

HMIPv6 에서 이동노드의 위치에 따른 MAP 선택기법

남현재*, 한병진**, 이종혁**, 정태명*

*성균관대학교 정보통신학부

**성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과

e-mail : pof1820@naver.com, {bjhan, jhlee, tmchung}@imtl.skku.ac.kr

MAP Selection Mechanisms based on location of mobile node in Hierarchical Mobile IPv6

Hyun-Jae Nam*, Byung-Jin Han**, Jong-Hyoun Lee**, Tai-Myoung Chung*

*School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan Univ

**Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan Univ.

요 약

HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)는 MAP (Mobility Anchor Point)을 이용하여 이동노드를 효율적으로 관리하는 방안을 제시하였다. MAP 에 걸리는 부하는 HMIPv6 로 구성된 네트워크에 진입한 이동노드가 어느 MAP 을 선정하느냐에 따라 달라진다. MAP 을 선정하는 방법으로 이동노드의 이동속도나 MAP 과 이동노드의 거리를 고려하여 선택하는 방법 등이 연구되었다. 하지만 이들은 각각 이동속도 측정을 위한 추가적인 비용이 발생하거나 특정 MAP 에 몰리는 현상을 효과적으로 해결하지 못하는 문제점이 있다. 본 논문은 HMIPv6 로 구성된 네트워크에서 네트워크 관리지역의 중앙부분을 지나가는 이동노드가 바깥부분을 지나가는 이동노드보다 해당 네트워크에 오래 머무른다는 사실에 착안하여 지역정보 기반의 MAP 선정기법을 제안한다. 제안하는 기법은 우선 네트워크 관리지역 내에 분포된 MAP 들을 지역정보에 기반하여 계층적으로 구성한다. 그 다음, 중앙부분을 지나가는 이동노드에게 보다 넓은 지역을 담당하는 높은 레벨의 MAP 을 선정하고 바깥부분을 지나가는 이동노드에게 보다 좁은 지역을 담당하는 낮은 레벨의 MAP 을 선정한다. 이로써 전체적으로 발생하는 바인딩 업데이트 비용을 줄이고 MAP 의 로드밸런싱 효과를 얻는다.

1. 서론

무선 인터넷 기술의 발달과 인터넷인구의 증가로 인해 노트북이나 휴대폰과 같은 장비를 이용하여 이동간에도 인터넷의 사용을 원하는 수요가 증가하였다.

기존의 IP 기반의 네트워크는 기기의 이동성을 제공하지 못한다. 이에 Perkins 등은 이동성 제공을 위한 Mobile IP 개념을 제안하였다 [1], [2].

하지만 Mobile IP 에서는 이동노드의 핸드오프 지연 시간이나 시그널링 비용의 최적화 등을 고려하지 않는다. 따라서 MIPv6 에서 이동노드가 이동하면서 발생하는 핸드오프 지연을 줄이고 이동노드의 핸드오프로 인한 시그널링을 줄이기 위한 방법으로 HMIPv6 (Hierarchical Mobile IPv6)가 제안되었다 [3].

HMIPv6 는 이동노드의 지역 HA (Home Agent) 역할을 수행하여 지역 내 이동성을 보장하는 MAP 이라는 엔터티를 도입하여 HA 와 CN (Correspondent Node) 에게 보내던 바인딩 업데이트를 줄임으로써 발생하는 메시지 비용을 줄이고, 원활한 핸드오프를 지원하는 방법이다.

이동노드가 HMIPv6 로 구성된 네트워크에 진입하면 자신의 지역 내 이동성을 보장해주기 위한 MAP 을 선정한다. 여러 개의 이동노드가 하나의 MAP 에

몰릴 경우 성능의 저하를 가져올 수 있기 때문에, 부하분산과 네트워크 성능 향상을 위해 이동노드를 적절한 MAP 에 할당하는 기법이 필요하다.

이러한 MAP 선택기법에 대한 기존연구로 이동노드의 이동속도에 따라 MAP 을 선택하는 기법과 이동노드와 MAP 간의 거리에 따라 MAP 을 선택하는 기법 등이 있다. 이동노드의 속도에 기반한 방식은 속도 측정의 추가적인 비용이 발생하는 문제점이 있고, 이동노드와 MAP 간의 거리에 따른 방식은 지역적으로 특정 MAP 에 몰리는 현상을 막지 못하는 문제점이 있다 [4], [5].

본 논문은 HMIPv6 로 구성된 네트워크에서 네트워크 관리지역의 중앙부분을 지나가는 이동노드가 바깥부분을 지나가는 이동노드보다 해당 네트워크에 오래 머무른다는 사실에 착안하여 지역정보 기반의 MAP 선정기법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 기존의 MAP 선택 기법에 대해 소개하고 각각의 문제점을 지적한다. 3 장에서는 본 논문이 제안하는 이동노드의 지역정보에 기반한 MAP 선택 기법을 제시한다. 제안하는 기법의 성능 분석을 4 장에 보이고, 마지막으로 5 장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 관련연구

2.1 이동노드의 이동속도에 따른 MAP 선택 방법

HMIPv6 에서 새로 도입된 MAP 은 이동노드의 지역 HA 역할을 해주어 지역 내 이동성을 보장한다. 기존 MIPv6 에서는 이동노드가 핸드오프 할 때마다 HA 와 CN 에게 바인딩 업데이트를 해주어야 했는데, HMIPv6 에서는 MAP 에게 바인딩업데이트를 함으로써 MAP 관리지역 내에서 이동성을 보장받는다.

HMIPv6 로 구성된 네트워크에 이동노드가 진입하였을 경우 이동노드는 자신의 이동 속도에 따라 MAP 을 선택하는 과정은 다음과 같다.

각 AR (Access Router) 들은 이동노드가 자신의 이동 속도에 맞는 MAP 을 선택 할 있도록 MAP 선정 기준을 ST (Selection Table) 에 저장하여 가지고 있다. 이동노드는 새로운 AR 지역으로 진입하게 되면 우선 UA (User Agent) 메시지를 이전에 선택한 MAP 에게 전송하고 UA 이동시간을 이용하여 이동노드의 이동속도를 측정한다. 이후 AR 이 가지고 있는 ST 정보와 자신의 이동속도 계산 값을 비교하여 테이블상에서 적합한 MAP 을 선택한다. 이 때 ST 정보는 빠른 이동노드에 대해서는 MAP 이 담당하는 지역 범위가 넓은 상위 레벨의 MAP 을 선택하게 하고 느린 이동노드는 하위 레벨의 MAP 을 선택하는 값이다.

이렇게 속도에 따라 다른 레벨의 MAP 을 선택하게 하는 것은 빠른 속도의 이동노드가 더 많은 지역에 거쳐 이동할 확률이 높기에 더 넓은 지역을 담당하는 MAP 을 선택하게 함으로써 전체적으로 발생하는 핸드오프 비용을 줄이고자 하는 것이다.

그러나 이동노드의 속도에 따른 MAP 선택 방법은 이동노드의 속도 측정을 위한 UA 라는 메시지를 발생시켜 추가적인 비용이 필요할 뿐 아니라, 측정된 속도 또한 네트워크 상황에 따라 달라지는 문제점이 있다. 또한 특정 이동속도를 가진 이동노드가 증가함에 따라 특정한 MAP 에 이동노드가 몰리는 현상이 발생한다.

2.2 이동노드와 MAP 거리에 따른 MAP 선택 방법

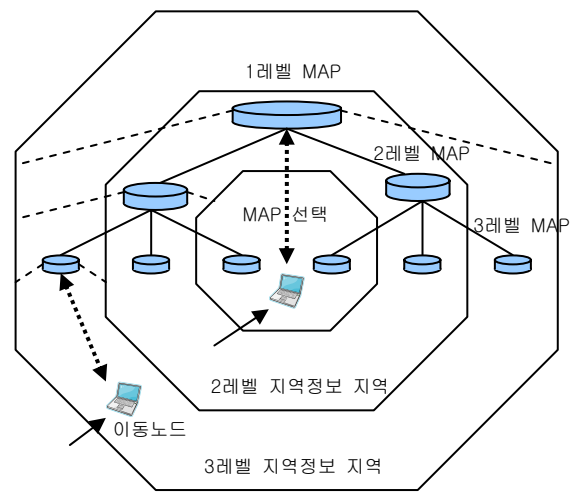
이동노드가 새로운 지역에 진입하여 MAP 을 선택 시 자신이 선택할 수 있는 MAP 들 중 가장 가까운 MAP 을 선택하는 방법이다. 우선 MAP 들은 평면적으로 구성되며 그물망 형태로 연결되어 있다. MAP 들의 정보는 N 홉 이내의 모든 AR 들에게 전달된다. 이렇게 MAP 정보가 전달된다면 AR 들은 일정 거리 이내에 있는 MAP 정보들을 알게 된다. 이 중에 자신이 선택한 MAP 정보가 리스트에 이미 있다면 새로운 MAP 을 선택하지 않고 이전에 선택하여 사용하고 있는 MAP 을 계속적으로 이용한다. 리스트에 이전에 선택한 MAP 이 없는 경우 이동노드는 전달된 MAP 정보 리스트 중 가장 가까운 거리의 MAP 을 선택하여 이용한다. 이런 동작을 통하여 이동노드는 새로운 지역으로 진입시 가장 가까운 MAP 을 선택 할 수 있다.

거리에 따른 MAP 선택 방법은 핸드오프 시 발생하

는 메시지 비용을 줄이기 위해 MAP 후보 선정 거리를 지나치게 늘리면 네트워크 상에 이동되는 MAP 정보의 양이 많아지게 되고, MAP 후보 선정 거리를 지나치게 줄이면 특정 MAP 에 이동노드가 몰리는 현상이 발생하는 문제점이 있다.

3. 제안하는 MAP 선택 기법

이동노드가 HMIPv6 로 구성된 네트워크에 진입하여 하위 레벨의 MAP 들만 선정하여 이동할 때, 네트워크 관리지역의 중심 쪽으로 이동하는 이동노드가 바깥쪽에 있는 이동노드보다 더 많은 핸드오프를 수행할 확률이 높다. 이는 바깥쪽에 있는 이동노드의 경우 중심지역 쪽으로 이동하지 않고 바로 해당 네트워크지역을 벗어날 수 있기 때문이다.



<그림 1> 이동노드의 상대적 위치에 따른 MAP 선택 방법

이처럼 이동노드의 위치에 따라 해당 네트워크 내에서 겪게 될 핸드오프 수가 달라지기 때문에 중심 지역 쪽에 있는 이동노드에게 넓은 지역을 담당하는 상위 레벨의 MAP 선택하도록 하여, 보다 적은 비용으로 해당 네트워크를 벗어날 수 있게 한다.

이에 본 논문은 HMIPv6 로 구성된 네트워크 관리지역에 이동노드가 진입하였을 때, 네트워크 관리지역 중심에 있는 이동노드에게 넓은 지역을 담당하는 상위레벨의 MAP 을 선정하는 방법을 제안한다.

3.1 MAP 구성 및 설정

MAP 들은 계층적 트리 형태로 구성된다. 상위 MAP 옵션 정보는 하위 MAP 으로 전달되며 각 AR 들은 하위 MAP 들에 연결되어 있다. 전체 네트워크 관리자는 우선 각기 다른 지역을 담당하는 AR 들에게 위치에 따른 지역정보를 설정해준다.

3.2 MAP 선택 과정

3.2.1 MAP 옵션 메시지 확장

이동노드의 상대적인 위치에 따른 MAP 선택을 위

해 MAP 옵션에 예약되어 사용되지 않는 7 비트에 추가적으로 세가지 정보를 설정한다. 7 비트 중 첫 1 비트를 M 플래그, 다음 1 비트를 P 플래그, 남은 5 비트를 MAP 레벨이라 하자.

M 플래그가 1 로 설정되었다면 현재 받은 MAP 옵션은 제안하는 이동노드의 상대적인 위치에 따른 MAP 선택 방식을 이용함을 나타내고, P 플래그가 설정되었다면 최고 우선순위 MAP 옵션임을 나타낸다. 마지막 5 비트는 MAP 레벨 정보를 표시한다.

3.2.2 전체동작 과정

하위 AR 들은 자신의 지역으로 새로운 이동노드가 진입하면 자신이 가지고 있는 지역정보와 일치하는 레벨의 MAP 옵션에 대해 P 플래그를 1 로 설정하여 다른 MAP 옵션 정보들과 함께 전송한다. AR 들이 가지고 있는 지역정보는 중심지역에 가까울수록 상위 레벨의 MAP 을 선택하는 값을 가진다.

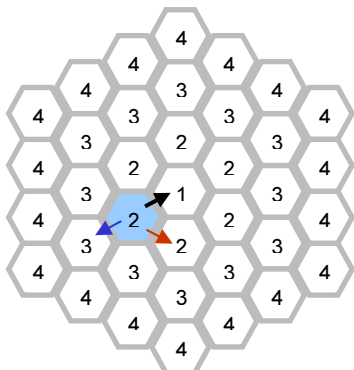
이동노드는 전달받은 MAP 옵션 중 M, P 플래그를 확인하고, P 플래그가 설정된 MAP 옵션을 찾는다. P 플래그가 설정된 MAP 옵션을 발견하면 이동노드는 MAP 옵션을 MAP 선택 리스트의 제일 첫 번째 위치에 오도록 정렬한 후 MAP 을 선택한다.

4. 성능분석

4.1 이동노드의 상대적 위치에 따른 MAP 선택할 경우 기대 핸드오프 비용

그림 2 와 같이 중앙지역에 있는 이동노드는 1 레벨 MAP 을 선택하도록 지역정보가 설정된 AR 지역에 이동노드가 진입하였을 때 이동노드의 상대적인 위치에 따른 MAP 선정 방식을 이용하는 경우 기대되는 핸드오프 비용을 구하는 과정은 다음과 같다.

우선 각 레벨 별 지역정보를 가지는 지역에 이동노드가 있을 때, 다른 지역으로 이동 시 기대되는 핸드오프 비용은 다음과 같다.



<그림 2> 레벨에 따른 지역 정보가 할당된 MAP 영역

1 레벨 지역정보를 가진 MAP 지역에 있다면 전체 지역을 담당하는 1 레벨의 MAP 을 선택하게 된다. 이 경우 주변의 어느 지역으로 가더라도 자신의 지역정보 보다 낮은 지역이다. 상위 레벨의 MAP 이 하위 레벨의 MAP 이 담당하는 지역을 커버하기에 어느 방향

으로 이동하더라도 새로운 MAP 을 선정을 하지 않는다.

최상위 레벨과 최하위 레벨 지역정보를 가지는 지역 이외에 이동노드가 위치하면 이동에 따라 1/2 확률로 새로운 MAP 을 선정한다. 자신과 이웃하는 동일한 레벨의 지역정보 가지는 AR 지역으로 이동할 경우와 자신보다 상위 지역정보를 가지는 AR 지역으로 이동하는 경우 새로운 MAP 을 선정하고, 자신보다 낮은 지역 정보를 가지는 AR 로 이동할 경우에는 새로운 MAP 을 선정하지 않는다. 그림 2 에서 이동노드가 레벨 2 지역에서 다른 지역으로 이동한다면 6 방향 중 3 방향으로 이동할 때 새로운 MAP 을 선정한다.

최하위 지역정보를 가지는 AR 지역에 이동노드가 있는 경우, 이웃하는 지역으로 이동할 때 마다 새로운 MAP 을 선정한다.

새로운 MAP 을 선정할 때 발생하는 핸드오프비용을 H_{cost} 라 할 때, 각 레벨 별 지역에서의 기대 핸드오프 비용 $E(H)_{level}$ 는 다음과 같다.

$$E(H)_{level} = \begin{cases} 0 & \text{if level 1} \\ \frac{1}{2} \cdot H_{cost} & \text{if level 2} \sim L-1 \quad (\text{식 1}) \\ 1 \cdot H_{cost} & \text{if level L} \end{cases}$$

이동노드가 본 논문에서 제안한 MAP 선택 지역에 진입하여 하위 레벨 지역을 n 번 지나갈 때 기대 핸드오프 비용은 다음과 같다.

MAP 트리의 최대 높이의 값을 L 이라고 할 때, 각 레벨의 MAP 의 지역 정보를 가진 지역의 수는 1 레벨 1 개, 2 레벨 6 개, ..., L 레벨 6(L-1)개이고, 총 구분된 지역의 수는 $C_{total} = 1 + 6L(L-1)/2 = 3L^2 - 3L + 1$ 이다.

P_1 는 1 레벨 지역에 있을 확률로 $1/C_{total}$, P_2 는 2~L-1 레벨 지역에 있을 확률로 $(3L^2 - 9L + 1)/C_{total}$, P_3 는 L 레벨 MAP 우선순위 지역에 있을 확률로 $(6(L-1))/C_{total}$ 의 값을 갖는다.

$$\begin{aligned} E(H) &= (0 \cdot P_1 + \frac{1}{2} \cdot H_{cost} \cdot P_2 + H_{cost} \cdot P_3) \cdot n \\ &= \frac{1}{2} \cdot H_{cost} \cdot \frac{3L^2 - 9L + 6}{3L^2 - 3L + 1} \cdot n \end{aligned} \quad (\text{식 2})$$

4.2 이동노드의 속도에 따라 MAP 선택할 경우 기대 핸드오프 비용

이동노드는 이동속도에 따라 각기 다른 레벨의 MAP 을 선정한다. 동일한 수의 MAP 들로 구성된 지역을 이동노드가 지나간다고 할 때, n 번의 하위 MAP 범위를 지나가는 경우, 이동노드의 기대 핸드오프비용을 구하는 과정은 다음과 같다.

H_{cost-s} 는 이동속도에 따른 MAP 선정 방식에서 MAP 선정할 때 발생하는 핸드오프 비용이고 H_{cost} 와 UA_{cost} 값을 더한 값이다. UA_{cost} 는 UA 메시지 발생

비용, d 는 현 레벨 범위 수/최하위레벨 범위 수 값이다. 각 레벨 지역에서의 기대 핸드오프 비용은 다음과 같다.

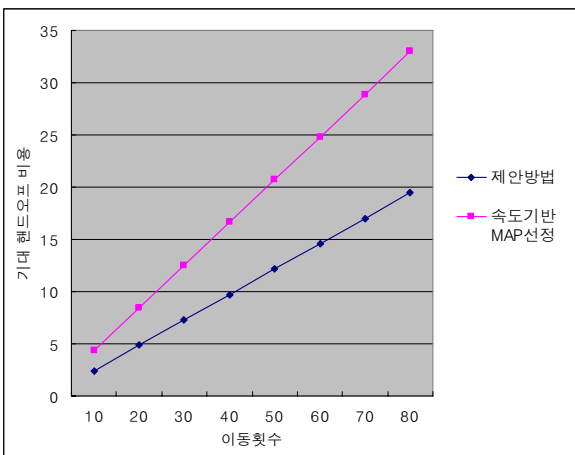
$$E(H)_{level} = \begin{cases} H_{cost-s} & \text{if level 1} \\ n \cdot d \cdot H_{cost-s} & \text{if level 2} \sim L-1 \text{ (식 3)} \\ n \cdot H_{cost-s} & \text{if level L} \end{cases}$$

따라서 각 레벨의 MAP 을 선정할 확률이 동등한 경우 n 번 이동할 때 총 기대 핸드오프 비용은 다음과 같다.

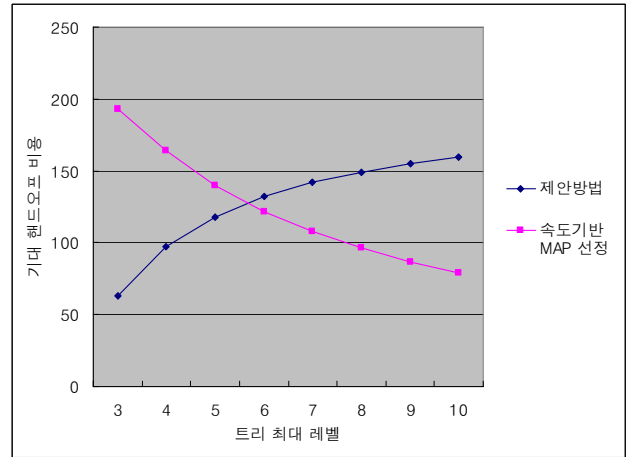
$$\begin{aligned} E(H) &= \frac{1}{L} \cdot (H_{cost-s} + n \cdot d \cdot H_{cost-s} + n \cdot H_{cost-s}) \\ &= \frac{1}{L} \cdot H_{cost-s} \cdot (1 + n \cdot \sum_{K=2}^{L-1} \frac{6(K-1)}{6(L-1)} + n) \quad (\text{식 4}) \\ &= \frac{1}{L} \cdot H_{cost-s} \cdot (n \cdot \frac{3L^2 - 9L + 6}{3L^2 - 3L + 1} + n + 1) \end{aligned}$$

4.3 기대 핸드오프 비용 비교 분석

MAP 트리를 레벨 4 높이로 계층적으로 구성하였을 때, 이동노드의 이동횟수가 증가함에 따른 기대 핸드오프 비용은 그림 3 과 같다. 한편, MAP 트리의 최대 레벨에 따른 기대 핸드오프 비용은 그림 3 와 같다. 그림 4 의 경우, 이동횟수가 증가함에 따라 기대 핸드오프 비용차가 커지고 제안한 위치 기반의 MAP 선정 방식이 더 좋은 성능을 보인다. 한편 그림 4 의 경우, 6 레벨 보다 높은 레벨의 MAP 트리에서는 이동 속도 기반의 MAP 선택 방식이 보다 좋은 성능을 보임을 볼 수 있다. 하지만, 높은 레벨은 매우 넓은 지역을 담당하는 MAP 트리 요구하고 매우 넓은 지역에 걸쳐 단일한 MAP 선택 방식을 필요로 하기 때문에 높은 레벨의 MAP 트리가 존재하기는 현실적으로 힘들다.



<그림 3> 이동 횟수에 따른 기대 핸드오프 비용 비교



<그림 4> MAP 트리의 높이에 따른 기대 핸드오프 비용 비교

5. 결론

본 논문은 HMIPv6 환경에서 MAP 을 선택하는 새로운 기법을 제안하였다. 본 논문은 이동노드가 HMIPv6 로 구성된 네트워크 지역에 진입하여 해당 지역의 중심 쪽으로 이동할수록 전체지역을 벗어나기 위해서는 더 많은 MAP 선정 과정을 겪는다는 사실에 착안하여 중앙지역에 가까운 이동노드에게 상위레벨의 MAP 을 선정하는 방식을 제안하였다. 제안한 MAP 선정 방식은 MAP 트리의 레벨이 6 레벨 이하인 경우 이동속도에 따라 MAP 을 선정하는 방식보다 나은 성능을 보였으며 이동횟수가 증가 할수록 더 나은 성능을 보인다.

추후에 6 레벨 이상의 MAP 트리에서도 제안된 MAP 선택방식이 보다 좋은 성능을 보일 수 있는 보완 방법에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] C. Perkins. "IP Mobility Support for IPv4", RFC3344, August 2002.
- [2] J. Park, "Mobile IP Application Technology", Telecommunications Review, Vol. 14, No. 5, pp. 767-768, 2004.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. EIMalki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC4140, Aug 2005.
- [4] K. Kawano, K. Kinoshita, and K. Murakami, "A Multilevel Hierarchical Distributed IP Mobility Management Scheme for Wide Area Networks", CCN, International Conference, Vol. 11, pp. 480-484, Oct. 2002.
- [5] J. Xie and F. Akyildiz, "A novel distributed dynamic location Management scheme for minimizing signaling costs in Mobile IP", IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol. I, No. 3, pp. 163-175, July-Sep. 2002.
- [6] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6", IETF RFC 3775, 2004.