

Mobile IP에서 위치 등록 비용을 이용한 효율적인 위치 관리

김하원⁰ 홍성제 김종
포항공과 대학교 컴퓨터 공학과
{wonny⁰, sjhong, jkim}@postech.ac.kr

Effective Location Management using Registration Cost for Mobile IP

Hawon Kim⁰, Sungje Hong, Jong Kim
Dept. of Computer & Engineering, Pohang University

요 약

무선 네트워크를 통해 인터넷에 접속하는 사용자들이 늘어나면서 이동 호스트들에게 무선 서비스를 제공하는 HA(home agent)나 FA(foreign agent)의 부하 또한 증가하고 있다. 특히 지역적 등록방법(regional registration)에서처럼 하나의 GFA(gateway foreign agent)가 도메인내의 모든 이동 호스트들을 담당할 경우 부하의 집중으로 인해 혼잡이나 지연 등의 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 이 논문에서는 모든 FA들이 GFA의 기능을 가지는 분산된 네트워크 환경을 제안하고 이러한 환경에서 signaling 비용을 미리 계산하여 비용이 적은 쪽으로 위치등록을 수행함으로써 전체 signaling 비용을 줄이는 새로운 위치 관리 방법을 제안한다. 그리고 제안하는 방법이 효율적임을 증명하기 위해 signaling 비용 계산을 위한 비용함수를 제시하고 성능 평가를 통해 제안하는 방법이 유저의 이동 특성과 네트워크 환경에 따라 전체 signaling 비용을 줄이는 것을 보여준다.

1. 서 론

이동성을 지원하는 서비스에 대한 요구 및 기대감이 커지면서 이동성 지원을 위한 기술이나 제품에 대한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 무선 서비스를 사용하는 호스트에 대한 이동성을 지원하기 위해서는 아직까지 해결해야 할 많은 문제가 남아 있다. 특히 현재 internet 환경의 표준인 TCP/IP 프로토콜은 각 호스트당 유일한 하나의 IP만을 허용하고 전체 네트워크는 tree구조로 이루어져 있어서 서브넷이 다른 곳에서는 동일한 IP 주소로 라우팅을 제공 받을 수 없는 것은 큰 문제이다. 따라서 이동 호스트에게 기존의 서비스를 제공하기 위해서는 TCP/IP에 이동 메커니즘(mobility mechanism)을 추가할 필요가 있다. 이동 메커니즘에서 고려할 요소들은 호스트가 이동하더라도 변하지 않는 위치 정보를 제공하고, 현재 호스트가 이동한 곳으로 패킷을 전달할 수 있는 방법을 제공하는 것이다. 그리고 이 메커니즘은 위치 정보의 갱신 횟수를 줄이고 패킷 전송 지연을 최소화 하는 것이 필요하다. 이러한 전송 지연 들은 signaling 비용의 증가에 의한 것으로, signaling 비용이 증가하면 패킷이 손실이나 지연 또한 커져서 전체적으로 서비스 품질이 떨어지고 손실 및 지연에 민감한 서비스들을 제공하기 힘들게 된다. 따라서 이동 메커니즘은 전체 signaling 비용을 최소화 할 수 있어야 한다.

Signaling 비용을 최소화 함으로써 패킷 지연이나 손실에 의한 서비스의 품질 저하를 줄이기 위해 본 논문에서는 이동 호스트의 이동 특성과 네트워크 환경을 고려하여 전체 signaling 비용을 줄이는 위치 관리 방법을 제

시하고자 한다.

본 논문의 전체적인 구성은 다음과 같다. 2장에서는 이전에 연구된 이동성 지원 프로토콜에 대해 설명하고, 3장에서는 제안하는 scheme의 시스템 모델과 구체적인 동작을 설명하고, 4장에서는 성능 평가를 위해 signaling 비용계산을 위한 계산식을 제안하고, 이를 이용해서 제안하는 방법과 다른 방법을 비교해서 더 나은 성능을 나타내는 것을 보이고, 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

이동성을 지원하는 방법에는 MH(mobile host)가 다른 도메인으로 이동하는지 아니면 같은 도메인 내에서 이동하는지에 따라 macro mobility와 micro mobility로 나눌 수 있다. Base mobile IP[1]는 이 두 가지를 모두 지원하지만 이동 시 마다 HA에 새 위치등록을 수행하는 긴 지연시간 때문에 macro mobility에는 적합하지만 micro mobility에는 적용하기 힘들다. 때문에 이를 개선하기 위해 수정하거나 확장한 여러 micro mobility 프로토콜들이 제안되었는데, 대표적인 것에는 지역적 등록 (regional registration)[2] 이 있다.

대부분의 mobility 프로토콜은 계층적인 네트워크 구조를 가정하고 있다. 이러한 계층적 네트워크 구조는 모든 트래픽이 중앙에 집중되고 정적인 구조를 가진다. 그리고 traffic이 특정 에이전트에게 집중되므로 에이전트의 fault에 민감하다. 일반적으로 MH의 트래픽 load나 이동 특성이 다르므로 이러한 정적인 구조에서는 이동성 관리

가 어렵고 네트워크 상황에 대처하는 유연성이 떨어진다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 지역 위치등록을 확장한 distributed dynamic location management scheme (DLMS) [3]에서는 모든 FA가 GFA의 역할을 할 수 있는 분산된 네트워크 환경을 제안하고 MH의 현재 트래픽 load나 이동 특성에 따라 최적화된 지역 네트워크의 크기를 결정하는 방법을 제시했다. 또 다른 위치 관리 방법으로는 dynamic hierarchical mobility management strategy[4]가 있다. 이 방법은 pointer chain[5] 방법을 확장한 방법으로 chain의 길이는 MH의 현재 트래픽 load나 이동 특성에 의해 동적으로 결정된다. 위의 두 위치 관리 방법은 MH의 이동 특성과 확률적으로 예측된 이동 패턴을 이용해 signaling 비용을 계산하여 지역 네트워크의 크기나 chain의 길이를 결정한다.

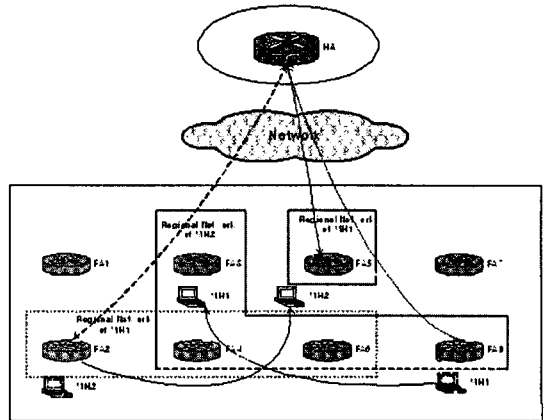


그림 1. effective location management scheme

3. 개요(Overview)

기존의 mobile IP 환경에서는 MH가 다른 subnet으로 이동할 때 마다 자신의 COA를 HA에게 매번 위치 등록하여야 한다. 이러한 등록 과정이 끝난 후에 MH는 HA와 FA간 터널링을 통해서 패킷을 수신하게 된다. HA에 하는 위치등록은 비용이 크며, 잦은 위치등록은 상당한 signaling 비용의 낭비일 뿐만 아니라 네트워크에 많은 o 부하를 줄 수 있다. 제안하는 방법은 홈 위치 등록 및 터널링 길이를 동적으로 조절함으로써 전체적인 signaling 비용을 최소화하고 네트워크의 부하도 줄일 수 있다.

제안하는 방법은 네트워크가 중앙 집중적이고 정적인 구조가 아니라 분산적이고 동적인 구조를 가정한다. 동작하는 도메인내의 모든 FA들은 GFA나 FA의 기능을 모두 지원하는 구조이다. 그리고 각 FA간에는 상호 신뢰할 수 있는 security association이 존재한다. GFA의 역할을 하는 FA는 다른 FA들이 보내는 지역적 위치등록 메시지에 응답하고 수신한 패킷을 터널링해서 전달한다. 그리고 각각의 MH들은 자신의 이동 특성 정보 (평균 패킷 도착율, 평균 지체시간) 들을 유지하고 있다. MH가 이동하여 새로 위치등록을 수행할 때 각 MH는 위치등록 요청 메시지에 자신의 이동 특성 정보를 포함하여 함께 제공한다. 제안하는 방법에서는 MH가 홈 위치등록을 수행하지 아니면 특정 GFA로 지역적 위치 등록을 수행할 지를 알 필요가 없다. 어느 형태의 위치등록을 어떤 경로에 대하여 수행할 지는 해당 GFA가 MH의 이동 특성에 따라 각각의 signaling 비용을 비교해서 결정하게 된다. 따라서 제안하는 방법에서는 각각의 MH는 거쳐가는 GFA들이나 지역 네트워크 크기가 서로 다른 네트워크 환경을 가지게 된다. 제안하는 방법을 적용하면 MH는 해당 도메인 내에서 이동하면서 signaling 비용을 줄일 수 있기 때문에 보다 나은 서비스를 제공 받을 수 있고 네트워크 자원의 사용도 줄일 수 있다. 그림 1은 제안하는 방법을 지원하는 도메인 내에서 각 MH들이 이동할 때의 모습을 나타낸다.

4. 성능 평가

4.1 Signaling 비용 함수

A. 등록 비용(Registration Cost)

위치 등록 비용을 계산하는데 필요한 파라미터들을 미리 정의하면 다음과 같다.

- $C_r(h, g)$: HA와 GFA간 등록 메시지 전송 비용
- $C_r(g, f)$: GFA와 FA간 등록 메시지 전송 비용
- $C_r(h, f)$: HA와 FA간 등록 메시지 전송 비용
- $C_r(f, m)$: FA와 MH간 등록 메시지 전송 비용
- C_{LP}^h : HA에서 등록 메시지 처리 비용
- C_{LP}^g : GFA에서 등록 메시지 처리 비용
- C_{LP}^f : FA에서 등록 메시지 처리 비용

MIP의 특성과 지역 등록의 특성에 정의된 등록 메시지의 전달 경로에 따라 홈 위치 등록과 지역적 위치등록의 비용을 구하면 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{home} = 2 * C_{LP}^f + 2 * C_{LP}^g + C_{LP}^h + 2 * C_r(h, g) + 2 * C_r(g, f) + 2 * C_r(f, m) \quad (1)$$

$$C_{reg} = 2 * C_{LP}^f + C_{LP}^g + 2 * C_r(g, f) + 2 * C_r(f, m) \quad (2)$$

MH의 현재의 FA가 GFA가 되고 이를 통해 등록을 수행하는 경우는 $C_r(g, f) = 0$, $C_{LP}^g = 0$ 이 되므로 이 경우의 홈 위치 등록 비용과 지역적 위치등록 비용은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{home}^* = 2 * C_{LP}^f + C_{LP}^h + 2 * C_r(h, f) + 2 * C_r(f, m) \quad (3)$$

$$C_{reg}^* = C_{LP}^f + 2 * C_r(f, m) \quad (4)$$

B. 패킷 전달 비용(Packet Delivery Cost)

패킷 전달 비용은 HA가 MH에게로 향하는 패킷을 터널링 해서 해당 MH의 GFA에게 보내고 GFA는 다시 이 패킷을 터널링 해서 MH의 현재 FA에게 보내어 MH가 수신 하는데 소요되는 전송과 처리 비용 모두를 포함한다. 패킷 전달 비용을 계산하는데 필요한 파라미터 들을 미리 정의하면 다음과 같다.

- $C_p(h, g)$: HA와 GFA간 패킷 전달에 따른 전송 비용
- $C_p(g, f)$: GFA와 FA간 패킷 전달에 따른 전송 비용
- $C_p(h, f)$: HA와 FA간 패킷 전달에 따른 전송 비용
- $C_p(f, m)$: FA와 MH간 패킷 전달에 따른 전송 비용
- C_{PP}^h : HA에서 패킷 처리 비용
- C_{PP}^g : GFA에서 패킷 처리 비용

C_{PP}^1 : FA에서 패킷 처리 비용

MH가 홈 위치 등록을 수행했는지 아니면 지역적 위치 등록을 수행했는지에 따라 signaling 비용이 다르게 나타난다. 각각의 경우를 나타내면 아래와 같다.

$$D_{home} = C_{PP}^1 + C_{PP}^2 + C_p(h, f) + C_p(f, m) \quad (5)$$

$$D_{reg} = C_{PP}^1 + C_{PP}^2 + C_{PP}^3 + C_p(h, g) + C_p(g, f) + C_p(f, m) \quad (6)$$

지역적 위치등록(RR)이 동작하는 정적인 네트워크 환경에서는 하나의 GFA가 도메인내의 모든 MH들에 대한 서비스를 담당하지만 제안하는 방법이 동작하는 동적인 네트워크 환경에서는 여러 개의 GFA가 존재하므로 하나의 GFA가 서비스하는 MH의 수는 전자에 비해 현저히 작다. 따라서 제안하는 방법의 처리 비용보다 이전 방법에서의 처리 비용이 ξ 배만큼 더 크다고 할 수 있으므로 GFA에서의 패킷 처리 비용을 나타내면 아래와 같다.

$$C_{PP}^g(C) = \epsilon * \rho * \lambda * \xi * P_c \quad (7)$$

$$C_{PP}^g(D) = \epsilon * \rho * \lambda * P_c \quad (8)$$

(ρ = utilization, P_c : 메시지당 처리 비용)

C. 비용 함수(Cost Function)

RR이나 DLMS[3]에서는 반복적 과정을 통해 최적화 된 지역 네트워크 크기를 구한다. 구체적인 비용 계산 방법은 [3]에 나타나 있고 비용 식은 앞 절에서 구한 식을 따른다. 제안하는 방법에서는 처음에 지역 네트워크 크기를 정하는 것이 아니라 MH가 이동할 때 이동 경로에 따라 비용을 미리 계산하여 지역 네트워크의 크기를 정하게 된다. 제안하는 방법은 현재 FA에서 홈 위치등록을 수행한 경우와 이전 GFA로 지역적 위치등록을 수행한 경우 각각 signaling 비용의 비교를 통해 선택적 위치등록을 수행한다. 각각의 경우에 대한 signaling 비용을 구하면 아래와 같다.

$$C_{h,tot} = (C_{home} + C_{reg}) / T_s + D_{home} \quad (9)$$

$$C_{r,tot} = C_{reg} / T_s + D_{reg} \quad (10)$$

구하고자 하는 비용 함수는 각 방법을 수행했을 때의 비용이다. 이때의 비용 함수는 아래와 같다.

$$C_{tot} = C_{r,tot} - C_{h,tot}$$

비용 함수를 통해 구한 비용이 임계값인 Θ 보다 작거나 같으면 지역적 위치등록을 수행하고 크면 홈 위치등록을 수행한다.

4.2 성능 평가 결과

이 장에서는 성능 평가를 통해 제안하는 방법의 성능을 증명하려고 한다. 성능 평가를 위해 사용된 파라미터 값은 [5]에서 사용된 값을 동일하게 사용했다. 4장에서 살펴본듯 세 방법들의 비용 함수가 다르므로 여기서는 각 서브넷 내에서 MH가 동일한 이동 특성을 가지고 이동할 때 전체 signaling 비용을 계산해서 비교해 보았다. 이때 각 FA의 트래픽 부하나 이용율은 일정하다고 가정했다. X축의 CMR은 평균 패킷 도착률 대 평균 지체 시간의 비를 나타낸다.

그림 2는 세가지 다른 방법들에서 CMR에 따른 전체 signaling 비용의 변화를 보여준다. CMR이 증가함에 따

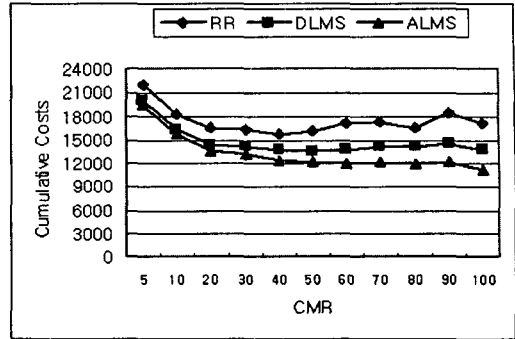


그림 2 전체 signaling 비용의 비교

라 즉 이동성이 느릴 때 세 방법 모두 전체 signaling 비용이 감소하는 것을 알 수 있다. 제안하는 방법 (PS)은 다른 두 방법보다 더 좋은 성능을 나타내는 것을 보여준다. DLMS와 비교했을 때 최대 14%의 signaling 비용을 줄일 수 있는 것을 알 수 있다.

5. 결론

이 논문에서 우리는 전체 signaling 비용을 줄이는 새로운 위치 관리 방법을 제안했다. 제안한 방법은 MH의 이동 특성과 네트워크 환경을 고려한다. GFA의 지역 네트워크의 크기는 비용 비교를 통해 동적으로 결정된다. 또한 우리는 위치 등록과 패킷 전송 비용을 계산하기 위한 비용 함수를 제시했다. 각 MH는 이동 시 전체 signaling 비용을 줄일 수 있고 GFA에 집중되는 트래픽 load는 동적으로 분산된다. 성능 평가의 결과는 제안하는 방법이 다른 이전 방법보다 전체 signaling 비용을 줄일 수 있음을 보여준다.

6. 참고문헌

1. C. E. Perkins, " IP mobility support", RFC 2002.
2. E. Gustafsson, A. Jonsson and C. Perkins, " Mobile IPv4 regional registration", Internet Draft, <draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-06.txt>, Mar 2002.
3. J. Xie and I. F. Akyildiz, " A distributed dynamic regional location management scheme for mobile IP", in Proc. IEEE INFOCOM, pp.1069-1078, 2002.
4. Wenchao and Yuguang Fang, " Dynamic Hierarchical Mobility Management Strategy for Mobile IP Networks", IEEE Journal on Select Areas in Communications, May 2004.
5. C. H. Chu and C. M. Weng, " Pointer forwarding MIPv6 mobility management", in Proc. GLOBECOM, pp. 2113-2137, 2002.
6. A. T. Campbell and J. Gomez, " IP Micro-Mobility Protocols", ACM SIGMOBILE Mobile Computer and Communication Rev, pp. 45-54, October 2001.