

# 지역 등록 방법에서 외부 에이전트 수의 변화에 따른 등록 지연시간의 성능분석

이용덕<sup>†</sup>, 광경섭<sup>\*\*</sup>

## 요 약

Global Internet에서 이동성을 위한 해결책으로 모바일 IP가 제시된 바 있다. 그러나 사용자가 증가하는 경우와 이동노드의 움직임이 많은 경우에는 서비스 지연이 발생하게 된다. 이러한 지연을 줄이기 위해 지역등록을 사용한 모바일 IP가 제시되었다. 본 논문에서는 모바일 IP에서 등록지연을 최소화 하는 최적의 지역등록 관리 방법을 소개한다. 이산적 해석 모델을 통해 이동 노드의 움직임을 나타내며 제안한 방법을 통해 평균 패킷 도착률과 이동노드의 이동성을 고려한 경우의 네트워크의 크기에 따른 등록비용을 해석적으로 분석한다.

## Performance Analysis of Registration Delay Time by Varying Number of Foreign Agent in Regional Registration

Yong-Duck Lee<sup>†</sup>, Kyung-sup Kwak<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

Mobile IP is a solution for mobility on the global Internet. However, it causes service delay incase of frequent movement of mobile node and mobile users. Mobile IP regional registration is proposed to reduce the service delay. In this paper, we introduce an optimal regional location management mechanism for Mobile IP that reduces the registration delay. The movement of mobile node is described by a discrete analytical model. The proposed model explains analytically average packet rate and registration cost as the size of regional networks with mobility of mobile node.

**Key words:** Mobile IP(모바일 IP), Regional Registration(지역 등록)

## 1. 서 론

인터넷의 확산과 기업들의 세계화로 공항이나 회의장 등에서 노트북을 이용하는 사람을 찾아보는 것은 어려운 일이 아니다. 그러나, 자신의 홈 네트워크를 떠나 있을 때 이동성이 있는 단말기로 인터넷을 사용하는 것은 쉽지 않다. 즉, 이동한 곳에서 모델을

이용하거나 새로운 IP주소를 할당받아야 하는 데, 이는 기존의 IP 프로토콜이 이동성을 보장해주지 못하기 때문이다. 이에 따라 이동 통신기술의 발전으로 보다 효율적인 이동 통신을 위한 모바일 IP가 제시된 바 있다[1].

그러나, 이동노드의 움직임에 따라 매번 외부 에이전트에 재등록을 해야 하므로 재등록이 완료될 때까지 서비스의 끊김 현상이 발생하게 된다. 즉 하나의 서브네트워크에서 다른 서브네트워크로 이동할 때, 이동 노드는 홈에이전트에 자신의 새로운 위치에 대한 정보를 보내야 한다. 이러한 위치 갱신은 홈에이전트와 이동노드의 거리가 멀수록, 이동노드의 수가 많을수록 더욱 빈번해지게 되어 지속적인 서비스 제공을

※ 교신저자(Corresponding Author): 이용덕, 주소: 인천광역시 남구 용현3동 인하대학교 하이테크관 4층428호 (402-751), 전화: 032)864-8935, FAX: 032)868-3654

E-mail: comtoday@dreamwiz.com

접수일: 2002년 11월 26일, 완료일: 2003년 6월 19일

<sup>†</sup> 비회원, 인하대학교 정보통신대학원 공학석사

<sup>\*\*</sup> 정회원, 인하대정보통신공학부 교수

(E-mail: kskwak@inha.ac.kr)

방해하게 된다. 이러한 끊김을 최소로 하기 위해 지역등록 (Regional Registration) 방법이 연구된 바 있다[2]. 지역등록방법은 이동노드가 외부망으로 이동한 경우 외부 에이전트에 지역적으로 등록하는 모바일 IP의 확장이다. 이 방법에서 에이전트의 수는 전체 네트워크의 성능을 좌우하는 중요한 변수가 된다. 그러나 지역등록방법에서는 최적의 등록시간을 위한 에이전트의 개수가 명확히 나타나있지 않다. 따라서 본 논문에서는 외부 에이전트 수의 변화에 따른 등록 지연시간의 계산을 위한 방법을 제시한다. 등록 지연시간 계산을 구하기 위한 비용함수는 시그널링 메시지에 의한 지연시간과 외부에이전트 수에 의한 GFA 테이블의 복잡도에 의해 나타난다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 지역등록 방법과 외부에이전트 수의 변화에 의한 등록비용 계산방법을 제시하고, 3장에서는 제시된 방법을 통해 에이전트의 수에 따른 등록비용을 분석한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. 지역등록방법에서의 등록비용

### 2.1 일반적인 지역등록방법

지역등록(Regional Registration)은 이동노드가 외부망으로 이동한 경우 외부에이전트(FA:Foreign Agent)에 지역적으로 등록하는 모바일 IP의 확장이다. 모바일 IP에서 이동노드는 CoA(Care of Address)가 변경될 때마다 홈에이전트(HA: Home Agent)에 등록하게 된다[3]. 이때, 만약 방문한 네트워크가 홈망과 멀리 떨어진 곳에 위치한다면 이 등록에 대한 등록 지연은 커질 수밖에 없다. 이 경우 지역등록을 사용함으로써 홈망에 대한 등록 메시지의 수를 줄여주며 이동노드가 동일한 방문망에서 다른 외부에이전트로 이동할 때 발생하는 등록 지연 또한 감소시킬 수 있게 된다.

지역적 등록 프로토콜에서 이동노드는 방문 도메인에 처음 도착하면, 홈에이전트에 대하여 등록을 수행한다. 이 등록 시 홈망은 이동노드에 대하여 등록키를 생성한다. 이 등록키는 이동노드와 방문도메인에 배포되며 지역 등록의 인증 시 사용될 수 있다. 홈 등록시 홈에이전트는 이동노드의 CoA를 저장한다. 이때 방문 도메인이 지역적 터널 관리(Regional unnel Management)를 지원하는 경우, 홈에이전트

에 등록되는 CoA는 공중망에서 라우팅이 가능한 GFA(Gateway Foreign Agent)의 주소가 된다. 이 CoA는 이동노드가 동일 GFA에서 외부에이전트를 변경하는 경우에도 변경되지 않는다. GFA가 바뀌면 홈망에 다시 등록을 하여야하나 동일 GFA 내에서 외부에이전트가 바뀌면 지역 등록을 수행한다.

그림 1은 일반적인 지역등록의 구조를 나타낸다. 이동노드(MN)가 ①의 방향으로 움직인 경우 동일 GFA내의 외부 에이전트이므로 지역등록을 수행하게 되고, ②의 방향으로 움직인 경우에는 다른 GFA 쪽으로 움직이므로 홈등록을 수행하게 된다[2]. 이러한 수행을 통해 이동노드의 등록은 일반적인 모바일 IP의 등록에 비해 지연이 적어지게 된다. 그러나, 동일 GFA내에 외부에이전트 수가 많아지는 경우 GFA가 처리해야 하는 등록 메시지가 많아지게 되며, 이와 반대로 외부에이전트 수가 적어지는 경우에는 홈등록의 횟수가 커지게 되므로 등록에 따른 지연은 커질 수밖에 없다. 즉 지역등록 방법에서는 동일 GFA에서 외부에이전트 수가 전체적인 성능을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 따라서 동일 GFA내에서 외부에이전트 수에 따른 등록 비용 계산을 다음절에 제시한다.

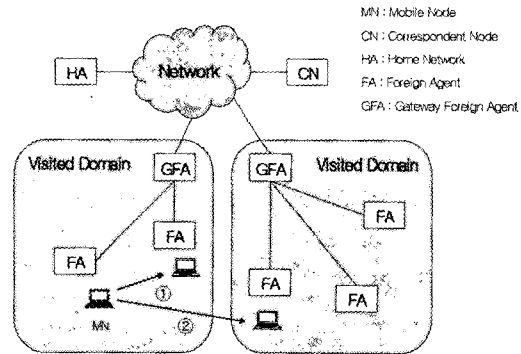
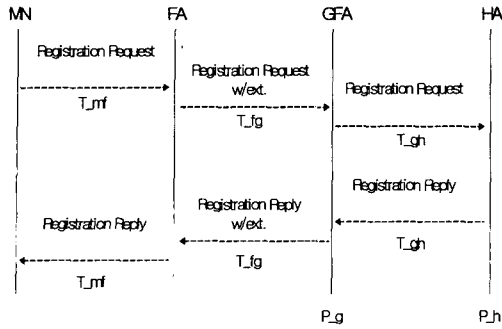


그림 1. 일반적인 지역등록의 구조

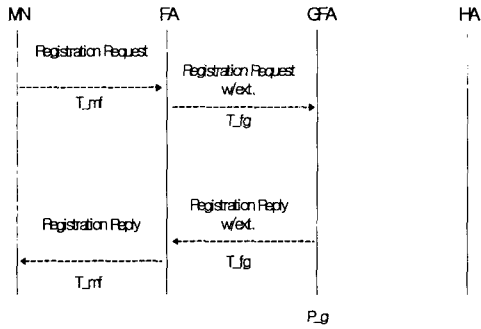
### 2.2 동일 GFA내에서의 FA수에 의한 등록 비용

지역등록방법에서는 이동 노드의 움직임에 따라 홈등록과 지역등록의 두 가지 형태로 등록이 이뤄진다. 등록시 시그널링 메시지 흐름과 파라미터 요약은 각각 그림 2, 표 1과 같다.

무선링크에서의 등록패킷 전송시간( $T_w$ )과 유선 링크에서의 등록패킷 전송시간( $T_w$ )은 다음과 같이



(a) 홈등록시의 시그널링 메시지 흐름



(b) 지역등록시의 시그널링 메시지 흐름

그림 2. 지역등록방법에서의 시그널링 메시지 흐름

표 1. 파라미터 요약

$T_{mf}$	이동노드에서 FA까지 등록패킷 전송시간
$T_{fg}$	FA에서 GFA까지 등록패킷 전송시간
$T_{gh}$	GFA에서 HA까지 등록패킷 전송시간
$P_g$	GFA에서 등록패킷 처리 비용
$P_h$	HA에서 등록패킷 처리 비용

나타낼 수 있다[4].

$$T_{wl} = \frac{S_{reg}}{BW_{wl}} + L_{wl} \quad (1)$$

$$T_w = \frac{S_{reg}}{BW_w} + L_w \quad (2)$$

여기서,  $S_{reg}$ 는 등록패킷의 크기,  $BW_{wl}$ 은 무선링크 대역폭,  $L_{wl}$ 은 무선링크 지연,  $BW_w$ 은 유선링크의 대역폭,  $L_w$ 은 유선링크 지연이다. 위에서 정의된  $T_{wl}$ 과  $T_w$ 을 이용해,  $T_{mf}$ ,  $T_{fg}$ ,  $T_{gh}$ 는

$$T_{mf} = T_{wl} \quad (3)$$

$$T_{fg} = T_w \times Hop_{fg} + T_{prot} \quad (4)$$

$$T_{gh} = T_w \times Hop_{gh} + T_{prot} \quad (5)$$

와 같이 나타나며, 이때  $Hop_{fg}$ 는 FA와 GFA사이의 거리,  $Hop_{gh}$ 은 GFA와 HA사이의 거리,  $T_{prot}$ 는 등록패킷을 위한 프로토콜 처리시간을 나타낸다.

GFA와 FA에서의 등록 패킷 처리 비용은 GFA인 경우 방문리스트의 복잡도에 의해 결정된다. 즉 GFA내에 이동노드의 수가 많을수록 복잡도는 증가하게 되고, 그만큼 등록패킷 처리시간은 길어지게 된다. 한 개의 FA를 통해 서비스를 받는 이동노드의 평균개수가  $\omega$ 이고, 동일 GFA내에 FA의 수가  $k$ 인 경우, GFA에 존재하는 평균이동노드의 수는  $\omega k$ 가 되므로 방문리스트의 복잡도는  $\omega k$ 에 비례하게 된다. 또한 일반적인 IP 라우팅에서 룩업 테이블은 최장 접두어 정합(longest prefix matching)에 기반을 두며 Patricia trie를 통해 수행되므로[5], IP 주소 룩업은 라우팅 테이블의 길이( $k$ )의 대수(logarithm)에 비례하게 된다[6]. 따라서 GFA에서의 패킷 비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P_g = \lambda_a \cdot (a \omega k + \beta \log(k)) \quad (6)$$

$\lambda_a$ 는 각 이동노드를 위한 평균 등록패킷 도착률이며,  $\alpha$ 와  $\beta$ 는 방문리스트와 라우팅 룩업테이블을 위한 가중치이다. 또한 HA에서의 등록 패킷 처리 비용은 평균 등록패킷 도착률에 비례하므로 패킷전송처리비용상수를  $\eta$ 라고 한 경우

$$P_h = \lambda_a \cdot \eta \quad (7)$$

와 같이 나타낼 수 있다.

따라서, 홈등록( $C_{HR}$ )과 지역등록( $C_{RR}$ )시에 발생하는 비용은 위에서 언급한 파라미터와 이동노드의 등록패킷 발생시간( $T_{reg}$ ), 이동노드의 무선채널 획득(acquisition) 시간( $T_{acq}$ )을 고려하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{HR} = T_{acq} + T_{reg} + 2(T_{mf} + T_{fg} + T_{gh}) + P_g + P_h \quad (8)$$

$$C_{RR} = T_{acq} + T_{reg} + 2(T_{mf} + T_{fg}) + P_g \quad (9)$$

위의 식(8)과 (9)에서 시그널링 메시지 전송시간

과 관련된 비용 계산에 있어 단순한 비율 상수로 계산된 것에 반해[7], 비례 상수의 결정에 의해 결과가 크게 달라질 수 있으므로 기존의 방식들에서 이미 나타난 방법[4-7]을 추가함으로써 좀 더 비용 계산에 있어 명확한 근거를 제시한다.

앞서 언급했듯이 이동노드의 이동이 동일 GFA로 움직였는지 아닌지에 따라 등록비용은 달라지게 된다. 따라서, 이동노드의 움직임에 대한 확률을 구할 필요가 있다.

그림 3과 같이 전체 N개의 서브네트워크에서 이동노드가 처음에 A지역(동일 GFA에 k개의 FA가 있음)에 있다고 가정한 경우, 이동노드는 k개의 서브네트워크 외(B 지역)로 움직였을 때는 홈등록을 수행하게 되고, k개의 서브네트워크 내(A 지역)에서 움직였을 때는 지역등록을 수행하게 된다. 즉 이동노드가 나머지 서브네트워크(N-1개)로 움직이는 확률이  $\frac{1}{N-1}$ 로 일정하다고 가정한 경우, 지역등록이 일어날 확률은  $\frac{N-k}{N-1}$ 이며, 홈등록이 일어날 확률은  $\frac{k-1}{N-1}$ 로 나타낼 수 있다. 따라서 m이 움직임 횟수인 경우, m번째에서 처음으로 홈등록이 일어나는 확률과 기대치는

$$P_m = \frac{N-k}{N-1} \cdot \left(\frac{k-1}{N-1}\right)^{m-2}, 2 \leq m < \infty \quad (10)$$

$$E = \sum_{m=2}^{\infty} mP_m = 1 + \frac{N-1}{N-k} \quad (11)$$

와 같다. 이때 처음 움직이는 경우(m=1)는 HA에 처음 등록되어 있던 이동노드가 외부에이전트로 움직였을 경우이므로  $2 \leq m$ 부터 확률을 계산하다. 또한

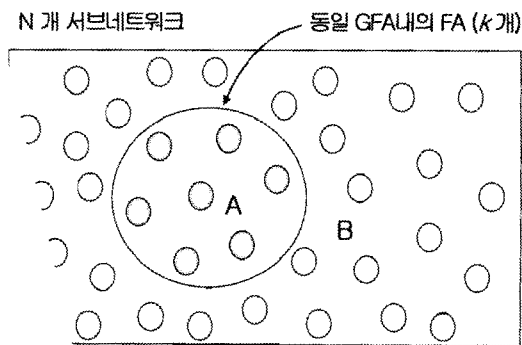


그림 3. N개의 서브네트워크

등록에 대한 최종 확률식(11)은 단순히 몇 번의 움직임 후에 GFA의 FA로 움직였는지에 대해서만 고려했을뿐, 네트워크 구성 형태, 각 에이전트의 거리, 이동 노드의 속도 등 여러 가지 조건에 대해서는 고려하지 않았다.

따라서, 단위 시간( $T_f$ ) 동안 이동노드의 움직임에 따른 등록비용은 다음과 같이 나타낼 수 있다[7]. 이때 단위시간이란 이동노드가 서브넷에서 머무르는 평균시간으로 단위시간이 작음은 이동노드가 그만큼 머무르는 시간이 작음을 의미하므로, 단위시간이 작을수록 이동노드의 이동성은 커진다고 할 수 있다.

$$C_{reg} = \frac{E \cdot C_{RR} + C_{HR}}{E \cdot T_f} \quad (12)$$

### 3. 분석적 결과 및 검토

본 절에서는 앞 절에서 구한 등록 비용식을 통해 외부에이전트 수(k)의 변화에 따른 등록비용을 구해 본다. 성능분석은 각 에이전트 부하에 큰 영향을 줄 수 있는 평균도착패킷률( $\lambda_a$ )과 이동 노드의 이동성을 나타내는 단위시간( $T_f$ ) 측면에서 이뤄진다. 성능분석을 위한 환경으로 전체 서브네트워크 수(N)는 30, FA에서 GFA까지의 거리와 GFA에서 HA까지의 거리는 각각 10, 25라 가정한다. 나머지 파라미터들은 일반적인 환경에서의 분석을 위해 표 2와 같이 정한다.

그림 4는 평균 패킷도착률의 변화에 따른 등록비용의 그래프를 나타낸다. 그림 4.(a)는 단위시간( $T_f$ )이 일정하고 평균 패킷도착률( $\lambda_a$ )이 0에서 3의 범위로 변하는 경우에 k의 증가에 따른 등록비용의 변화를 나타내며, 그림 4.(b)는 몇 가지  $\lambda_a$ 에 대한 등록비용을 나타낸다. 그림 4에서 나타나듯이 평균패킷도착률이 증가할수록 거의 같은 비율로 등록비용도 증가하게 된다. 이는 예상했던 바와 같이 평균 패킷도착률이 클수록 GFA와 HA에 부하가 크게 걸리게 됨을 나타낸다.

즉 에이전트에서 처리해야할 등록패킷량이 많을수록 각 에이전트들의 처리시간은 오래 걸리게 되는 것이다. 이는 등록패킷에만 국한된 것이 아닌 일반적인 데이터 전송을 위한 패킷에도 적용될 수 있다. 따라서 각 에이전트에 도착하는 평균 패킷도착률의 증

표 2. 시뮬레이션 환경

Parameter	Parameter Description	Setting Value
S_reg	Size of a Registration packet	50 byte
BW_wl	Bandwidth of the wireless link	1 Mb/s
BW_w	Bandwidth of the wired link	1 Gb/s
L_wl	Latency of the wireless link	7 ms
L_w	Latency of the wired link	0.5 ms
T_prot	Protocol processing time for the registration packets	3 ms
T_acq	Time for a mobile host to acquire a wireless channel	20ms
T_reg	Time to generate the registration packets from the current agent	5 ms
$\alpha$	Weighting factor of Visitor list	0.3
$\beta$	Weighting factor of Routing lookup table	0.7
$\omega$	Average number of MNs in a subnet	15
$\eta$	Packet delivery processing cost constant at the HA	10.0

가는 FA 수가 많아질수록 전체적인 네트워크 성능에 큰 영향을 미치게 됨을 알 수 있다.

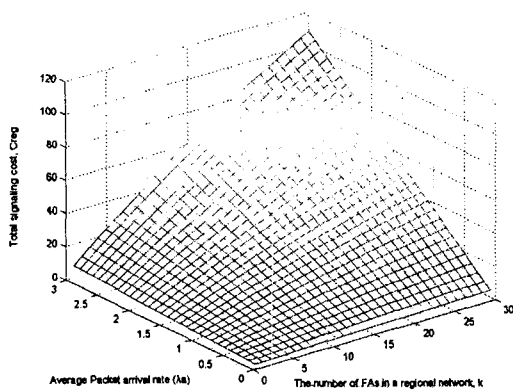
그림 5는 일정한 평균패킷도착률에서 단위시간의 변화에 따른 등록비용 그래프이다. 그림 5.(a)는 평균 패킷도착률( $\lambda_a$ )이 일정하고 단위시간( $T$ )이 0에서 30의 범위로 변하는 경우에  $k$ 의 증가에 따른 등록비

용의 변화를 나타내면, 그림 5.(b)는 몇 가지 단위시간( $T$ )에 대한 등록비용을 나타낸다. 앞서 언급했듯이 등록비용에 대한 식은 단위시간동안 한번 이동했을 때의 등록에 대한 것이다. 따라서 단위시간이 작은 경우, 이동노드의 이동성이 작은 경우에는 그림 5에서와 같이 FA의 수에 큰 영향을 받지 않게 된다. 이와 반대로 이동성이 큰 이동노드의 경우는 단위시간이 작아지게 되어 등록비용 또한 증가하게 됨을 알 수 있다.

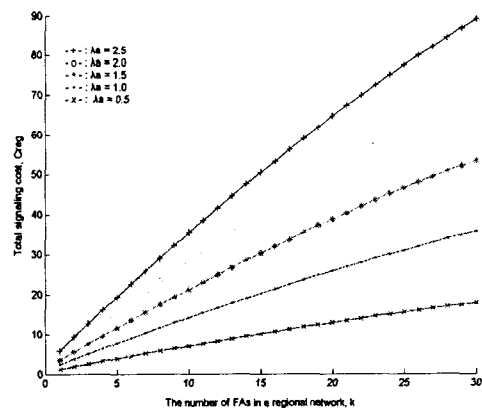
앞의 결과에서와 같이  $k$ 의 증가에 따른 등록비용의 변화는 이동 시간보다는 평균패킷도착률에 더 큰 영향을 받게 된다. 이는 본 논문에서 정한 '이동성'의 기준이 이동노드의 단순한 움직임이 아닌 FA를 바꾸는 경우를 하나의 이동으로 가정했기 때문이다. 따라서 같은 FA내에서 움직인 경우에는 이동성이 없다고 할 수 있는데 반해, 등록패킷은 주기적으로 발생하게 되므로 등록패킷도착률이 단위 시간보다 전체적인 등록비용에 더 큰 영향을 미치게 되는 것이다.

4. 결론

지역등록을 사용한 시스템의 경우 FA의 수는 전체 시스템의 성능을 좌우하는 중요한 요소가 된다. 본 논문에서는 이러한 FA의 수가 전체 등록지연에 얼마나 큰 영향을 미치는지를 알기 위한 수식을 제안하였다. 평균패킷도착률이 증가하는 경우, 각 에이전트에 큰 부하가 걸리게 되어 FA수가 증가함에 따라 전체등록비용은 더욱 커지게 된다. 이는 등록을 위한



(a)



(b)

그림 4. 평균 패킷도착률( $\lambda_a$ ) 값의 변화에 따른 등록 비용

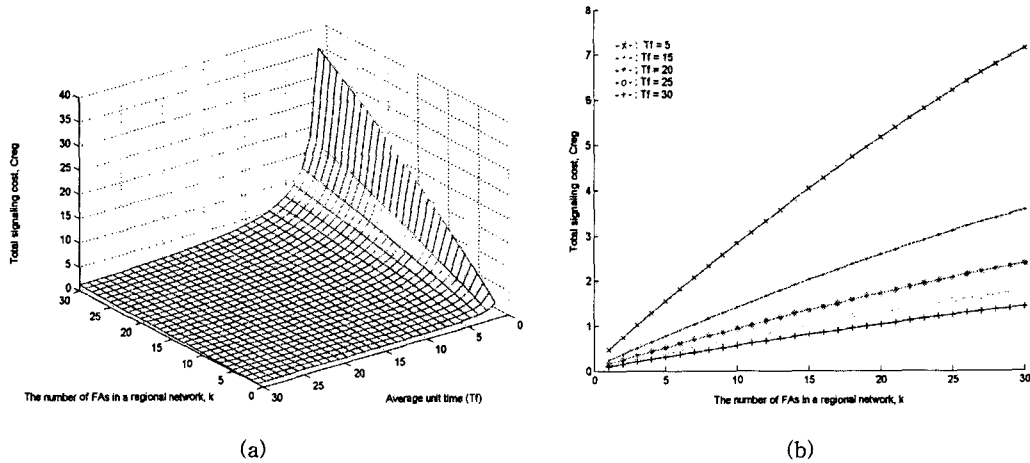


그림 5. 단위 시간( $T_f$ )의 변화에 따른 등록 비용

패킷뿐만 아니라 일반적인 데이터그램 전송에서도 적용될 수 있다. 또한 이동노드의 이동성증가도 평균 패킷도착률보다는 작은 비율이지만 등록비용의 증가에 영향을 미치게 된다. 이는 3절에서의 분석적 결과를 통해 확인할 수 있다.

본 논문에서 제시한 방법은 가장 일반적인 상황을 고려한 것이므로, 추후 연구과제로 다양한 환경을 고려한 동적인 FA 수 결정방법이 제시되어야 할 것이다. 또한 현재 이슈가 되고 있는 멀티캐스트를 지원하기 위한 보다 효과적인 결정방법에 대한 연구도 필요하다.

### 참고 문헌

[1] C.E.Perkins, "IP Mobility Support," *Request For Comments(RFC)* 2002-2006.  
 [2] E.Gustafsson, A.Jonsson, and C.E.Perkin, "Mobile IP Regional Registration," *draft-ietf-mobileip-reg-tunne-04.txt*, May. 2001.  
 [3] C.E.Perkins, "Mobile IP," *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 5, Part: Anniversary, May 2002.  
 [4] C.Gihwan, and F.M.Lindsay, "An Efficient

Location and Routing Scheme for Mobile Computing Environments," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC)*, vol. 13, no. 5, Jun. 1995.

[5] B.Lampson, V.Srinivasan, and G. Varghese, "IP lookups using multiway and multicolumn search," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 7, no. 3, pp.324-334, Jun. 1999.  
 [6] H-Y Tzeng, and T.Przygienda, "On fast address-lookup algorithms," *IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC)*, vol. 17, no. 6, pp. 1067-1082, Jun. 1999.  
 [7] X.Jiang, and F.A.Ian, "An Optimal Location Management Scheme for Minimizing Signaling Cost in Mobile IP," *IEEE International Conference on Communications*, vol. 5, pp. 3313-3317, 2002.  
 [8] P. de Silva, and H. Sirisena, "A mobility management protocol for IP-based cellular networks," *Tenth International Conference on Computer Communications and Networks*, pp. 476-482, 2001.



이 용 덕

1991년 서울산업대학교 전자공학과 공학사  
1995년~현재 (주)큐비에스 부설 연구소 연구원  
2003년 인하대학교 정보통신대학원 공학석사  
2003년~현재 재능대학 겸임교수

관심분야: Network Management, Mobile IP, IP Routing



곽 경 섭

1977년 2월 인하공대(학사)  
1981년 2월 미국 University of Southern California 대학원(EE석사)  
1988년 2월 미국 University of California, San Diego(통신이론 및 시스템 박사)  
1988년~1989년 미국 Hughes

Network Systems 연구원  
1989년~1990년 미국 IBM 연구원  
2000년 3월~2002년 2월 인하대학교 정보통신대학원 초대원장  
1990년 3월~현재 인하대정보통신공학부 교수  
2002년 1월~현재 한국통신학회 부회장  
2003년 3월~현재 IT신기술연구소 소장  
관심분야: Multiple Access Communication System, Mobile and Satellite Communication System, Data Networks