메시지의 COA 필드 내부에는 최상위 루트부터 말단 노드(Leaf Node)에 이르는 모든 FA 주소 리스트가 표기된다.

일반적인 지역적 FA는 그림 3과 같다. FA8에서 FA9로 핸드오프 시 이를 HA에게 알리기 위하여 위치 등록 요청 메시지가 계층적인 트리 구조를 따라 FA4, FA2, 루트 권한인 FA1을 지나 HA에게 이 메시지를 알리고 위치 등록 응답 메시지가 다시 FA1을 지나 FA2, FA4, FA9로 최종 종착지까지 전달된다.

현존 기법으로는 모든 위치 등록 메시지가 루트 권한 FA를 거치게 되므로 이 곳에 집중화를 피할 수 없게 되었다. 또한 그림 3에서 보듯이 비교적 근접한 FA 사이의 핸드오프이지만 위치 등록 메시지 처리 과정을 살펴 보면, 8 단계를 거치므로 위치 등록 시간이 길어지는 문제점이 있다.

본 논문이 제안하는 기법은 상황에 따라 모든 FA가 동적으로 루트 권한 FA의 일부 기능인 위치 등록 응답 메시지를 처리할 수 있도록 고려하여, 기존의 루트 권한 FA에게 집중되었던 위치등록 절차의 처리 부하를 분산시키고자 한다.

그림 4에서 볼 수 있듯이 제안된 기법의 도입에 따른 FA8에서 FA9로의 핸드오프 과정을 살펴보면, 두 FA간에 공통 부모를 찾아 이것을 새로운 루트 권한 FA로 지정하고 HA에게 위치 등록 요청을 한다. 위치 등록 요청 메시지 중에 핸드오프할 위치 정보를 가지고 있으므로, 즉 이동 노드가 이동할 셀을 알고 있다는 사실 하에 이를 동적으로 활용, HA가 루트 권한 FA, 즉 여기서는 FA1 대신 바로 FA4와 통신하여 FA4를 루트 권한 FA로 만들어 이로 하여금 위치 등록 응답 메시지를 FA9에게 전송하게 한다.

제안된 기법은 기존의 루트 권한 FA의 위치 등록 메시지 집중화를 완화시켜 주고 위치 등록 응답 시간을 단축시키는 효과를 가질 수 있다.

또한 이동 노드가 현실 세계에서 비교적 근접한 셀로의 이동을 한다는 사실에 입각해서 무수한 셀을 트리 구조로 변화하였을 때, 하위 말단 노드 사이의 핸드오프 시 위치 등록 메시지를 지역화하여 루트 권한 FA에 집중될 메시지 초리 부하를 분산 시킬 수 있다.

HN으로부터 루트 권한 FA의 기능 일부를 위임받는 FA를 선정하는 방법은 다음과 같다.

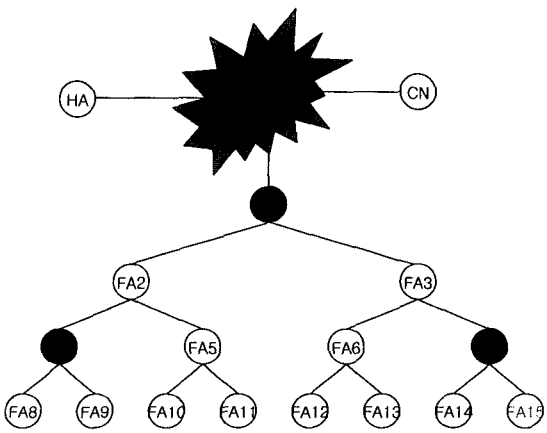
1. 현재 이동 노드가 위치한 셀과 이후 이동할 셀의 위치를 트리의 같은 레벨로 맞춘다. 즉, FA의 번호를 k라고 했을 때 번호가 큰 FA를 [k/2] 연산을 같은 레벨에 귀착될 때까지 계속 실행한다.
2. 같은 레벨에 있는 두 노드의 가장 가까운 부모 노드(Parent Node)를 찾는다.

3. 이 노드를 새로운 루트 권한 FA로 동적으로 할당한다.

루트 권한 FA를 검색하기 위한 알고리즘의 pseudocode는 다음과 같다.

```
Find_New_Root_Node ()
{
 if (i_level≠j_level) then
   do until (i_level=j_level) i = [i/2]; or j = [j/2];
 divide i,j by 2 until i=j;
 set node i or j as new Root Node
}
```

그림 5에서 FA4에서 FA15로 핸드오프 한다고 가정하자. 두 노드간 레벨을 맞추기 위하여 큰 수인 FA15을 연산하여 [15/2] =7인 FA7을 선정하고 이들의 공통 부모를 찾으면 FA1이 된다. 하지만 FA1은 기본적으로 루트 권한을 가지고 있으므로 동적으로 할당할 필요가 없으며, 이는 현존하는 기법과 같다. 하지만, 이동노드는 비교적 근접한 셀끼리 이동하므로 실세계에 적용해 볼 때 이런 경우는 상당히 드물 것이라 예측된다. 위의 예제는 이동 노드가 반대 방향으로 갑자기 비교적 먼 거리를 한 순간에 핸드오프한 경우라고 보면 될 것이다. 따라서 실세계에서는 굳이 FA1을 거치지 않고도 하위 단에서 핸드오프 하는 경우가 대다수를 차지할 것이다.



(그림 5) 동적 루트 권한 FA 선정 기법

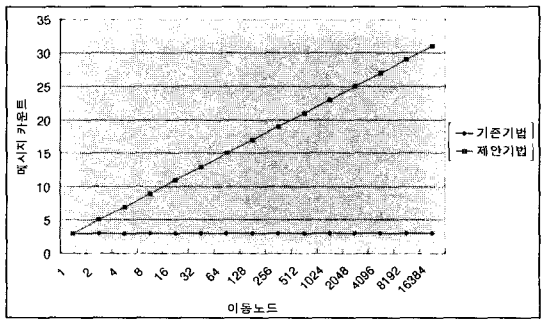
본 논문이 제안하는 기법은 동적으로 루트 권한을 가진 FA를 선정함으로써 기존의 루트 권한 FA에게만 집중되어 있는 위치 등록 메시지를 분산 처리하여 전체 네트워크 관점에서 자원 낭비를 줄일 수 있으며, 빠른 위치 등록 응답으로 인해 기존 위치 등록 절차의 문제점인 패킷의 지연 및 손실을 줄일 수 있다.

4. 성능 평가

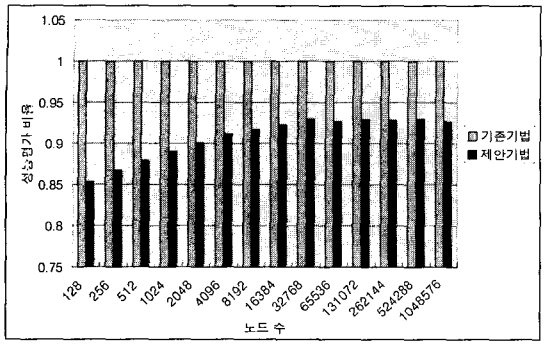
본 장에서는 본 논문이 제안하는 기법을 기존 방법과 비교하여 시뮬레이션을 통한 성능 평가 결과를 보인다.

그림 6은 이진 트리에서 바로 아래 하위 노드로, 즉 자식 노드로 핸드오프 시 기존 기법과 제안 기법의 위치 등록 메시지가 가장 적은 경우를 그래프로 표현한 것이다. 기존 기법에서는 노드의 레벨이 높아질수록 루트 노드까지 이동해야 하므로 그 메시지 수가 선형적으로 일정한 증가를 보이는 반면에 제안 기법에서는 동적으로 루트 권한 FA를 선정하기 때문에 그 등록 메시지 수가 일정하게 유지된다.

이 경우에 기존 기법과 제안 기법의 일반적인 환경에서 위치 등록 메시지 카운트가 이 두 그래프 안에 존재한다면, 이는 위치 등록 메시지 수가 감소되고 성능이 향상되었음을 알 수 있다. 다시



(그림 6) 위치 등록 메시지 카운트 비교



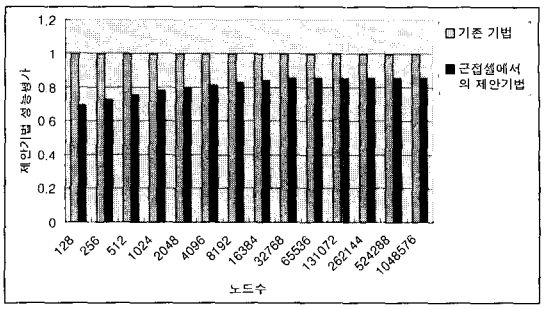
(그림 7) 기존 기법과 제안 기법의 위치 등록 메시지 처리 부하

말해 중앙으로만 집중되었던 위치 등록 메시지가 분산되어 루트 권한 FA로의 메시지 집중화를 피할 수 있으며, 그에 따른 네트워크 자원 낭비를 줄일 수 있으며 기존 기법에 비해 위치 등록 시간을 줄일 수 있는 효과를 가진다.

그림 7에서는 이런 결과를 보여 주기 위하여 시뮬레이션을 통해 위치 등록 메시지 수의 비율을 그래프로 표현한 것이다. 그림 7에서는 무작위로 노드를 선정하여 실험한 결과이며, 그림 8에서는 그림 7에서의 근접 노드에서의 핸드오프 경우를 추출하여 그래프로 표현하였다.

그림 7의 결과는 무작위로 두 개의 FA를 선택하고 그 이동 노드의 핸드오프 시, 기존 기법에서 처리해야 할 위치 등록 메시지 수를 1로 봤을 때 제안 기법에서 처리해야 할 위치 등록 메시지 수의 비율을 각 선택 노드마다 10000번의 시뮬레이션 결과를 평균치로 계산하여 그래프로 표현한 것이다. 이 시뮬레이션 결과 노드의 수가 증가할수록, 즉 노드의 수가 32768개 이상 이후부터 약 93%로 일정하게 수렴하는 것을 도출할 수 있다. 즉, 논문에서 제안하는 기법이 루트 권한 FA의 위치 등록 메시지 처리 부하를 7% 이상 줄일 수 있으며 이에 따른 네트 워크 전체의 성능 향상 효과를 꾀할 수 있다는 것을 알 수 있다.

하지만 이것은 어디까지나 특정 상황에서의 네트워크 성능 효과이며, 3장에서도 언급했듯이, 이동 노드는 실세계에서 비교적 근접 노드로 핸드오프



(그림 8) 근접 셀에서의 기존 기법과 제안기법의 위치 등록 메시지 처리 부하

하는데, 이의 시뮬레이션 결과는 그림 8과 같다.

그림 8을 보면 알 수 있듯이, 근접 셀의 경우 노드 수가 32768개 이후부터 그 수치가 85 %로 일정하게 수렴하고 있다. 이는 근접 셀로의 핸드오프 시 루트 권한 FA의 위치 등록 메시지 처리 부하를 15 % 이상 줄일 수 있음을 보여준다.

5. 결 론

정보 통신 기술의 발전으로 이동 컴퓨팅 환경에 대한 사용자의 요구가 확대되고 있는 실정이며, 여러 분야에서 많은 연구가 진행되고 있는 상황이다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경을 위해 기존의 Mobile IP를 그대로 사용하는 것보다 최적화 기법들을 적용하기 위한 연구가 요구되고 있다.

본 논문에서는 기존의 Mobile IP 개념을 이용하여 이를 확장, 최적화 시킨 것으로서 중앙으로만 집중되는 위치 등록 메시지를 분산하여 네트워크 자원 낭비를 줄이고 빠른 위치 등록 응답 시간을 얻을 수 있도록 하였다. 본 논문에서 제안하는 동적 FA 선정 기법은 시뮬레이션 결과에서 보였듯이 기존의 루트 권한 FA의 위치 등록 메시지 처리 부하를 7% ~ 15% 정도 줄일 수 있음을 보였다. 이로 인하여 기존의 지역적 FA 기법의 패킷 지연 및 손실 그리고 그에 따른 데이터의 재전송을 줄일 수 있는 효과를 가진다.

현재의 성능평가는 시뮬레이션을 통하여 수행되었다. 향후, 제안 알고리즘의 분석적인 (analytic)

방법을 통한 성능평가를 진행하여 시뮬레이션 결과와의 비교를 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] C. Perkins "Mobile IP", IEEE Communications Magazine, pp. 84~99, May 1997.

[2] C. Perkins "Mobile Networking Through Mobile IP", IEEE INTERNET COMPUTING, pp. 58~68, 1998.

[3] C. Perkins "Mobile IP-Update", IEEE Communications Magazine, pp. 66~82, May 2002.

[4] C. Perkins "Optimized Smoothed Handoff in Mobile IP", Proceedings. IEEE International Symposium on Computers and Communications, 1999, Page(s): pp. 340~346.

[5] C. Perkins "IP Mobility Support", RFC 2002, October, 1996.

[6] C. Perkins "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3220, January 2002.

[7] Eva Gustafsson, Annika Jonsson, Charles E. Perkins, "Mobile IPv4 Regional Registration", IETF Internet Draft, 2001.

◐ 저 자 소 개 ◑

김 용 철
2002년 중앙대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2004년 중앙대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
관심분야 : mobile computing, grid computing
E-mail : pertzs@sslab.cse.cau.ac.kr

김 윤 정
1991년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1993년 서울대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(석사)
2000년 서울대학교 대학원 전기컴퓨터공학부 졸업(박사)
2000년~2001년 (주) 엔써커뮤니티 제품개발연구소 차장
2001년~2002년 (주) 데이타게이트 인터내셔널 보안기술연구소 차장
2002년~현재 : 서울여자대학교 정보통신대학 정보통신공학부 교수
관심분야 : 암호학, 시스템 보안, 암호 응용
E-mail : yjkim@swu.ac.kr

정 민 교
1985년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1987년 KAIST 전산학과 졸업(석사)
1996년 Univ. of Iowa 전산학과 졸업(박사)
1987년~2000년 KT 멀티미디어연구소(선임연구원)
2001년~2002년 Vivcom Inc.(Engineering Director)
2003년~현재 : 서울여자대학교 정보통신공학부 교수
관심분야 : 컴퓨터 비전, 이미지/비디오 검색, 멀티미디어 처리 및 보호, 생체인식
E-mail : mchung@swu.ac.kr

이 웅 재
1981년 연세대학교 전산학과 졸업(학사)
1985년 Univ. of Illinois at Chicago전산학과 졸업(석사)
1991년 Illinois Institute of Technology 졸업(박사)
1993년~현재 : 서울여자대학교 정보통신공학부 교수
관심분야 : 인공지능, 자연어처리, 멀티미디어 etc.
E-mail : wjlee@swu.ac.kr