

Mobile IPv6 네트워크에서 비용 효율적인 분산적 페이징 방식

이진우^o 조인휘

한양대학교 정보통신대학원

jwlee76^o@ihanyang.ac.kr, iwjoe@hanyang.ac.kr

A Cost-Efficient Distributed Paging Scheme in Mobile IPv6 Network

jinwoo Lee^o inwhee joe

Graduate School of information and Communication, Hanyang University

요 약

차세대 네트워크는 IP 기반의 무선 네트워크로 진화하고 있다. 이에 따라 최근의 Internet Engineering Task Force (IETF)에서 효율적인 이동성 관리를 위한 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)을 제안하였다. HMIPv6는 Mobile Anchor Point(MAP)영역안에 지역 등록을 통하여 상당한 시그널링을 줄일 수 있고 핸드오프 지연시간을 줄이면서 MIPv6의 성능을 향상 가져왔다. 그러나 MAP 영역이 고정되어 있고 단일 MAP에 집중적인 트래픽이 발생하는 문제점을 가지고 있다. 따라서 이동노드의 이동성 및 트래픽에 의해서 동적으로 MAP 영역을 설정함으로써 트래픽이 분산되어 질수 있다. 또한 HMIPv6는 idle 이동노드도 불필요한 위치 등록으로 인하여 시그널링 오버헤드를 발생한다. 따라서 IP 페이징 기법을 사용하여 불필요한 위치 등록에 따른 시그널링을 줄이기 위한 방법을 제시한다. 또한 explicit multicast (Xcast) 방법을 사용하여 효율적인 메시지 전달방법을 제시한다.

1. 서 론

무선통신 기술, 장비 및 응용서비스 등이 다양해짐에 따라 Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 이동노드에 이동성을 제공하기 위하여 Mobile IPv6 (MIPv6) [1] 프로토콜을 제안하였다. 최근에는 홈 네트워크에 위치 정보 갱신 수를 줄이고 핸드오프 지연을 줄이기 위한 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)을 제안하였다[2].

HMIPv6는 Mobile Anchor Point (MAP) 라는 새로운 에이전트를 도입하여 MN의 지역등록과정을 처리함으로써 상당한 시그널링 향상을 가져 올 수 있었다. 하지만 이동노드는 데이터를 송수신하는 active 상태나 또는 아무 작동도 하지 않는 idle 상태와 무관하게 이동할 때마다 네트워크에 자신의 위치정보를 등록하여야 한다. 이동노드는 95%이상 아무런 작동도 하지 않는 idle 상태를 유지하고 있다[3]. MIPv6에서는 이런 idle 상태에서도 매번 자신의 위치정보를 등록하여야 하기 때문에 네트워크상에서 불필요한 시그널링을 유발할 수 있고 이동노드의 파워소비를 초래한다. 이러한 Mobile IP의 비효율성을 해결하기 위하여 페이징 기능을 추가한 Paingn Extensions for Mobile IP(P-MIP)가 제안되었다[4]. 이러한 연구는 페이징 기능을 추가함으로써 성능 향상을 가져 올 수 있지만 paging 요청 메시지를 전달을 unicast 방식을 취함으로써 앞으로 많은 이동노드를 수용 할 때에 문제점이 발생된다. 따라서 이 논문에서는 그룹관리가 필요 없는 효율적인 방식인 explicit multicast (Xcast)방식[5]을 사용하여 성능 향상을 가질 수 있다.

또한, HMIPv6 에서는 MAP 도메인 영역안에 등록되어진 이동노드에 시그널링 트래픽과 데이터 트래픽을 단일 MAP가 처리하기 때문에 MAP에 집중적인 트래픽이 발생된다. 또한, MAP 고장시에 해결책이 존재하지 않는다. 따라서 이동노드의 이동성 및 트래픽 특성을 고려하여 MAP를 동적으로 설정한다면 트래픽을 분산 시킬 수 있고 효율적인 페이징 방법을 수행할 수 있는 장점을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 동적인 페이징 방

법을 사용하는 DPMIPv6 프로토콜에 대해서 기존연구와의 차이점과 제안 프로토콜의 장점에 대해서 설명한다. 3장에서는 DPMIPv6에 위치 정보 등록과정에 대한 절차와 최적의 서브넷 수를 결정하기 위한 알고리즘과 페이징을 이용한 패킷 전달 과정에 대해서 설명한다. 4장은 DPMIPv6 대한 성능 평가를 하기 위해 위치 정보 갱신 비용과 패킷 전달 비용에 대해서 active, idle 상태로 나누어 제시하고 결과 값을 분석한다. 평가하기 위한 분석적인 모델을 제시하고, 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구 계획을 기술하였다.

2 Distributed Paging Mobile IPv6 프로토콜

이 장에서는 새로운 분산적이고 동적인 페이징 시스템 구조를 제안한다. 이 방식에서는 Access Routers (ARs)는 M-AR와 AR의 기능을 수행한다. 이동노드의 이동성에 따라 M-AR나 AR로 동작된다. 이동노드가 새로운 지역 네트워크에 들어갈 때 이동노드가 처음으로 방문한 AR가 M-AR기능을 수행 할 것이다. M-AR로 동작한다면, 지역 네트워크안에 AR들의 페이징 리스트를 유지해야만 한다. M-AR는 Home agent(HA)에 모든 홈 등록 요청 메시지를 전달한다. 지역 네트워크에 다른 AR는 일반적인 AR의 기능을 수행한다.

본 논문에서는 동적인 페이징 위치 관리 기법을 제안한다. 이 방식에서는 M-AR에 AR들의 수가 정해지는 것이 아니라 전체 시그널링 트래픽을 최소화 하는 이동노드마다 최적의 AR를 정하는 것이다. 최적값은 이동노드의 패킷 도착 비율과 이동성 특성을 기반으로 얻어진다. 이동성과 패킷 도착 비율이 이동노드마다 다르기 때문에 AR의 최적의 수는 이동노드마다 다를 것이다. 따라서 동적인 시스템이 이동노드마다 적합하게 수행 할 수 있다.

IP 페이징 방식에서는 M-AR가 관리하는 페이징 리스트가 페이징 영역이 된다. M-AR에 등록되어있는 이동노드에 패킷이 도착하는 경우에 idle 상태이면 페이징 리스트에 있는 AR들에게 페이징 요구 메시지를 multicast로 전송한다. active 상태이면 기존의 방식대로 패킷을 전달한다. 따라서 idle, active 상태

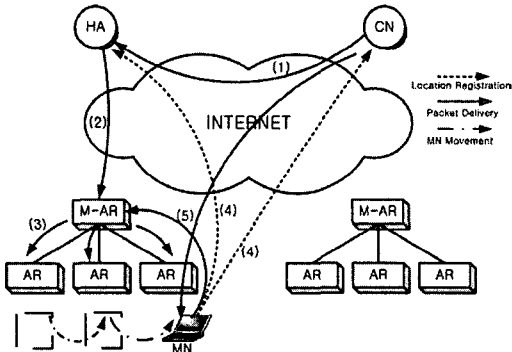


그림 1 Dynamic Paging Mobile IPv6 프로토콜

에 따라서 효율적인 등록과정과 패킷전달 과정을 수행한다.

분산된 동적인 페이징 시스템은 이동노드마다 다른 네트워크로 구성되어 있고 지역 네트워크의 크기가 서로 다르게 설정된다. 시스템의 구조는 그림 1 과 같다. 이 시스템이 가지는 장점은 다음과 같다. 1) 기존의 단일의 MAP를 이동노드마다 M-AR를 동적으로 설정함으로써 트래픽을 분산 시킬 수 있다. 2) MAP의 고장시에 특정한 MN에 영향을 주기 때문에 시스템의 견고함을 가질 수 있다. 3) 이동노드마다 동적으로 지역 네트워크가 설정되어 시그널링 비용 향상을 가져온다. 4) Idle, active 상태에 따라서 등록과정과 패킷전달과정을 수행하기 때문에 네트워크 부하를 줄일 수 있고 이동노드의 파워소비를 줄일 수 있다.

3. 프로토콜 동작

3.1 위치 정보 등록 과정

이동노드가 active 상태에서는 기존의 MIPv6와 같은 동작을 한다. 그러나 active timer가 만기 된다면 idle 상태로 전이된다. Idle 이동노드가 최근의 등록한 AR가 M-AR이 되며, 이동노드의 이동성 및 트래픽을 고려하여 후보 AR에 대한 페이징 리스트를 설정한다. M-AR는 페이징 리스트에 있는 AR에 PID를 전송한다. 이동노드는 PID를 가진 AR로 이동하였을 경우에는 등록 과정을 거치지 않는다. Idle 이동노드는 다음과 같은 조건에서 M-AR에 등록을 한다.

- 이동노드가 다른 페이징 영역으로 들어갈 경우
- 이동노드의 등록 시간을 초과 하였을 경우
- 이동노드가 M-AR로부터 페이징 요청 메시지를 받을 경우
- 이동노드가 다른 노드에 패킷을 전달 할 경우

```

Kopt : 최적의 서브넷 수
IF (MH enter a new subnet)
  compare the address of the new AR to the address in buffer
  IF (the new subnet)
    New AR register to HA as M-AR
    set M field at registered AR
    compute Kopt
    set new paging list
  ELSE
    no register
  END IF
END IF
    
```

그림 2 위치 정보 등록 알고리즘

등록 과정에 대한 알고리즘은 그림 2 와 같다. 등록이 이뤄진 다음에 이동노드의 이동성 및 트래픽 정보에 의해서 새로운 최

적의 서브넷 수가 결정된다.

3.2 패킷 전달 과정

Correspond Node (CN)이 이동노드에 패킷을 전달 할 때 처음으로 HA에 패킷이 전달되어진다(1). HA는 Binding cache를 확인하고 최근에 등록되어진 M-AR에 패킷을 전달한다(2). M-AR는 전달 될 이동노드의 동작상태를 확인한다. active 상태라면 현재 서브넷에 있는 이동노드에 패킷을 전달한다. 그러나 Idle 상태라면 M-AR의 페이징 리스트에 AR들로 페이징 요청 메시지를 멀티캐스트로 보낸다(3). 이동노드는 페이징 요청 메시지를 받고나서 현재 AR를 통해서 HA, CN에 등록갱신을(4) 하고 이동노드의 상태가 active 상태로 전이된다. 또한 새로운 서브넷 수를 결정해서 페이징 리스트를 설정해서 M-AR로 동작된다. 그리고 기존의 M-AR에 응답 메시지를 보내면 페이징 리스트를 삭제되고(5) 다음의 패킷은 현재의 AR에 보내진다.

M-AR가 페이징 영역에 있는 AR들에 unicast로 보내는 것보다 multicast로 동시에 AR들에 페이징 요청 메시지를 보냄으로써 좀 더 효율적으로 이동노드를 검색할 수 있는 방법이 된다.

4. 성능 분석

본 절에서는 전체 시그널링 비용을 평가하기 위한 수학적인 모델을 제시한다. 전체 시그널링 비용 (L_{TOT})은 위치정보 등록 비용(C_{LU}) 패킷 전달 비용 (C_{PO})으로 나타낸다. 본 논문에서 제안한 DPMPv6와 HMIPv6, MIPv6에 대해서 비교를 할 것이다.

$$C(T_c, \lambda_a, k) = \alpha \cdot C_{TOT} + (1-\alpha) \cdot C'_{TOT}$$

α 는 active 상태의 확률값이다. 이 값에 따라서 active, idle 상태에 따라서 비용 모델을 제시한다.

4.1 위치정보 등록 비용

본 논문에서는 다음과 같은[6] 파라미터를 사용해서 성능 평가를 위한 비용 모델을 정의한다.

- V_h : HA에서 등록 갱신 비용
- V_m : M-AR에서 등록 갱신 비용
- V_a : AR에서 등록비용
- l_{hm} : HA와 M-AR의 평균거리
- l_{ma} : M-AR와 AR의 평균거리
- l_{am} : AR와 이동노드의 평균거리
- λ_a : 평균 세션 비율
- k : 페이징 영역 내의 서브넷 수
- N : 전체 서브넷 수
- T_c : 하나의 서브넷에서 평균적인 거주 시간

계산의 간결함을 위하여 소스와 목적지의 거리는 합 수에 비례한다고 정의한다. δ_u 위치 갱신 비례상수를 사용하여 active 상태일 때 MAP에서 HA로 등록 갱신 비용을 정의한다.

$$C_{LU} = V_h + 2V_m + 2V_a + 2(l_{hm} + l_{ma} + l_{am})\delta_u \quad (1)$$

페이징 영역내의 최적의 서브넷 k 을 가지고 있다고 가정한다. m 이동시의 HA에 등록을 수행할 확률은 다음과 같다.

$$P_k^m = \frac{N-k}{N-1} \cdot \left(\frac{k-1}{N-1}\right)^{m-2}, \text{ where } 2 \leq m \leq \infty \quad (2)$$

따라서 M의 기댓값은 :

$$E[M] = \sum_{m=2}^{\infty} m P_k^m = 1 + \frac{N-1}{N-k} \quad (3)$$

단위 시간당 등록 정보 갱신 비용은 (1) ~ (3) 으로부터 얻을 수 있다.

$$C_{LU} = \frac{C_{in}}{\left(\frac{1}{N-1}\right) \cdot T_c} \quad (4)$$

Idle 상태의 이동노드는 페이징 리스트에 있는 AR들에서는 등록과정을 거치지 않으므로 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$C_{in} = \frac{C_h}{E[M]T_c} \quad (5)$$

4.2 패킷 전달 비용

패킷 전달 비용은 노드들의 처리비용과 전송비용으로 구성되어 있다. 패킷 처리 비용의 성능 평가를 위한 파라미터들을 추가했다.

- δ_D : 패킷 전달에 대한 비례상수
- δ_h : HA에서 패킷처리에 대한 비례상수
- δ_m : M-AR에서 패킷처리에 대한 비례상수
- w : 하나의 서브넷에 평균적인 이동노드의 수

active 이동노드에서는 최근에 등록된 AR에 있기 때문에 MIPv6와 같은 비용을 갖는다.

$$C_{PD} = (l_{ho} + l_{an})\delta_D + \lambda_a(\delta_h + u \cdot \delta_m)$$

Idle 이동노드 경우에는 페이징 영역 내의 AR들에 페이징 요청 메시지를 보내야 하므로 M-AR에서 다른 처리비용이 필요하다. 기존의 IP multicast에 그룹 메시지 관리가 필요 없는 [5]따른 비용 모델을 제시한다.

$$C_{PD} = \lambda_a(u \cdot k + \beta \log(k))\delta_m + \lambda_a \cdot \delta_h + \beta \cdot \Sigma G(i)$$

위에 식에서 β 는 multicast 페이징 요청 메시지를 보낼 경우에 중간 노드에서 패킷 처리 비용 함수이다. i 는 중간노드 수이다

4.3 최적의 서브넷 수

이동노드마다 이동성 및 트래픽이 다르기 때문에 최적의 서브넷 수도 달라진다. 이동노드의 최적값(k_{opt})은 시그널링 비용을 최소화하는 k 의 값이다. 값은 정수값을 가져야 하므로 여기서는 $\lfloor k_{opt} \rfloor$ 와 비슷한 반복적인 방법을 사용한다.

$$\Delta(k, \lambda_a, T_c) = C_{TOT}(k, \lambda_a, T_c) - C_{TOT}(k-1, \lambda_a, T_c)$$

4.3 결과 분석

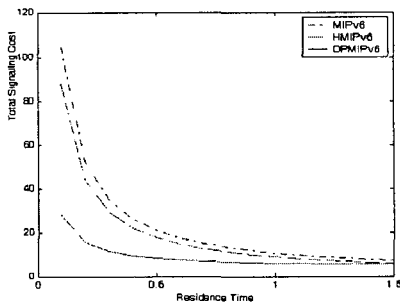


그림 2-a T_c 에 따른 전체 시그널링 비용

이장에서는 비용모델의 실험적인 결과를 보여준다. [6]여기서 사용된 파라미터값을 사용했다. λ_a, T_c 에 따른 전체 시그널링 비용을 MIPv6, HMIPv6, DPMIPv6를 비교하였다. 그림 2-a

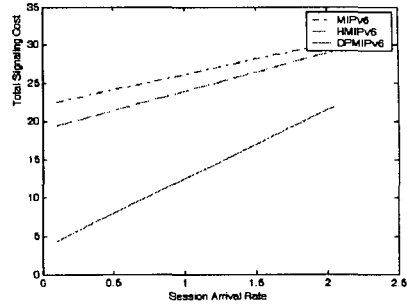


그림 2-b λ_a 에 따른 전체 시그널링 비용

는 $\lambda_a = 1$ 로 놓고 T_c 값을 0.1에서 1.5까지 변화 할때의 전체 시그널링 비용을 보여준다. T_c 의 값이 커짐에 따라 비용이 점점 낮아지는 것을 볼 수 있다. 하나의 서브넷에 머무르는 시간이 길어짐에 따라 등록 갱신이 이루어지지 않기 때문이다. 위에서 보는거와 같이 DPMIPv6가 좀더 성능이 좋다는 것을 볼 수 있다. 그림 2-b는 $T_c = 1$ 로 놓고 λ_a 값을 0.1에서 2.0까지 변화함에 따라 전체 시그널링 비용을 측정 한 것이다. 평균적인 세션율이 커질 수록 비용이 늘어나는 것을 볼 수 있다. 세션율이 작을때 DPMIPv6가 다른 것에 비해 많은 성능 차이가 난다. idle 이동노드는 바이딩 업데이트와 위치갱신 절차를 거치지 않기 때문에 좀더 좋은 성능 향상을 가져 올 수 있다.

5. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 단일 MAP에 집중적으로 처리되어지는 트래픽을 분산시키기 위해 이동노드의 이동성 및 트래픽을 고려하여 동적인 MAP를 설정하였다. 또한 multicast 방식으로 메시지를 보내는 IP 페이징 방식을 사용하여 효율적으로 메시지 처리를 하였다. MIPv6, HMIPv6, DPMIPv6를 본 논문에서 제시한 비용 모델을 통해 성능 비교를 하였다. Idle 상태의 이동노드에 효율적인 등록과정과 MAP 트래픽 분산이 이루어져 기존의 프로토콜 보다 좀더 좋은 성능을 가지는 것을 보였다.

향후 본 연구 시스템은 ns-2와 같은 시뮬레이터를 이용하여 좀더 신뢰성이 있는 평가가 이루어져야 한다. 또한, 등록 과정과 패킷전달 비용에 균형을 맞추고 좀 더 간단한 방식이 필요하다.

참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility support in IPv6," IETF Internet draft, June 2002
- [2] C. Castelluccia and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6," Internet draft, draft-castelluccia-mobileip-hmipv6-00.txt, Work in Progress, March 2000.
- [3] A. Campbell, J. Gomes, C.-Y. Wan, Z. Turanyi, and A. Valko, "Cellular IP," Internet draft IETF, January 2001
- [4] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Campbell, "P-MIP: paging extensions for Mobile IP," Mobile Networks and Application, Vol. 7, Issue 2, April 2002
- [5] R. Boivie, N. Feldman, Y. Imai, W. Livens, D. Ooms, O. Paridaens, "Explicit Multicast (Xcast) Basic Specification," Internet draft, draft-ooms-xcast-basic-spec-04.txt, Work In Progress, Jan. 2003
- [6] J. Xie and I. F. Akyildiz, "A Distributed Dynamic Regional Location Management Scheme for Mobile IP," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol. 1, No. 3, July 2002