

HMIPv6에서 실시간 트래픽의 전송 성능 향상 방안

정회원 박원길*, 김병기*

Improving Transmission Performance of Real Time Traffic in HMIPv6

Won-gil Park*, Byung-gi Kim* *Regular Members*

요 약

HMIPv6(Hierarchical MIPv6)는 MAP(Mobility Anchor Point)이라는 에이전트를 사용하여 MIPv6의 핸드오버 처리 성능을 향상시켰다. 이 프로토콜은 모바일 노드 대신에 모든 패킷을 받으며, 모바일 노드를 대신하여 모바일 노드를 목적지로 하는 모든 패킷을 받아서 모바일 노드의 CoA(Care-of Address)로 패킷을 재전송한다. 그러나, 계층적 MAP 구조에서 발생하는 등록의 집중화 현상 때문에 전체 네트워크에 영향을 줄 수 있다. 본 논문에서는 모바일 노드가 MAP 선택 시 트래픽 특성에 의하여 MAP을 선택하는 방법과, 홈 에이전트나 상대 노드에서 바인딩 업데이트를 처리할 때 실시간 트래픽을 위한 멀티 레벨 큐에 의한 차등화 처리방법을 제안하였다. 성능 평가는 셀 거주 시간에 따른 전체 핸드오버 비용의 변화를 분석하였다. 성능 분석을 통해 제안방법이 위치 등록 비용과 모바일 노드의 전체 비용에서 향상됨을 보였다.

key Words : Hierarchical Mobile IPv6, Performance Analysis, MAP, Multi-class Queue, Real Time Traffic

ABSTRACT

HMIPv6 improved the handover management of basic MIPv6 by introducing the new protocol agent MAP. In this new protocol, MAP instead of the Mobile Node intercepts all packets and redirects the packets to CoA of the Mobile Node. However, this process may degrade the network performance due to the centralization phenomenon of registration occurring in the hierarchical MAP structure.

We propose two schemes to improve real time traffic performance. First proposal is a MAP selection method in which MAP is selected based on traffic characteristics. And we also propose differentiated traffic processing scheme with multi-level queues when Home Agent or Correspondent Nodes process Binding Update messages. Performances of the proposed scheme are analyzed. Analysis result shows that our model has good performance in the respect of location update cost and total cost of Mobile Nodes.

1. 서론

MIPv6은 저속 이동 장치를 위하여 만들어졌기 때문에 고속의 이동성을 지원하는데는 어려움이 있다^[1,2]. 새로운 서비스 영역으로 들어갔을 때, 모바일

노드는 CoA라는 임시 주소를 획득하고 이 새로운 주소를 바인딩 업데이트 메시지를 통하여 홈 에이전트에게 알린다. 홈 에이전트는 모바일 노드의 현재 위치로부터 멀리 떨어진 홈 네트워크에 위치하기 때문에 바인딩 업데이트의 지연과 패킷 손실이

* 본 연구는 숭실대학교 교내 연구비 지원으로 이루어졌음.

* 숭실대학교 컴퓨터학과 컴퓨터 구조 연구실 (prudent_woman@yahoo.co.kr)

논문번호 : KICS2006-02-096, 접수일자 : 2006년 2월 23일, 최종논문접수일자 : 2006년 10월 23일

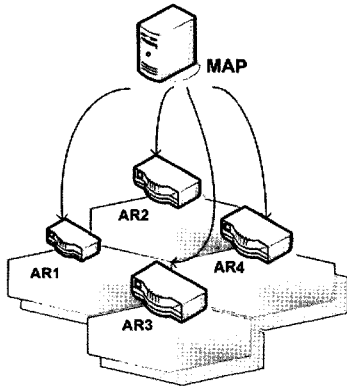


그림 1. HMIPv6 네트워크 구조

발생한다. 결과적으로 이러한 지연과 패킷 손실은 실시간 트래픽의 종단 간 QoS에 영향을 미친다^[1,2].

그래서 IETF(Internet Engineering Task Force)는 MIPv6의 핸드오버 관리를 향상시키기 위하여 HMIPv6(Hierarchical MIPv6)를 제안하였다. MIPv6의 바인딩 문제를 향상시키기 위하여 MAP(Mobility Anchor Point) 라는 에이전트를 추가하여 외부 네트워크에서 홈 에이전트같이 행동한다^[3].

그림 1에서, 모바일 노드가 AR1에 함께 연결되었다고 가정하자. MAP은 임시 홈 에이전트의 역할을 하고, AR1은 로컬 AR(Access Router)로 동작한다. 모바일 노드는 MAP 과 지역 AR로부터 새롭게 진입한 네트워크에 접속하기 위한 네트워크 설정 파라미터 등을 RA(Router Advertisement) 메시지를 통해 받는다. 그리고 RCoA(Regional Care of Address)와 LCoA(on-Link Care of Address)을 생성한다. 모바일 노드는 RCoA 와 LCoA를 사용하여 자신을 홈 에이전트와 상대 노드에게 등록한다. 그러나 너무 많은 모바일 노드가 한 MAP에 할당되면 심각한 시그널 오버헤드와 처리 오버로드를 일으킨다. 이러한 상황을 피하려면 모바일 노드가 모든 MAP에 고르게 분배되어야 한다^[4,7].

본 연구에서는 계층적 MAP 구조에서 모바일 노드의 트래픽 특성에 따라 MAP을 선택하는 방법과 멀티 레벨 큐를 사용하여 실시간 트래픽의 바인딩 업데이트 메시지를 분류하는 방법을 제안한다. 이 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 HMIPv6에서 모바일 노드의 이동성을 기술하고, III장에서는 이 논문에서 제안하는 트래픽 특성에 의한 MAP 선택 방법과, 실시간 트래픽을 위한 바인딩 업데이트 메시지 분류 방법을 설명한다. IV장에서는 제안하는 방법의 성능을 평가하고, V장에서는 그 결과

를 분석하며, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. HMIPv6

계층적 모바일 IP에서 MAP과 관련된 여러 가지 고려사항이 있다. 첫 번째는 계층적 네트워크 구조에서 모든 AR이 MAP의 역할을 하는 것이다. 즉, 계층적 네트워크에서 모든 AR이 MAP이 될 수 있으며, 소수의 특정 위치의 AR만이 MAP이 될 수도 있다. 두 번째는 하위 AR들을 담당하는 MAP에서 이동 단말기의 수와 이동성 제어에 대한 부하관리이다. 계층적 네트워크에서 MAP 역할을 하는 AR들도 계층적으로 구성될 수 있다. 따라서 각 이동 단말기의 이동성을 관리하는 담당 MAP을 어떻게 결정하느냐이다. 이것은 MAP의 계층적 구성과 이에 대한 접근에 대한 문제이다. 그림 2에 모든 AR이 MAP 역할을 하는 경우를 보여주고 있다. 세 번째는 특정한 상황에 대한 이동 단말기의 이동 특성에 대한 이동 단말기와 MAP과의 관계를 설정하는 문제이다. 예를 들면 특정 시간대 혹은 hot-spot 지역과 같은 특정 장소에서 MAP에 이동 단말기가 집중되는 경우의 문제이다. HMIPv6는 이러한 모바일 노드의 효율적 이동성 관리를 위하여 제안되었다. MAP은 마치 홈 에이전트처럼 행동하여 MIPv6의 변경을 최소화하면서 더 나은 성능을 제공한다^[6].

HMIPv6에는 마이크로와 매크로 두 종류의 핸드오버가 있다. 마이크로 핸드오버는 같은 MAP에 속한 AR 영역 사이에서 발생하는 핸드오버이다. 예를 들어 그림 2에서 모바일 노드가 AR1의 서비스 영역에서 AR2 영역으로 갈 때 마이크로 핸드오버가 발생한다. AR1과 AR2는 같은 MAP1의 영역 안에 있으므로 모바일 노드의 MAP은 바뀌지 않는다. 서로 다른 MAP 영역 사이에서 발생하는 핸드오버가 매크로 핸드오버이다. 모바일 노드가 AR2의 영역에

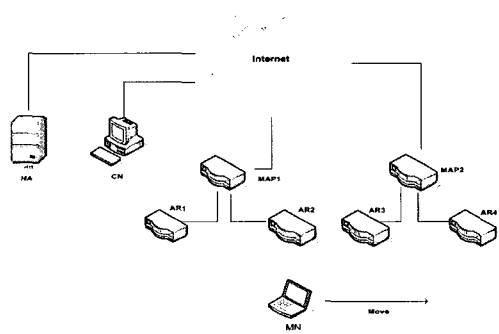


그림 2. HMIPv6의 기본적 동작

서 AR3의 영역으로 이동하면, 매크로 핸드오버가 발생한다. 이 경우 관련 MAP이 MAP1에서 MAP2로 바뀐다.

마이크로 핸드오버에서 LCoA는 변경되지만 RCoA는 바뀌지 않는다. 따라서 홈 에이전트나 상대 노드에게 이를 알릴 필요가 없다. 그러나 매크로 핸드오버가 발생하면 MAP이 바뀌므로, 모바일 노드는 홈 에이전트나 상대 노드에게 바인딩 업데이트를 보내 등록하는 작업이 필요하다. 매크로 핸드오버의 경우, 모바일 노드가 홈 에이전트하고 멀리 떨어져 있으면 긴 등록 지연이 발생하는 문제가 있다.

III. 제안 방법

3.1 트래픽 특성에 따른 MAP 선택

모바일 노드는 MAP이나 AR이 보내는 RA 메시지 내의 MAP option을 사용하여 MAP을 선택한다. 이 때 NMAP(Next MAP)을 미리 설정함으로써 핸드오버 지연을 줄이기 위한 방법을 제안한다. 통신 서비스는 MAP을 선택하는데 있어 중요한 요소이므로, NMAP을 위한 선택 요소로 사용한다. 모바일 노드는 통신 서비스에 근거해서 NMAP을 선택하고, 모바일 캐시에 정보를 저장한다.

HMPIPv6에서 모바일 노드가 MAP 사이를 이동할 때, 모바일 노드는 이웃이나 멀리 떨어진 MAP으로부터 RA 메시지를 받는다. 제안된 방법에서는 모바일 노드가 움직일 때 이웃으로부터 RA 메시지를 받아, RA 메시지를 보고, 실시간 데이터이면 모바일 노드는 홈 에이전트나 상대 노드에 가까운 MAP을 NMAP으로 선택하고, 비실시간 데이터이면 모바일 노드와 가까운 MAP을 NMAP으로 선택한다.

그림3은 제안된 시스템 모델을 보여준다.

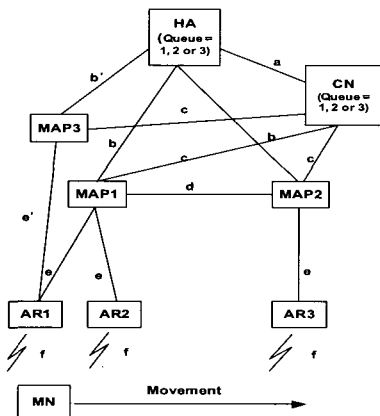


그림 3. 제안 방법의 시스템 모델

모바일 노드의 트래픽은 이미지나 보이스 같은 실시간 트래픽과 데이터 같은 best effort 트래픽 두 종류로 구분할 수 있다. 이러한 트래픽 특성에 근거하여 MAP을 선택하면 효율성을 높일 수 있다.

3.2 멀티레벨 큐를 이용한 바인딩 업데이트 메시지 분류

모바일 노드는 홈 에이전트나 상대 노드로 바인딩 업데이트를 보내기 위하여 많은 시간을 소비한다. 홈 에이전트는 다수의 모바일 노드를 관리하는데 모든 모바일 노드는 이동성을 가진다. 그러므로 홈 에이전트가 관리하는 모바일 노드가 증가하면, 홈 에이전트의 바인딩 업데이트 메시지가 증가한다. 이런 현상이 지속되면 홈 에이전트 캐시의 오버플로우가 발생하여, 처리시간은 더욱 길어지게 된다. 이것은 홈 에이전트 캐시가 실시간 데이터를 비실시간 데이터보다 빠르게 처리하지 못하는 결과를 낳는다. 따라서 홈 에이전트나 상대 노드가 실시간 데이터를 빠르게 처리하기 위해서는 새로운 방법이 필요하다.

이를 위하여 본 연구에서는 모바일 노드의 위치가 변경되었을 때 이 새로운 위치를 등록하기 위하여 홈 에이전트나 상대 노드의 대기 큐에서 바인딩 업데이트를 수행하는 새로운 방법을 제안한다. 모바일 노드가 한 영역에서 다른 영역으로 이동하여 홈 에이전트나 상대 노드에게 바인딩 업데이트 메시지를 보낸다고 하자. 이때, 모바일 노드의 이동성이 낮으면 바인딩 업데이트 메시지에 우선순위를 낮게 표시하고, 모바일 노드가 빠르게 움직이거나 멀티미디어 데이터를 전송하고 있으면 우선순위를 높게 표시한다.

이것을 처리하기 위하여, 기존의 바인딩 업데이트 메시지에 1 비트를 추가하고, 이 비트를 R(Real time Traffic)이라고 부른다. 홈 에이전트는 바인딩 업데이트 메시지의 R 비트 값에 따라 처리 방법을 달리한다. 만약 처리하려는 데이터가 실시간 데이터거나 빠른 이동성을 가진 노드라면, 홈 에이전트

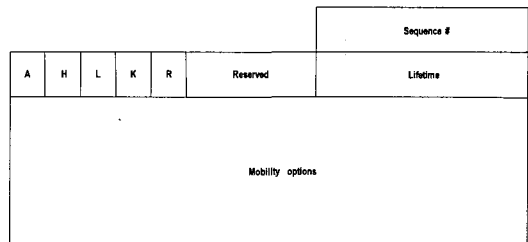


그림 4. 우선순위 비트를 포함한 바인딩 업데이트 메시지

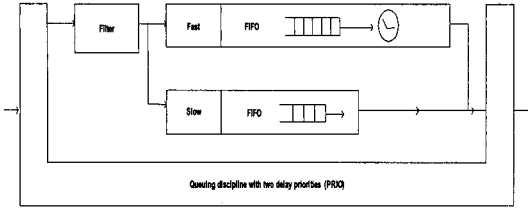


그림 5. 홈 에이전트의 멀티레벨 큐

는 빠르게 처리하도록 설정한다. 그러나 그 반대의 상황이라면 홈 에이전트는 비실시간 처리를 함으로써 네트워크 전체의 성능을 증가시킨다.

그림 4는 제안한 바인딩 업데이트 메시지 형식이다. 모바일 노드가 다른 영역으로 이동한 후, 홈 에이전트나 상대 노드에게 바인딩 업데이트 메시지를 보낸다. 이 메시지의 R 비트 값은 모바일 노드의 움직임에 따라 결정된다. 만약 모바일 노드가 느리게 움직이거나 멈추어져 있다면 바인딩 업데이트의 R 비트는 0으로 설정하고, 그렇지 않다면 바인딩 업데이트의 R 비트를 1로 설정한다.

그림 5는 홈 에이전트의 우선순위 처리 방식을 보여준다. 모든 트래픽이 하나의 큐를 공유하는 대신 여러 개 큐를 두어 우선순위에 따라 실시간 트래픽을 처리함으로써 처리 성능을 개선한다.

홈 에이전트가 이동성이 큰 모바일 노드를 많이 가지고 있다면 이 홈 에이전트의 바인딩 업데이트 처리 시간은 커질 것이다. 이 때 트래픽 종류에 상관없이 큐 하나를 공유하여 사용한다면 실시간 트래픽이 홈 에이전트나 상대 노드에서 기다리는 시간이 길어질 것이다. 그러므로 멀티미디어 데이터의 점유율이 높아져 상대 노드에서 지연시간이 증가한다면, 결국 네트워크의 전체 성능은 떨어질 것이다. 그러나 트래픽 특성에 따라 우선순위를 두어 처리한다면 대기시간은 감소되어, 전체적인 성능 향상을 가져올 것이다.

IV. 성능평가

4.1 이동성 모델

성능평가에 사용하는 네트워크는 그림 6과 같은 6각형 셀룰러 구조를 가정한다. 그리고 각 MAP 도메인은 링 D와 같은 수로 구성되어졌다고 가정한다. 각 링 $d(d \geq 0)$ 는 $6d$ 개의 셀로 구성된다. 가장 안 쪽 셀 0은 중심 셀이라고 불리며, 중심 셀 주변의 셀 번호는 1로 한다. 1번 링 주변에는 2번이 배치되고 계속 이런 식으로 형성된다. 그러므로 링 D

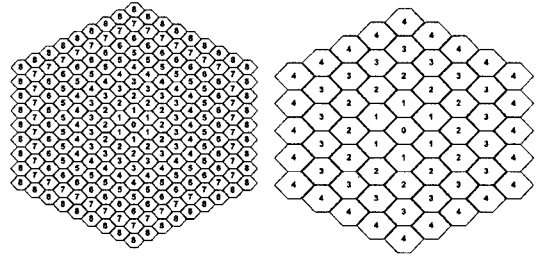


그림 6. 6각형 셀룰러 네트워크 구조(D=8, D=4)

까지 증가되는 셀의 수 $N(D)$ 는 다음 식으로 계산된다.

$$N(D) = 1 + 6 \cdot \sum_{d=1}^D d = 1 + 3 \cdot D \cdot (D + 1) \quad (1)$$

우리는 LA(Location Area)의 중심과 MN의 현재 위치 사이의 거리로써 마코프 체인의 상태 $d(d \geq 0)$ 을 정의 한다. 이 상태는 MN가 위치 되어진 링의 인덱스 하고 같다. 결과적으로, 만약 MN가 링 d 에 현재 위치하고 있다면 MN은 d 의 상태에 있다고 말한다.

이 모델에서 모바일 노드의 다음 위치는 이전 위치에 임의의 분포로부터 독립적으로 추출된 확률변수(Random Variable)를 더해서 구한다. 모바일 노드가 다른 셀 영역으로 움직일 확률은 $1-q$ 이고, 현재 셀에 계속 머무를 확률은 q 이다. 모바일 노드가 링 d 의 셀에 있을 때, 움직일 확률은 중심 셀로부터 거리가 증가하거나 감소할 확률로부터 구할 수 있다. 거리가 증가할 확률 $P^+(d)$ 와 감소할 확률 $P^-(d)$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$P^+(d) = \frac{2d+1}{6d} \quad \text{and} \quad P^-(d) = \frac{2d-1}{6d} \quad (2)$$

중심 셀로부터 모바일 노드까지의 거리가 증가할 확률 $\alpha_{d,d+1}$ 과 감소할 확률 $\beta_{d,d-1}$ 은 다음과 같다.

$$\alpha_{d,d+1} = \begin{cases} (1-q) & \text{if } d=0 \\ (1-q)p^+(d) & \text{if } 1 \leq d \leq D \end{cases} \quad (3)$$

$$\beta_{d,d-1} = (1-q)p^-(d) \quad \text{if } 1 \leq d \leq D \quad (4)$$

D 범위의 링으로 구성된 MAP 영역 내에서 상태 d 의 steady-state 확률 P_d, D 는 식(5)와 같다.

$$P_{d,D} = P_{0,D} \prod_{i=0}^{d-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}} \quad \text{for } 1 \leq d \leq D \quad (5)$$

이 식은 $\sum_{d=0}^D P_{d,D} = 1$ 의 조건과 식(6)의 초기조건을 이용하여 풀 수 있다.

$$P_{0,D} = \frac{1}{1 + \sum_{d=1}^D \prod_{i=0}^{d-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}}} \quad (6)$$

4.2 비용 함수

일반적으로 무선 모바일 네트워크의 성능을 분석하기 위하여, 위치 갱신 비용과 페이징 비용을 더한 전체 비용을 사용한다. 그러나 HMIPv6는 페이징 기능을 지원하지 않으므로, 전체 비용을 위치 갱신 비용과 패킷 전달 비용(Packet Delivery Cost)의 합으로 계산한다. 위치 관리 비용, 제안방법의 새로운 위치 갱신 비용 그리고 홈에이전트나 상대 노드에서 멀터 레벨 큐의 우선순위에 따른 전달 비용, 우선순위가 high class 일때, medium class 일때, low class 일때 각각 Clocation, Cnew-location, Cpacket-high, Cpacket-medium, Cpacket-low으로 각각 나타낸다. HMIPv6의 전체 비용 Ctotal과 제안된 방법의 비용 Cnew-total, Cnew-total-high, Cnew-total-medium, Cnew-total-low은 다음과 같다.

$$C_{total} = C_{location} + C_{packet} \quad (7)$$

트래픽 특성에 의한 MAP 선택방법을 택했을 경우, HMIPv6의 전체 비용은 다음과 같다.

$$C_{new-total} = C_{new-location} + C_{packet} \quad (8)$$

실시간 트래픽을 위한 멀터 레벨 큐에 의한 바인딩 업데이트(Binding Update)의 메시지의 차등화 처리 방법에 의한 전체 비용은 다음과 같다.

$$C_{new-total-high} = C_{location} + C_{packet-high} \quad (9)$$

$$C_{new-total-medium} = C_{location} + C_{packet-medium} \quad (10)$$

$$C_{new-total-low} = C_{location} + C_{packet-low} \quad (11)$$

4.3 위치 갱신 비용

모바일 노드가 새로운 MAP 영역으로 이동하면, RCoA와 LCoA를 새로 구성해야 한다. HMIPv6에서 모바일 노드는 전역 바인딩 업데이트(Global Binding Update)와 지역 바인딩 업데이트(Local Binding Update) 두 종류의 바인딩 업데이트를 수행한다. 전역 바인딩 업데이트에서 모바일 노드는 RCoA를 상대 노드와 홈 에이전트와 함께 등록한다. 반면에 모바일 노드가 같은 MAP 영역 내에서 현재 주소를 변경했다면, MAP에 등록하는 것만으로 충분하다.

C_g , C_{new_g} , C_l 은 각각 전역 바인딩 업데이트, 제안 방법의 전역 바인딩 업데이트, 그리고 지역 바인딩 업데이트에 필요한 신호 비용(Signalling Cost)을 나타낸다. IP 네트워크에서 신호 비용은 두 네트워크 요소의 거리에 비례한다. C_g , C_{new_g} , C_l 은 아래 식으로부터 구할 수 있다.

$$C_g = 2 \cdot (k \cdot f + \tau \cdot (b + e)) + 2 \cdot N_{CN} \cdot (k \cdot f + \tau \cdot (b + c)) + PC_{HA} + N_{CN} \cdot PC_{CN} + PC_{MAP} \quad (12)$$

$$C_{new_g} = 2 \cdot (k \cdot f + \tau \cdot (b' + e')) + 2 \cdot N_{CN} \cdot (k \cdot f + \tau \cdot (b' + c)) + PC_{HA} + N_{CN} \cdot PC_{CN} + PC_{MAP} \quad (13)$$

$$C_l = 2 \cdot (k \cdot f + \tau \cdot e') + PC_{MAP} \quad (14)$$

여기에서 τ 와 k 는 각각 유선과 무선 링크에서 단위 전송 비용이다. PCHA, PCCN, PCMAP은 각각 홈 에이전트, 상대 노드, MAP에서 바인딩 업데이트 처리를 위한 비용이다. 그림 3의 제안방법의 시스템 모델에서 b , b' , c , e , e' , f 는 노드 사이의 홉 거리를 나타내며 N_{CN} 은 모바일 노드와 통신하는 상대 노드의 수를 나타낸다.

HMIPv6는 MAP이라는 지역 에이전트를 사용하여 신호 비용이 감소되도록 MIPv6을 향상시킨 것이다. MAP은 AR을 포함하는 라우터의 계층 구조의 어느 레벨에도 위치할 수 있다. 모바일 노드가 한 영역 내에서 하위 네트워크 주변으로 움직였을 때, 모바일 노드는 현재의 MAP에게만 바인딩 업데이트 메시지를 보내면 된다. 제안된 방법에서는 이런 점을 이용하여 전역 바인딩 업데이트의 확률을 줄였다.

랜덤 워크 이동성 모델에서 모바일 노드가 전역 바인딩 업데이트를 수행할 확률은 다음과 같다.

$$P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1} \quad (15)$$

특히, 만약 MN가 D ring 범위로 구성되어진 MAP 도메인의 경계링과 D ring 범위에 위치되어 졌다면, ring D의 범위로부터 ring D+1의 범위로 움직임을 수행했다. 모바일 노드가 D 링 범위로 구성된 MAP 영역의 경계 링과 D 링 범위에 있다가 ring D의 범위로부터 ring D+1의 범위로 움직임을 수행했다고 가정하자. 이 때 모바일 노드는 전역 바인딩 업데이트 처리를 수행한다. 이 움직임을 제외하면 모바일 노드는 지역 바인딩 업데이트만 수행한다. 그러므로 일반적인 경우의 위치 갱신 비용과 제안된 방법의 위치 갱신 비용은 다음 식과 같다.

$$C_{location} = \frac{P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1} \cdot C_g + (1 - P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1}) \cdot C_l}{T} \quad (16)$$

$$C_{new-location} = \frac{P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1} \cdot C_{new-g} + (1 - P_{D,D} \cdot \alpha_{D,D+1}) \cdot C_l}{T} \quad (17)$$

여기에서 T는 평균 셀 거주 시간을 나타낸다. 모바일 노드의 트래픽 특성에 의한 MAP 선택과 실시간 트래픽을 위한 멀티레벨 큐에 의한 바인딩 업데이트 메시지 분류에서의 위치 갱신 비용은 같다.

4.4 패킷 전달 비용

HMIPv6에서 모바일 노드의 트래픽 특성에 따라 MAP을 선택할 때 발생하는 패킷 전달 비용은 다음과 같다.

$$C_{packet} = C_{MAP} + C_{HA} + C_{CN-MN} \quad (18)$$

식 (18)에서, C_{HA} 는 홈 에이전트에서 패킷 처리를 위한 처리 비용을 나타낸다. C_{CN-MN} 은 상대 노드로부터 모바일 노드까지의 패킷 전송 비용을 나타낸다. HMIPv6에서 MAP은 매핑 테이블을 관리하고 모바일 노드의 현재 위치를 추적하기 위하여 사용되었다. 모바일 노드로 향하는 모든 패킷은 MAP이 받아서, 매핑 테이블을 사용하여 모바일 노드의 CoA로 터널링한다. 그러므로 매핑 테이블을 lookup하는 시간이 필요하고 성능 평가 시에 이 시간을 고려해야 한다. 패킷이 MAP에 도착했을 때, MAP은 매핑 테이블로부터 목적지 모바일 노드의

현재 CoA를 선택하고, 이를 이용하여 패킷을 모바일 노드로 전달한다. 그러므로 MAP에서 처리 비용은 lookup 비용(C_{lookup}), 라우팅 비용($C_{routing}$) 그리고 큐에서 대기 시간(C_{wait})으로 나누어진다. Lookup 비용은 매핑 테이블의 크기에 비례하며, 매핑 테이블의 크기는 영역의 범위 내에 존재하는 모바일 노드의 수에 비례한다[10]. 라우팅 비용은 특정 영역에 속하는 AR 수의 대수에 비례하며[2], 대기 시간은 우선순위에 따라 달라진다[13]. MAP에서의 처리 비용은 식(30)로 표현될 수 있다. 식(30)에서, S는 패킷의 단위에서 평균 세션 사이즈를 나타낸다. α , β 와 식(32)에서 δ 는 weighting factor 이고, W_Q 는 큐의 수를 나타낸다. N_{MN} 은 영역 내에 존재하는 사용자의 총 수이다.

MIPv6에서 경로 최적화는 삼각 라우팅 문제를 해결하기 위하여 사용된다. 그러므로 모바일 노드가 다른 네트워크로 움직이는지 아닌지를 검사하기 위하여 세션의 첫 번째 패킷만 홈 에이전트로 전송하고, 이후의 패킷은 모바일 노드로 직접 전송된다. 홈 에이전트에서 처리 비용은 다음과 같다.

$$C_{HA} = \lambda \cdot \theta_{HA} \quad (19)$$

θ_{HA} 는 홈 에이전트에서 단위 패킷의 처리 비용을 나타내며, λ 는 세션 도착율을 나타낸다. HMIPv6가 경로 최적화를 지원한 이후, HMIPv6에서 전송 비용은 식(20)을 사용하여 구할 수 있다.

$$C_{CN-MN} = \tau \cdot \lambda \cdot ((S-1) \cdot (c+e) + (a+b+e)) + k \cdot \lambda \cdot S \quad (20)$$

실시간 트래픽을 위한 멀티레벨 큐에 의한 바인딩 업데이트 메시지 분류에서의 홈 에이전트나 상대 노드에서 우선순위에 따른 패킷 전달 비용은 다음과 같다. $C_{PACKET-HIGH}$, $C_{PACKET-MEDIUM}$, $C_{PACKET-LOW}$ 의 패킷 전달 비용은 다음과 같다.

$$C_{PACKET-HIGH} = C_{HA-HIGH} + C_{CN-MN} \quad (21)$$

$$C_{PACKET-MEDIUM} = C_{HA-MEDIUM} + C_{CN-MN} \quad (22)$$

$$C_{PACKET-LOW} = C_{HA-LOW} + C_{CN-MN} \quad (23)$$

홈 에이전트나 상대 노드에서 처리방법은 MAP

에서와 같다. 그러므로 우선순위를 달리한 홈 에이전트에서 처리 비용은 식 (32), (33), (34) 과 같이 표현되어 진다.

본 논문에서 트래픽은 M/G/1으로 모델링한다. 홈 에이전트나 상대 노드에 도착한 모바일 노드는 도착 순서대로 서비스된다고 가정한다. S가 서비스 시간, W_Q 가 큐에서 대기한 시간이라면 시스템의 평균 작업시간은 $V = \lambda E[S W_Q] + \frac{\lambda E[S^2]}{2}$ 이다. 서비스 시간이 큐에서 대기한 시간에 '독립적이라면 $V = \lambda E[S] W_Q + \frac{\lambda E[S^2]}{2}$ 이 된다. 여기서 $E[S]$ 와 $E[S^2]$ 은 서비스 분포의 처음 두 moment이다.

M/G/1 시스템에서 임의의 모바일 노드를 가정하면, 모바일 노드가 큐에서 기다리는 시간은 도착 당시 시스템에 있는 작업양하고 같다. 모바일 노드가 홈 에이전트나 상대 노드에 도착했을 당시 시스템의 평균 작업을 W_Q 라 하자. 그러면 포아송 분포에 따라 도착하므로 도착 당시 평균작업은 시스템의 평균 작업시간인 V 와 같을 것이다. 따라서 $W_Q = V$ 이므로 위 식에서 소위 Pollaczek-Khintchine 공식을 유도할 수 있다.

$$W_Q = \frac{\lambda E[S^2]}{2(1 - \lambda E[S])} \quad (24)$$

홈 에이전트나 상대 노드에 도착한 트래픽은 type에 따라 분류되고, 그 type에 따라 서비스 우선 순위가 주어진다. 두 가지 종류의 트래픽이 있고 각각 파라미터 λ_1, λ_2 인 독립적인 포아송 프로세스에 따라 도착한다고 가정하자. 3.2절의 바인딩 업데이트 메시지에서 R 비트가 1인 트래픽에게 서비스 우선순위를 준다고 가정한다. R 비트가 1인 트래픽이 기다린다면 R 비트가 0인 트래픽은 서비스를 받지 못한다. 그러나, 만약 R 비트가 0인 트래픽의 서비스가 시작된 후, R 비트가 1인 트래픽이 도착한다면, 이 트래픽은 처리 중인 트래픽의 서비스가 완료될 때 까지 기다린다. 즉 일단 시작된 서비스는 높은 우선순위 서비스가 가로챌 수 없는 non-preemptive 시스템이다.

W_Q^i 를 바인딩 업데이트 메시지의 R 비트가 $i(i=1,2)$ 인 트래픽의 평균 대기시간이라 하자. 이러한 시스템에서 어떤 우선순위 규칙을 사용하던 시스템의 총 작업은 항상 같다. 그러므로, 시스템 내의 작

업은 우선순위 없이 도착 순서대로(FIFO) 처리할 때와 같다. 세 가지 종류의 트래픽에 FIFO를 적용하면 다음과 같은 M/G/1 모델이 된다.

$$\lambda = \lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3, \\ G(x) = \frac{\lambda_1}{\lambda} G_1(x) + \frac{\lambda_2}{\lambda} G_2(x) + \frac{\lambda_3}{\lambda} G_3(x) \quad (25)$$

독립적인 포아송 프로세스의 결합은 다시 포아송 프로세스가 되며, 결합 프로세스의 파라미터는 각 프로세스의 파라미터 합과 같기 때문이다.

이를 이용하여 다음과 같이 W_Q^i 를 계산할 수 있다^[3].

$$W_Q^1 = \frac{\lambda_1 E[S_1^2] + \lambda_2 E[S_2^2] + \lambda_3 E[S_3^2]}{2(1 - \lambda_1 E[S_1])} \quad (26)$$

$$W_Q^2 = \frac{\lambda_1 E[S_1^2] + \lambda_2 E[S_2^2] + \lambda_3 E[S_3^2]}{2(1 - \lambda_1 E[S_1])(1 - \lambda_1 E[S_1] - \lambda_2 E[S_2])} \quad (27)$$

$$W_Q^3 = \frac{\lambda_1 E[S_1^2] + \lambda_2 E[S_2^2] + \lambda_3 E[S_3^2]}{2(1 - \lambda_1 E[S_1] - \lambda_2 E[S_2])(1 - \lambda_1 E[S_1] - \lambda_2 E[S_2] - \lambda_3 E[S_3])} \quad (28)$$

이 논문에서는 AR의 영역에 존재하는 평균 사용자 수를 k 라고 가정하였다. 이 때 전체 사용자 수는 식 (29)를 사용하여 구할 수 있다.

$$N_{MN} = N_{AR} \times k \quad (29)$$

$$C_{MAP} = \lambda \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing}) \\ = \lambda \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR})) \quad (30)$$

$$C_{HA} = \lambda \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing} + C_{wait}) \\ = \lambda \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR}) + W_Q) \quad (31)$$

$$C_{HA-HIGH} = \lambda \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing} + C_{wait}) \\ = \lambda \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR}) + \delta \cdot W_Q^1) \quad (32)$$

$$C_{HA-MEDIAN} = \lambda \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing} + C_{wait}) \\ = \lambda \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR}) + \delta \cdot W_Q^2) \quad (33)$$

$$C_{HA-LOW} = \lambda \cdot S \cdot (C_{lookup} + C_{routing} + C_{wait})$$

$$= \lambda \cdot S \cdot (\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{AR}) + \delta \cdot W_Q^3) \quad (34)$$

V. 평가 결과

제안된 방법의 우수성을 증명하기 위하여 성능 평가한 결과를 제시하여 일반적인 HMIPv6와 비교한다. 분석을 위한 파라미터 값은 [11,12,13]에서 참고하였다. 표1에 그 값을 보였다.

그림 7과 그림 8은 변형된 random-walk 이동성 모델을 사용했을 때 평균 셀 거주 시간 변화에 따른 위치 갱신 비용의 변화를 보여준다.

그림 9는 평균 셀 거주 시간에 따라 전체 비용의 변화를 보여준다. 제안 방법이 모바일 노드의 평균 셀 거주 시간이 5초 이하일 때, 즉 모바일 노드의 움직임이 잦을 때 실시간 데이터 처리 능력에서 우수함을 보인다.

표 1. 성능 분석을 위한 시뮬레이션 파라미터

Parameter	value	Parameter	value
α	0.1	a	6
β	0.2	b	6
γ	0.05	c	4
δ	10	d	1
θ_{HA}	20	e	2
τ	1	f	1
k	2	λ_2	0.2
λ_1	0.1	PC_{HA}	24
b'	3	PC_{MAP}	12
e'	4	PC_{CN}	6
N_{CN}	2		

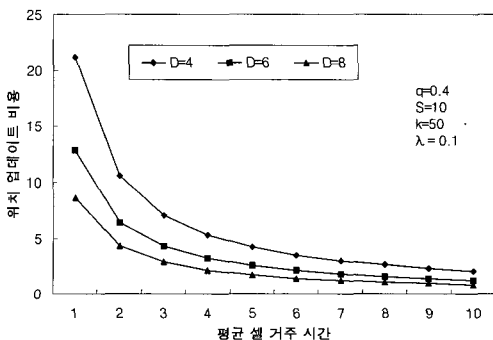


그림 7. 모바일 노드의 평균 셀 거주 시간과 위치 갱신 비용

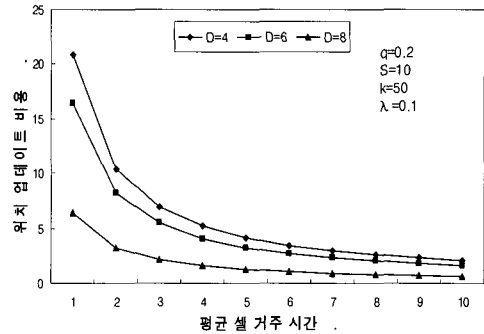


그림 8. 모바일 노드의 평균 셀 거주 시간과 위치 갱신 비용

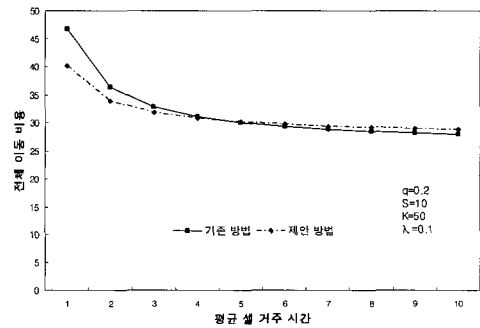


그림 9. 모바일 노드의 평균 셀 거주 시간과 전체 비용

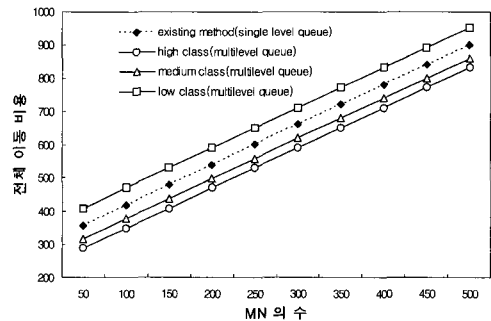


그림 10. 모바일 노드 수와 전체 비용

그림 10은 평균 셀 거주 시간의 전체 비용을 보여준 것으로, 홈 에이전트나 상대 노드에서 모바일 노드의 바인딩 업데이트를 처리할 때, 단일 큐와 멀티 레벨 큐의 평균 대기 시간을 비교한 것이다. 그림에서 우선순위에 따라 큐를 세 개 두었을 때, high class, medium class, low class의 전체 비용과 기존 방법인 단일 큐의 비용을 비교한 것이다. 멀티 레벨 큐에서도 high class 와 medium class 는 기존의 방법보다 성능이 좋은 것을 볼 수 있지만, low class 는 기존 방법보다 성능이 떨어지는 것을 볼 수 있다.

VI. 결론

HMIPv6에서 MAP은 모바일 노드의 이동성 관리를 위하여 제안되어졌다. 그러나 연결 요구가 한 MAP으로 집중되어진다면, 홈 에이전트나 상대노드에서의 핸드오버 처리는 안정적인 서비스를 보장하지 않는다. 그리고 어느 한 MAP으로의 선택 실패는 추가적인 핸드오버 지연으로 연결된다. 그러므로, 이 논문에서는 모바일 노드의 특성에 근거하여 여러 MAP으로 연결 요구를 분산시킴으로써, 어느 한 특정 MAP으로의 집중을 예방하였다. 또한 멀티 레벨 큐를 사용하여 바인딩 업데이트 메시지를 차등화 처리함으로써 실시간 트래픽 처리 능력을 향상시켰다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arrko, "Mobility support in IPv6," Internet Draft, Jan. 2003.
- [2] J. Xie and F. Akyildiz, "A novel distributed dynamic location management scheme for minimizing signaling costs in Mobile IP," IEEE Trans. Mobile Computing, Vol. 1, No. 3, pp. 163-175, Sep. 2002.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki and L. Bellier, "Hierarchical MIPv6(HMIPv6) mobility management," Internet Draft, Nov. 2001.
- [4] Sangheon Pack, Byoungwook Lee, and Yanghee Choi, "Load Control Scheme at Local Mobility Agent in Mobile IPv6 Networks," WWC04, May 2004.
- [5] S. Deering and B. Hinden, "Internet Protocol version6 (IPv6) specification," IETF, RFC2460, Dec. 1998.
- [6] P. Reinbold and O. Bonaventure, "A Comparison of IP Mobility Protocol," Tech. Rep. Infonet-TR-2001-07, University of Namur, Infonet Group, Jun. 2001.
- [7] Abbas Jamalipour, The Wireless Mobile Internet, Wiley, 2003.
- [8] J.S.M. Ho and I. F. Akyildiz, "Mobile user location update and paging under delay constraints," ACM-Baltzer J. Wireless Networks, vol. 1, pp. 413-425, Dec. 1995.

- [9] I.F. Akyildiz and W. Wang, "A dynamic location management scheme for next-generation multitier PCS systems," IEEE Trans. Wireless Commun., vol.1, no.1, pp.178-189, Jan. 2002.
- [10] Sangheon Pack and Yanghee Choi, "A Study on performance of hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks," IEICE Trans. Commun., vol. E87-B no. 3 pp.462-469, Mar. 2004.
- [11] M. Woo, "Performance analysis of mobile IP regional registration," IEICE Trans. Commun., vol.E86-B, no.2, pp.472-478, Feb. 2003.
- [12] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Capbell, "P-MIP: Paging extensions for mobile IP," ACM Mobile Networks and Applications, vol.7, no.2, pp.127-141, 2002.
- [13] S. M. Ross, Introduction to Probability Models, Academic Press, 1997.

박 원 길 (Won-gil Park)

정회원



1992년 2월 호원대학교 전자 계
산학과(이학사)
1996년 8월 전북대학교 전산 교
육학과(석사)
2000년 9월~현재 숭실대학교 컴
퓨터학과 박사과정
<관심분야> 이동통신, MIPv6,

멀티미디어 통신

김 병 기 (Byung-gi Kim)

정회원



1977년 2월 서울대학교 전자공학
과 졸업
1979년 2월 한국 과학기술원 전산
학과 석사
1997년 2월 한국 과학기술원 전자
학과 박사
1982년 3월~현재 숭실대학교 컴퓨

터 학부 교수

<관심분야> 이동통신, 유비쿼터스 디지털 방송망