

# Mobile IPv6 상에서 적응적 액티브 타이머를 고려한 IP 페이징 (IP Paging with an Adaptive Active Timer in Mobile IPv6)

이 보 경 <sup>†</sup>

(Bo-Kyung Lee)

**요 약** Mobile IP에서 이동노드의 불필요한 위치 등록으로 인하여 발생하는 네트워크 시그널링 오버헤드를 줄이고자 IETF에서는 IP 페이징 기법을 제안하였다. IP 페이징 기법을 지원하기 위하여 이동노드는 active on, active off, idle 중 한가지 상태를 유지하여야 한다. Active on 상태는 이동노드에 데이터 세션이 형성되어 데이터를 수신하거나 또는 송신하는 상태를 말한다. 이때 이동노드가 데이터의 송수신을 완료하고 나면 이동노드는 active off 상태로 바뀌게 되며 active timer를 구동한다. 그후 일정시간 동안 이동노드가 데이터를 송수신하지 않고 페이징 영역 간 이동이 발생하지 않으면 active timer가 만료된다. 이때 이동노드의 상태는 idle 상태로 바뀌게 된다.

기존의 IP 페이징 기법에서는 고정된 active timer 값을 사용하고 있으나 본 논문에서는 이동노드의 이동성 및 트래픽 특성에 따라 active timer 값을 동적으로 설정하여 불필요한 위치갱신 작업을 줄일 수 있는 IP 페이징 기법을 제안한다. 또한 본 논문의 제안기법과 기존의 IP 페이징 기법간의 위치 갱신 및 페이징 비용에 대한 수학적 모델을 수립하고 성능평가를 수행한다. 이를 이용하여 성능 분석을 수행한 결과 기존 기법에 비하여 제안 기법이 보다 효율적임을 보여주고 있다.

**키워드** : 이동 IP, IP페이징, 이동성

**Abstract** Paging extensions for Mobile IP was proposed to avoid unnecessary registration signaling overhead of Mobile IP. In order to support the paging function in Mobile IP, the states of a mobile node are divided into active on, active off, idle. The active on state means when any incoming or outgoing data session arrives to a mobile node. After data session is completed, the state of the mobile node is changed into active off from active on. At this moment, the active timer starts to be operated. If the active timer expires, the mobile node moves to idle state. If a mobile node has very frequently data sessions at the same cell, the mobile node is better to move slowly into idle state. The other way, if the mobile node very frequently moves into new cell area and receives or sends little data, the mobile node is better to move earlier into idle state. In this paper, the active timer is adaptively set by the mobile nodes traffic and mobility characteristics and the paging scheme using this active timer is proposed to reduce the location registration cost.

**Key words** : Mobile IP, IP Paging, Active timer, Mobility

## 1. 서 론

무선통신 기술, 장비 및 응용서비스 등이 다양해짐에 따라 Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 이동노드에 이동성을 제공하기 위하여 Mobile IP 프로토콜을 제안하였다. Mobile IP는 이동노드가 언제 어디

에서나 인터넷 서비스를 제공받을 수 있도록 하기 위하여 이동노드가 이동할 때마다 자신이 머물고 있는 현재의 위치를 등록하도록 하고 있다. 특히 이동노드는 데이터를 송수신하는 active 상태나 또는 아무 작동도 하지 않는 idle 상태와 무관하게 이동할 때마다 네트워크에 자신의 위치 정보를 등록하여야 한다. 그러나 이동노드는 95% 이상[1] 아무런 작동도 하지 않는 idle 상태를 유지하고 있다. Mobile IP에서는 이런 idle 상태에서도 매번 자신의 위치정보를 등록하여야 하기 때문에 네트워크 상에서 불필요한 시그널링을 유발할 수 있다. 이러한 Mobile IP의 비효율성을 해결하기 위하여 Mobile

· 이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연구지원에 의하여 연구되었음

† 정 회 원 : 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수

bkleee@kpu.ac.kr

논문접수 : 2004년 2월 5일

심사완료 : 2004년 5월 3일

IP에 페이징 기능을 추가한 Paging Extensions for Mobile IP(P-MIP)[2]가 제안되었다. P-MIP에서는 이동노드의 상태를 idle 상태와 active 상태로 구분하여 정의하고 있다. 또한 [3]에서는 이들 active 상태와 idle 상태에 대한 정상상태확률(steady state probability)을 Markov 체인을 이용하여 유도하였다. 이때 active 상태는 active on 상태와 active off 상태로 나누어서 구분하고 있다. Active on 상태는 이동노드에 송신 또는 수신되는 데이터 세션이 발생한 경우를 말하며 active off 상태는 송수신 되는 데이터 세션이 없으며 이동노드가 셀 간에 이동을 하거나 또는 active timer가 구동되고 있는 상태를 말한다. Active on 상태에서 형성된 데이터 세션을 통하여 데이터 송수신이 완료되고 나면 이동노드는 active off 상태로 넘어간다. 만일 active off 상태에서 일정시간 동안 데이터 송수신이 없고 active timer가 만료되면 이동노드는 idle 상태로 전이된다.

이동노드가 idle 상태에서 셀 들의 모임인 페이징 영역을 이동한다면 이동노드는 active off 상태로 바뀌며 자신의 현재 위치 정보를 네트워크에 등록하여야 한다. 이동노드의 상태가 active on에서 active off로 바뀌면 active timer가 구동되기 시작한다. 페이징과 관련된 논문[3][4][5][6]에서 active timer 값은 이동노드의 트래픽 및 이동성 특성과 무관하게 고정된 값을 사용한다. [4]에서는 active timer값으로 TCP unit의 최대 세그먼트 라이프 타임(Maximum Segment Lifetime)의 2배를 설정하였다.

만일 이동노드가 데이터를 매우 빈번하게 송수신 하는데 active timer 값은 데이터의 도착 주기보다 훨씬 적게 설정되어 있다고 가정하자. 이때 이동노드에 데이터 세션이 형성되면 데이터 송수신을 완료하게 되면 이동노드는 active off 상태로 들어가고 active timer 종료와 함께 바로 idle 상태로 들어가게 된다. 그후 이동노드로 송수신 데이터가 다시 도착되면 이동노드는 active on 상태로 전이되어야 한다. 즉 이동노드의 상태가 active off에서 idle로 idle에서 active on 상태로 빈번하게 전이된다. 이때 이동노드는 상태 전이 시마다 자신의 현재 위치 정보를 네트워크에 알려야 한다. 만일 active timer 가 데이터 도착 주기 보다 크게 설정되어 있다면 이동노드는 빈번하게 상태전이를 수행하지 않아도 되므로 불필요한 위치 갱신을 줄일 수 있다.

그리고 만일 이동노드가 매우 빈번하게 새로운 셀 영역을 이동하고 상대적으로 덜 빈번하게 데이터를 송수신하는 경우 active timer가 매우 크게 설정되어 있다고 가정하자. 현재 이동노드는 빈번하게 셀 영역을 이동하고 있으며 active timer가 만료되지 않았으므로 셀 영역을 이동할 때마다 빈번하게 위치 갱신 작업을 수행하고

있다. 일단 이동노드가 idle 상태로 들어가면 이동노드는 새로운 페이징 영역에 들어가지 않는 한 자신의 위치정보를 등록할 필요가 없다. 그러므로 이 경우 active timer값을 셀 이동주기와 유사한 값으로 설정한다면 많은 위치 갱신 횟수를 줄일 수 있다.

위의 예에서 언급한 것처럼 active timer 값을 이동노드의 이동성 및 트래픽 특성을 고려하여 설정하면 보다 효율적으로 페이징 작업을 수행할 수 있다. 그래서 본 논문에서는 이동노드의 이동성 및 트래픽 특성에 따른 active timer를 고려한 적응적 페이징 기법을 제안한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기존의 페이징 기법이 갖는 문제점을 제시하고, active timer 값을 설정하기 위한 알고리즘을 제안하였으며 이를 토대로 새로운 페이징 기법을 제안하였다. 제3장에서는 active timer 값을 구하기 위한 수학적 모델을 수립하고 이를 토대로 기존의 페이징 기법과 본 제안 기법의 위치갱신 및 페이징 비용함수를 구한다. 제4장에서는 제3장에서 수립한 수학적 모델을 기반으로 기존의 페이징 기법과 본 논문에서 제안한 기법과의 성능 평가를 수행한다. 마지막으로 제5장에서는 본 논문의 결론을 내리고 향후 연구과제를 제시한다.

## 2. 적응적 Active timer를 사용한 IP 페이징 기법

### 2.1 문제 정의

Mobile IP에 페이징을 지원하기 위하여 이동노드의 상태는 active와 idle 상태로 나눌 수 있다[2]. 반면 [3]에서는 수학적으로 간단히 이동노드의 상태전이 확률을 설정하기 위하여 active 상태를 on/off로 나누었다. 일반적으로 active 상태에서 idle 상태로 전이될 때 active timer를 구동한다.

이동노드가 데이터를 송수신하거나 등록영역을 이동하는 등의 어떤 동작을 수행하고 있는 경우 active on 상태로 정의하며, 이동노드가 아무런 동작을 수행하지 않고 있으며 active timer가 구동되고 있는 경우를 active off 상태로 정의한다. 구동되었던 active timer가 만료되면 비로소 이동노드는 idle 상태로 들어간다. 그림 1은 이동노드의 상태 전이를 보여준다.

이동노드가 active on 상태에 있으면 이동노드는 셀을 이동할 때마다 자신의 현재 위치를 네트워크에 등록한다. 그러므로 네트워크는 이동노드가 현재 머무르고 있는 위치를 정확히 알고 있기 때문에 데이터를 빨리 송수신할 수 있다. 그후 이동노드가 데이터의 송수신을 시작하여 작업을 마치고 난 후 이동노드가 아무런 동작을 진행하고 있지 않다면 active timer가 구동되기 시작하고 이동노드는 active off 상태가 된다. Active off 상

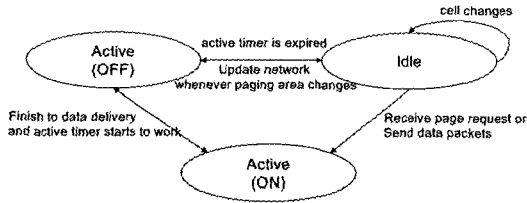


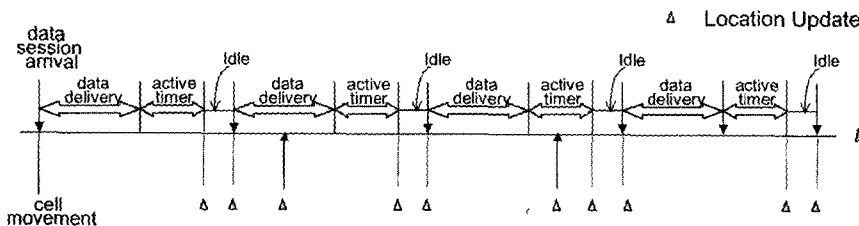
그림 1 이동노드의 상태전이

태에서도 active on 상태에서와 마찬가지로 이동노드는 자신의 현재 위치를 네트워크에 계속 갱신하기 때문에 네트워크는 이동노드의 정확한 위치를 알고 있다. 만일 이동노드의 active timer가 만료되면 이동노드는 idle 상태로 전이되며 idle 상태에서 이동노드는 페이징 영역을 옮길 때만 이동노드의 위치를 갱신하게 된다. 즉 네트워크는 이동노드가 머물고 있는 등록영역 또는 페이징 영역만을 알고 있다. 이 경우 이동노드로 데이터를 전송하여야 하는 경우 네트워크는 이동노드의 정확한 위치를 모르기 때문에 이동노드가 머물고 있는 페이징 영역을 페이징 함으로써 이동노드의 위치를 찾아 데이터를 전달할 수 있다. 지금까지의 설명이 이동노드의 기본적인 IP 페이징 기법이다.

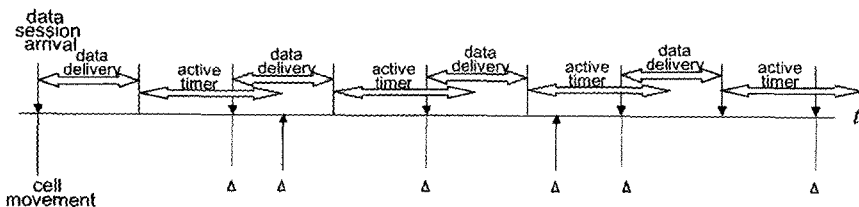
그림 2와 3은 active timer 값을 설정함에 따라 이동노드의 위치갱신 작업이 몇 번 수행되는지를 보여준다. 그림 2는 이동노드로의 데이터 송수신 비율이 이동노드의 셀 영역 이동 율보다 더 큰 경우를 보여준다. 이때 active timer 값을 데이터 송수신 비율에 따라 설정하였을 경우 이동노드의 위치갱신 횟수를 비교하여 보았다.

그림 2(a)에서는 active timer 값을 데이터가 도착되는 시간 간격과 데이터 전송 시간과의 차이보다 더 적게 설정한 경우를 보여준다. Active timer 값이 적기 때문에 이동노드는 데이터 송수신을 완료하고 난 후 바로 idle 상태로 전이되며 금방 데이터가 도착되므로 active on 상태로 전이된다. 즉 이동노드는 빈번한 상태를 수행하고 있으며 이에 따라 이동노드는 빈번하게 위치갱신 작업을 수행하고 있다. (b)는 데이터가 도착되는 시간 간격과 데이터 전송 시간과의 차이보다 active timer 값을 크게 설정한 경우를 보여준다. 이동노드로 데이터가 도착되면 데이터 전송이 완료되고 active off 상태로 전이된다. 이때 active timer가 구동되는데 상당한 시간이 지난 후에 idle 상태로 전이된다. 그러나 active timer 값을 비교적 크게 설정하였으므로 idle 상태로 들어가기 전에 또 다른 데이터를 송수신 하게 된다. 즉 데이터의 송수신이 빈번하게 이루어지기 때문에 상태 전이를 다소 늦춤으로써 빈번하게 발생하는 위치 갱신을 막을 수 있다. 그림 2(b)는 (a)에 비하여 이동노드의 위치갱신 작업 횟수가 줄어든 것을 알 수 있다.

그림 3은 이동노드의 셀 영역 이동율이 데이터 송수신 비율보다 더 큰 경우로 active timer 값을 셀 영역 상주시간을 고려하여 설정되었다. 그림 3의 (a)에서는 active timer 값을 셀 영역 상주시간과 데이터 전송시간과의 차이 보다 더 크게 설정한 경우를 보여준다. 이때 이동노드는 데이터 송수신을 완료하고 active off 상태로 들어간 후 오랜 시간이 지나서야 idle 상태로 전이된다. 즉 이동노드가 idle 상태로의 전이가 늦어지면서

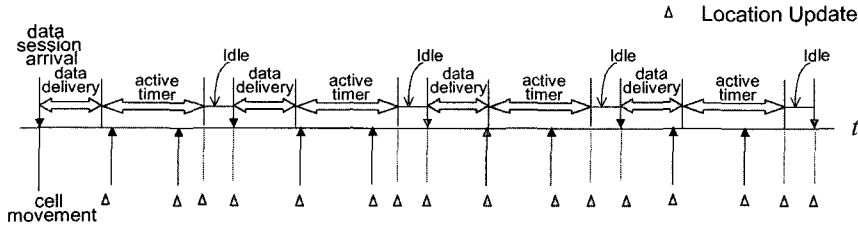


(a) active timer < data arrival period - data delivery time

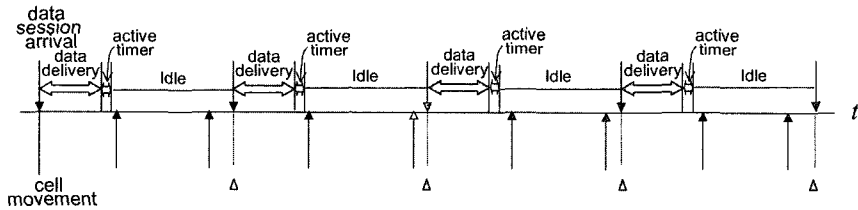


(b) active timer > data arrival period - data delivery time

그림 2 위치갱신회수비교(데이터송수신율>셀이동율)



(a) active timer > cell residence time - data delivery time



(b) active timer < cell residence time - data delivery time

그림 3 위치갱신회수비교(데이터송수신율<셀이동율)

active off 상태에 있는 이동노드는 매 이동 시 마다 위치 갱신 작업을 수행하여야 한다. (b)에서는 이동노드의 셀 영역 상주시간과 데이터 전송시간과의 차이보다 active timer 값을 적게 설정한 경우이다. 이때 이동노드는 데이터 송수신을 완료하고 비교적 빨리 idle 상태로 전이하기 때문에 idle 상태에서 발생하는 셀 영역의 이동 시 위치갱신 작업을 수행하지 않아도 된다. 즉 이동노드가 일찍 상태 전이를 수행하므로 불필요한 위치 갱신 작업을 줄일 수 있다.

2.2 Active timer 설정 알고리즘

앞 절에서 보여준 그림 2와 3에서처럼 만일 active timer가 이동노드의 이동성 및 트래픽 특성을 고려하여

설정된다면 이동노드의 불필요한 위치 갱신 작업을 피할 수 있다. 본 논문에서는 이동노드의 데이터 송수신율, 셀 상주시간, 데이터 전송시간 등의 요소를 이용하여 적응적으로 active timer 값을 결정하는 알고리즘을 제안한다. 그림 4는 적응적 active timer 설정 알고리즘을 보여 준다.

이동노드가 각 페이징 영역을 이동할 때마다 그때까지 누적된 정보를 이용하여 active timer 값을 갱신하게 된다. 즉 이동노드는 각 셀 영역의 Access Point(AP)를 통하여 자신의 상주시간 정보, 데이터 전송 시간 및 데이터 세션 도착율 등을 알 수 있다고 가정한다.[7] 이동노드는 AP를 통하여 자신의 이동성 및 트래픽 정보를 받아 적응적으로 active timer 값을 설정하게 된다.

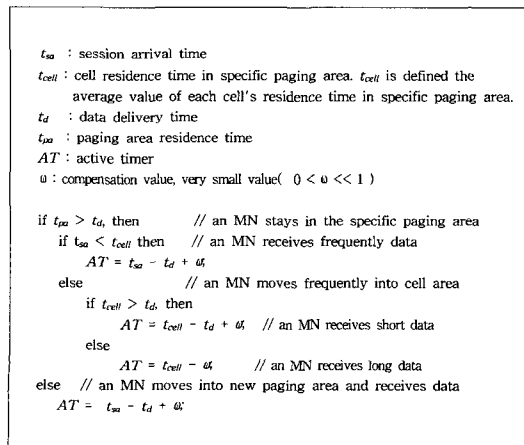


그림 4 active timer 설정 알고리즘

3. 수학적 모델

본 장에서는 적응적 active timer를 기반으로 한 IP 페이징의 수학적 모델을 수립한다. 우선 active timer를 결정하기 위한 수학적 모델을 정의하고 위치갱신 및 페이징에 대한 비용함수를 수립한다. 본 제안기법에 대한 수학적 모델을 수립하기 위하여 그림 5의 각각의 시간에 대한 확률밀도함수 및 기대값을 구하여야 한다.

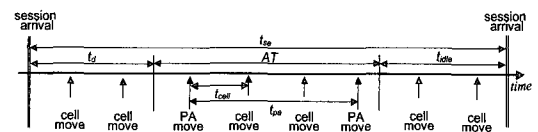


그림 5 시간 파라미터

3.1 Active timer

셀 상주시간과 페이징 영역 상주시간을 각각  $t_{cell}$ 과  $t_{pa}$ 로 정의하며 independently and identically distributed(i.i.d) 특성을 갖는 임의 변수로 가정한다. 본 논문에서는 모든 셀은 동일한 형태와 크기를 갖는다고 가정한다. 이때  $f_{cell}(t_{cell})$ 와  $f_{pa}(t_{pa})$ 는 각각  $t_{cell}$ 와  $t_{pa}$ 의 확률밀도함수로 정의한다.  $t_{cell}$ 는 각 셀을  $\lambda_{cell}$ 의 비율로 이동하는 지수분포를 갖는다고 가정한다. 이때  $t_{cell}$ 의 기대값  $E(t_{cell})$ 은 다음과 같다.

$$f_{T_{cell}}(t) = \lambda_{cell} e^{-\lambda_{cell} t} \quad \text{for } 0 \leq t < \infty \quad (1)$$

$$E(t_{cell}) = \frac{1}{\lambda_{cell}} \quad (2)$$

페이징 영역 상주시간의 확률밀도함수를 구하기 위하여 그물망 형태의 2차원 랜덤워크 모델을 사용하며 그림 6은 4-계층 페이징 영역을 나타낸다. 본 모델은 [8]에서 정의한 정규 셀 페이징 영역의 오버레이구조를 사용한다.

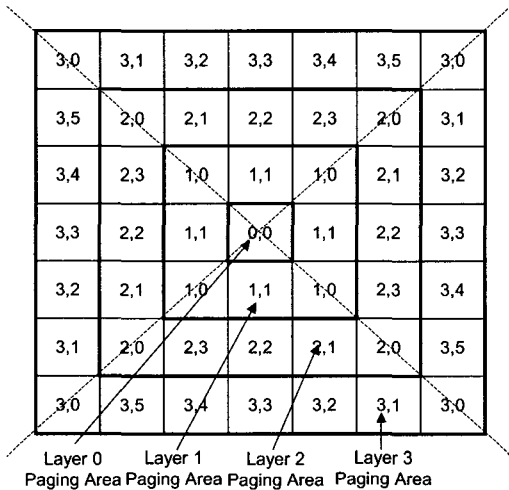


그림 6 4-계층 페이징 영역 구조

이동노드는 일정 주기동안 임의의 셀에 거주하며 네 방향 중 한곳으로 동일한 확률(1/4)로 이동한다고 가정한다. 만일 네트워크가  $N=4n^2-4n+1$ 개의 셀로 오버레이되어진다면 페이징 영역은 n-계층 페이징 영역으로 간주된다. 이웃 셀로 동일한 확률로 이동한다고 가정하였으므로 페이징 영역내의 셀을 몇 가지 유형으로 분류할 수 있다. 셀 유형을  $\langle x,y \rangle$  형태로 정의한다. 이때 x는 계층 x에 있는 셀을 말하며 y는 계층 x에서 y+1 번째 임을 말한다. 동일한 유형의 셀들은 동일한 트래픽 패턴을 갖는다고 할 수 있으며 이들은 그물망 네트워크에서 상호 대칭되는 위치에 존재한다. 랜덤워크 모델의 상태

전이도에서 상태  $\langle x,y \rangle$ 는 이동노드가  $\langle x,y \rangle$  유형의 셀 중 하나임을 말한다. 상태  $(n,0)$ 은 이동노드가 페이징 영역을 벗어남을 의미한다. 만일 n이 1보다 크다면 n-계층 페이징 영역 랜덤워크 모델에 대한 상태의 개수는  $n^2-n+2$ 이다. 상태 전이 행렬은  $s(n)Xs(n)$  matrix  $P=(p(x,y)(x',y'))$ 이다. 랜덤워크 모델에서 정확히 4번의 이동을 거쳐서 상태  $\langle x,y \rangle$ 에서 상태  $\langle x',y' \rangle$ 로 전이될 확률인  $P^{(k)}_{(x,y)(x',y')}$ 을 계산하기 위하여 Chapman-Kolmogorov 방정식을 사용한다.  $P^k_{(x,y)(n,0)}$ 는 식 (3)과 같이 정의된다.  $P^k_{(x,y)(n,0)}$ 는 이동노드가 초기에  $\langle x,y \rangle$ 에 있다가 k-1번의 단계를 거쳐 계층 n-1에 있는 셀로 이동하였다가 k번째 이동에서 페이징 영역을 벗어날 확률을 말한다.

$$P_{k,(x,y)(n,0)} = \begin{cases} P_{(x,y)(n,0)}, & \text{for } k=1 \\ P_{(x,y)(n,0)}^{(k)} - P_{(x,y)(n,0)}^{(k-1)}, & \text{for } k>1 \end{cases} \quad (3)$$

n을 1보다 크다고 가정하였을 경우 n-계층 도메인에 대한 페이징 영역에서의 상주시간에 대한 확률 밀도함수는 다음과 같다[7].

$$f_{pa}(t_{pa}) = \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{y=0}^{2n-3} p_{k,(n-1,y)(n,0)} f_{pa}^{(k)}(t_{pa}^k) \quad (4)$$

페이징 영역에서의 상주시간에 대한 확률밀도함수에 대한 Laplace transform은 다음과 같다[3].

$$\begin{aligned} f_{pa}(t_s) &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{y=0}^{2n-3} p_{k,(n-1,y)(n,0)} f_{pa}^{(k)*}(s) \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{y=0}^{2n-3} p_{k,(n-1,y)(n,0)} [f_s^*(s)]^k \end{aligned} \quad (5)$$

Moment generation property로부터 페이징 영역 상주시간에 대한 기대값은 다음과 같다.

$$E[t_{pa}] = (-1) \frac{df_{pa}^*(s)}{ds} \Big|_{s=0} \quad (6)$$

이동노드로의 송수신 데이터 세션 발생은 각각 파라미터  $\lambda_o$ 와  $\lambda_i$ 를 갖는 포아송 프로세스로 가정된다.  $\lambda_{sa}$ 는  $\lambda_o$ 와  $\lambda_i$ 의 합으로 정의한다. 이때 데이터 세션이 발생하는 시간 간격은 다음의 확률밀도함수를 갖는 지수분포로 정의되며 기대값은 다음과 같다.

$$f_{sa}(t_{sa}) = \lambda_{sa} e^{-\lambda_{sa} t_{sa}} \quad \text{for } 0 \leq t_{sa} < \infty \quad (7)$$

$$E(t_{sa}) = \frac{1}{\lambda_{sa}} \quad (8)$$

본 논문에서는 데이터 전송시간을 구하기 위하여 [9][10]에서 제시된 E-Mail 트래픽과 WWW 트래픽을 고려한다. 데이터 세션의 길이  $t_d$ 는 파레토 분포로 모델링된다[10]. 이동노드가 active on 상태를 유지하고 있는 평균 시간은 다음과 같다[10].

$$f_d(t_d) = \frac{\alpha k^{\alpha}}{t_d^{\alpha+1}} \quad (9)$$

이때  $k_s$ 는 데이터 세션 전송을 위해 필요한 최소 시간을 말하며  $\alpha$ 는 heavy-tailedness를 말한다. 데이터

전송시간에 대한 기대값은 다음과 같다.

$$E[t_d] = \frac{\alpha k_s}{\alpha - 1} \quad (10)$$

식 (1)-(10)으로부터 active timer값을 구할 수 있다.

3.2 비용 함수

본 절에서는 기존의 페이징 기법과 본 논문에서 제안한 페이징 기법의 성능 평가를 위하여 위치갱신 및 페이징에 대한 비용함수를 정의한다. active on 상태가 지속되는 시간을  $T_{on}$ 으로, active off 상태가 지속되는 시간을  $T_{off}$ 로, idle 상태가 지속되는 시간을  $T_{idle}$ 로 정의한다. 이때  $T_{on}$ ,  $T_{off}$ ,  $T_{idle}$ 은 다음과 같다. 이때  $T_{off}$ 는 active timer가 구동되었다가 idle 상태로 넘어가기까지의 시간으로 세션과 세션 사이에 데이터 전송시간을 제외한 시간 동안에 발생된 페이징 영역 등록회수와 active timer 값의 곱으로 구해진다

$$T_{on} = E[t_d] \quad (11)$$

$$T_{off} = AT \times \left( \frac{E[t_{sa}] - E[t_d]}{\lambda_{pa}} + 1 \right) \quad (12)$$

$$T_{idle} = E[t_{sa}] - E[t_d] - AT \times \left( \frac{E[t_{sa}] - E[t_d]}{\lambda_{pa}} + 1 \right) \quad (13)$$

위치갱신 비용은 우선 이동노드가 단위 시간당 즉, 세션이 발생하는 시간간격 동안 몇 번의 위치갱신 작업을 수행하는 지에 따라 구하고 그 다음 몇 번의 세션이 발생하는 지를 고려하여 구한다.  $UnitRegCost$ 는 이동노드가 네트워크에 자신의 위치정보를 한번 등록하는데 필요한 단위비용을 말한다.

$$C_{reg} = \left[ \frac{T_{on}(\lambda_{call} + \lambda_{pa}) + T_{off}(\lambda_{call} + \lambda_{pa}) + T_{idle} \times \lambda_{pa}}{T_{call}} \right] \times \lambda_{sa} \times UnitRegCost \quad (14)$$

페이징비용 역시 단위시간 당 발생한 페이징 작업 회수로 정의된다.  $UnitPagCost$ 는 이동노드의 위치를 찾기 위하여 임의의 페이징 영역을 페이징 하는데 필요한 단위비용을 말한다.

$$C_{pag} = \left[ \frac{T_{idle}}{T_{on} + T_{off} + T_{idle}} \right] \times \lambda_{sa} \times UnitPagCost \quad (15)$$

4. 성능분석

본 장은 앞장에서 수립한 위치갱신 비용과 페이징 비용의 수학적 모델을 사용하여 기존의 페이징 기법과 본 연구에서 제안한 기법에 대한 성능을 분석하였다. 총비용은 위치갱신비용과 페이징 비용의 합계를 의미한다.

성능평가를 위하여 다음의 파라미터 값들을 사용하였다. 본 제안 기법에서의 active timer 값은 세션도착을 및 셀이동율에 따라 적응적으로 변하게 된다. 기존 기법에서의 active timer 값은 240, 120, 60으로 고정시켜 사용하였다. [4]에서 이동노드가 idle 상태로 전이되는 시점을 정의하기 위하여 T\_INACTIVE 파라미터를 정의하고 있는데 이는 이동노드로 또는 이동노드로부터 트래픽이 발생하지 않는 시간을 말한다. 즉 T\_INACTIVE 만큼의 시간이 경과되면 idle상태로 들어간다고 정의하고 있다. 이때 T\_INACTIVE 값은 TCP 패킷에서 Maximum Segment lifetime(MSL)값의 2배로 정의한다.

그 외 트래픽의 heavy tailedness 값을 나타내는  $\alpha$ 는 1.2로, 데이터 전송이 발생하는 최소 지속 시간인  $k$ 는 3으로, 페이징영역의 크기는 5로 정의하였다[3]. 또한 위치갱신을 위한 단위비용은 페이징에 대한 단위비용의 10배로 가정하였다[8].

그림 7과 8은 데이터 세션도착을 및 셀이동율에 따라 각 기법의 위치갱신 비용 및 페이징 비용의 합인 총비용을 보여준다.

그림 7은 셀이동율이 데이터 세션도착을 보다 큰 경우를 나타내며 셀이동율이 각각 단위시간 당 10, 15, 20인 경우를 보여준다. 이때 세션도착율이 증가함에 따라 총비용도 증가함을 알 수 있다. 또한 제안기법의 총비용은 셀이동율이 감소함에 따라 기존 기법의 총비용과

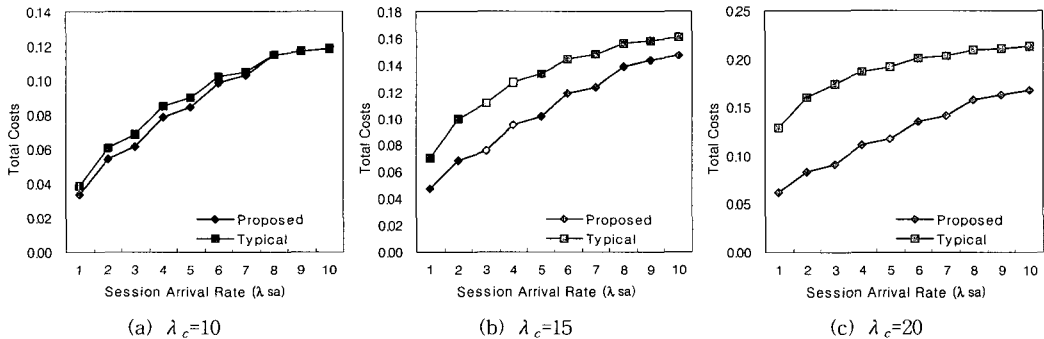


그림 7 제안기법과 기존기법간의 상대비용 ( λsa < λc )

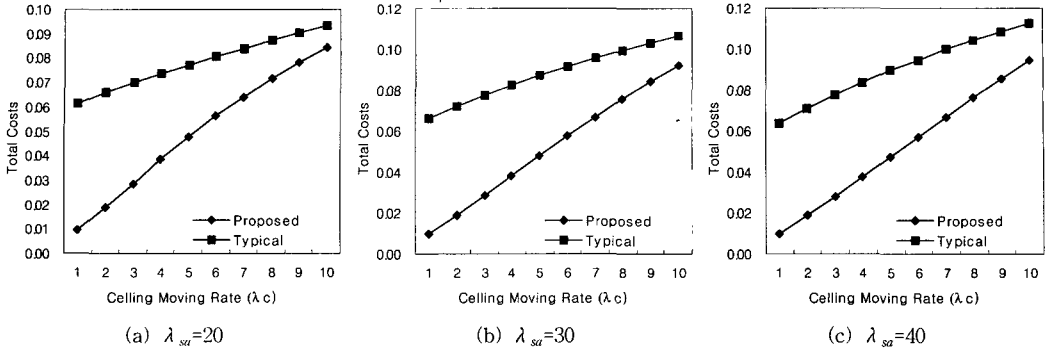


그림 8 제안기법과 기존기법간의 상대비용 ( $\lambda_{sa} > \lambda_c$ )

유사해진다. 셀이동율이 세션도착율 보다 항상 크기 때문에 이동노드는 가끔씩 빨리 idle 상태로 들어가는 것이 위치 갱신을 위한 등록 비용을 줄일 수 있다. 그러므로 제안기법에서 active timer 값은 더 작아지게 된다. 셀이동율이 크면 클수록 제안기법은 더 좋은 성능을 나타내는데 제안기법에서는 active timer 값을 조정하여 기존 기법보다 훨씬 일찍 idle 상태로 들어갈 수 있기 때문이다.

그림 8은 세션도착율이 셀이동율 보다 큰 경우를 보여준다. 즉 이동노드가 한곳에 머물면서 데이터를 많이 받는 경우이며 세션도착율이 각각 20, 30, 40인 경우를 나타낸다. 데이터 세션도착율이 증가함에 따라 제안기법은 더 좋은 성능을 나타낸다. 제안기법에서 만일 데이터 세션이 빈번하게 도착하면 이동노드는 active timer를 더 크게 만들고 이동노드가 idle 상태로 일찍 들어가는 것을 지연시킨다. 그러나 기존 기법에서는 일정한 active timer 값을 가지고 일정한 시간이 지나면 idle 상태로 들어가기 때문에 active 상태에 있는 동안 많은 등록작업을 수행하여야 한다.

5. 결론

본 논문에서는 이동노드의 트래픽과 이동성 특성을 고려한 페이징 기법을 제안하였다. 제안기법에서는 이동노드가 갖는 active timer 값을 고정시키지 않고 적응적으로 값을 변화시켰다. 만일 이동노드가 동일한 셀에서 오랫동안 머물면서 데이터를 아주 빈번하게 받는 경우 active timer 값을 좀 크게 설정한다면 이동노드가 일찍 idle 상태로 들어가는 것을 막을 수 있다. 즉 idle 상태 및 active 상태로 빈번하게 전이됨으로써 발생하는 위치 갱신 비용을 줄일 수 있다. 또한 이동노드가 빈번하게 새로운 셀로 움직이고 반면 거의 데이터를 송수신하지 않는 경우 제안기법에서는 active timer 값을 적게 설정할 수 있다. 즉 이동노드가 자신의 이동성 특성 및 트래

픽 특성을 고려하여 조금 일찍 idle 상태로 들어감으로써 active 상태에서 발생하는 위치갱신 비용을 줄일 수 있다.

기존의 기법과 제안기법의 성능 비교를 통하여 제안기법에서는 불필요한 위치갱신을 줄여 총 비용을 감소 시킴으로써 제안기법의 성능이 향상됨을 보여주고 있다.

참고 문헌

- [1] A. Campbell, J. Gomes, C.-Y. Wan, Z. Turanyi, and A. Valko, "Cellular IP," Internet Draft IETF, January 2001.
- [2] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Campbell, "P-MIP: paging extensions for Mobile IP," Mobile Networks and Applications, Vol. 7, Issue 2, April 2002.
- [3] Yun Won Chung, DanKeun Sung, A Hamid Aghvami, "Steady State Analysis of P-MIP Mobility Management," IEEE communication letter, Vol. 7, Issue 6, June 2003.
- [4] M. Liebsch, G. Renker, R. Schmitz, "Paging concept for IP based Networks," Internet Draft, IETF, September 2001.
- [5] Castelluccia, P. Mutaf, "An Adaptive Per-Host IP Paging Architecture," In Proceedings of ACM SIGCOMM CCR, October 2001.
- [6] R. Ramjee, L. Li, T. La Porta, S. Kasera, "IP Paging Service for Mobile Hosts," Wireless Networks, Vol. 8, Issue 5, September 2002.
- [7] S.-H. Hwang, B.-K. Lee, Y.-H. Han, C.-S. Hwang, "An Adaptive Hierarchical Mobile IPv6 with Route Optimization," In Proceedings of VTC 2003-Spring, Vol. 3, April 2003.
- [8] I. F. Akyildiz, S. M. Ho, and Y. B. Lin, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol. 4, August 1996.
- [9] P. Tinnakornsrisuphap, R. J. La, A. M. Makowski, "Modeling TCP Traffic with Session Dynamics-

Many Sources Asymptotics under ECN/RED Gateways," In Proceedings of the 18th International Teletraffic Congress(ITC-18), September 2003.

- [10] J. Ho, Y. Zhu. And S. adhavapeddy, "Throughput and buffer analysis for GSM General Packet Radio Service(GPRS)," In Proceedings IEEE WCNC '99, September 1999.



이 보 경

1983년~1987년 고려대학교 수학과 졸업. 1993년~1995년 영국 버밍햄대학교 전산과학과 석사. 1996년~2000년 고려대학교 전산과학과 박사. 1987년~1998년 데이콤 근무. 2001년~현재 한국산업기술대학교 컴퓨터공학과 교수. 관심분야

는 이동컴퓨팅, 라우팅, Mobile IP