계층적 Mobile IPv6에서의 적응적 MAP 선택방안

이상군*, 유지은**
*고려대학교 컴퓨터정보통신대학원
**고려대학교 컴퓨터전파통신공학과
e-mail: lsg777@korea.ac.kr

Adaptive MAP Selection Method in HMIPv6

Sanggun Lee*, Jieun Yu**
*Graduate School of Computer Information & Comm., Korea University
**Division of Computer and Communication Engineering, Korea University

요 약

HMIPv6는 핸드오버시 시그널링 오버헤드와 패킷 손실을 감소시키는데 목적이 있다. 그러나 HMIPv6는 성능 평가면에서 기존의 MIPv6보다 우수하지 못하다. HMIPv6 환경하에서 새로운 도메인에 진입한 MN이 MAP 선택시 최상위 MAP을 선택하여 CN과 통신할 경우 최상위 MAP에 부하가 집중되고 MN이 빈번하게 이동하거나 대용량서비스를 이용하게 되면 성능이 저하되고, 반대로 MN이 최하위 MAP을 선택하여 CN과 통신할 경우에는 HA나 CN에 대한 Binding Update 시그널 증가로 성능이 저하된다. 이에 본 논문에서는 MN이 MAP 선택시 Distance, 노드사용율 및 대역폭 사용율을 바탕으로 MAP을 선택하는 적응적 MAP을 선택하는 방안에 대해서 논하고자 한다

1. 서 론

인터넷 이동통신 방법으로 Mobile IP(RFC 2002, 이하 MIPv4)가 IETF에서 제안되었다[1]. MIPv4에서는 홈 네트워크에서 홈 주소(Home Address, 이하 HoA)가 이동노드에 할당되며 이동노드(Mobile Node, 이하 MN)는 HoA를 소스주소로 사용하여 모든 IP 데이터그램에 대해 이동성을 관리한다. 그러나 MN에게 데이터를 전송하려는 대상 노드(Correspondent Node, 이하 CN)가 MN 근처에 있더라도 반드시 홈 에이전트(Home Agent, 이하 HA)를 통해 통신하는 삼각 라우팅(Triangle Routing) 문제가 발생한다.

이러한 삼각 라우팅 문제와 IP주소 부족 문제를 해결하기 위해 Mobile IPv6(이하 MIPv6)가 제안 되었다[2]. MIPv6에서는 라우팅 최적화(Routing Optimization)를 통해 삼각 라우팅을 해소시켰지만 여전히 MN의 임시주소(CoA: Care of Address)를 CN과 HA에 등록하는 바인딩 갱신(Binding Update, 이하 BU)을 수행하여야 한다. 그러나 BU가 증가할수록 시그널링 트래픽 증가를 가져온다

이러한 BU 증가를 감소시키기 위해 제안된 대표적인 프로토콜이 계층적 Mobile IPv6 (Hierarchical Mobile IPv6, 이하 HMIPv6)이다[3]. HMIPv6에서는 Mobility Anchor Point(MAP)라는 개념이 소개되었다. MAP은 MN을 대신하여 모든 패킷을 수신하고 인캡슐레이션하여 이를 MN의 현재 주소로 직접 포워딩한다. 이로 인해 MN이 특정 도메인 내에서 이동시에는 HA와 CN에 위치갱신을 위해 직접 BU 시그널을 보낼 필요가 없어 BU시그널을 감소시킬 수 있다. MN이 도메인내에서 BU 감소를 위해 MN에서 MAP까지의 홉 카운트를 나타내는 Distance값이 가장 큰 MAP을 선택한다[4]. 그러나 MN이 CN과 통신할 때 전송되는 패킷은 반드시 MN의 해당 도메인을 관리하는 MAP을 통과하기 때문에 MAP로의 부하가 집중될 수 있다.

이러한 MAP의 부하를 분산시키는 방법으로, MN의 이동성을 기반으로 부하를 분산시키는 방법이 제안되었다[5]. 빠른 속도로 이동하는 MN은 Distance값이 큰 MAP를 선택하고 느린 속도로 이동하는 MAP는 Distance 값이 작은 MAP을 선택하도록 하였다. 그러나 이 방법은 MN의 이동속도를 예측할 수 없고 빠르게 이동하는 MN이 항상 빠르게 이동한다고 보장할 수 없다. 이를 보완하기 위해 MN의 이동속도와 MN의 세션 도착률, MAP의 부하 및 Distance를 종합적으로 고려하여 MAP을 선택하는 적응적 MAP선택 방법이 제안되었다[6]. 또한, [4][6]에서 사용된 Distance를 제외하고 MAP의 부하와 이동속도 기반의 적응적 MAP을 선택하는 방안도 제시되었다[7]. 이 방법은 MAP 부하수치로 등록된 MN의 수를 사용하고 각각의 MAP은 MN의 이동속도 범위에 따라 선택될 수 있도록 설계되었다. 일반적으로 이동성기반의 MAP 선택 방법과 적응적 MAP 선택방법의 성능을 비교해 볼때

적응적 MAP 선택방법이 성능이 우수하다고 연구되었다[8].

본 논문에서는 적응적 MAP 선택방법의 일환으로 MN이 MAP을 선택할 때 MAP에 등록된 MN의 수와 대역폭 사용율을 MAP의 부하수치로 사용하고 Distance값을 함께 고려한 적응적 MAP 선택방법에 대해 논하고자 한다.

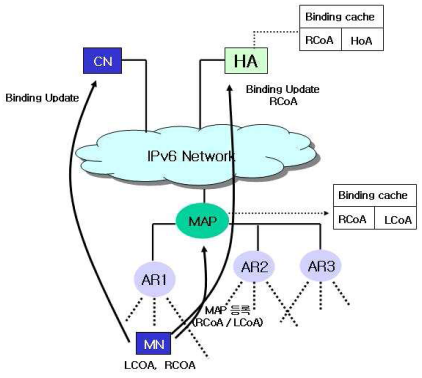
2장에서는 계층적 Mobile IPv6 개요와 MAP Option에 대하여 간략히 살펴보고 3장에서는 기존의 MAP Option을 확장하여 본 논문에서 제안하는 MAP선택 방안에 대하여 설명하고 4장에서는 시뮬레이션을 통해 성능을 분석하였다. 그리고 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구방향에 대하여 언급하였다.

2. 계층적 Mobile IPv6(HMIPv6)

2.1에서는 HMIPv6 기본동작에 대하여 설명하고 2.2에서는 MAP 옵션과 MAP 선택방법에 대하여 알아본다.

2.1 HMIPv6 개요

HMIPv6에서 MN은 HoA이외에 RCoA와 LCoA의 2가지 임시주소(CoA)를 가진다. RCoA(Regional CoA)는 서로 다른 도메인간 주소 전환에 사용되며 LCoA(On-Link CoA)는 도메인내에서 사용되는 임시주소이다. CN과 HA는 MN의 주소를 RCoA로 인식하여 패킷을 전송하며 MAP은 RCoA와 LCoA간의 바인딩 정보를 이용하여 패킷을 MN에 포워딩 시켜준다[3].

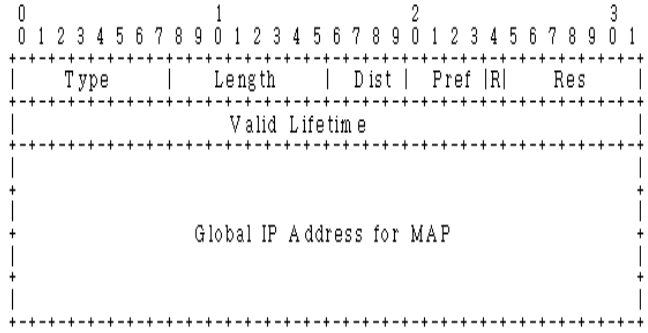


(그림 1) HMIPv6 Macro Handoff 기본동작

그림1에서 MN이 신규 도메인으로 진입하였을때 AR1(Access Router)을 통해서 MAP 정보를 지닌 광고 메시지를 통해 LCoA와 RCoA 를 얻게된다. MAP은 주기적으로 AR에게 자신의 MAP Option을 통해서 자신의 정보를 알린다. MN은 LCoA와 RCoA를 MAP에 등록하고 CN과 HA에 BU 시그널을 보낸다. 이후 MN이 이동하여 AR2 영역에 진입하였을때(Micro mobility)에는 MN이 BU 시그널(LCoA 변경)을 MAP에 보내면 통신이 이루어진다. 동일 도메인내에서 RCoA는 변하지 않았기 때문이다.

2.2 MAP 선택

MN이 수신한 광고메세지에 포함된 MAP옵션은 그림2와 같다.



(그림 2) MAP Option Format

Type: ICMPv6 Option Type
Length: Option의 길이
Dist: MAP과 광고를 받는 Receiver사이의 거리
Pref: MAP의 선호도, 0 - 15사이의 값을 갖는다.
R: 1로 설정되면 MN는 MAP Option에 있는 Global IP Address의 Prefix를 기반으로 RCoA를 만든다.
RES: 향후 확장을 위하여 예약된 필드
Valid Lifetime: 할당된 Prefix의 lifetime
Global IP Address for MAP: MAP의 Global 주소

MN은 모든 MAP Option을 받고 MAP Option들을 Distance값이 큰 순으로 정렬한 다음 Distance값이 가장 큰 MAP을 선택한다. 단, Preference나 Lifetime값이 0이면 선택하지 않는다[4].

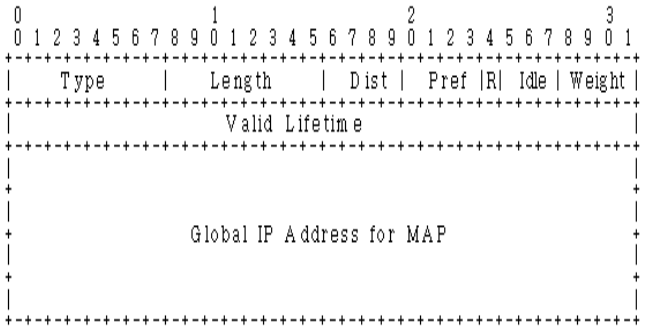
3. 제안하는 MAP 선택 방법

[4]에서 제안한 방법은 Distance 값이 큰 MAP을 선택하는 방법이다. 그 이유는 계층적 구조의 MAP에서 상위의 MAP일수록 HA나 CN에게 BU를 위해 MN이 발생하는 시그널이 줄기 때문이다. 그러나, 상위 MAP을 선택하는 것은 한 MAP에 부하가 집중되는 단점이 있다. 본 논문에서는 기존의 MAP Option을 확장하여 MAP에 등록된 노드의 수와 MAP의 대역폭 사용율, 그리고 Distance 이 3가지 값을 동적으로 계산하는 Weight 값을 포함시켜 MN이 MAP을 선택하는데 사용하였으며, 각 요소들의 가중비율을 부여하여 한 MAP에 부하가 집중되지 않도록 하였다.

3.1 확장된 MAP Option

MN이 광고메세지를 통해 수신된 MAP옵션중 Reserve된 7bit를 이용하여 확장된 MAP Option은 그림3과 같다.

MAP이 광고메세지에 포함된 MAP옵션에 MAP의 로드를 기반으로 MAP 유휴도(I)를 기록하고 Distance 값 이용하여 Weight값을 저장한다.



(그림 3) 확장된 MAP Option Format

Idle: MAP에 로드가 적은정도, MAP 유휴도
Weight: MN이 MAP을 선택할 때 판단 기준. Weight 값이 높은 MAP을 선택

3.2 MAP선택 방법

확장된 MAP Option을 이용하여 MAP의 상태정보를 계산하여 Weight값을 계산하는 방법은 아래와 같다.

$$W = a \times D + I, \quad I = b \times \frac{1}{U_n} + c \times \frac{1}{U_b}$$

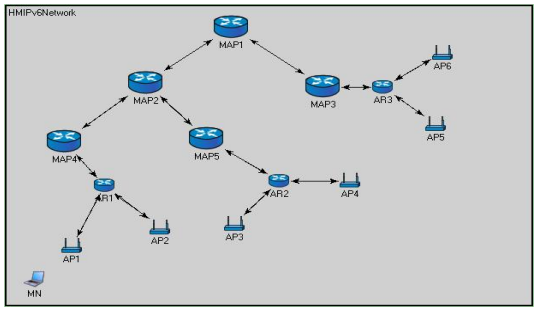
(W: MAP Weight, D: Distance, I: MAP 유휴도, U_n: 노드 이용율, U_b: 대역폭 사용율, a, b, c: D, U_n, U_b의 임의의 가중비율)

W는 Weight필드에 저장되는 값이고 I는 Idle필드에 저장되는 값이다. W는 임의의 가중비율 a와 Distance를 곱한 값에 I를 더하여 계산한다. D가 큰 MAP을 선택할수록 BU 시그널 감소효과를 가져올 수 있으므로 W에 비례하도록 설정하였다. I는 노드 이용율(U_n) 및 대역폭 사용율(U_b)은 크면 클수록 MAP이 부하가 높은 상태이므로 역수로 설정하고 임의의 가중비율 b와c를 각각 곱한 값의 합으로 계산한다. 여기서 W와 I는 정수로서 소숫점 이하는 반올림한다. MAP 옵션을 수신하는 라우터에서는 설정된 비율 a,b,c의 가중 비율을 이미 안다고 가정한다. MAP이 광고메세지에 자신의 MAP 옵션을 포함시킬때 Idle 필드에 현재 자신의 유휴상태를 기록하고 Distance를 1로 설정하고 Weight 값을 구한 후 광고한다. MAP 옵션은 수신한 라우터는 Distance를 1 증가시키고 비례상수 a 값과 Distance를 곱한후 기존의 MAP 유휴도(I)를 더하여 W값을 수정하여 광고메세지를 전달한다.

MN이 MAP을 선택시 동작 순서를 보면, 먼저 모든 MAP Option을 받고 MAP Option들을 Weight, Distance 및 Idle값 순으로 정렬한다. MN은 Weight값이 가장 큰 MAP을 선택한다. Weight값이 동일하면 Distance값이 큰 MAP를 선택한다. Distance값도 동일하면 Idle값이 큰 MAP을 선택한다. 단, Preference나 Lifetime값이 0이면 선택하지 않는다.

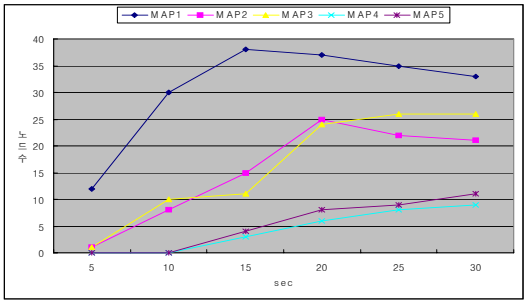
4. 성능 평가

본 논문에서는 한 MAP에 집중되는 부하를 분산시키기 위한 방법을 제안하였다. 이를 평가하기 위하여 'Omnet++' [9]라는 시뮬레이션 툴을 기반으로 IPv6, MIPv6, HMIPv6를 지원하는 IPv6Suite[10] [11]라는 프로그램으로 시뮬레이션 하였다. Network size 100*100m이고, Bandwidth는 100Mb, MN의 수치는 100개로 하였다. 100개의 MN을 10개씩 10개 그룹으로 나누어 2sec 간격으로 delay를 주었으며 이동속도는 1m/s, 2m/s, 4m/s씩 부여하였다. 각 MN의 패킷크기는 1500kbyte/s로 하였으며 성능평가를 위한 네트워크 구성도는 그림4와 같이 구성하였다.



(그림 4) 네트워크 구성도

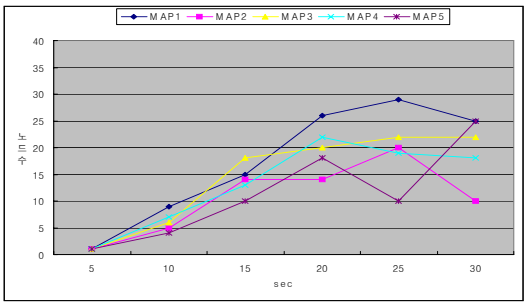
기존 HMIPv6에서의 MAP 선택방법을 통한 노드의 부하 정도를 보면 그림 5와 같다.



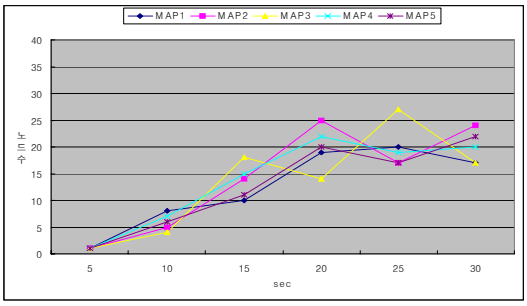
(그림 5) HMIPv6에서 각 MAP의 등록 노드수

그림 5에서 보면 주로 MAP1(최상위노드)에 노드가 집중되고, MAP1, MAP2, MAP3에 총 노드수의 80%가 집중되어 있는 것을 볼 수 있다. 이것은 MN이 MAP Option 정보를 받아 MAP 선택시 MAP의 상태를 고려하지 않고 단순히 Distance만을 고려하여 MAP을 선택한 결과이다.

본 논문에서 제안한 MAP 확장옵션에 Weight의 값을 구하기 위한 Distance, 노드 이용율의 역수 및 대역폭 사용율의 역수에 대한 임의의 비례상수 a, b, c에 대하여 30%, 50%, 20% 비율과 40%, 40%, 20%의 비율을 두어 MAP에 미치는 영향을 측정해 보았다.

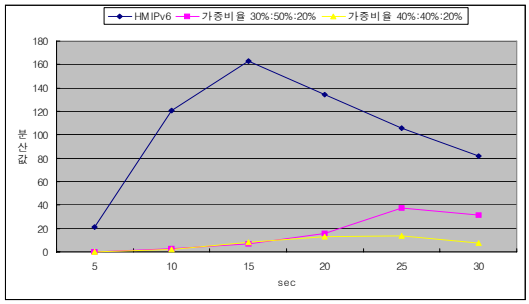


(그림 6) 가중비율 30%, 50%, 20%



(그림 7) 가중비율 40%, 40%, 20%

그림6과 그림7에서 보면, MAP에 연결된 노드수가 어느 순간에 증가하였다면 다음 시점에는 노드수가 줄어들거나 증가폭이 감소 된 것을 볼 수 있다. 모든 MAP에 서비스되는 MN이 고르게 분산되지는 않았지만 특정 MAP(특히, MAP1)에 노드가 집중되진 않았다. 각각의 MAP에 서비스되는 노드수의 시간대별 분산값 비교는 그림8과 같다.



(그림 8) 시간대별 분산값

분산값이 크면 클수록 각 MAP들 사이의 등록된 노드수의 차이가 크고 작으면 작을수록 등록된 노드수의 차이가 적음을 나타낸다. 등록된 노드수의 차이가 작다는것은 그만큼 부하가 골고루 분산됨을 의미한다. 전통적인 HMIPv6에서는 분산 평균값이 105로 측정된 반면 가중비율 30%, 50%, 20%일 경우 평균값이 16, 40%, 40%, 20%일 경우 평균값이 8로서 각각 85%, 92%의 성능이 향상되었다.

따라서 본 논문이 제안한 적응적 MAP선택 방안은 기존의 HMIPv6에서의 MAP 선택방법을 이용한 것보다 MAP에 부하를 효과적으로 분산시킴을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구계획

HMIPv6에서는 MN이 도메인에 진입할 때 HA와 CN에 대한 BU를 감소시키기 위하여 MAP을 선택시 Distance 값이 큰 최상위 MAP을 선택하지만 부하가 집중되는 단점이 있다.

이에 본 논문에서는 적응적 MAP 선택방법의 일환으로 Distance, 노드이용율 및 대역폭 사용율을 기반으로 비례상수를 변화시켜 특정 MAP에 집중되는 부하를 분산시켰다.

향후에는 Distance, 노드이용율 및 대역폭 사용율에 사용된 비례상수가 실제로 어느 정도의 비율로 나뉘어야 최적의 MAP 부하를 분산시키는지에 대한 정확한 수치와 그에 따른 성능분석이 필요하다.

참고문헌

[1] C. Perkins, “IP Mobility support for IPv4”, IETF RFC 3344.

[2] D. Johnson, C. Perkins, and J. ARkko, "Mobility Support in IPv6", draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, June 2003.

[3] H. Soliman, C. Castelluccia et al, “Hierarchical Mobile IPv6 managemenet (HMIPv6)”, IETF draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-00.txt (work in progress), June 2003.

[4] Hesham Soliman, Flarion, Karim El Malki, and Ericsson "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management", IETF-Draft, February 2004.

[5] E. Natalizio, A. Scicchitano and S. Marano, “Mobility Anchor Point Selection Based on User Mobility in HMIPv6 Integrated with Fast Handover Mechanism”, in *Proc. IEEE WCNC 2005,* 2005.

[6] Xiao Hu, Junde Song, and Mei Song, "An adaptive mobility anchor point selection algorithm for hierarchical mobile IPv6", in *Proc. IEEE ISCIT 2005*, October 2005.

[7] 정원식, 이수경, “적응적 MAP 선택을 통한 HMIPv6 네트워크의 성능향상 알고리즘,” 한국통신학회 논문지 제31권 제11B호, pp.945-952. 2006.

[8] S. Pack, T. Kwon, and Y. Choi, "A Comparative Study of Mobility AnchorPoint Selection Schemes in Hierarchical MobileIPv6 Networks", in *Proc. ACM MobiWac 2004*, September 2004.

[9] The network simulator - "omnet++," Available at http://www.omnetpp.org/.

[10] IPv6Suite, Available at http://http://ctieware.eng.monash.edu.au/twiki/bin/view/Simulation/IPv6Suite/.

[11] J. M. Lai, E. Wu, and Y. A. Sekercioglu, "A Tutorial for HMIPv6 Modelling and Simulation in IPv6Suite", In *Proc. the Australian Telecommunications, Networks and Applications Conference (ATNAC'04)*, December 2004.