

동적 지역 등록 기법을 이용한 Mobile IP의 성능 향상

황 인 용[†] · 박 홍 식^{††}

요 약

인터넷에서 단말기의 이동성을 보장하기 위한 연구는 크게 매크로 이동성과 마이크로 이동성의 두 가지로 분류 가능하다. 매크로 이동성의 경우 IETF의 RFC 2002로 수립되는 추세 이나 마이크로 이동성의 경우 다양한 방안들이 논의 중이다. 본 논문에서는 기존의 Mobile IP에 LA (Local Agent) 개념을 도입하여 이동 노드의 빈번한 지역 핸드오프를 LA에 전달시켜 HA가 관여하지 않도록 하는 기법을 제안하였다. 따라서 최대 핸드오프 지연을 MN과 MN의 HA간 거리의 영향을 받지 않고 일정 수준으로 제한할 수 있다. 등록비용과 핸드오프 지연으로 인한 패킷 손실 확률 측면에서 기존 Mobile IP와 LA 개념을 적용했을 경우에 대한 분석을 수행함으로써 제안된 모델이 Mobile IP의 성능향상을 시킬 수 있음을 검증하였다.

Performance Enhancement of Mobile IP Using Dynamic Local Registration Scheme

In-Yong Hwang[†] · Hong-Shik Park^{††}

ABSTRACT

The research related to the mobility support in the Internet can be classified into two fields. One is Macro mobility and the other is Micro mobility. In case of Macro Mobility, the standard, RFC 2002 by IETF is getting focused. But for Micro mobility, a variety of strategies have been discussed. In this paper, we introduce the concept of an LA and propose the strategy that makes it possible for the LA to fully concern frequent local handoff without using the HA. Therefore we can limit the longest handoff delay to a certain degree regardless of the distance between the MN and the HA of the MN. For the registration cost and the packet drop probability due to the registration delay, we prove the performance enhancement of the existing Mobile IP in case that we apply the concept of the LA to existing Mobile IP.

1. 서 론

Mobile IP는 IETF에 의해 제안된 IP의 이동성을 지원하는 표준안으로서 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent) 및 MN(Mobile Node)으로 구성된다[1]. Mobile IP는 기존의 네트워크에 HA, FA 및 MN과 같은 이동 에이전트만 추가 하면 되므로 기존의 네트워크와

호환성이 좋은 것이 최대의 장점이다. 반면에 기존에 제안된 Mobile IP는 몇 가지 문제점을 지니고 있다. 첫째, MN을 향해 전송한 IP 패킷이 최적 경로를 따르지 않고 HA를 반드시 거쳐가므로 발생하는 삼각 라우팅 문제가 있다. 둘째, MN이 현재 속해있는 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동할 때 마다 HA에 저장되어 있는 MN의 COA(Care-of Address) 값을 변경해야 한다. 이 때문에 MN은 HA로 빈번하게 등록을 해야 한다. 셋째, MN이 홈에서 멀리 떨어질수록 HA로 등록할 때 발생하는 핸드오프 지연 시간이 증가한다. 또한

[†] 준 회 원 : 한국정보통신대학교 대학원
^{††} 정 회 원 : 한국정보통신대학교 대학원 교수
논문접수 : 2000년 11월 1일, 심사완료 : 2000년 12월 29일

핸드오프 지연시간 증가로 인하여 패킷 손실이 증가하고 처리율이 감소한다.

삼각 라우팅을 피하기 위한 방법으로 CN(Correspondent Node) 과 MN 사이의 바인딩을 지속적으로 유지시키는 라우팅 최적화 기법이 제안되었다[6]. HA로 등록하는 시간을 감소시키기 위해서는 계층적 구조가 많이 연구되고 있다[3]. 지역 등록은 MN이 빈번하게 움직이는 경우에 적용된다[2]. 지역 에이전트는 지역내에서 MN으로 전송되는 IP 패킷을 가로채 패킷을 MN이 위치한 지역으로 곧바로 전송한다. MN이 지역내부에서 이동한 경우 MN은 HA에 등록하지 않는다.

계층 구조의 하위 FA에서 등록 메시지를 처리할 경우에는 MN과 FA간의 거리가 짧기 때문에 계층 구조적인 접근 방법을 사용하면 평균적인 핸드오프 지연을 감소시킬 수 있다. 하지만 MN이 계층 구조의 최상위 레벨을 건널 경우에는 MN이 등록을 위해서 HA까지 메시지를 전송해야 하므로 오랜 핸드오프 지연을 유발시키게 된다. 빠른 핸드오프 기법들은 단지 서브넷 내부에서의 움직임만을 고려한다[4].

본 논문에서는 Mobile IP의 지역성을 높이기 위해서 MN의 HA와 현재 FA 사이에 LA(Local Agent)를 위치시키는 것으로 기존 Mobile IP를 확장하였다. LA는 지역내에서 마치 MN의 HA처럼 동작한다. 등록 절차가 지역 등록과 라우팅 등록으로 구분되는 점이 기존 Mobile IP와의 차이점이다. MN이 다른 셀로 이동할 때는 MN의 LA에 지역 등록을 통해 등록을 수행함으로써 HA는 빈번한 지역적 이동에 관여하지 않는다. 더욱 중요한 점은 홈등록은 네트워크 접속점에 관여하지 않으므로 최대 핸드오프 지연을 MN과 MN의 HA간 거리에 관계없이 일정 수준으로 제한할 수 있다.

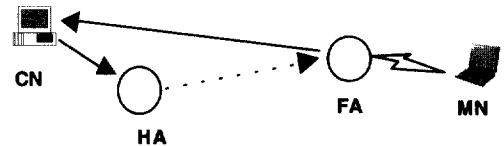
기존의 연구에서는 지역 등록을 위해 별도의 게이트웨이 시스템을 설치한다고 제안하였으나 실제 인터넷 환경에 시스템을 새로 추가하는 것은 어려운 일이다. 반면에 본 논문에서 제안한 LA는 별도의 시스템을 추가하는 것이 아니라 기존의 HA와 FA를 모두 LA로 사용할 수 있다고 가정하였다. MN의 지역 등록 메시지를 처리하는 LA의 기능이 기존 Mobile IP에서의 HA 및 FA 기능과 거의 유사하므로 HA와 FA 시스템에 약간의 수정만 가하면 LA로 동작시킬 수 있을 것이다.

본 논문에서는 기존의 Mobile IP 모델과 새롭게 제안한 LA 개념을 살펴보고 적용한 Mobile IP 두 모델

의 성능을 등록 비용과 등록 지연에 의한 패킷 손실 측면에서 분석 비교한다.

2. Mobile IP 프로토콜

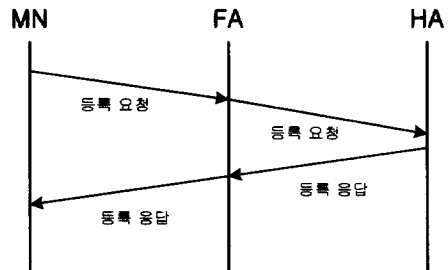
기존의 Mobile IP에서 패킷 흐름은 (그림 1)과 같다. (그림 1)은 CN이 MN으로 패킷 전송시 HA를 경유하는 Mobile IP에서의 삼각 라우팅을 보여준다. 접선은 패킷이 터널링 되는 구간을 나타낸다.



(그림 1) Mobile IP의 패킷 라우팅.

(그림 2)는 MN이 매 핸드오프마다 HA로 등록하는 과정을 보여준다.

1. MN은 현재 속해 있는 FA로 등록 요청 메시지를 전송한다.
2. FA는 등록 요청 메시지를 HA로 전달한다.
3. HA는 등록 요청에 대한 수락 또는 거절 여부를 등록 응답 메시지를 통해 FA로 전송한다.
4. FA는 MN으로 등록 응답 메시지를 전달한다.



(그림 2) Mobile IP의 등록 메시지 흐름

MN이 현재 서브넷에서 다른 서브넷으로 이동할 핸드오프가 빈번하게 발생할 경우에 핸드오프가 발생할 때 마다 HA에 새롭게 등록하는 절차를 반드시 거쳐야 한다. 따라서 MN이 HA에 등록하는 시간동안 CN에서 MN으로 전송되는 IP 패킷의 지연 및 이로 인한 패킷

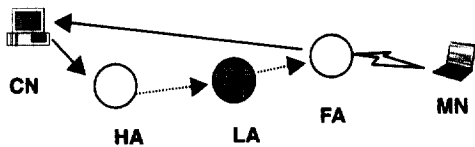
의 손실이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 MN의 등록 시간을 절감시켜 패킷의 등록 지연과 손실을 감소시키는 방안을 제안한다.

2. 지역 에이전트를 적용한 Mobile IP

Mobile IP는 매크로 이동성 관리에 적용하는 것이 적합한 것으로 알려져 있다. 빈번하게 핸드오프를 수행하는 MN으로 IP 데이터그램을 전송하기 위해서는 MN이 HA에 등록되어 있어야 한다. 따라서 본 논문에서는 매크로 이동과 마이크로 이동을 별도로 취급하기 위해서 기존 Mobile IP에 LA라는 새로운 이동 에이전트의 개념을 적용시키도록 한다.

매크로 이동성을 지원하기 위한 경우 HA가 이동 노드의 홈 어드레스와 LA 어드레스 사이의 바인딩 정보를 보유한다. 마이크로 이동성을 위해서는 LA가 MN의 HA와 COA 사이의 바인딩 정보를 갖는다. 따라서 MN이 지역적으로 이동했을 경우에는 LA는 바뀌지 않고 MN이 접속된 FA만 바뀌게 되므로 MN의 지역적 움직임은 HA와는 독립적으로 이루어진다. MN이 접속된 FA가 변경되는 것을 지역 핸드오프라고 하고 LA가 변경되는 것을 라우팅 핸드오프라고 한다. 따라서 LA를 적용한 모델에서 LA가 HA와 동일한 시스템에서 동작할 경우는 기존의 Mobile IP와 동일하게 동작한다.

(그림 3)에서 LA를 도입했을 경우 MN으로 전송되는 IP 패킷의 흐름을 보여준다.

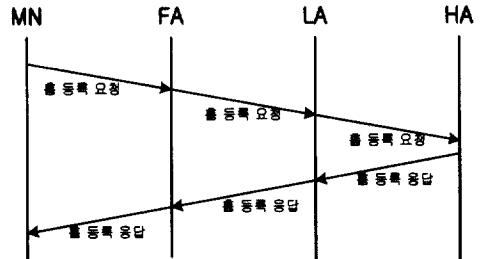


(그림 3) RA 적용시 MIP의 IP 패킷 라우팅

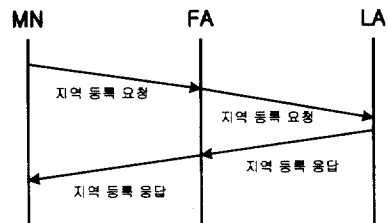
LA 개념을 적용하면 Mobile IP에서 등록과정이 홈 등록과 지역 등록으로 구분된다. MN은 초기화를 위해 LA를 FA 또는 HA에 설정하거나 새로운 LA 설정 시 홈 등록을 수행한다. MN은 LA에 등록된 상태에서 이웃하는 셀로 이동할 경우 홈 등록은 필요 없고 단지 지역등록만 필요하다.

(그림 4-a)는 MN이 홈 등록할 때의 메시지의 흐름을 보여준다.

1. MN은 현재 LA를 갱신하거나 새로운 LA를 설정하기 위한 태그를 포함한 홈 등록 요청 메시지를 FA에 전송한다. 홈 등록 요청 메시지는 MN의 홈 어드레스, HA 어드레스, 현재 LA 주소와 FA CoA 값으로 구성된다.
2. FA는 홈 등록 요청 메시지를 현재 LA로 전송한다.
3. 현재 LA는 홈 등록 요청 메시지를 HA로 전송한다.
4. HA는 홈 등록 요청 메시지를 수신해 등록 요청에 대한 수락 또는 거절 여부를 홈 등록 응답 메시지를 통해 현재 LA로 전송한다.
5. 현재 LA는 홈 등록 응답 메시지를 FA로 전송한다.
6. FA는 홈 등록 응답 메시지를 MN으로 전달한다.



(a) 홈 등록



(b) 지역 등록

(그림 4) LA 개념을 적용한 Mobile IP에서 등록 메시지 흐름

MN은 다른 IP 서브넷으로 이동하거나 생존시간을 갱신하기 위한 경우에 지역등록을 개시한다.

(그림 4-b)는 MN이 지역 등록할 때 메시지의 흐름을 나타낸다.

1. MN은 현재 속해 있는 FA로 지역 등록 메시지를 전송한다.
2. FA는 지역 등록 메시지를 LA로 전달한다.
3. LA는 지역 등록 요청에 대한 수락 또는 거절 여

부를 지역 등록 응답 메시지를 통해 FA로 전송한다.

4. FA는 MN으로 지역 등록 응답 메시지를 전달한다.

MN이 서브넷을 옮겨갈 때 MN은 먼저 현재 속한 LA에 지역 등록을 개시한다. 이처럼 MN이 지역 등록을 수행할 경우 MN이 유선망에 연결되는 접속점이 이전 FA에서 현재 FA로 바뀐다. MN은 LA를 변경하기 위해서 홈 등록을 개시할 수 있다. 이 경우 MN의 접속점은 변경되지 않으므로 홈 등록 지연은 패킷 손실을 발생시키지 않는다.

4. 성능 분석

Mobile IP를 이용하면 MN의 접속점에 상관없이 MN까지 투명하게 패킷을 전달할 수 있다. Mobile IP를 이용해서 패킷을 성공적으로 전달하기 위해서는 MN의 HA로 등록과정과 이동 에이전트에서 패킷 터널링이 중요하다.

이 장에서는 Mobile IP 모델과 LA 개념을 적용한 Mobile IP 모델에서의 등록비용, 핸드오프 지연과 이로 인하여 발생하는 패킷 손실을 분석한다. 이 분석을 통하여 두 가지 모델을 다양한 비용 요인을 통해 장점과 단점을 각각 살펴보기로 한다.

4.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 이동 망이 셀로 구분된다고 가정한다. 하나의 셀에 하나의 이동에이전트가 할당되어 있고 이동 에이전트는 MN과 무선으로 패킷을 주고받을 수 있다. 하나의 이동 에이전트는 하나의 셀만 담당하고 셀들은 상호 중첩되지 않는다. MN은 현재 셀에서 이웃하는 셀로 움직일 때 이동한다고 할 수 있다. 따라서 임계치 M을 갖는 이동-기반 라우팅 핸드오프 기법을 적용시킬 수 있다[5]. 즉 MN은 매 M번 이동한 후에 현재 FA를 경유해 라우팅 핸드오프를 하기 위해 홈 등록을 개시한다.

MN이 이동하는 두 셀 사이의 거리로 두 셀간 셀 개수의 최소값을 취한다. 본 논문에서는 이동 에이전트가 하나의 셀을 담당하는 라우터로서 이웃하는 셀을 담당하는 다른 이동 에이전트와 유선망을 통해 직접 패킷을 주고 받을 수 있다고 가정한다. 이동 에이전트 간의 거리는 셀간의 거리를 이용한다.

이동망이 동일한 크기의 서로 겹치지 않는 사각형의 메쉬형태로 구성된다고 생각하자. (그림 5)는 7*7 크기의 셀 영역을 나타낸다. 좌표가 각각 (x1, y1)과 (x2, y2)인 두 셀간의 거리는 |x1-x2|+|y1-y2|이다. (그림 5)에서 각 좌표의 라벨 값은 라벨0에서부터 해당 좌표까지의 거리를 나타낸다.

			3			
		3	2	3		
	3	2	1	2	3	
3	2	1	0	1	2	3
	3	2	1	2	3	
		3	2	3		
			3			

(그림 5) 셀 구성도

HA와 LA, LA와 FA 및 HA와 FA 사이의 거리는 Mobile IP와 LA 개념을 적용한 확장모델의 성능을 평가하는데 있어서 중요한 변수이다. 현재 LA가 셀의 중앙에 위치한다고 가정했을 때 거리값 i인 셀은 중앙으로부터 i 만큼 떨어져있는 것을 나타낸다. LA와 현재 FA 사이의 거리를 결정하기 위해서 (M+1)*(M+1) 크기의 P_M^m (1 ≤ m ≤ M) 행렬을 정의한다. 여기서 M 값은 MN의 이동 임계치이다. 각각의 행렬값 p_{i,j}^m (0 ≤ i, j ≤ M)은 이동노드가 m번 이동했을 때 중앙으로부터 거리 i인 셀에서 거리 j인 셀로 이동할 확률을 나타낸다. m=1일 경우의 예는 식 (1)과 같다.

식 (1)에서 a_{i,j} (i=0,1,...,j=0,1,...)는 m=1일 때 즉 MN이 한번 이동했을 때 거리값이 i인 셀에서 거리값이 j인 셀로 이동할 확률 값을 나타낸다. P_d¹의 값은 일정하다고 가정한다.

$$P_M^1 = \begin{pmatrix} a_{0,0} & a_{0,1} & a_{0,2} & \dots & a_{0,M} \\ a_{1,0} & a_{1,1} & a_{1,2} & \dots & a_{1,M} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{M-1,0} & a_{M-1,1} & a_{M-1,2} & \dots & a_{M-1,M} \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

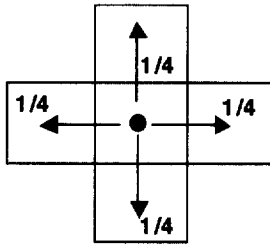
즉 a_{i,j} 값은 MN의 시간과 위치에 관계없이 일정한 값을 갖는다. m이 2이상일 경우에 행렬 P_M^m는 m(1 < m ≤ M)에 대해서 식 (2)와 같이 구할 수 있다.

$$P_M^m = P_M^1 * P_M^{m-1} \quad (2)$$

P_M^m 의 행렬값 중 $P_{0,j}^m$ 는 MN이 m 번 움직인 이후에 LA와 현재 FA 사이의 거리가 j 일 확률을 나타낸다.

4.1.2 MN의 walk 모델

행렬 P_M^m 를 계산하기 위해서는 MN의 이동 모델을 결정해야 한다. 일반적으로 random walk 모델과 directional 모델을 고려할 수 있다. Random walk 모델에서는 MN이 현재 셀에서 이웃하는 네 방향의 셀로 각각 1/4의 확률로 이동한다.

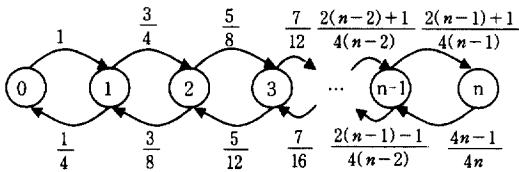


(그림 6) Random walk 모델에서 MN의 이동

따라서 식 (1)에서 $a_{i,j}$ 값은 다음과 같이 고정된 값을 갖는다.

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1 & i=0, j=1 \\ \frac{2i+1}{4i} & i > 0, j=i+1 \\ \frac{2i-1}{4i} & i > 0, j=i-1 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (3)$$

(그림 6)에 식 (3)을 바탕으로한 상태천이도를 도시하였다.



(그림 7) Random walk 모델의 상태천이도

Random walk 모델이 보행하는 사용자를 모델링 하는데 적절하다면 directional walk 모델은 자동차로 이동하는 사용자를 모델링 하는데 적합할 것이다. 본 논

문에서는 지면 관계상 directional walk에 대한 분석은 생략한다.

4.2 등록 비용

4.2.1 LA 개념을 적용한 Mobile IP

등록비용은 이동 에이전트에서 등록메시지를 처리하는 비용과 에이전트간 메시지의 전송 비용으로 구분된다. 편의상 이동 에이전트에서 소요되는 처리비용을 동일한 값으로 정하고 C_p 로 표기한다. 전송비용은 메시지를 주고받는 이동 에이전트간 거리에 비례한다고 가정하고 비례상수는 δ 로 표기한다. HA와 LA 사이의 전송 비용을 C_{hl} , LA와 FA 사이의 전송 비용을 C_{lf} , FA와 MN 사이의 무선 링크에서의 전송 비용을 C_{fm} 라 한다.

(그림 4-b)는 현재 FA가 LA와 다른 셀에 위치하는 경우의 지역등록 메시지 흐름을 보여준다. 현재 FA가 LA기능을 하면 LA와 MN이 지역 등록 메시지를 곧바로 주고받고 HA와 현재 FA가 홈 등록 메시지를 주고 받는다. 따라서 LA를 적용한 Mobile IP의 지역 등록 비용은 다음과 같다.

$$2C_{lf} + 3C_p + 2C_{fm} \quad (4)$$

RA와 FA 사이의 거리가 j 이면 $C_{lf} = j\delta$ 가 된다. 무선 링크의 전송 비용은 일반적으로 유선 링크 보다 높으므로 FA와 MN 사이의 전송 비용을 $C_{fm} = w\delta$ 라 할 수 있다. 따라서 LA에서 j 만큼 떨어진 지역에서 지역 등록하는데 필요한 비용은 다음과 같다.

$$2(j+w)\delta + 3C_p \quad (5)$$

(그림 4-a)를 참조하여 LA 개념을 적용한 Mobile IP의 홈 등록 비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$2C_{hl} + C_{lf} + 5C_p + 2C_{fm} \quad (6)$$

HA와 LA 사이의 거리가 k 라고 가정했을 때 $C_{hl} = k\delta$ 를 얻을 수 있다. 지역 등록 비용을 계산할 때와 유사하게 LA를 이용한 Mobile IP에서의 홈 등록 비용은 다음과 같다.

$$2(k+j+w)\delta + 5C_p \quad (7)$$

P_M^m 의 구성요소 $P_{0,j}^m$ ($0 \leq j \leq m$)는 현재 FA가 현재

LA에 거리가 j 만큼 떨어져 있을 확률 값이다. MN이 홈 등록 이후에 m 번 이동했을 때의 평균 지역 등록 비용을 $Cost_m$ 은 다음과 같다.

$$Cost_m = P_{0,0}^m (C_P + 2w\delta) + \sum_{j=1}^m p_{0,j}^m [2(j+w)\delta + 3C_P] \quad (8)$$

임계치 M 을 갖는 이동-기반 핸드오프 기법을 고려할 때 MN이 M 만큼 이동하면 홈 등록을 통해 새로운 LA에 등록한다. MN이 M 만큼 이동한 후에 현재 LA와 MN이 접속하고 있는 FA 사이의 거리는 다음과 같다.

$$d_{im}^M = \sum_{j=0}^M jp_{0,j}^M \quad (9)$$

HA와 현재 LA사이의 거리를 k 라고 했을 때 전송 비용은 거리에 비례하고 이때 비례 상수는 δ 이다. 따라서 홈 등록 비용은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$2(k+w+d_{im}^M)\delta + 5C_P - 2p_{0,0}^M C_P \quad (10)$$

위 식에서 마지막 항은 MN이 현재 LA와 동일한 셀에 위치할 때 현재 FA가 LA 기능을 수행해 LA에서 별도의 처리 비용이 필요치 않아 비용을 절감시키는 경우이다. MN은 한번 이동할 때 마다 지역 등록을 수행하고 M 번 움직일 때 마다 홈 등록을 수행하므로 움직일 당 평균 등록 비용은 다음과 같다.

$$\frac{1}{M} \left[2(k+w+d_{im}^M)\delta + 5C_P - 2p_{0,0}^M C_P + \sum_{m=1}^M Cost_m \right] \quad (11)$$

4.2.2 Mobile IP에서의 등록 비용

HA와 FA 사이의 전송 비용을 C_M 라고 하자. (그림 2)에서 Mobile IP의 등록 메시지 흐름을 나타내었다. (그림 2)에서 MN은 무선 링크를 통해 FA 등록 요청 메시지를 전송한다. FA는 등록 요청 메시지를 처리하고 HA에 넘겨준다. HA는 등록 요청 메시지를 처리하고 FA에 등록 답변 메시지를 전송한다. FA는 등록 답변 메시지를 처리하고 MN으로 메시지를 넘겨준다. 따라서 Mobile IP에서 이동당 등록 비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$2C_M + 2C_P + 2C_{fm} \quad (12)$$

HA와 현재 FA 사이의 평균거리를 k 라고 하자. 전

송비용은 비례상수 δ 를 가지며 거리에 비례하므로 C_M 는 $k\delta$ 로 나타낼 수 있다.

무선 링크의 전송비용은 일반적으로 유선 링크의 전송비용보다 높다. 따라서 무선 링크의 전송 비용이 유선 링크의 전송 비용보다 w 배 높다고 가정한다. FA와 MN 사이의 전송 비용 C_{fm} 는 $w\delta$ 로 나타낼 수 있으므로 Mobile IP에서 단위 시간당 평균 등록 비용은 다음과 같다.

$$Cost_{mip}^{reg} = \lambda_m [2(k+w)\delta + 3C_P] \quad (13)$$

여기서 λ_m 은 MN의 이동 비율을 나타낸다.

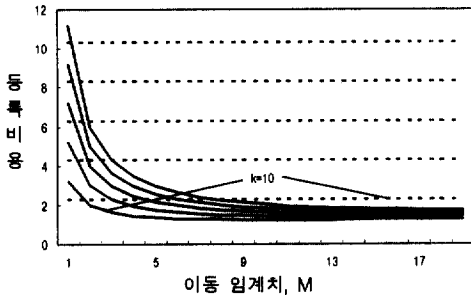
4.2.3 성능 분석

이 절에서는 Mobile IP와 LA 개념을 적용한 Mobile IP를 사용했을 때 각각의 단위 시간당 평균 등록 비용을 계산한다. 이동 임계치 M 과 HA와 FA간 거리 k 값이 변화할 때 매개변수 λ_m , δ , C_P 와 w 값을 토대로 분석을 수행한다. 현존하는 네트워크의 모든 특성을 만족시키는 매개변수를 선택하는 것은 현실적으로 불가능하다. 따라서 본 분석에서는 등록 비용에서 처리 비용과 전송 비용이 각각 점유하는 두 가지 경우를 서로 이동 임계치 값을 변화시켜가며 비교한다.

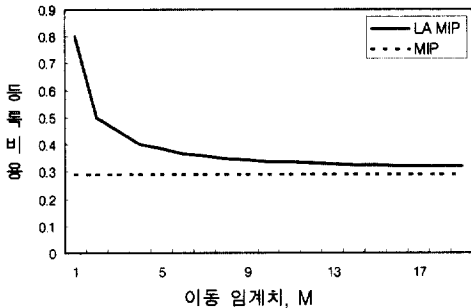
(그림 8)은 λ_m 은 0.1, w 는 2이고 δ 와 C_P 가 다른 조건일 때 이동 임계치 M 값의 변화를 준 경우의 등록 비용을 나타내었다. 기존 Mobile IP의 경우 이동 임계치를 사용하지 않지만 LA 모델과 비교를 위해서 Mobile IP의 평균 등록 비용도 함께 도시하였다. (그림 8-a)에서 δ 는 1이고 C_P 는 0이라고 가정한다. 이 경우 에이전트간 전송비용이 전체 등록 비용을 점유하고 에이전트에서 처리 비용은 무시한다. M 이 1일 때 MN이 매 이동할 때마다 라우팅 핸드오프가 발생한다. 즉 MN의 매 이동시마다 지역등록과 홈등록을 모두 수행하는 것이다. 이 경우에는 Mobile IP와 비교해서 높은 비용이 요구되므로 이동 임계치 M 이 1보다 작을 때는 기존 Mobile IP를 사용하는 것이 유리하다.

이동 임계치 M 이 1보다 큰 경우에는 LA 개념을 적용한 Mobile IP의 평균 등록 비용이 기존 Mobile IP의 평균 등록 비용보다 훨씬 적게 나타난다. HA와 FA 사이의 거리 k 가 커질수록 두 모델간의 평균 등록 비용의 차이는 더 증가한다. 이동 임계치 값이 1보다 클

때 평균 등록 비용은 크게 감소한다. 이동 임계치 M 값이 비교적 작을 때 평균 등록 비용의 최소치를 얻을 수 있다. 따라서 평균 등록 비용의 최소치를 통해 이동 임계치의 최적값을 구할 수 있다. 이동 임계치가 최적값을 넘으면 평균등록비용이 감소되는 정도가 약해지는데 이동 임계치가 증가할 때 LA와 FA 사이의 평균 거리의 증가율이 상대적으로 작기 때문이다.



(a) 처리 비용을 고려하지 않은 경우



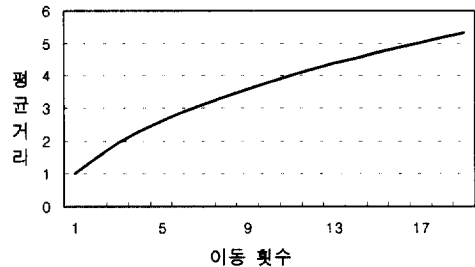
(b) 전송 비용을 고려하지 않은 경우

(그림 8) 평균 등록 비용

(그림 9)는 MN이 라우팅 핸드오프를 수행한 이후에 이동 횟수에 대한 LA와 FA사이의 평균 거리를 보여준다. 이 그림을 통해 MN이 HA에서 멀리 떨어져 있을 경우에도 전송 비용은 적게 유지시킬 수 있다는 것을 알 수 있다.

(그림 8-a)은 또한 k 값이 증가하면 평균 등록 비용이 높아지는 것을 보여준다. 서로 다른 k 에서 나타나는 곡선의 모양은 대체로 비슷하지만 최적값의 분포는 서로 다른 지점에서 나타난다. 따라서 등록 비용을 최소화시키기 위해서는 이동 임계치의 최적값을 동적으로 구할 수 있는 알고리즘이 필요하다.

(그림 8-b)는 δ 는 0이고 C_p 는 1이라고 가정했을 때 평균 등록 지연을 보여준다. 이 경우 에이전트에서 등록 메시지의 처리 비용이 전체 등록 비용을 점유하고 에이전트간 전송 비용은 무시된다. 전송 비용이 전체 비용에서 차지하는 비중이 무시할만하다고 가정했기 때문에 HA와 FA 사이의 거리 값 k 가 결과에 영향을 끼치지 않는다. 이동 임계치가 증가하면서 평균 등록 비용은 급격히 줄어든다. 이동 임계치 값이 계속해서 증가하면 LA 개념을 적용한 Mobile IP의 평균 등록비용이 기존 Mobile IP의 평균 등록비용에 거의 근접해 지는 것을 볼 수 있는데 전송 비용을 고려하지 않았을 경우에는 LA 개념을 적용한 Mobile IP의 지역 등록 비용과 기존 Mobile IP의 등록 비용이 동일한 값을 갖기 때문이다. 두 모델간 등록 비용의 차이는 LA 개념을 적용한 Mobile IP 모델에서는 반드시 홈 등록이 필요하기 때문이다. 이동 임계치가 증가하면 단위 시간당 홈 등록 횟수는 감소하고 두 모델간 평균 등록 비용은 비슷해지게 된다.



(그림 9) LA와 FA 사이의 평균 거리

4.3 핸드오프 지연 및 패킷 손실 확률

Mobile IP 모델에서 MN이 현재 FA에서 다른 FA로 핸드오프 하는 동안 MN은 네트워크와의 연결이 끊어지게 된다. 이러한 상태를 패킷이 떠있는(in-flight) 상태라고 하는데 이와 같이 패킷이 떠있는 상태는 MN과 이전 FA가 연결이 끊어지는 시점부터 MN이 새로운 FA로 등록되기 직전까지 지속된다. 패킷이 떠있는 상태일 때는 MN으로 전송되는 모든 패킷은 폐기된다. 따라서 반드시 패킷 재전송이 필요하고 이로 인하여 처리를 감소가 뒤따른다.

LA 개념을 적용한 Mobile IP 모델에서 핸드오프는 지역 핸드오프와 라우팅 핸드오프로 구분 할 수 있다. 지역 핸드오프하는 동안 MN은 네트워크로부터 일시

적으로 분리된다. 패킷이 떠있는 상태가 발생하여 패킷이 손실된다. 반면에 라우팅 핸드오프하는 동안에는 단지 LA만이 새로운 LA로 바뀐다. 이전 LA와 새로운 LA로 전달된 패킷은 모두 현재의 FA로 전달된다. HA와 MN 사이에 방해 요인이 없으므로 패킷이 폐기되지 않을 것이다.

핸드오프 지연이 길어지면 패킷이 폐기될 확률이 높아져 네트워크의 처리율이 낮아지게 된다. 본 논문에서는 기존의 Mobile IP 모델과 LA 개념을 추가한 모델에서 에이전트를 발견하는 시간을 두 모델에 동일하게 적용함으로써 등록 지연으로 인한 패킷의 손실 확률을 평가하는데 주안점을 둔다.

등록 지연은 이동 에이전트에서 등록 메시지를 처리하는 지연과 이동 에이전트간에 등록 메시지를 전송하는데 필요한 전송 지연으로 구성된다. 전송 지연은 등록 요청 및 응답 메시지가 전송되는 링크의 거리에 비례하고 처리 지연은 모든 이동 에이전트에서 동일하다고 가정한다. MN의 움직임과 패킷의 도착은 독립적이라고 가정하면 Mobile IP에서 단위 시간당 등록 지연으로 인해 폐기되는 패킷의 손실 확률은 다음과 같다.

$$P_{mip}^{drop} = \lambda_m [2(k+w)\delta + 3C_p] \quad (14)$$

LA 개념을 적용한 Mobile IP 환경에서 MN은 현재 FA를 바꾸는 지역 등록 시에만 네트워크에서 일시적으로 분리된다. MN이 라우팅 핸드오프 발생 후에 m 번 이동했을 때 평균 지역 등록 지연은 앞에서 계산한 $Cost_m$ 과 같은 값을 갖는다. 매 이동시 지역등록을 수행함으로써 움직임 당 평균 지역 등록 지연은 다음과 같다.

$$Cost_{local}^{reg} = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M Cost_m \quad (15)$$

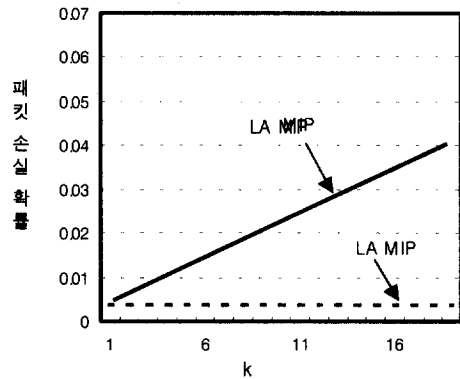
따라서 LA 개념을 적용한 Mobile IP 환경에서 등록 지연으로 인한 패킷 손실 확률은 다음처럼 표현 할 수 있다.

$$P_{la}^{drop} = \lambda_m Cost_{local}^{reg} \quad (16)$$

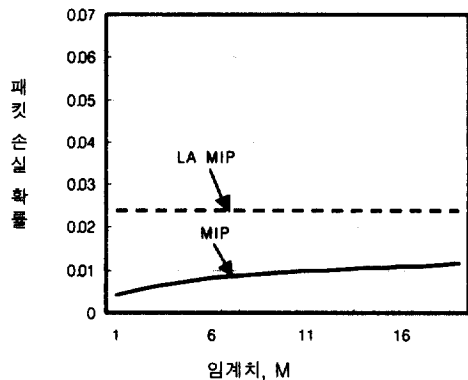
4.3.1 성능 분석

이 절에서는 앞서 설명한 식 (14)와 식 (16)을 통해 기존 Mobile IP와 LA 개념이 적용된 Mobile IP에서의 패킷 폐기 확률을 구한다. λ_m 이 0.1이라고 가정하고

(그림 10)에서 δ 와 C_p 값이 주어졌을 때의 결과를 분석하기로 한다. (그림 10)은 δ 가 0.01이고 C_p 는 0.001인 조건이다. (그림 10-a)는 HA와 현재 FA 사이의 거리인 k 값이 변화할 때 등록 지연으로 인하여 발생하는 패킷 손실 확률을 보여준다. 패킷 손실 확률은 LA 개념을 적용한 Mobile IP 환경에서는 k 값에 무관하게 나타난다. 반면에 기존 Mobile IP 환경에서는 k 가 증가함에 따라 패킷 손실 확률 값도 비례해서 증가한다. 따라서 MN이 HA에서 멀리 떨어질수록 LA를 적용하는 것이 유리함을 알 수 있다.



(a) $M=2, k=1, 2, \dots, 20$



(b) $k=2, M=1, 2, \dots, 20$

(그림 10) δ 가 0.001이고 C_p 가 0.01일 때 패킷 손실 확률

(그림 10-b)는 이동 임계치 M 이 변화할 때 등록 지연으로 인하여 발생하는 패킷 손실 확률을 보여준다. LA 개념을 적용한 Mobile IP 환경에서는 M 이 증가할

에 따라 패킷 손실 확률 값도 증가한다. 따라서 M 이 1일 때 결과값이 최소치를 갖는다. M 이 1일 경우는 MN이 속한 FA가 LA로 동작하는 경우이므로 등록 지연 시간은 짧아지고 이로 인하여 패킷 손실 확률은 낮아진다. 이동 임계치 M 이 증가하면서 LA와 FA 사이의 평균거리는 서서히 증가하므로 패킷 손실 확률이 서서히 증가하게 된다. (그림 8)에서 M 이 1일 경우에 전체 등록 비용이 상당히 높게 나타났으므로 M 이 1보다 클 때 패킷 손실 확률이 다소 증가하더라도 M 은 1보다 큰 값을 적용하는 것이 바람직하다.

5. 결 론

등록 비용 측면과 핸드오프 지연 측면에서 기존의 Mobile IP 모델과 LA를 적용시킨 모델을 분석해 보았다. LA를 도입함으로써 MN의 지역 핸드오프를 HA가 관여 하지 않도록 하였다. Mobile IP에 LA 모델을 적용했을 경우에 MN이 HA에서 멀어질수록 등록비용이 상당히 감소되었고 등록 지연 시간이 짧아짐에 따라 등록 지연으로 인한 패킷 손실을 감소시킬 수 있었다.

기존의 제시된 계층적 구조 모델이 지형을 바탕으로 계층을 구성하는 것과 달리 LA 모델은 각 MN에 대해 동적으로 결정된다. 또한 MN이 LA를 통해 지역 핸드오프를 수행 하므로 MN이 HA에서 멀리 떨어져 있어도 기존의 Mobile IP와 달리 성능에 거의 영향을 끼치지 않는다.

본 논문에서는 LA가 지역 내에서 HA의 기능만을 대신하였으나 보다 많은 부가적인 기능을 LA에 추가할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] IETF Network Group, "IP mobility Support," RFC 2002, Oct. 1996.
 [2] IETF Mobile-IP Work Group, "Mobile IP Regional Registration," Internet Draft, July. 2000.
 [3] Perkins, "Optimized' Smooth Handoffs in Mobile IP," IEEE ISCC, 1999.
 [4] LAmon Caceres and Venkata N, "Fast and scalable wireless handoffs in support of mobile Internet au-

dio," Mobile Networks and Applications, 1998.
 [5] Ian F. Akyildiz, Joseph S.M Ho., "Movement based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Trans. on Networking, 1996.
 [6] IETF Mobile-IP Work Group, "Route Optimization Mobile IP," Internet Draft, Nov. 1997.
 [7] Vicente Casares-Ginger, "On Movement-Based Mobility Tracking Strategy-An Enhanced Version," IEEE Comm. Letters, 1998.
 [8] IETF Mobile-IP Work Group, "Mobile IP Location Registration with Hierarchical Foreign Agents," 1996.
 [9] Y. B. Lin, "Modeling hierarchical micro cell/macro cell PCS architecture," TR PCS-NCTU-96-05, Department of Computer Science and Information Engineering, National Chiao Tung Univ., 1996.



황 인 용

e-mail : iyhwang@icu.ac.kr
 1999년 경희대학교 전자공학과 졸업(학사)
 2001년 한국정보통신대학원대학교 공학부 졸업 예정(석사)
 2001년 한국정보통신대학원대학교 공학부 진학 예정(박사)

관심분야 : 인터넷 QoS, Mobile IP, 차세대 라우터



박 흥 식

e-mail : hspark@icu.ac.kr
 1977년 서울대학교 공과대학 졸업(학사)
 1986년 KAIST 전기 및 전자 공학과 졸업(석사)
 1995년 KAIST 전기 및 전자 공학과 졸업(박사)

1977년~1997년 한국전자통신연구원 책임연구원
 1998년~현재 한국정보통신대학원대학교 부교수
 관심분야 : 통신망 기술 및 프로토콜, 통신 시스템 성능 평가, 트래픽 제어 및 폭주제어