

HMIPv6 환경에서 새로운 동적 페이징 기법

(A New Dynamic Paging Mechanism for HMIPv6 Networks)

정 유 진 ^{*} 최 종 원 ^{**}
(Yu Jin Jeong) (Jong Won Choe)

요약 최근 무선 접속망의 급속한 발전으로 이동 통신 환경에서 인터넷 서비스 제공에 대한 요구가 늘어남에 따라, IP기반의 이동성 지원과 마이크로 이동성에 따른 위치관리 트래픽을 줄일 수 있도록 해주는 HMIPv6 프로토콜이 제안되었다. HMIPv6에 페이징을 적용함으로써 MN의 위치등록에 필요한 시그널링 및 위치정보 데이터베이스의 갱신을 위한 처리를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 자기 다른 특성을 갖는 이동 노드들에 하나의 동일한 페이징 영역이 정적으로 적용되는 것이 아닌, 각 이동 노드의 특성을 고려하여 각각의 이동 노드에 적합한 최적의 페이징 영역이 설정되는 HMIPv6 환경에서의 새로운 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)을 제안한다. 수학적 성능 분석을 통해 정적 페이징 기법보다 제안 기법인 동적 페이징 기법을 이용하였을 때 비용이 절감되었음을 확인 할 수 있었다. 또한 네트워크 상에 이동 노드의 수가 많아질수록 동적 페이징 기법을 통한 비용 절감은 더욱더 효과적임을 알 수 있다.

키워드 : 동적페이징, 계층적 이동 IPv6, 이동 IP, 시그널링 트래픽

Abstract With increasing demand of using mobile Internet, HMIPv6 is proposed by IETF to reduce location management traffics due to micro mobility and to provide IP-based movement. A paging mechanism combined with HMIPv6 can reduce the signaling traffics of a mobile node. We propose a dynamic paging mechanism in HMIPv6 which decides an optimal paging area for each mobile node by considering its characteristics. Total costs of a static paging mechanism and a dynamic paging mechanism are analyzed by mathematical formulas. As a result, we proved that the dynamic paging mechanism reduced total signal traffic costs more than a static paging mechanism.

Key words : Dynamic Paging, HMIPv6, Mobile IP, Signaling traffic

1. 서론

지난 10여 년간 인터넷은 폭발적인 발전을 하였고, 이미 우리를 일상생활 속에 깊숙이 자리 잡게 되었다. 이러한 인터넷의 발전과 함께 이동통신 분야는 유선 전화망 가입자 수를 앞질렀고, 3세대 이동통신인 IMT-2000은 현재 상용화 초기 단계에 까지 이르렀다.

이러한 인터넷과 이동통신의 발전은 자연스럽게 무선 인터넷이 등장하게 되는 배경이 되었고, 무선 인터넷의 등장으로 기존의 인터넷 호스트에는 이동성이 필요하게 되었다. 이에 인터넷 표준화 단체인 IETF는 인터넷 이동 통신 방안과 주소부족문제 등을 고려하여 Mobile IPv6[1]를 제안하였다. 빈번한 핸드오버가 발생하는 환

경에서 MIPv6는 지연, 패킷손실 그리고 시그널링 트래픽이 증가하는 심각한 문제를 가지며, 이는 매크로 이동성에 적합한 기술이다. 따라서 IETF는 이러한 빈번한 핸드오버가 발생하는 환경과 마이크로 이동성을 위하여 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[2]를 제안하였다. HMIPv6는 MAP(Mobility Anchor Point)이라는 지역 이동성 에이전트를 새롭게 도입하여 이동 노드가 MAP도메인 지역 내에서 이동하는 경우에는 MAP에게만 자신의 위치를 알려서 전체 시그널링 비용을 줄인다.

HMIPv6에 휴지상태 노드와 활성상태 노드를 구분하는 페이징을 적용함으로써 이동 노드의 위치등록에 필요한 시그널링 및 위치정보 데이터베이스의 갱신을 위한 처리를 줄일 수 있으며 이에 관한 연구가 수행되었다[3,4]. 이 연구는 네트워크 관리자에 의해 페이징 영역이 정적으로 설정된다. 즉 모든 이동노드에게 동일한 하나의 페이징 영역이 설정 되는 것이다. 그러나 각각의 이동 노드는 그 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 속도, 그리고 MAP으로부터 위치와 같은 서로 다른

· 본 연구는 숙명여자대학교 2005년도 교내연구비 지원에 의해 수행되었음

^{*} 정 회 원 : 숙명여자대학교 컴퓨터학과
yujin0603@empal.com

^{**} 종신회원 : 숙명여자대학교 컴퓨터학과 교수
choejn@sookmyung.ac.kr

논문접수 : 2005년 1월 26일

심사완료 : 2005년 8월 4일

특성을 가지고 있다. 이러한 서로 다른 이동 노드의 특성을 고려하여 각각의 이동노드에 맞는 페이징 영역이 설정된다면 네트워크의 시그널링 비용을 더욱더 감소시킬 수 있을 것이다.

따라서 본 논문에서는 이동노드의 특성을 고려하여 각각의 이동 노드에 맞는 최적의 페이징 영역이 동적으로 설정되는 HMIPv6 환경에서의 새로운 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)을 제안한다. 즉 이동 노드는 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 속도, 이동 노드와 MAP까지의 거리 정보를 이용하여 자신의 최적의 페이징 영역을 계산해낸다.

본 논문의 2절에서는 HMIPv6, 페이징 그리고 이들이 결합된 HMIPv6에서의 정적 페이징 기법을 소개하고 3절에서는 본 논문의 제안기법인 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)을 설명한다. 4절은 정적 페이징 기법과 동적 페이징 기법 간에 비용을 분석하고 5절에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2절에서는 본 논문에서 제안하는 기법의 기반이 되는 관련 연구에 대해 알아본다. 먼저 2.1절에서는 Mobile IPv6를 계층적으로 관리하는 기법인 HMIPv6와 페이징에 대해서 그리고 2.2절에서 HMIPv6에 페이징을 적용한 기법[4]에 대해 기술한다.

2.1 HMIPv6

MIPv6에서 이동 노드가 좁은 이동거리를 빈번하게 움직일 경우에 효율적 핸드오프를 제공하기 위해 HMIPv6에서는 세계의 CoA를 사용한다. 즉, MAP 서브넷 내에서 구성된 RCoA(Reginal CoA)와 이동 노드의 AR로 부터 받은 prefix로 구성된 LCoA(on-link CoA) 그리고 홈 네트워크에서 구성한 고유한 HoA(Home Address)를 사용한다.

HMIPv6에서는 지역 홈 에이전트 역할(HA)을 수행하는 MAP(Mobility Anchor Point)을 새롭게 도입한다. 이동 노드가 MAP이 관리하는 영역에 진입하면 AR(Access Router)에서 주기적으로 방송하는 RA(Router Advertisement) 메시지를 받는다. 이 메시지에는 AR이 MAP의 영역 내에 있음을 알리는 MAP 옵션을 포함하고 있다[2]. MAP 옵션이 포함된 RA 메시지를 받은 이동 노드는 AR상의 CoA인 LCoA와 MAP 상의 CoA인 RCoA를 생성한다. LCoA와 RCoA를 구성한 후 이동 노드는 MAP에게 LCoA를 소스주소로 하고 MAP 주소를 목적지 주소로, RCoA를 홈 어드레스 옵션주소로 하여 로컬 바인딩 메시지를 보낸다.

MAP은 LCoA와 RCoA를 바인딩하며 바인딩이 성공적인지 아닌지를 나타내는 바인딩 Ack 메시지를 이동

노드로 돌려준다. 로컬바인딩이 성공적으로 이루어지면 이동 노드는 HA와 CN(Correspondent Node)에 대하여 바인딩 업데이트를 수행한다. 만일 이동 노드가 동일한 MAP 영역 내에서 다른 AR로 이동하는 경우 HA와 CN에 대해서는 동일한 RCoA를 가지므로 글로벌 바인딩 위치 업데이트를 필요로 하지 않으며 LCoA를 업데이트하는 로컬 바인딩 위치 업데이트만이 필요하게 된다. 이것은 이동 노드의 이동성이 이동 노드와 통신하고 있는 CN에 투명하도록 해준다. 등록이 완료된 이후 이동 노드로 전달되는 데이터가 있으면 이 데이터는 RCoA로 전달되며 MAP은 이 데이터를 터널링을 통해 이동 노드의 LCoA로 전달한다.

2.2 페이징

페이징이란 현재 데이터를 주고받지 않는 상태의 이동 노드가 몇 개의 베이스 스테이션, AR 또는 라우터를 하나의 영역으로 인식하고 이 영역 안에서 이동할 경우 새로운 지점으로 이동하였음을 홈 에이전트에 알리지 않는 방법을 말한다. 또 그러한 영역을 페이징 영역(Paging Area)이라고 한다[4].

기존의 Cellular망은 페이징이 2계층에서만 이루어지도록 하였다. Cellular망과는 달리 Mobile IP에서는 페이징을 지원하지 않기 때문에 이동 호스트의 이동성을 관리하기 위해 망에 많은 시그널링 부하가 생기게 된다. 페이징 서비스를 사용함으로써 휴지 모드의 이동 노드가 페이징 영역을 벗어나지 않는 한 업데이트 메시지를 네트워크에 보내지 않으므로 네트워크의 부하를 줄일 수 있다. 특히 네트워크에 이동 노드의 수가 많을 경우라면 페이징으로 줄일 수 있는 네트워크의 부하는 상당히 크다. 그리고 2계층에서만 이루어졌던 페이징이 3계층인 IP계층에서 페이징이 이루어짐으로서 하위계층에 독립적으로 페이징을 할 수 있게 된다[5].

Mobile IP에서 이러한 비활동 상태의 이동 노드에 페이징을 적용하는 구조로 HA 페이징 방법과 FA 페이징 방법 그리고 도메인 페이징 방법[6]이 있다. HA 페이징은 CN이 보낸 패킷을 페이징 절차가 끝날 때까지 HA에서 저장하며 페이징을 시작한다. HA 페이징 방법은 HA에 너무 많은 부하를 주기 때문에 확장성과 신뢰성이 떨어진다. FA 페이징은 가장 최근에 등록된 FA가 페이징을 시작하는 방법으로 각각의 FA가 페이징을 분담하므로 HA 페이징에 비해 확장성면에서 유리하다. 도메인 페이징에서는 도메인 내에 있는 모든 라우터가 페이징 에이전트의 역할을 수행할 수 있다. 도메인 내에 있는 라우터들은 단말에 대한 페이징 정보를 소프트 스테이트(Soft state)로 관리하고 있으며, 단말로 향하는 데이터에 대해 고유의 알고리즘을 이용하여 자신이 페이징을 할 것인지를 결정하게 된다. 이 방법은 페이징

처리에 대한 로드를 분산시켜 신뢰성을 높였지만, 도메인 내에 있는 모든 라우터들이 모든 단말에 대한 소프트웨어 상태를 관리해야 하는 단점이 있다. 다른 노드로부터 데이터가 전송될 때 현재 이동 노드의 위치를 찾는 페이징 알고리즘으로 Fixed paging과 Hierarchical paging 그리고 Last-location paging 등의 알고리즘들이 연구 되고 있다[6].

2.3 HMIPv6에서의 정적 페이징 기법

HMIPv6에서는 새로운 AR의 영역으로 이동할 때 마다 MAP에게 새로운 LCoA에 관한 BU(Binding Update) 메시지를 보내야만 한다. 그리고 MAP은 이동 노드에게 들어오는 모든 패킷을 수집하므로 MAP에서 병목 현상이 생길 수 있다. 이동노드가 새로운 AR의 영역으로 이동할 때 마다 MAP에게 BU 메시지를 보낸다면 전체적인 네트워크뿐만 아니라 MAP에 생기는 병목현상이 심화 될 수 있다.

또한 이동 노드들이 실제적으로 데이터를 전송하는 중이 아닌 휴지한 경우도 많을 것이며, 이러한 휴지상태의 이동 노드가 연결된 AR이 변경될 때 마다 BU 메시지를 MAP에게 보내는 것은 매우 비효율적이므로, HMIPv6에 페이징을 적용하는 것은 네트워크 전체 그리고 MAP의 병목 현상을 줄여주는데 큰 역할을 할 수 있다[4].

페이징을 적용한 HMIPv6에서의 이동 노드는 같은 페이징 영역에서 서브 넷이 변경 되었을 경우 더 이상 MAP에게 지역적 등록을 위한 BU 메시지를 보내지 않게 되고, 오직 페이징 영역이 변경 되었을 때나 lifetime이 만료될 때 BU 메시지를 MAP에게 보내게 됨으로써 빈번한 이동 노드의 BU 메시지 전송을 줄이게 된다.

같은 MAP상의 새로운 페이징 영역으로 이동 노드가 이동하였을 때, 이동 노드는 AR로부터 광고되는 RA 메시지에 포함되어 있는 페이징 영역 ID확장부분을 검사하여 자신이 새로운 페이징 영역에 들어왔음을 인식하게 된다. 그리고 새로운 지역적 등록을 MAP에게 해야만 한다. 기존 HMIPv6에서 AR이 변경 되었을 때처럼 AR로부터 새로운 LCoA를 생성하고 이를 이용하여 페이징 기능을 위하여 추가된 필드인 BU 메시지의 P 플래그를 세팅하여 MAP에게 보내게 되고 이를 수신한 MAP은 이동 노드의 정보를 갱신하게 된다[4]. [4]에서의 페이징 영역의 크기는 이동 노드의 트랙픽 또는 이동 특성을 고려하지 않은 채 네트워크 관리자에 의해 정적으로 설정된다.

그러나 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율이 낮고 이동 속도가 느린 이동 노드는 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율이 높고 이동 속도가 빠른 이동 노드보다 작은 페이징 영역이 설정되면 네트워크의 전체적인 시그

널링 비용을 더욱더 줄일 수 있다. 이와 같이 각기 다른 특성을 갖는 이동 노드들에 하나의 동일한 페이징 영역이 적용되는 것은 페이징을 통하여 전체적인 시그널링 비용을 줄이고자하는 목적에 부합하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 이동 노드의 이동속도, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 노드와 MAP까지의 거리를 고려하여 각각의 이동 노드에 적합한 최적의 페이징 영역이 설정되는 HMIPv6 환경에서의 새로운 동적 페이징 기법을 제안하고 이 기법을 DP-HMIPv6이라 하겠다.

3. HMIPv6에서의 동적 페이징(DP-HMIPv6) 제안기법

Celluar 이동통신 망과 MIPv4[7]의 망에만 적용되었던 페이징 기법을 HMIPv6 환경에 적용함으로써 그렇지 않은 경우보다 성능의 향상을 가져왔다[4]. 그러나 페이징 영역의 크기와 위치 업데이트 간에는 trade-off가 존재하기 때문에 네트워크 환경의 전체적인 시그널링 로드를 더욱더 줄여주고 각 이동 노드에 적절한 최적화된 페이징 영역을 설정하는 것이 중요하다. 본 논문의 제안 기법인 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)은 기존의 논문들과는 달리 각각의 이동노드의 특성을 고려해서 그 이동노드에 맞는 최적화된 페이징 영역이 설정된다. 그리고 계속해서 최적화된 페이징 영역을 유지할 수 있도록 동적으로 페이징 영역이 변하는 장점을 가지고 있다. 본 절에서는 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)과 그 동작원리에 대해서 설명하고 각 이동 노드에 대한 최적의 페이징 영역이 결정되는 계산 과정에 대해 기술한다.

3.1 개요

그림 1은 동적 페이징기법(DP-HMIPv6)의 구성을

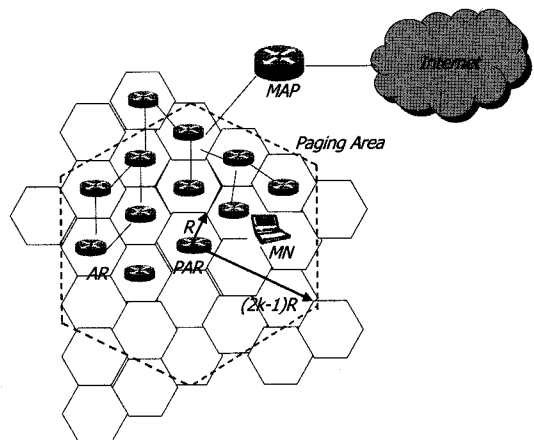


그림 1 페이징 영역 모델 (k=3)

그림으로 표현한 것이다. 셀과 페이징 영역은 육각형이라고 가정한다. 각 셀의 반지름은 R 이고, 여러개의 셀들로 이루어진 페이징 영역은 반지름 $(2k-1)R$ 의 크기를 갖는 매크로 셀이다.

본 논문에서는 페이징 영역의 크기를 나타내는 변수로써 k 를 사용한다. k 는 페이징 영역의 반지름에 해당하는 셀의 개수를 의미하고 k 의 최대 값은 8이다. 왜냐하면 HMIPv6 환경에서 MAP 옵션 메시지가 갈 수 있는 최대 범위는 16홉이기 때문이다[2]. 즉 하나의 MAP이 관장하는 범위는 그 MAP으로부터 16홉 떨어진 AR까지 관리 할 수 있다. 그러므로 HMIPv6 환경에서 설정될 수 있는 최대 페이징 영역은 $k=8$ 인 크기이다.

페이징 영역의 가운데에 있는 AR는 PAR(Paging Access Router)가 된다. PAR는 휴지 모드 상태에 있는 이동 노드로 향하는 패킷이 들어 왔을 때, 그 이동 노드의 정확한 위치를 찾기 위하여 페이징 요청메시지를 뿌려주는 역할을 한다.

본 논문의 제안 기법인 각 이동 노드에 최적의 페이징 영역이 설정되는 동적 페이징 기법은 이동 노드가 PAR로부터의 거리(홉 수)를 그 이동노드의 최적의 페이징 영역 크기(k)와 비교하여 자신의 페이징 영역을 벗어났는지를 판별하게 된다. 각 셀의 AR는 (x,y) 형태의 위치정보 값을 가지고 있다. 이 정보는 AR의 RA메시지를 통해 전달되고 이동 노드는 AR의 위치정보를 통해 거리를 계산할 수 있다. 같은 열에 있는 셀들은 x 값이 같게 되며 이동 노드가 같은 열상에서 움직일 경우 y 값을 통해 거리를 계산하고 그렇지 않을 경우는 x 값을 통해 PAR로부터의 홉 수를 계산해 낸다.

다음은 각각의 이동노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동노드의 위치 업데이트 비율, MAP까지의 거리를 고려하여 그 이동노드에 적합한 최적의 페이징 영역을 도출해 내기 위하여 사용되는 변수이다. 이 변수들의 기본적인 정의는 [8,9]에서 이루어졌으나, [8]는 Personal Communication Service(PCS) 환경에 그리고 [9]은 이동 IPv4[7] 환경에 적합하게 정의되어졌기 때문에 변수들에 대한 정의를 본 논문의 환경인 HMIPv6에 적합하도록 아래와 같이 새로운 개체를 추가하고 재정의 하였다.

- Ric : 각 MN로 들어오는 패킷의 비율 (pakets/hr)
- U_k : 크기 k 인 페이징 영역에서 MN의 위치 업데이트 비율 (upds/hr)
- C_p : 한 셀에서의 페이징 비용 (bytes/paging/cell)
- C_u : 홉당 위치 업데이트 비용 (bytes/update/hop)
- $d_{MN,MAP}$: MN와 MAP사이의 거리 (hops)
- $d_{AR,MAP}$: MN가 있는 셀의 AR과 MAP사이의 거리 (hops)
- $d_{MN,PA}$: MN와 페이징 영역의 PA 사이의 거리 (hops)

하나의 페이징 영역을 페이징 하는 비용은 그 페이징 영역안의 각각의 마이크로 셀들로 브로드캐스팅을 통해 시그널링 메시지를 보내는 비용과 같으며, 크기 k 인 페이징 영역 안에 있는 셀의 개수는 다음과 같다.

$$s(k) = 1 + 6 \sum_{i=1}^{k-1} i = 1 + 3k(k-1) \quad (1)$$

따라서 크기 k 인 페이징 영역에 대한 비용은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{Paging}_{cost}(k) &= (\alpha + \beta) s(k) C_p \\ &= (\alpha + \beta) (3k(k-1) + 1) C_p \quad (2) \end{aligned}$$

여기서 αC_p 는 라우터에서 라우터로 βC_p 는 무선상으로 페이징 요청메시지를 브로드캐스팅 하는 비용이며, 이는 유선과 무선으로 혼합되어있는 실제적인 네트워크 환경을 고려한 것이다.

여기서 αC_p 는 라우터에서 라우터로 βC_p 는 무선상으로 페이징 요청메시지를 브로드캐스팅 하는 비용이며, 이는 유선과 무선으로 혼합되어있는 실제적인 네트워크 환경을 고려한 것이다.

3.2 동적페이징 기법(DP-HMIPv6)의 동작

이동 노드가 자신의 최적의 페이징 영역(k_{opt})을 벗어나면, 즉 $d_{MN,PAR} \geq k_{opt}$ 이면 이전 페이징 영역에서의 이동속도, 이동노드로 들어오는 패킷의 비율, MAP까지의 거리를 고려하여 최적의 페이징 영역을 다시 계산한다. 현재 이동노드가 위치해 있는 서브넷의 AR이 PAR이 되고 이동노드는 PAR에 최적의 페이징 영역의 크기 k_{opt} 를 알린다. 최적의 페이징 영역의 크기 k_{opt} 를 결정하는 방법은 다음 절에서 설명한다. 또한 PAR는 자신이 PAR임을 MAP에게 알린다.

본 논문의 제안기법인 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)에서는 페이징 영역을 벗어난 지점의 서브넷에 있는 AR가 PAR이 되고 이는 이전의 페이징 영역의 일부가 현재의 페이징 영역으로 어느 정도 포함됨을 의미한다. 따라서 정적으로 고정된 페이징 영역이 할당되는 페이징 기법에서 이동 노드가 페이징 영역의 경계지역을 빈번하게 이동하여 발생하는 위치 업데이트 트래픽을 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)으로 감소시킬 수 있다.

휴지 모드 상태인 이동 노드로 향하는 패킷이 MAP에 도착 했을 때 MAP은 패킷을 버퍼링 하고 PAR에게 페이징을 수행하도록 명령하는 패킷을 유니 캐스트로 보낸다. 이 패킷을 받은 PAR는 해당 이동 노드를 찾기 위하여 페이징 요청메시지를 페이징 영역에 뿌려준다. 이때 해당 이동노드의 최적의 페이징 영역의 크기 k_{opt} 만큼만 페이징 요청 메시지가 전달 될 수 있도록 페이징 요청 메시지가 전달되는 범위를 $k_{opt}-1$ 홉으로 제한한다. 페이징 요청 메시지를 받은 이동 노드는 자신의 상태를 활성 상태로 전환하고 PAR에게 페이징 응답 메

시지를 보내고 자신의 위치를 MAP에게 알린다. 이동 노드로부터 위치 업데이트 메시지를 받으면 MAP은 버퍼링 해놓은 패킷을 이동노드로 전달하며, 이동노드는 정해진 시간동안 자신에게 전달되는 패킷이 없으면 다시 휴지 상태로 전환된다.

HMIPv6에서의 정적페이징 기법처럼 이동 노드는 같은 페이징 영역 안에서 AR를 변경하여도 MAP에게 위치 업데이트 메시지를 보내지 않는다.

3.3 최적의 페이징 영역 결정

각 이동 노드에 최적의 페이징 영역의 크기 k_{opt} 를 결정하기 위하여 이동 노드의 단위시간당 시그널링 비용을 정의하며, 그 식은 다음과 같다.

$$Cost(k, Ric, U_k, d_{MN,PAR}, d_{MN,MAP}) = RicPaging_{cost}(k) + Ric(\alpha(d_{AR,PAR} + 2d_{AR,MAP}) + 3\beta)C_u + 2U_k(\alpha d_{AR,MAP} + \beta)C_u \quad (3)$$

위식의 첫 번째 항목은 이동 노드로 들어오는 각각의 패킷에 대해 해당 이동노드를 찾는 페이징 비용을 나타내며 두 번째 항목은 페이징 요청 후에 이동노드가 PAR에 응답하고 MAP에 위치 업데이트를 하는 비용을 나타낸다. 마지막 항목은 이동 노드가 새로운 페이징 영역으로 이동 했을 때 MAP에게 위치 업데이트를 하는 비용을 나타낸다.

$C_u = C_p = C$ 라고 가정하며 랜덤 이동[8]에 대한 결과 $U_k = U_1 / k$ 를 사용한다. 결과적으로 다음과 같은 식을 얻게 된다.

$$Cost(k, Ric, U_k, d_{MN,PAR}, d_{MN,MAP}) = ((\alpha + \beta)(3k(k-1) + 1) + \alpha(d_{AR,PAR} + 2d_{AR,MAP}) + 3\beta)RicC + 2U_1(\alpha d_{AR,MAP} + \beta)C/k \quad (4)$$

이동 노드에 대한 최적의 페이징 영역 k_{opt} 는 식(4)의 비용 함수를 최소화시키는 k 값으로써 정의된다.

식 (4)를 k 에 대하여 1차 미분하면 식 (5)와 같고 이것은 $Cost(k)$ 가 오직 하나의 최소 값을 가짐을 보여준다.

$$dCost(k, Ric, U_k, d_{MN,PAR}, d_{MN,MAP})/dk = (\alpha + \beta)(6k - 3)RicC - 2U_1(\alpha d_{AR,MAP} + \beta)C/k^2 \quad (5)$$

식 (4)를 k 에 대하여 2차 미분하면 다음의 식 (6)과 같고 식 (6)의 결과 값은 항상 양수이다.

$$dCost^2(k, Ric, U_k, d_{MN,PAR}, d_{MN,MAP})/d^2k = 6(\alpha + \beta)RicC + 4U_1(\alpha d_{AR,MAP} + \beta)C/k^3 \quad (6)$$

결과적으로 $dCost(k)/dk$ 는 k 의 증가함수이다.

그러므로 페이징 영역의 크기가 k 인 시스템과 $k-1$ 인 시스템 사이의 비용 차이 함수를 $\Delta()$ 라 하면,

$$\Delta(k, Ric, U_1, d_{MN,MAP}) = (3(\alpha + \beta)(k-1)Ric - U_1(\alpha d_{AR,MAP} + \beta))/k(k-1) \quad (7)$$

식(7)을 k 에 대해서 정리하면 각 이동 노드에 대한 최적의 페이징 영역의 크기인 k_{opt} 는 다음과 같이 정의

된다.

$$k_{opt} = 1 ; \text{if } \Delta(2, Ric, U_1, d_{MN,MAP}) > 0$$

$$\max(k : 3k(k-1)^2 \leq U_1(\alpha(\alpha + \beta)d_{AR,MAP} + \alpha(\alpha + \beta))/Ric) ; \text{otherwise} \quad (8)$$

결과적으로 이식은 k_{opt} 가 이동 노드로 들어오는 패킷의 도착 비율, 이동 노드의 속도, MAP까지의 거리에 영향을 받음을 보여준다.

4. 실험 및 결과

본 절에서는 3절에서 제안한 이동 노드의 특성을 고려한 동적 페이징 기법에 대한 실험 및 성능평가 내용을 다룬다. 본 실험에서는 기존의 이동 노드의 특성을 고려하지 않고 관리자에 의해 페이징 영역이 정적으로 설정되고 모든 이동노드들에게 하나의 페이징 영역의 크기가 고정되는 기법과 본 논문에서 제안한 이동 노드의 특성을 고려하여 각각의 이동노드들에게 적합한 페이징 영역이 설정되는 동적 페이징 기법을 위한 모듈로 나누어 비용을 비교하였다.

4.1 실험 변수 설정 및 비용 계산

다음은 본 논문의 실험을 위한 변수들과 그의 범위를 나타내는 표이다.

표 1 실험 변수 및 변수의 설정 범위

실험 변수	설정 범위
Ric	0~10
U_1	0~200
$d_{MN,MAP}$	1~16 (홉)
k	2~8

본 논문의 동적 페이징 기법은 이동 노드로 패킷이 5분 이상 들어오지 않으면 이동 노드가 휴지 상태로 되는 것으로 하였다. 그러므로 성능평가를 위하여 고려되는 Ric값의 범위는 10까지로 설정하였고 위치 업데이트 비율 U_1 의 범위는 200까지로 설정하였다. 왜냐하면 HMIPv6는 마이크로 이동성을 관리하기 위하여 제안된 프로토콜이고 이 환경에 페이징을 적용하기 위해서 최대 페이징 영역을 $k=8$ 로 제한하였기 때문이다. 페이징 영역 $k \leq 8$ 범위 안에서 페이징 영역이 설정 되므로 업데이트 비율이 200이상일 시에는 마이크로 이동성의 개념을 넘어서는 빠른 속도로 이동하는 매크로 이동성을 갖는 이동노드에 해당되기 때문이다.

HMIPv6 환경에서의 정적 페이징과 동적 페이징 기법을 적용할 때 드는 총 비용을 수식으로 표현한 것은 표 2와 같다.

표 2 비용계산 수식

- $C_{Total} = C_{Paging} + C_{LocationUpdate}$
- $C_{Paging} = R_{IC}(\alpha + \beta)(3K(k-1)+1)C_D$
- $C_{LocationUpdate} = R_{IC}(\alpha d_{AR,PAR} + 2d_{AR,MAP}) + 3\beta C_U$
 $+ 2U_I(\alpha d_{AR,MAP} + \beta)C_U/K$

4.2 비용 분석

본 절에서는 4.1절에서 구한 수식에 대한 몇 가지 실험 결과를 분석한다. 이동 노드의 위치 업데이트 비용, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 노드와 MAP까지의 거리에 따른 페이징 비용, 업데이트 비용, 이들의 합으로 나타나는 총 시그널링 비용을 구한다. 비용을 측정하기 위하여 고려하는 변수가 이동 노드의 위치 업데이트 비용, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 노드와 MAP까지의 거리, 이렇게 세 가지이기 때문에 한 가지를 변화시키면서 총비용을 측정하기 위해서 나머지 두 변수는 고정 값으로 한다.

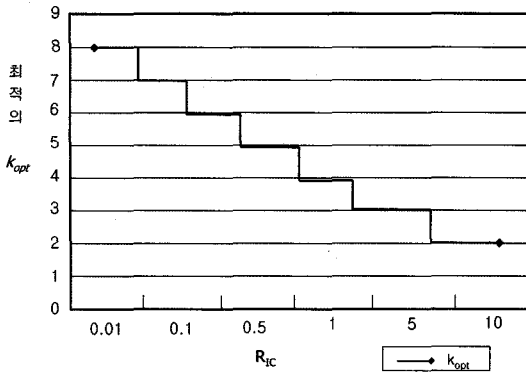


그림 2 $U_I=10, d=11$ 일 때 R_{IC} 에 따른 최적의 페이징 영역(k_{opt})의 크기변화

그림 2는 위치 업데이트 비용 $U_I=10$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일때, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 최적의 페이징 영역의 크기의 변화를 보여주고 있는데 페이징 영역의 크기 k_{opt} 는 R_{IC} 가 커질수록 감소함을 알 수 있다. 이동노드로 들어오는 패킷의 빈도가 높을수록 해당 이동 노드를 찾는 페이징의 횟수는 증가하게 되고 전체 시그널링 비용을 줄이기 위해서 페이징 영역이 감소되는 것을 나타낸다. 그림 2를 통해 이동노드로 들어오는 패킷의 비율과 설정되는 페이징 영역의 크기는 반비례관계를 알 수 있다.

그림 3은 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 $R_{IC}=1$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일 때, 위치 업데이트 비용 U_I 에 따라 최적의 페이징 영역의 크기의 변화를 보여주고 있는데, 페이징 영역의 크기 k_{opt} 는 U_I 이

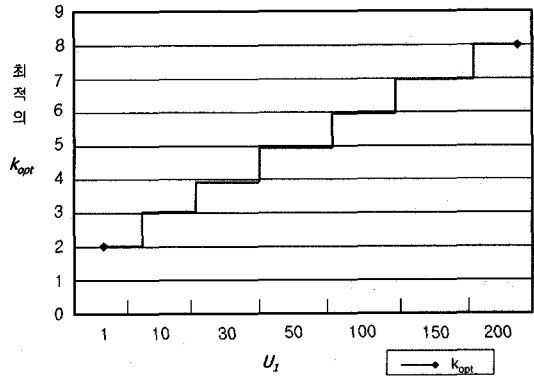


그림 3 $R_{IC}=1, d=11$ 일 때 U_I 에 따른 최적의 페이징 영역(k_{opt})의 크기변화

커질수록 증가함을 보여준다. 이동 노드의 위치 업데이트 비용이 높을수록 즉 이동 노드의 이동 속도가 빠를수록 이동 노드의 위치 업데이트 횟수는 증가하게 된다. 그러므로 전체 시그널링 비용을 줄이기 위해서 위치 업데이트 비용 U_I 이 증가할 때 위치 업데이트 빈도를 감소시키기 위하여 페이징 영역이 증가되는 것으로 나타난다. 그림 9를 통해 이동노드의 위치 업데이트 비용(이동 속도)과 설정되는 페이징 영역의 크기는 비례관계를 알 수 있다.

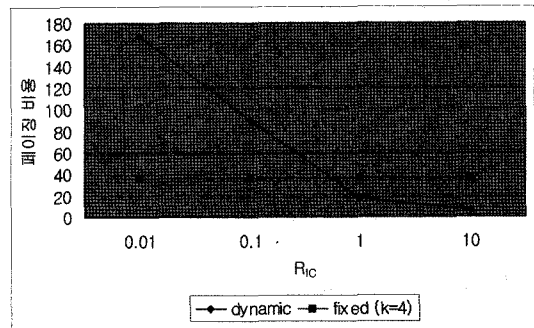


그림 4 $U_I=10, d=11$ 일때 R_{IC} 에 따른 페이징 비용의 변화

그림 4는 위치 업데이트 비용 $U_I=10$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일 때, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 동적(dynamic)페이징기법과 페이징 영역이 정적으로 고정되는(fixed)기법의 페이징 비용의 변화를 보여준다. 이동 노드의 특성을 고려하여 페이징 영역이 설정되는 동적 페이징 기법은 실험결과 그림 2에서 R_{IC} 가 증가함에 따라 페이징 영역이 감소함을 보였다. 그러므로 그림 4와 같이 동적 페이징 기법에서는 R_{IC} 가 증가함에 따라 페이징 비용이 감소하는 것으로 나타난다. 그러나 정적 페이징 기법은 고정된 하나의 페

이징 영역을 갖고 다시 말하면 이동 노드에 대한 페이징 영역의 크기 변화가 없으므로 페이징 비용 또한 R_{IC} 의 변화에 상관없이 일정하다.

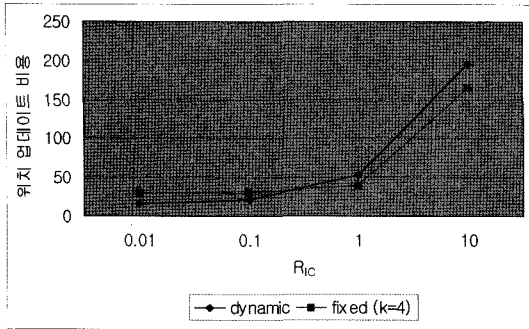


그림 5 $U_I=10, d=11$ 일 때 R_{IC} 에 따른 위치 업데이트 비용의 변화

그림 5는 위치 업데이트 비용 $U_I=10$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일때, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 동적(dynamic)페이징기법과 페이징 영역이 정적으로 고정되는(fixed)기법의 위치 업데이트 비용의 변화를 보여준다. R_{IC} 값이 증가함에 따라 동적 페이징 기법은 페이징 영역의 크기가 감소하는 것을 알 수 있다. 그러므로 R_{IC} 값이 0.01~0.5인 작은 값을 가질 때 정적 페이징 기법보다 상대적으로 동적 페이징 기법이 큰 페이징 영역을 갖기 때문에 위치 업데이트 비용이 정적 페이징 기법보다 작게 나타난다. 그러나 R_{IC} 값이 증가함에 따라 동적 페이징 기법의 페이징 영역은 감소하게 되므로 정적 페이징 기법보다 위치 업데이트 비용이 증가하게 되는 것으로 나타나고 있다.

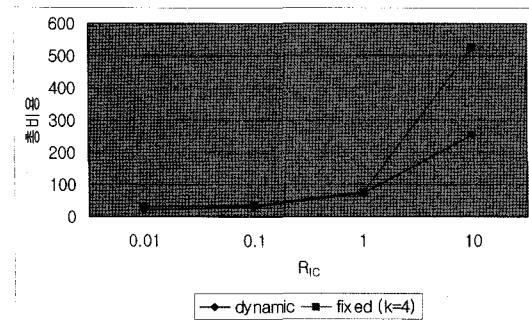


그림 6 $U_I=10, d=11$ 일 때 R_{IC} 에 따른 총비용의 변화

그림 6은 위치 업데이트 비용 $U_I=10$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일 때, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 동적페이징기법과 정적 페이징

기법의 페이징 비용과 위치 업데이트 비용의 합인 총비용의 변화를 보여준다. 본 논문의 제안기법인 이동 노드의 특성을 고려한 동적 페이징 기법이 하나의 고정된 페이징 영역을 사용하는 정적 페이징 기법보다 전체 시그널링 비용 측면에서 감소함을 알 수 있다. 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율이 커질수록 제안 기법과 정적 페이징 기법의 총비용의 차이는 더욱 커진다.

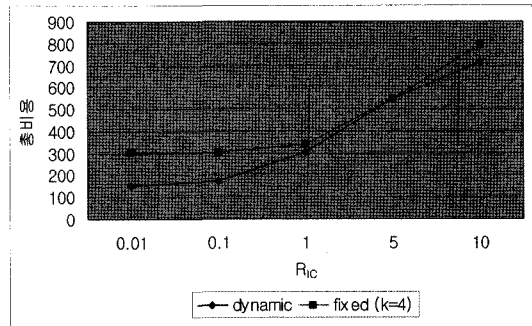


그림 7 $U_I=100, d=11$ 일 때 R_{IC} 에 따른 총비용의 변화

그림 7은 위치 업데이트 비용 $U_I=100$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=11$ 일 때, 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 동적 페이징 기법과 정적 페이징 기법의 총비용의 변화를 보여준다. 그림 6과 비교 했을 때 위치 업데이트 비용이 증가 했을 때에도 동적 페이징 기법의 총비용이 더 적게 드는 것을 알 수 있다. 하지만 그림 7의 위치 업데이트 비용 U_I 이 그림 6에서의 U_I 값보다 증가하여 총비용도 전체적으로 증가 하였다.

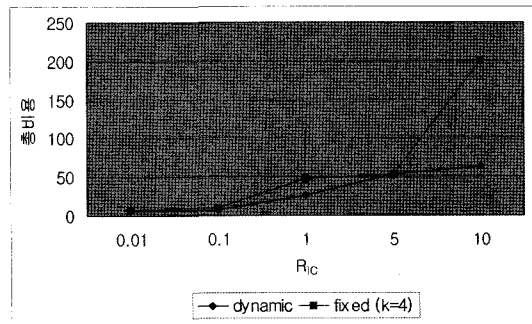


그림 8 $U_I=10, d=2$ 일 때 R_{IC} 에 따른 총비용의 변화

그림 8은 위치 업데이트 비용 $U_I=10$, 이동 노드와 MAP까지의 거리 $d=2$ 일 때 즉 MAP까지의 거리가 가까울 때 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율 R_{IC} 에 따라 동적 페이징기법과 정적 페이징 기법의 총비용의 변화를 보여준다. $d=11$ 일 때 총비용을 나타내는 그림 6과

비교했을 때 그림 8의 결과는 이동 노드와 MAP까지의 거리 감소로 인하여 총 비용 또한 감소하였음을 알 수 있다.

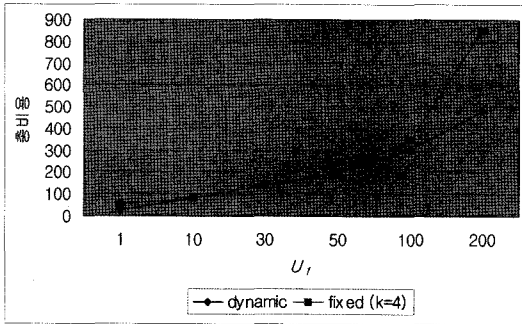


그림 9 $R_{IC}=1, d=11$ 일 때 U_i 에 따른 총비용의 변화

그림 9에서는 위치 업데이트 비율 U_i 의 변화에 따라 동적 페이징 기법과 정적 페이징 기법의 총비용을 비교한 것이다. 그림 6과 마찬가지로 위치 업데이트 비율 U_i 의 변화에 따라서도 본 논문의 제안 기법인 이동 노드의 특성을 고려한 동적 페이징 기법이 전체 네트워크의 시그널링 로드를 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

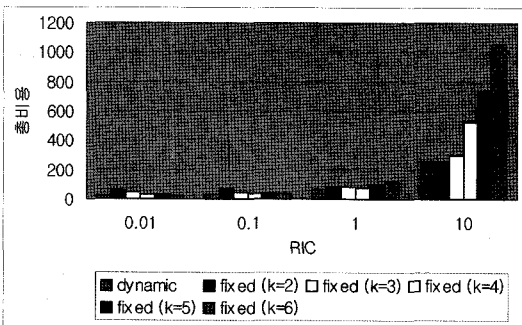


그림 10 $U_i=10, d=11$ 일 때 R_{IC} 에 따른 동적 페이징 기법과 정적 페이징 기법의 각 페이징 크기와의 총비용 비교

그림 10은 동적 페이징 기법과 정적 페이징 기법의 페이징 영역에 따라서 각각을 비교한 그래프이다. 이동 노드의 특성을 고려하여 그에 맞게 설정되는 동적 페이징 기법이 어떤 크기의 페이징 영역을 갖는 정적 페이징 기법보다 총비용이 가장 적게 드는 것을 알 수 있다. 따라서 이동 노드의 특성을 고려한 동적 페이징 기법이 전체 시그널링 로드를 더욱더 줄여 줄 수 있는 효율적인 방법임을 보여준다. 이는 네트워크상에 이동노드의 수가 많아질수록 동적 페이징 기법과 정적 페이징 기법

의 총비용의 차이는 더욱 커지게 되므로 다시 말하면 정적 페이징 기법의 총비용은 더욱 커지게 된다.

5. 결론

HMIPv6에 페이징을 적용하면 이동 노드가 AR의 위치가 변경 될 때마다 MAP에게 새로운 위치 업데이트를 함으로써 발생하는 오버헤드를 줄일 수 있다. 그러나 페이징 영역이 크면 클수록 위치 업데이트 메시지의 수는 줄지만 휴지 모드 상태의 이동 노드를 찾는 데 지연이 발생함을 의미한다. 즉 페이징 영역의 크기와 위치 업데이트 사이에는 trade-off가 존재한다. 현실적으로 위치 업데이트 비용과 페이징 비용의 합으로 나타나는 총비용을 최소화 시키는 것은 간단한 일이 아니다. 그러므로 네트워크 환경의 전체적인 시그널링 로드를 줄여 줄 수 있는 각 이동 노드에 적절한 최적화된 크기의 페이징 영역을 결정하는 것이 무엇보다 중요하다.

따라서 본 논문에서는 이동 노드로 들어오는 패킷의 비율, 이동 노드의 위치 업데이트 비율, 이동 노드와 MAP까지의 거리를 고려하여 각각의 이동노드가 자신에게 최적화된 페이징 영역을 계산해 내어 이를 적용하는 동적 페이징 기법(DP-HMIPv6)을 제안하였다. 본 제안 기법은 동적으로 변화하는 이동 노드의 특성을 고려하여 페이징 영역이 설정되기 때문에 모든 이동노드들에게 하나의 페이징 영역이 정적으로 설정되는 기법보다 전체적인 시그널링 로드를 줄였다. 이에 관한 더욱 자세한 연구 결과를 논문 [10]에서 찾을 수 있다.

DP-HMIPv6 기법을 적용하기 위해서는 이동 노드가 자신으로 들어오는 패킷의 비율과 위치 업데이트 비율을 계산하고 최적의 페이징 영역을 계산 할 수 있을 정도의 성능을 갖추어야 한다.

향후과제로는 이동 노드가 처리해야할 계산을 더욱더 줄이면서 전체적인 시그널링 로드를 더욱더 줄일 수 있는 방법이 필요하다. 또한 이동 노드의 빠르기를 판단하기 위해 이동 노드의 위치 업데이트 비율을 사용하였는데 이를 더 정확하게 측정할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] David B. Johnson, Charles Perkins, "Mobility Support in IPv6," draft-ietf-mobileip-ipv6-25.txt, June 2004.
- [2] Claude Castelluccia "Hierarchical MIPv6 mobility management," draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, June 2003.
- [3] 이준섭, 민재홍, "효율적인 페이징 관리를 위한 동적 페이징 영역 설정 기법", 한국 해양 정보통신학회, 춘계종합학술대회지, 제6권, 제1호, 2002.

- [4] 정계갑, 이상욱, 김준년, "페이징 영역 크기에 따른 계층적 이동 IPv6의 성능분석", 정보통신학회 논문지, Vol. 28, 12, 2003.
- [5] 장인동, 이준섭 "IP 망에서의 페이징 지원 기술 동향", 한국 해양 정보통신학회, 추계종합학술대회, 2001.
- [6] R. Ramjee and L. Li, "IP paging Service for Mobile Host," ACM SIGMOBILE, 2001.
- [7] C.E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4," IETF RFC 3344, January 2002.
- [8] H. Xie, S.Tabbne, and D.J Goodman "Dynamic Location Area Management and Performance Analysis. In *IEEE VTC*," pp. 536-539, Secausus, New Jersey, 1993.
- [9] Claude Castelluccia, "Extending Mobile IP with Adaptive Individual Paging : A Performance Analysis," ACM SIGMOBILE, 2001.
- [10] 정유진, 최종원, "HMIPv6 환경에서의 이동노드의 특성을 고려한 동적 페이징 기법", 숙명여자 대학교 컴퓨터과학과 석사학위논문, 2004.



정 유 진

2003년 2월 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(학사). 2005년 2월 숙명여자대학교 컴퓨터과학과(석사). 2005년 1월~현재 LG 전자 MC사업본부 단말연구소 연구원
관심분야는 Mobile IP, IPv6, Ad-hoc

최 종 원

정보과학회논문지 : 정보통신
제 32 권 제 5 호 참조