Mobile IPv6환경에서 이동노드의 효율적인 위치 관리 방안

신 충 수† · 문 영 성††

요 약

Mobile IP는 노드의 이동성을 제공함으로써 보다 향상된 서비스를 제공해 준다. Mobile IP에서 이동노드는 이동시마다 홈 주소와 외부 네트워크에서의 주소를 바인딩 하기 위한 메시지를 홈에이전트에게 보내야 한다. 이러한 이동관리 메시지는 노드 자체의 처리비용과 네트워크상의 많은 트래픽을 유발할 수 있다. Paging Hierarchical Mobile IPv6(PHMIPv6)는 위치 관리 비용을 줄이기 위해 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) 환경에서 페이징 기법을 적용하여 이동노드의 상태를 고려한 위치 관리를 수행한다. PHMIPv6에서 이동노드는 통신 중이지 않을 경우 도메인 내부에서 이동을 하여도 위치 바인딩 메시지를 보내지 않음으로써 위치 관리에 사용되는 비용을 절약할 수 있다. 그러나 외부에서 패킷이 도착 시 수행하는 페이징 메카니즘의 비용이 크기 때문에 상황에 따라 많은 위치 관리 비용이 발생할 수 있다. 본 논문에서는 PHMIPv6의 문제점을 분석하고 이동관리 시그널을 줄이기 위한 방안을 제안한다. 제안방안은 효율적으로 페이징 시그널을 줄임으로써 전체적인 위치 관리 비용을 줄이게 되고, 서브넷 수에 의존하지 않고 동작함으로써 HMIPv6 보다 약 50% 정도의 성능향상을 보였다.

키워드: Mobile IPv6, IP Paging, HMIPv6

An Efficient Movement Management Method of Mobile Node in Mobile IPv6

Chungsoo shin† · Youngsong Mun††

ABSTRACT

The Mobile IPv6 provides the enhanced internet services to user by supporting a node's mobility. In Mobile IPv6(MIPv6), the mobile node sends the binding message which binds home address(HoA) with care-of address(CoA) to the home agent whenever it changes its point of attachment to the internet. To reduce the mobility management signal message the Paging Hierarchical Mobile IPv6(PHMIPv6) is proposed. The mobile node does not send the binding message within the domain if the mobile node's state is idle. Therefore the mobility signal message cost can be reduced. However, when the mobile node's session arrival rate is high the many mobility management signal cost are needed because the paging cost is very high. In this paper, we analysis the drawback of PHMIPv6 and propose the scheme which can reduce the mobility management signal cost. The proposed scheme works independent of the number of subnet in the domain. Therefore the proposed scheme can improve the mobile node's mobility management scheme.

Key Words : Mobile IPv6, IP Paging, HMIPv6

1. 서 론

IETF 문서인 Mobile IP[1]는 노드의 이동성에 대한 내용을 다루고 있다. 이동노드는 이동을 감지하게 되면 현재 자신의 위치를 확인하고 주소를 생성하다[2, 3]. 이후 홈네트워크에서의 주소와 새로 생성한 주소를 바인딩 하는 정보를 홈에이전트에게 전송함으로써 상위 계층의 지속적인 통신을 유지 할 수 있다. 이동노드가 다른 네트워크로 이동하여 연결성을 설립하는 것을 핸드오버라고 한다. 핸드오버에는 이동관리 시그널 메시지와 패킷 전송 지연에 따른 추가비용이 발생 하게 되는데 이러한 비용을 줄이기 위해 여러 방안들이 제안되고 있다.

Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[4]는 MAP(Mobility Anchor Point)라는 새로운 엔터티를 정의하여 지역적인 이동관리를 제공한다. 이동노드는 MAP이 관리하는 도메인 내에서의 이동에 대해서는 MAP으로부터 이동 관리 서비스를 받음으로써 시그널 메시지와 패킷 전송 지연에 따른 비용을 절약한다.

Paging Hierarchical Mobile IPv6(PHMIPv6)[5, 6]에서는 페이징 기법을 HMIPv6에 적용하여 이동노드의 이동관리에 사용되는 비용을 줄인다. [5]에서는 MAP에 페이징 에이전트의 기능을 추가하고, 이동노드의 세션 수신율에 의존하여

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.
† 준 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터 공학과(공학석사)
†† 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수
논문접수 : 2005년 9월 26일, 심사완료 : 2006년 3월 13일

위치 업데이트를 수행함으로써 이동 관리 시그널 메시지의 비용을 줄 일 수 있다. 그러나 외부 네트워크에서 이동노드의 패킷이 도착하게 되면 페이징 에이전트는 현재 이동노드의 위치를 알기 위해 페이징 메카니즘을 수행한다. MAP이 관리하는 도메인내의 모든 서브넷에 페이징 요청 메시지를 전송하게 되는데, 이때 MAP 도메인 내에 많은 시그널 메시지가 발생하게 되고 큰 비용이 요구된다. 따라서 이동노드의 세션 수신율이 크거나 MAP 도메인의 규모가 커서 관리하는 서브넷이 많을 경우 PHMIPv6는 오히려 HMIPv6 보다 큰 이동관리 비용이 발생 할 수도 있다.

본 논문에서는 PHMIPv6에서 이동노드가 페이징 도메인 내에서 이동시 엑세스 라우터에 의해 현재 이동노드가 위치한 서브넷 정보를 페이징 에이전트에게 전송함으로써, 페이징 요청 메시지가 전송될 지역을 도메인의 일부지역으로 한정하여 페이징 비용을 줄이고, 그로인해 MAP이 관리하는 서브넷에 의존하지 않고 동작을 수행하는 방안을 제시한다.

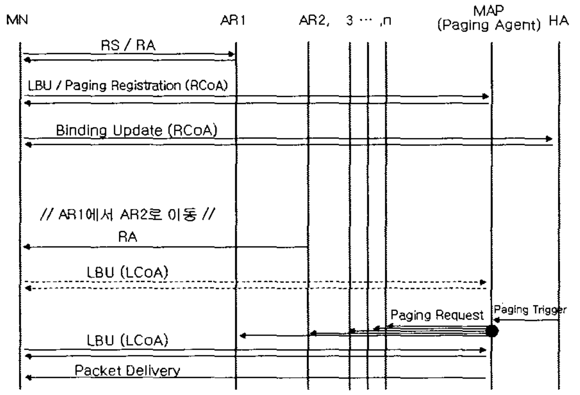
본 논문의 2장에서는 노드의 이동성 서비스와 PHMIPv6에 대해서 기술하고, 3장에서 이동관리 비용을 줄이기 위한 방안을 제안한다. 4장에서는 제안된 기법의 비용을 분석하고 성능평가 결과를 기술한다. 마지막으로 5장에서는 결론을 짓는다.

2. 관련 연구

2.1 이동 서비스 및 PHMIPv6

이동 노드는 외부 네트워크로 이동 하였는지를 알기 위해 이동감지를 수행하게 된다. Mobile IP[1] 문서에 의하면 이동노드는 기존의 엑세스 라우터로부터 주기적인 광고 메시지를 받지 못할 경우, 새로운 엑세스 라우터로부터 광고 메시지를 받았을 경우 그리고 2계층에서의 핸드오버를 감지하였을 경우 이동을 감지하게 된다. 이동노드가 다른 네트워크로 이동하여 기존의 연결성을 재 설립하는 것을 핸드오버라고 한다.

PHMIPv6[5, 6]는 HMIPv6[4]에 페이징 기법을 도입하여 MAP에 페이징 에이전트의 기능을 부가함으로써 이동 관리 메시지에 대한 비용을 줄이게 된다. 이동노드가 통신 중 일



(그림 1) PHMIPv6에서 이동노드의 동작 및 페이징 메카니즘

때를 Active 상태로 정의하고 HMIPv6와 동일한 동작을 수행한다. 이동노드가 통신 중이지 않을 경우에는 Idle 상태로 정의되고, 서브넷을 변경하여도 위치 업데이트를 수행하지 않는다.

위의 그림은 PHMIPv6에서 이동노드의 동작을 나타낸다 [7, 8]. 그림은 이동노드가 MAP 도메인에서 이동감지와 지역 업데이트 및 페이징 등록 절차를 수행하고 홈에이전트에게 위치 업데이트를 수행하는 과정을 보여준다. 이후 이동노드가 Idle 상태로 전환하게 되면 MAP 도메인 내부에서 이동을 하여도 그림에서 점선으로 나타낸 것에 해당하는 지역 업데이트를 수행하지 않는다. PHMIPv6에서는 이와 같이 이동노드가 통신이 없을 때 Idle상태를 유지하고 도메인 내부의 이동에 대해서는 지역 업데이트를 수행하지 않음으로써 위치 업데이트에 사용되는 불필요한 비용을 줄일 수 있다. 이동노드가 다시 Active 상태로 전환되는 것은 두 가지 경우가 있는데, 첫 번째는 이동노드에 의해서 통신이 시작되는 것이다. 이 경우 이동노드는 지역 업데이트를 수행한 후 통신을 시작한다. 두 번째는 외부에서 통신이 시작되는 것이다. 이동노드의 패킷을 전달받은 MAP은 우선 패킷을 버퍼링 한 후 페이징 메카니즘을 수행한다. 페이징 메카니즘은 (그림 1)에서와 같이 페이징 요청 메시지를 도메인 내부의 모든 엑세스 라우터에 전달함으로써 수행된다. 페이징 요청 메시지를 받은 이동노드는 지역 업데이트를 수행하고 MAP이 버퍼링하고 있던 패킷을 전달 받는다.

이와 같은 페이징 메카니즘 수행은 MAP 도메인 내부에 많은 시그널 메시지와 큰 비용을 소비한다. 따라서 MAP이 관리하는 엑세스 라우터의 수가 많은 경우 또는 이동노드의 세션 수신율이 높은 경우 PHMIPv6는 HMIPv6보다 많은 이동 관리 비용이 들 수 있다.

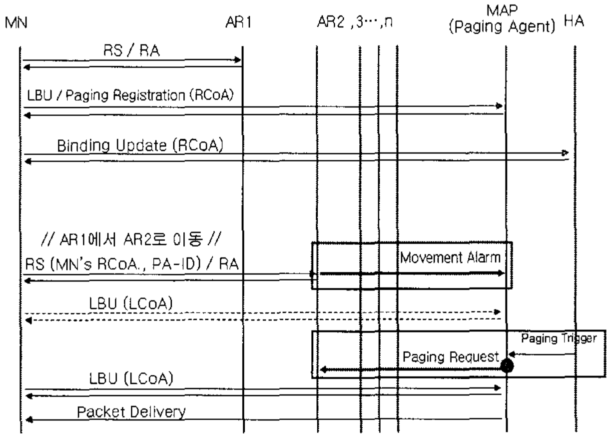
3. 효율적인 위치 관리방안

PHMIPv6[5]에서 MAP은 Idle 상태에 있는 이동노드의 위치를 찾기 위해 페이징 메카니즘을 수행한다. 도메인 내부의 모든 엑세스 라우터에게 페이징 요청 메시지를 보내게 되는데, 이것은 도메인 내부에 많은 시그널 메시지 비용을 초래한다. 도메인 내부에 있는 엑세스 라우터가 많거나 이동노드의 세션 수신율이 높을 경우 HMIPv6 보다 많은 위치 관리 비용이 소모되는 상황이 발생하게 된다. [9]에 따르면 도메인 내의 서브넷이 많을 경우 페이징 요청 메시지의 큰 비용으로 인해 페이징 기법은 오히려 큰 비용을 발생하게 된다. 따라서 본 논문에서는 페이징 메카니즘의 비용을 절약하고 MAP이 관리하는 엑세스 라우터의 수에 의존하지 않고 동작하는 방안에 대해 제안하도록 하겠다.

3.1 제안방안

제안방안에서는 페이징 메카니즘 수행 시 비용을 줄이기 위한 방안을 제안한다. (그림 2)를 보면 최초 도메인에 진입 시 이동노드의 동작은 기존의 방안과 동일하게 수행된다.

이후 이동노드는 Idle 상태에서 이동시 이동감지 과정에서 이동할 엑세스 라우터에게 이동노드의 정보, 즉 RCoA와 PA-ID를 전달한다. 이동노드로부터 정보를 받은 엑세스 라우터는 MAP에게 해당 이동노드가 이동한 엑세스 라우터의 정보, 즉 자신의 주소를 전달한다. 따라서 MAP은 외부 네트워크에서 패킷이 도착 시 전달 받은 엑세스 라우터의 정보를 통해 해당 서브넷으로만 페이징 요청 메시지를 보냄으로써 페이징 비용을 줄이게 된다. 이동노드가 MAP에게 전달하는 정보 RCoA는 MAP이 이동노드를 식별하기 위한 정보로 사용되고, PA-ID는 이동노드가 서비스 받고 있는 MAP을 구별하기 위한 정보로 사용된다. 제안방안에서 엑세스 라우터는 이동노드가 보낸 정보를 MAP에게 전달하여야 한다. 따라서 본 논문에서는 엑세스 라우터가 이동노드의 이동관리를 위해 이동노드가 보낸 RCoA, PA-ID를 MAP에게 보내고 MAP은 전달받은 정보를 관리할 수 있는 기능을 수행할 수 있어야 한다.

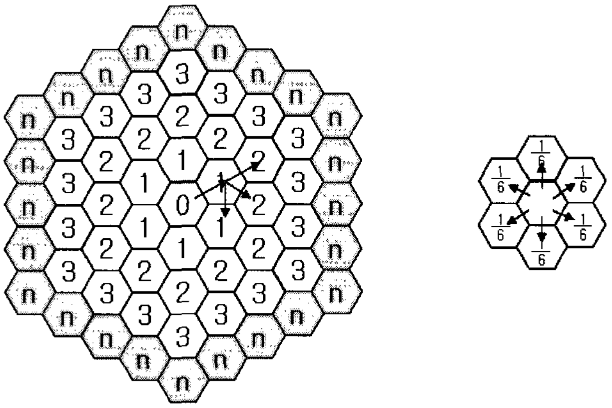


(그림 2) 제안방안에서 이동노드의 동작 및 페이징 메카니즘

제안방안에서는 MAP이 이동노드로부터 현재 위치한 엑세스 라우터의 위치를 전달 받게 됨으로 페이징 메카니즘 수행 시 해당 엑세스 라우터로만 페이징 요청 메시지를 전달하면 된다. 따라서 페이징 메카니즘 수행 시 페이징 비용은 세션 수신율에 크게 의존하지 않고, MAP이 관리 하는 엑세스 라우터의 수에 관계없이 일정하게 나타난다.

3.2 페이징 메카니즘 향상방안

3.1에서 페이징 비용을 줄이기 위한 방안을 제안하였다. 제안방안은 이동노드가 Idle 상태에서 이동시 MAP에게 이동한 엑세스 라우터의 위치를 전달함으로써 페이징 메카니즘 수행 시 페이징 되는 영역을 줄이게 된다. 따라서 MAP은 도메인 내의 모든 엑세스 라우터에 페이징 요청 메시지를 보내지 않아도 되므로 페이징 비용이 줄어들고, MAP이 관리 하는 영역의 크기에 의존하지 않고 동작할 수 있다. 제안방안이 페이징 비용을 줄일 수 있는 것은 이동노드가 Idle 상태에서 이동 시 엑세스 라우터에 의해 이동정보가 MAP에게 전달되기 때문인데 그로인해 기존의 방안보다 추가적인 시그널 메시지가 요구된다. 이러한 추가적인 시그널 메시지는 페이징 요청 메시지의 비용을 효과적으로 줄이기는 하나 이동이 많고 세션 수신율이 적은 이동노드의 경우 낮은 성능을 보일 수 있다. 따라서 이동노드가 매번 이동마다 정보를 전달하는 것이 아니라 Movement-based[10] 방식을 적용하여 이동정보를 MAP에게 전달한다면 이와 같은 단점을 보완할 수 있다.



(그림 3) Movement-based 방식을 적용한 이동노드의 정보전달

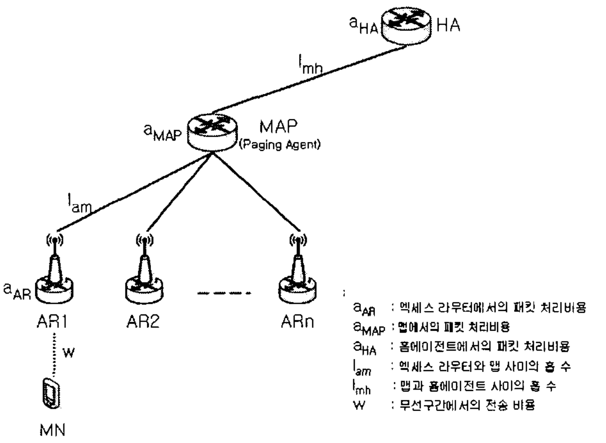
위의 그림에서 각 정육각형은 하나의 엑세스 라우터가 관리하는 셀을 의미한다. 이동노드는 오른쪽 그림과 같이 하나의 셀에서 다른 셀로 6가지 방향으로 동등한 이동확률을 가지고 이동한다고 가정한다. 왼쪽 그림은 하나의 MAP에 의해서 관리 되어지는 MAP 도메인을 의미한다고 하자. n개의 레이어로 구성되어 있고 총 $3n(n+1)+1$개의 셀로 구성되어 있다. 제안방안에서 Idle 상태의 이동노드가 각 셀을 이동시 마다 MAP에게 이동한 엑세스 라우터의 정보를 전달하면 페이징 메카니즘 수행 시 페이징 비용은 최소화 할 수 있겠지만 MAP에게 이동한 엑세스 라우터의 정보를 전달하는 과정에서 적지 않은 비용이 발생할 수 있다. 따라서 이동노드가 이동시 마다 정보를 전달하는 것이 아니라 movement-based 방식을 적용하여 엑세스 라우터의 정보를 전달하도록 함으로써 비용을 줄일 수 있다. 위의 그림에서 0번 레이어에 있던 이동노드가 2번 이동하게 되면 최대 2번 레이어 영역 내에 이동노드는 위치하게 된다. 따라서 이동노드가 3번 이동시 마다 엑세스 라우터 정보를 전달하도록 동작할 경우 0번 셀 영역에서 마지막으로 엑세스 라우터 정보를 MAP에게 전달했을 때 MAP은 2번 레이어 영역 내부에 해당하는 셀에 대해서만 페이징 요청 메시지를 전송하면 된다. 이 경우 매번 이동시 마다 엑세스 라우터의 정보를 전달하는 방법 보다 페이징 되어야 할 영역이 커지게 되므로 몇 번 이동시 마다 이동노드가 위치한 엑세스 라우터의 정보를 전달하는 것이 전체적인 성능을 높일 수 있는지 확인 되어져야 한다. 이와 같은 이동상수를 d값이라고 하고, 이 값은 이동노드의 셀 거주시간과 특히 세션 수신률에 의해 영향을 받게 된다. 이동 상수값 d의 설정에 대해서는 4.3에서 다시 살펴보도록 한다.

4. 성능 평가

4.1 시스템 모델

성능 평가는 비용 함수를 도입 하였다. 비용은 노드간의 홉 수와 각 노드에서의 처리 비용으로 구하였다. (그림 4)는 비용 분석을 위한 시스템 모델이다. 논문에서는 비용 분석을 위해 [12]에서 기술한 접근 방법을 참조하였다.

MAP은 총 n개의 레이어로 구성된 도메인을 관리 한다. PHMIPv6와 제안방안에서 이동노드는 다른 도메인으로 이동시 HMIPv6와 동일한 과정을 수행하며 같은 비용을 소모하므로 하나의 도메인 내부에서의 이동을 고려하여 성능평가를 수행하겠다. 이동노드는 시간당 세션 수신율 λ의 비율로 통신이 활성화 되며 시간당 T_c동안 하나의 셀에 거주한다. HMIPv6와 PHMIPv6 그리고 제안방안에 대해서 세션수신율과 셀 거주시간의 변화에 따른 각각의 이동관리 비용을 비교 분석 하겠다.



(그림 4) 비용 분석을 위한 시스템 모델

4.2 이동관리 비용 분석

본 논문에서는 HMIPv6, PHMIPv6와 제안방안의 이동관리에 사용되는 비용을 비교 분석 하겠다. 이동노드가 한 도메인에 진입 시 발생하는 비용과 도메인 내부에서 이동 시 발생하는 로컬 등록비용을 고려하여 전체 비용은 (1)에 의해서 C_{total}로 정의한다. $C_{enter-domain}$는 이동노드가 최초 도메인에 진입하여 MAP에 등록을 하고 홈 등록에 사용되는 비용을 나타내고, $C_{local-reg.}$는 이동노드가 도메인 내부에서 이동 시 사용되는 이동관리 비용을 나타낸다.

$$C_{total} = C_{enter-domain} + C_{local-reg.} \tag{1}$$

이동노드가 최초 도메인에 진입하여 MAP에 등록하고 홈 등록에 드는 비용 $C_{enter-domain}$는 (2)와 같이 나타난다.

$$C_{enter-domain} = C_{move-detection} + C_{local-registration} + C_{home-registration} \tag{2}$$

$C_{enter-damain}$는 이동노드가 외부 도메인으로 이동했는지 기존의 도메인 내부에서 이동했는지 감지하기 위한 라우터 광고 메시지에 사용되는 비용과, 최초 도메인 내부에서의 등록에 사용되는 비용 그리고 홈 네트워크에 있는 홈에이전트에게 등록할 때 사용되는 비용으로 구성된다. 일반적으로 HMIPv6와 PHMIPv6 그리고 제안방안에서 이동노드가 최초 도메인에 진입 했을 때 사용되는 위치 관리 비용은 동일하게 적용된다.

이동노드가 도메인 내부에서 이동하는데 사용되는 비용 $C_{local-reg.}$는 HMIPv6, PHMIPv6와 제안방안에서 각각 다르게 나타난다. 먼저 HMIPv6에서 도메인 내부에서 이동되는데 사용되는 비용은 (3)에서와 같이 나타난다.

$$C_{hmipv6-local} = (C_{move-detection} + C_{local-registration}) \times m \tag{3}$$

$C_{hmipv6-local}$은 이동노드가 도메인 내부에서의 이동인지 도메인을 바꾸는 이동인지를 감지하기 위한 비용과 도메인 내부에서의 이동에 따른 지역 업데이트를 수행하는데 필요한 비용으로 구성된다. 이동노드가 도메인 내부에서 m번의 이동을 하였을 경우 $C_{hmipv6-local}$은 서브넷을 바꾸는 이동에 소비된 비용의 m배에 해당하는 비용이 사용된다.

PHMIPv6에서의 도메인 내부 이동에 따른 비용은 (4)에서와 같이 나타난다. PHMIPv6에서 이동노드는 이동시 마다 지역 업데이트를 수행하는 것이 아니라, 세션이 시작 될 때 지역 업데이트를 수행한다. 이동노드의 통신의 시작은 세션 수신율에 의해서 표현 되어 질 수 있다. 세션 수신율에 의해 이동노드는 페이징 트리거, T가 발생하게 되고 이때 지역 업데이트와 페이징 비용이 발생하게 된다. 페이징 비용은 (4)에서와 같이 하나의 엑세스 라우터에 사용되는 페이징 비용이 $C_{paging-cost}$일 때 MAP이 관리하는 도메인 내의 엑세스 라우터 수의 곱으로 나타난다. 서브넷의 수를 k로 할때 n개의 레이어로 구성된 도메인 내부에서는 $3n(n+1)+1$개의 서브넷이 존재한다.

$$C_{phmipv6-local} = (C_{move-detection}) \times m + (C_{local-registration} + kC_{paging-cost}) \times T \tag{4}$$

제안방안에서의 도메인 내부 이동에 따른 비용은 (5)에서와 같이 나타난다. 제안방안에서 이동노드는 이동시에 엑세스 라우터를 통해서 MAP에 이동에 관한 정보를 전달한다. 이러한 정보를 통해 PHMIPv6와 다르게 페이징 메카니즘 수행 시 모든 엑세스 라우터에 페이징을 수행하는 것이 아니라 해당 엑세스 라우터에만 페이징을 수행하면 되므로 페이징에 따른 비용을 줄일 수 있다. (5)는 이동노드가 이동시마다 이동 정보를 전달할 때의 비용을 나타낸다. Movement-based 방식을 적용한 비용은 4.3에서 구하겠다.

$$C_{proposedscheme-local} = (C_{move-detection} + C_{movement-alarm}) \times m + (C_{local-registration} + C_{paging-cost}) \times T \tag{5}$$

위에서 각 방안의 이동 관리 비용에 대해 보았다. 다음은 이동감지와 로컬 등록 및 홈 등록, 페이징에 사용되는 비용과 제안방안에서의 이동정보 메시지에 대한 비용을 시스템 모델을 통해 알아보겠다. 먼저 이동감지는 라우터의 주기적인 광고 메시지에 의해서 처리된다. 따라서 엑세스 라우터의 처리비용과 무선구간의 전달비용으로 나타나고 (6)에서와 같이 나타난다. 그러나 제안방안에서 이동노드는 자신의 정보, RCoA와 PA-ID를 라우터 요청 메시지에 포함하여 보내기 때문에 추가적인 비용이 들게 되고 (6-1)에서와 같이 나타난다.

$$C_{move-detection} = a_{AR} + w \quad (6)$$

$$C_{move-detection} = a_{AR} + 2w \quad (6\text{-}1)$$

도메인 내의 로컬 등록비용(7) 및 홈 네트워크의 홈에이전트에게 등록하기 위한 홈 등록비용(8)은 다음과 같다.

$$C_{local-registration} = 2 \times (w + l_{am} + a_{AR}) + a_{MAP} \quad (7)$$

$$C_{home-registration} = 2 \times (w + l_{am} + l_{mh} + a_{AR} + a_{MAP}) + a_{HA} \quad (8)$$

페이징 비용(9)과 이동 정보 메시지에 대한 비용(10)은 다음과 같이 나타난다. 페이징 비용은 하나의 엑세스 라우터에 페이징이 되는 단위 페이징 비용에 해당 도메인에서 관리되는 서브넷의 수에 따라 비용이 결정된다.

$$C_{paging-cost} = w + l_{am} + a_{AR} \quad (9)$$

$$C_{movement-alarm} = l_{am} + a_{MAP} \quad (10)$$

다음은 페이징 트리거의 발생건수, T값에 대해서 알아보도록 하겠다. 페이징 트리거의 발생 건수는 이동노드의 세션 수신률과 셀 거주시간에 의해서 구해진다. 이동노드가 총 m번의 이동을 하였고 T_c의 셀 거주시간을 보일 때 $m \times T_c$값은 이동노드의 가동 시간이 된다. 이동노드가 $m \times T_c$의 가동시간동안 λ의 세션 수신률을 보일 때 페이징 트리거 발생 건수는 $m \times T_c \times \lambda$로 구해질 수 있다. 페이징 트리거는 외부 네트워크에서 이동노드의 패킷이 도착하였을 때 발생되고 MAP은 페이징 트리거가 발행하게 되면 페이징 메카니즘을 수행하게 된다.

4.3 Movement-based 방식 적용

이 논문은 PHMIPv6에서 페이징 비용을 줄이기 위해 이동노드가 Idle 상태에서 이동시 MAP에게 이동된 서브넷의 정보를 보낸다. 이러한 방안은 페이징 비용을 효과적으로 줄일 수 있다. 그렇지만 이동노드가 빠른 이동을 할 때 추가적인 비용으로 인해 성능이 낮아 질 수 있다. 따라서 3.3에서 이러한 문제를 해결하기 위한 방안에 대해 살펴보았다.

여기서는 이동노드의 세션 수신률을 고려하여 3.3에서 설명한 방안에서 최대 효율을 낼 수 있는 이동 값, d에 대해 알아보도록 하겠다.

이동노드가 $\lambda_s \le \lambda \le \lambda_e$의 세션 수신률을 보일 때 해당 이동노드의 도메인 내에서의 이동 관리 비용은 4.2의 (5)번 식에 의해서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f(\lambda) = \int_{\lambda_s}^{\lambda_e} [(C_{move-detection} + C_{movement-alarm}) \times m + (C_{local-registration} + C_{paging-cost}) \times m T_c \lambda] d\lambda \quad (11)$$

위의 식에서 Movement-based 방식을 적용하여 이동노드가 d번 이동 마다 이동된 서브넷의 정보를 MAP에게 전달하면 엑세스 라우터에 의해 MAP에게 이동노드의 정보가 전달되는 비용은 $C_{movement-alarm} \times m$에서 $\frac{C_{movement-alarm} \times m}{d}$ 값으로 줄어든다. 그러나 페이징 되어야 할 서브넷의 수는 $n = d-1$로 했을 때 $3n(n+1)+1$으로 늘어나게 되므로 다음 함수가 최소값을 나타내는 d값에서 최적화된 성능을 나타 낼 수 있다.

$$f(d) = \frac{C_{movement-alarm} \times m}{d} + \{3n(n+1)+1\}\, C_{paging-cost} \quad (12)$$

이동노드의 이동관리 비용을 최소로 하는 d값은 위의 함수를 최소로 할 때의 값으로 $f'(d) = 0$을 만족하는 값에 가장 가까운 정수 값으로 구할 수 있다.

이와 같이 제안방안에 Movement-based 방식을 적용하여 이동 관리를 하게 되면 이동노드의 도메인 내부에서의 이동 비용은 (13)에서와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{proposedscheme-local} = C_{move-detection} \times m + \frac{C_{movement-alarm} \times m}{d} + [C_{local-registration} + \{3n(n+1)+1\} C_{paging-cost}] \times T \quad (13)$$

4.4 성능 평가

본 절에서는 앞에서 기술한 시스템 모델 및 비용 분석 결과를 기반으로 제안된 모델의 성능 평가 결과를 기술한다. 성능평가는 이동 관리에 사용되는 비용을 HMIPv6, PHMIPv6 및 제안방안에 대해 세션 수신률, 셀 거주시간 그리고 MAP이 관리하는 서브넷의 수에 따라 비교 분석 하겠다.

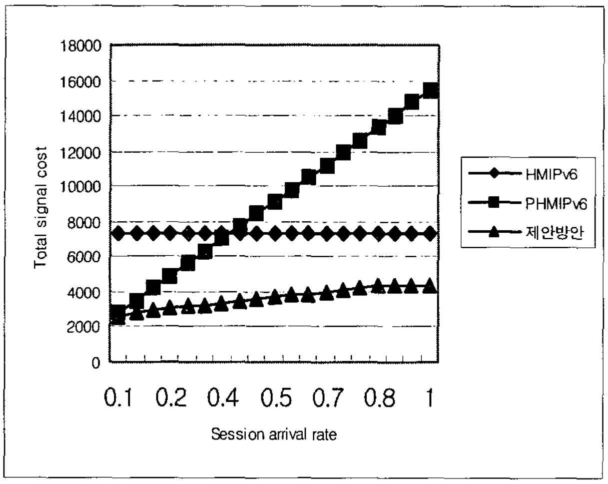
성능평가에 필요한 파라미터는 [12]에서의 값을 참조하였으며 다음과 같다.

〈표 1〉 시스템 파라미터

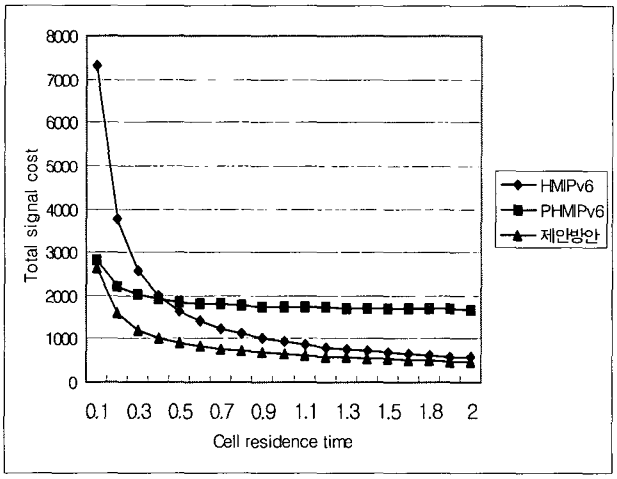
a_{AR}	a_{MAP}	a_{HA}	l_{am}	l_{mh}	w
10	15	25	10	25	2

4.4.1 이동노드의 세션 수신률과 셀 거주시간에 따른 성능 비교

이동노드의 세션 수신률과 셀 거주시간에 따른 HMIPv6, PHMIPv6 그리고 제안방안의 총 시그널 메시지 비용을 비교 분석 하겠다. 4개의 레이어로 구성된 MAP 도메인에서 동일시간 동안 사용된 이동노드의 총 위치 관리 비용을 세션 수신률과 셀 거주시간의 변화에 따라 비교 분석 하였다.



(그림 5) 세션 수신률에 따른 비용분석

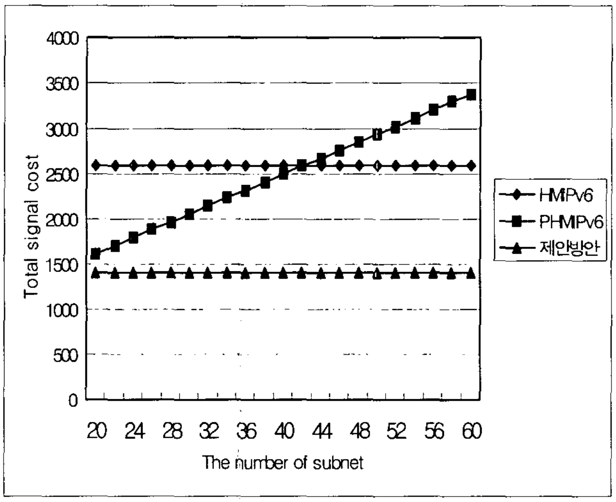


(그림 6) 셀 거주시간에 따른 비용분석

(그림 5)는 이동노드의 세션 수신률의 변화에 따른 비용 분석이다. HMIPv6는 이동노드의 상태 구분 없이 이동시 마다 지역 업데이트를 수행한다. 따라서 세션 수신률의 변화에 상관없이 동일한 시그널 비용이 사용된다. PHMIPv6는 이동노드가 통신이 비활성화인 상태에서는 지역 업데이트를 수행하지 않으므로 세션 수신률이 낮을 때 총 시그널 비용이 적게 나타난다. 그러나 세션 수신률이 증가함에 따라 페이징 발생이 빈번해지고 페이징 발생 시 큰 비용이 사용되기 때문에 비용은 급격히 증가하여 세션 수신률이 0.6에 도달하게 되면 HMIPv6의 이동 관리 비용보다 큰 비용을 사용하게 된다. 제안방안에서는 페이징 메카니즘 수행 시 페이징 요청 메시지 비용을 줄임으로써 세션 수신률의 증가에 따른 총 시그널 비용의 상승을 낮출 수 있다. 또한 세션 수신률에 따라 d값을 다르게 설정함으로써 이동관리 비용을 줄일 수 있다. (그림 6)에서는 셀 거주시간의 변화에 따른 이동노드의 비용을 비교 분석 하였다. 셀 거주시간이 길어짐에 따라서 HMIPv6는 이동노드의 이동이 작아져서 이동관리에 따른 시그널 비용이 줄어들게 된다. 그러나 PHMIPv6에서는 셀 거주시간이 길어지게 되면 불필요한 위치 관리 비용을 절약하게 되는 페이징의 장점이 줄어들게 되고 페이징 메카니즘의 문제점이라고 할 수 있는 큰 페이징 비용으로 인해 HMIPv6보다 많은 위치 관리 비용이 발생할 수 있다. 제안방안에서는 셀 거주시간이 길어짐에 따라 d값을 작게 설정하여 페이징 비용을 최소화 할 수 있다. 셀 거주시간에 따라 d값을 설정하여 도메인 내부의 페이징 될 지역을 동적으로 설정함으로써 페이징 메카니즘의 단점을 보완할 수 있다. 위의 두 그림에서와 같이 PHMIPv6는 셀 거주시간이 클 때, 세션 수신률이 높아 질 때 HMIPv6 보다 큰 위치 관리 비용이 나타나는 문제점이 발생한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 제안방안에서는 페이징 될 지역을 동적으로 도메인 내부의 일부지역으로 한정함으로써 PHMIPv6의 문제를 해결하고 HMIPv6 보다 위치 관리에 사용되는 시그널 비용을 줄일 수 있다.

4.4.2 서브넷 수에 따른 성능비교

PHMIPv6는 페이징 메카니즘 수행 시 MAP이 관리하는 서브넷의 수에 의존해서 동작을 수행한다. 결과적으로 아래의 그림과 같이 서브넷의 수가 많아질수록 비용이 많아지며 일정수가 넘어가면 HMIPv6에서의 이동 관리 비용보다 큰 비용을 소비하게 된다. [9]에서 저자는 서브넷 수에 따른 IP 페이징 기법의 성능을 비교하고 서브넷의 수가 많을 경우 위치 관리 비용이 증가하게 되는 페이징 기법의 문제점을 지적하고 있다.



(그림 7) 서브넷 수에 따른 시그널 메시지 비용

제안방안은 MAP이 관리하는 서브넷의 수에 의존하지 않고 동작하게 된다. 이동노드의 세션 수신률 및 셀 거주시간의 특성에 따라서 (식 12)에 의해 d값을 구하고 페이징 될 지역을 도메인 내부의 일부 지역으로 한정한다. 따라서 도메인 내부의 서브넷의 수가 증가 하더라도 이에 반응하지 않고 동작하게 된다.

5. 결 론

본 논문은 이동노드의 이동 관리 메시지 비용을 줄이기 위한 방안에 대해 제안하고 있다. 이동 관리 메시지는 이동노드가 외부 네트워크로 이동하였을 경우 지속적인 통신을 유지하기 위해 사용되는 메시지이다. 노드의 이동성에 관해 설명하고 있는 MIPv6[1]를 보면 이동노드는 이동성을 제공받기 위해 외부 네트워크에서 생성한 주소를 홈네트워크에의 주소와 바인딩 하는 메시지를 홈에이전트에게 전달한다. HMIPv6[4]에서는 이러한 이동관리 메시지를 줄이기 위해 MAP을 정의하고 노드의 지역이동을 관리한다.

PHMIPv6[5]는 이동노드의 상태를 정의하고 통신이 비활성화인 상태에서 도메인 내부에서의 이동 시 지역 업데이트를 수행하지 않음으로써 불필요한 시그널 비용을 절약한다. 그러나 이동노드의 세션 수신률이 클 경우 또는 도메인 내의 서브넷의 수가 많을 경우 많은 페이징 비용이 발생하여 HMIPv6 보다 큰 이동 관리 비용이 나타나는 것을 4.4절에서 보았다. 또한 이동노드의 셀 거주시간이 클 경우 PHMIPv6는 이동에 따른 불필요한 이동 관리 메시지를 줄인다는 이점을 나타내지 못하고 오히려 HMIPv6 보다 많이 이동 관리 비용을 사용하게 된다.

제안방안에서는 이동노드가 도메인 내부에서 통신이 비활성화인 상태에서 이동 시 자신이 이동한 서브넷의 정보를 MAP에게 전달함으로써 페이징 비용을 줄이고 전체적으로 효율적인 이동 관리를 수행할 수 있다. 또한 4.3절에서는 이동노드의 세션 수신률, 셀 거주시간의 특성을 토대로 가장 효율적인 이동관리를 수행할 수 있도록 movement-based 방식을 적용하여 식(12)에 의해 가장 최적의 성능을 발휘할 수 있는 이동상수 d값을 결정하게 된다. 제안방안은 외부 네트워크에서 이동노드의 패킷이 도착 하였을 시 수행하는 페이징 메카니즘의 페이징 영역을 도메인 내부의 일부 영역으로 한정함으로써 페이징 비용을 줄이게 된다. 또한 PHMIPv6와는 달리 도메인 내부의 서브넷 수에 상관없이 동작을 수행하게 된다.

본 논문은 제안방안과 HMIPv6, PHMIPv6의 이동 관리 비용을 비교 분석하였다. 4.4절에서의 결과와 같이 이동노드가 네트워크를 이동함에 따라 필요 되는 이동 관리 메시지를 다른 방안에 비해 효율적으로 사용함으로써 이동노드의 이동관리 기술을 향상 시킬 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June, 2004.

[2] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6)", RFC 2461, December, 1998.

[3] S. Thomson, T. Narten, "IPv6 Stateless Address Auto-configuration", RFC 2462, December, 1998.

[4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, August, 2005.

[5] Jun-seob Lee, Jae-hong Min, Ki-shin Park, Sang-ha Kim, "Paging extention for Hierarchical Mobile IPv6 : P-HMIPv6", Networks 2003. ICOIN2003. IEEE, 2003.

[6] X. zhang, A. Campbell, K. Sawada, M. Barry, "P-MIP : Minimal Paging Extensions for Mobile IP", Internet Draft, IETF, July, 2000.

[7] J. Kempf, "Dormant Mode Host Alerting ("IP Paging") Problem Statement", RFC 3132, June, 2001.

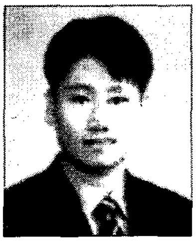
[8] J. Kempf, C. Castelluccia, P. Mutaf, N. Nakajima, Y. Ohba, R. Ramjee, Y. Saifullah, X. Xu, "Requirements and Functional Architecture for an IP Host Alerting Protocol", RFC 3154, August, 2001.

[9] James Kempf, Pars Mutaf, "IP Paging Considered Unnecessary: Mobile IPv6 and IP Paging for Dormant Mode Location Update in Macrocellular and Hotspot Networks", Wireless Communications and Networking. WCNC2003. IEEE, 2003.

[10] I. F. Akyildiz, S. M. Ho, and Y.-B. Lin, "Movement-based location update and selective paging for PCS networks," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol.4, Aug., 1996.

[11] Miyoung Kim, Youngsong Mun, "An Authentication Scheme using AAA in Hierarchical MIPv6", Telecommunication Review 14-5, October, 2004.

[12] Jiang Xie, Ian F. Akyildiz, "A Novel Distributed Dynamic Location Management Scheme for Minimizing Signaling Costs in Mobile IP", IEEE Transaction on Mobile Computing, July-September, 2002.



신 충 수

e-mail : endecha@sunny.ssu.ac.kr
2001년 명지대학교 전기전자공학부(학사)
2006년 숭실대학교 대학원 컴퓨터 공학과 (공학석사)
관심분야 : 모바일 아이피, 네트워크 보안, 성능향상

문 영 성

e-mail : mun@computing.ssu.ac.kr
1983년 연세대학교 전자공학과(학사)
1986년 알버타대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1987년~1994년 한국통신 연구원
1993년 텍사스대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학박사)
1994년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 부교수
관심분야 : Mobile IPv6, IPv6, IPv6 Security, Grid networking