

Proxy Mobile IPv6 환경에서 Fuzzy Logic 을 이용한 Local Mobility Anchor 선택 기법 연구

이중희, 최진영, 임헌정, 이종혁, 정태명
성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과
e-mail : jhlee00@imtl.skku.ac.kr

A Study on Local Mobility Anchor selection mechanism using Fuzzy Logic for Proxy Mobile IPv6

Joong-Hee Lee, Jin-Young Choi, Hun-Jung Lim, Jong-Hyook Lee, Tai-Myoung Chung
Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

이동 서비스를 지원하기 위한 프로토콜 중 현재 가장 주목 받고 있는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)에서 Mobile Node (MN)는 Local Mobility Anchor (LMA)와 Mobile Access Gateway (MAG)의 지원으로 무선 접속을 위한 기능 이외의 추가적인 동작 과정 없이 이동성을 가질 수 있다. PMIPv6 에서의 LMA 는 MN 에게 이동 서비스를 지원함에 있어서 가장 중추적인 역할을 하기 때문에 어떤 LMA 가 MN 에게 서비스를 지원하느냐에 따라 이동 서비스의 질은 직접적인 영향을 받는다. 따라서 본 논문에서는 이동 서비스에 영향을 미칠 수 있는 요소인 LMA 와 MAG 사이의 통신 비용과 LMA 가 이동 서비스를 제공하고 있는 MN 의 수를 고려하여 Fuzzy Logic 을 이용한 LMA 선택 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 다수의 LMA 를 제공하는 사업자에게 있어서 적당한 LMA 를 선택하여 서비스를 제공할 수 있도록 함으로써 MN 에게 항상 양질의 이동 서비스를 제공할 수 있도록 한다.

1. 서론

휴대용 통신 장치가 이동 중에도 인터넷에 대한 연결성을 유지하기 위한 노력이 Internet Engineering Task Force (IETF)에 의해 끊임없이 지속되어오고 있다. 이러한 노력의 결과로 Mobile IPv6 (MIPv6) 라는 프로토콜이 확립되었고 이것을 개선시키기 위해 Fast Mobile IPv6 (FMIPv6), Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)와 같은 기법들이 제안되어왔다 [1][2][3]. 이러한 프로토콜 들은 모바일 장치가 이동성을 갖기 위해서 모바일 장치 스스로가 프로토콜의 동작에 있어서 직접적인 지원을 해야 한다. 하지만 모바일 장치는 휴대성을 강조하기 위해 작게 설계되어야 하고 이에 따라 충분한 계산 능력을 지원하기에 제약이 따를 수 밖에 없다. 또한 배터리 크기의 제한에 따른 전원에 대한 한계를 갖기 때문에 모바일 장치가 최소한의 동작만 할 수 있도록 하는 것이 바람직하다 [4].

이러한 모바일 장치의 한계를 극복하기 위해서 IETF 의 Network-based Localized Mobility Management (Netlmm) 워킹 그룹에서는 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜에 대한 표준화 작업을 진행하고 있으며 대표적인 프로토콜로 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)를

들 수 있다 [5]. 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜의 가장 큰 이점은 모바일 장치가 이동성을 갖기 위해서 추가적인 동작이 필요 없이 오직 무선 네트워크에 대한 접속 능력만 지니면 되고 이동성 지원과 관련된 모든 동작은 네트워크가 맡아서 하게 된다는 것이다.

PMIPv6 에서는 Local Mobility Anchor (LMA)와 Mobile Access Gateway (MAG)가 Mobile Node (MN)에 대한 이동성을 지원한다. LMA 는 MIPv6 에서의 Home Agent (HA)의 기능을 갖는다. MAG 는 MN 의 위치를 추적하여 LMA 에게 알림으로써 LMA 가 올바른 위치로 터널을 형성할 수 있도록 도움을 주는 역할을 한다. 이때, MAG 는 한 개 이상의 LMA 와 연결되어 있을 수 있으며 어떤 LMA 가 이동 서비스를 지원하게 할 것인가에 대해서는 각 MN 에게 주어진 정책에 의해 결정될 수 있다. 하지만 아직 PMIPv6 는 발전 단계에 있으며 구체적인 정책이 어떤 방식으로 적용될 것인가에 대해서 정해지지 않은 상태이다. 따라서 본 논문에서는 MAG 와 LMA 와의 통신 비용과 각 LMA 가 이동 서비스를 제공하고 있는 MN 의 수, 두 가지의 요소를 가지고 Fuzzy Logic 을 이용하여 최적의 LMA 를 선택하는 기법을 제안한다.

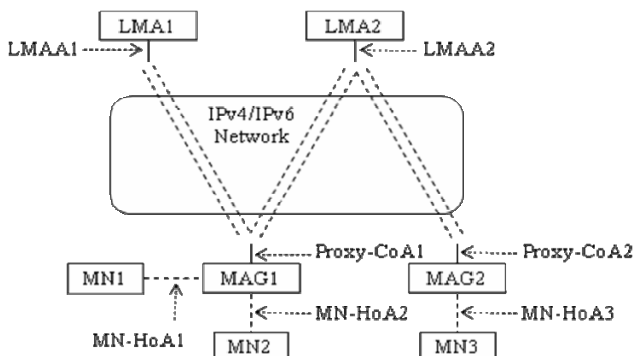
본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 PMIPv6 의 동작 방식을 LMA 와 관련하여 간략히 설명한다. 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 적당한

"본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음"
(IITA-2007-C1090-0701-0028)

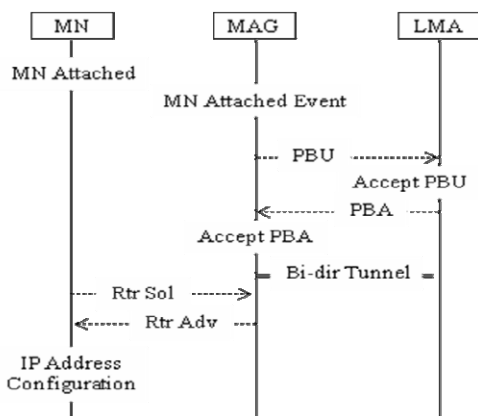
LMA 를 선택하기 위한 Fuzzy Logic 을 설명한다. 마지막으로 4 장에서는 제안하는 기법에 대한 기대 효과를 언급하고 향후의 연구 방향에 대해 제시한다.

2. PMIPv6 의 동작과정

PMIPv6 에서는 LMA 와 MAG 가 MN 의 이동성에 관련된 모든 동작을 담당한다. PMIPv6 에 대한 토폴로지는 (그림 1)과 같이 구성되어 있다. (그림 1)에서와 같이 하나의 LMA 에는 하나 이상의 MAG 와 터널을 통해 이동 서비스를 지원하며 하나의 MAG 역시 하나 이상의 LMA 와 터널을 유지할 수 있다. (그림 1)에서 볼 때, MN1 과 MN2 는 MAG1 에 연결되어 있으며 LMA1 이 제공하는 Home Network Prefix (HNP)로부터 Home Address (HoA)를 설정한다. LMA Address (LMAA) 와 Proxy Care-of Address (Proxy-CoA)는 LMA 와 MAG 사이에 연결되어 있는 터널의 양 끝의 인터페이스 주소이다. MN 이 처음으로 MAG 에 연결되어 이동 서비스를 받게 되는 과정과 핸드오프 과정은 (그림 2)와 (그림 3)에 각각 나타내었다.



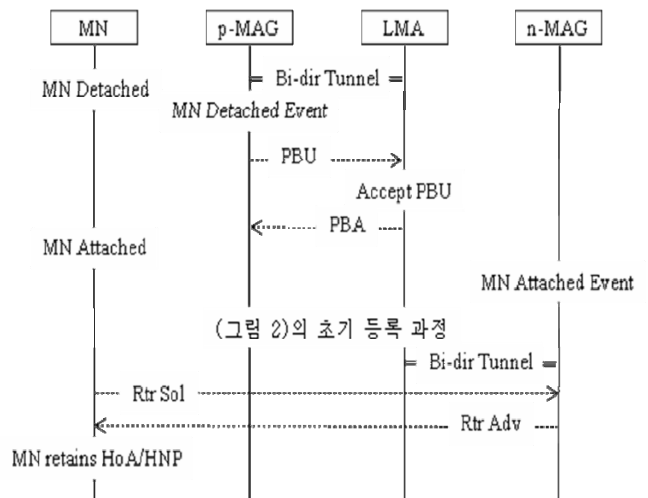
(그림 1) PMIPv6 의 토폴로지



(그림 2) MN 의 초기 등록 과정

(그림 2)와 같이 MN 이 MAG 에 연결된 이후 MAG 는 MN 으로부터 Network Access Identifier (NAI)와 같은 MN 의 ID 정보를 받게 된다 [6]. 이것을 바탕으로

로 LMA 에 Proxy Binding Update (PBU) 메시지를 보내면 LMA 는 MN 에 대한 HNP 를 할당하고 MAG 와 터널을 형성하면서 Binding Cache Entry (BCE) 를 갱신한다. 이 과정이 성공적으로 수행되면 MAG 에게 Proxy Binding Acknowledgement (PBA) 메시지를 보내고 PBA 를 받은 MAG 는 터널과 라우팅 정보를 설정하게 된다. 이 과정 이후에 MN 은 MAG 로부터 Routing Advertisement 메시지를 통해 HNP 를 받고 이것을 이용하여 HoA 를 설정하게 된다. 이것으로 초기 등록 과정을 마친다.



(그림 3) MN 의 핸드오프 과정

(그림 3)은 초기 등록 과정 이후 MN 이 p-MAG 로부터 n-MAG 로 핸드오프 했을 경우의 동작 과정을 나타낸다. MN 이 p-MAG 로부터 연결이 끊어지면, p-MAG 는 PBU 를 통해 LMA 가 BCE 로부터 해당 정보의 삭제 준비할 수 있도록 한다. MN 이 이동한 곳의 MAG 인 n-MAG 는 (그림 2)와 동일한 과정을 행한다. 이때 LMA 로부터 받게 되는 HNP 는 p-MAG 에서 MN 이 받았던 HNP 와 동일한 것으로서 MN 은 여전히 동일한 네트워크 상에 머무는 것으로 인식하게 되고 HoA 를 유지하게 된다. 이러한 과정으로 LMA 는 항상 MN 이 위치한 곳의 MAG 와 터널을 형성하게 되고 Correspondent Node (CN)와의 통신에 있어서 항상 LMA 를 통해서 이루어지게 된다.

앞에서 언급한 바와 같이 MAG 는 하나 이상의 LMA 와 터널을 생성할 수 있다. 때문에 MN 이 MAG 에 접근했을 시 어떤 LMA 에게 PBU 를 보낼 것인가에 대해서 결정을 해야 한다. PMIPv6 에 따르면 이러한 정보는 MN 의 정책 프로파일에 LMAA 가 정해져 있으며 이 정보를 바탕으로 PBU 를 보낼 수 있다. 하지만 특정 MN 에 대해서 이동 서비스를 제공하는 LMA 가 고정되어 있을 경우 다음과 같은 문제가 발생했을 시 대처할 수 없다. 첫째, 현재 접근한 MAG 와 이동 서비스를 받을 LMA 사이의 통신 비용이 지나치게 크다. 둘째, 이동 서비스를 받을 LMA 가 이미 많은 MN 에게 이동 서비스를 제공하고 있어 가용 자

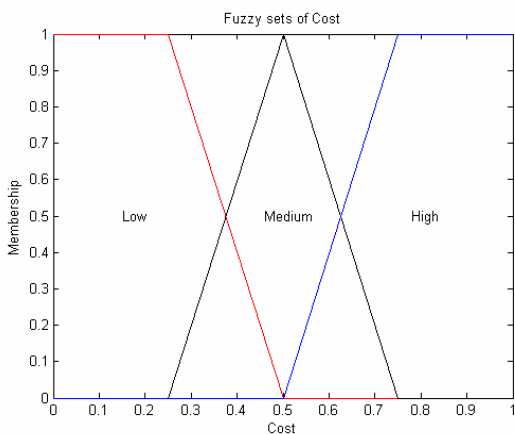
원이 부족한 상태이다. 이러한 문제들을 효과적으로 제어하기 위해서 상황에 따라 MN 이 이동 서비스를 받을 LMA 가 적절히 선택되어야 한다.

3. Fuzzy Logic 을 이용한 LMA 의 선택 기법

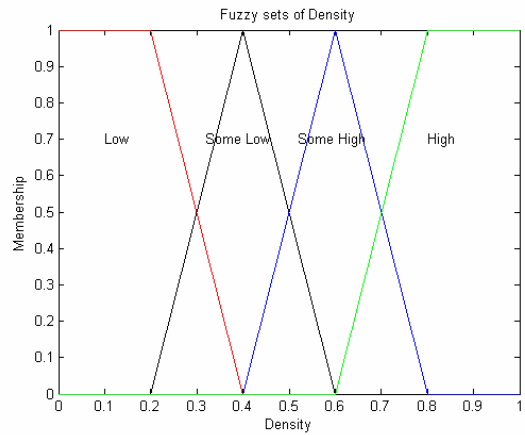
2 장에서 설명한 바와 같이 LMA 가 MN 에게 이동 서비스를 제공함에 있어서 두 가지의 요소가 성능에 큰 영향을 미친다. 첫째, MN 의 통신은 MN 이 접근한 MAG 와 MN 에게 이동 서비스를 제공하는 LMA 사이에 설정되어 있는 터널을 항상 통하게 된다. 따라서 LMA 와 MAG 사이의 통신 비용은 MN 의 통신 속도에 직접적인 영향을 미친다. 둘째, 특정 LMA 가 이동 서비스를 지원하는 것으로 프로파일에 설정되어 있는 MN 의 서비스 요청이 많을 경우에 해당 LMA 의 가용 자원이 부족해 질 수 있으며 이것은 LMA 의 갑작스러운 실패로 이어질 수 있다. LMA 에 갑작스러운 실패가 발생할 경우 해당 LMA 로부터 이동 서비스를 제공받고 있던 모든 MN 은 통신이 불가능해진다. 따라서 사전에 특정 LMA 에 관리되는 MN 이 집중되지 않도록 적절히 분배하는 것이 요구된다.

이 두 가지의 요소를 모두 최적의 상태로 만족시키는 것은 거의 불가능 하다. 만약 LMA 와 MAG 사이의 통신 비용을 LMA 선택의 기준으로 삼는다면 특정 MAG 에 접근하는 MN 에 대해서 통신 비용이 가장 적은 하나의 LMA 만이 선택되기 때문에 특정 LMA 에 집중될 수 있다. 또한 LMA 가 관리하고 있는 MN 의 수를 선택의 기준으로 삼는다면 경로 상의 문제로 통신 비용이 지나치게 높은 LMA 가 선택될 가능성도 있다. 따라서 두 가지의 요소를 적절히 고려하는 것이 원활한 이동 서비스를 제공하기 위해 요구된다. 본 논문에서는 두 가지의 요소를 적절히 고려하기 위해 Fuzzy Logic 을 이용한다.

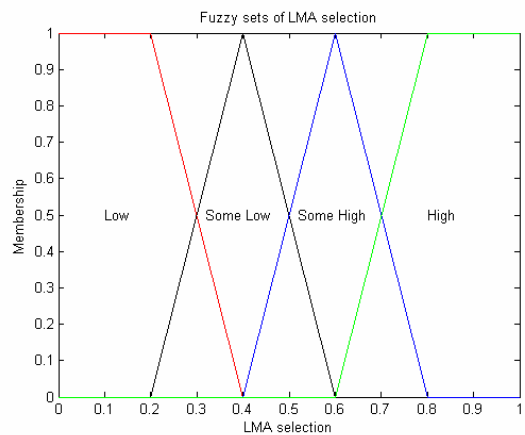
3.1 Fuzzy 집합 및 IF-THEN 룰 정의



(그림 4) Cost 의 Fuzzy 집합



(그림 5) Density 의 Fuzzy 집합



(그림 6) Selection 의 Fuzzy 집합

Fuzzy 집합을 정의하기 위하여 Fuzzy 변수를 선정해야 한다. Fuzzy 변수로는 LMA 와 MAG 와의 통신 비용을 나타내는 Cost 와 LMA 가 몇 개의 MN 에게 이동 서비스를 제공하고 있는지를 나타내는 Density 를 선정하였으며 MN 이 적당한 LMA 를 선택하기 위한 Selection 을 선정하여 이에 대한 Fuzzy 집합을 정의한다. Cost 의 값으로 통신이 불가할 정도의 통신 비용을 나타내며, Density 의 값으로 만약 1 일 경우 LMA 가 더 이상의 MN 에게 이동 서비스를 제공할 수 없음을 나타낸다. (그림 4), (그림 5), (그림 6)으로 Cost 의 Fuzzy 집합, Density 의 Fuzzy 집합, Selection 의 Fuzzy 집합을 각각 표현하였다.

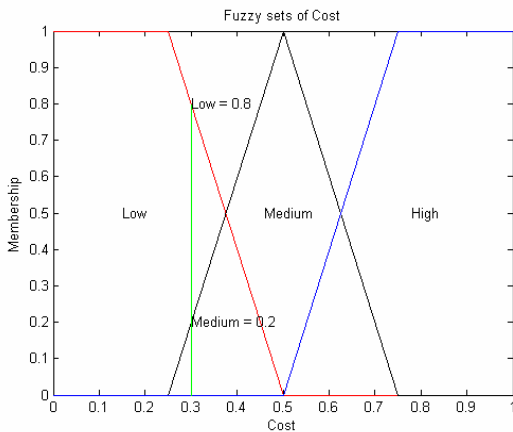
정의된 Fuzzy 집합을 이용하여 IF-THEN 룰을 정의하였으며 정의된 IF-THEN 룰은 다음과 같다.

- 1) If Cost is Low and Density is Low then Selection is High.
- 2) If Cost is Low and Density is S-Low then Selection is S-High.
- 3) If Cost is Low and Density is S-High then Selection is S-High.
- 4) If Cost is Low and Density is High then Selection is S-Low.
- 5) If Cost is Medium and Density is Low

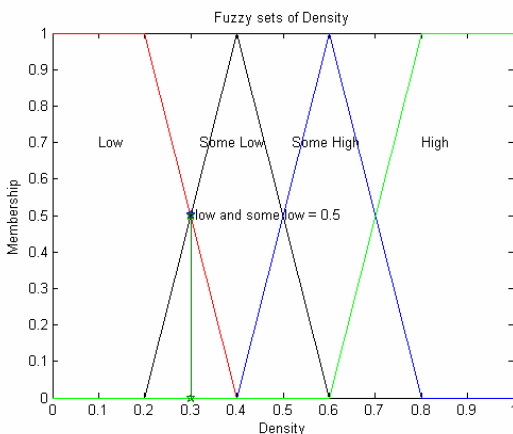
- then Selection is S-High.
- 6) If Cost is Medium and Density is S-Low then Selection is S-High.
 - 7) If Cost is Medium and Density is S-High then Selection is S-Low.
 - 8) If Cost is Medium and Density is High then Selection is Low.
 - 9) If Cost is High and Density is Low then Selection is S-Low.
 - 10) If Cost is High and Density is S-Low then Selection is S-Low.
 - 11) If Cost is High and Density is S-High then Selection is Low.
 - 12) If Cost is High and Density is High then Selection is Low.

3.2 Fuzzification

Fuzzification 은 명확한 입력 변수 값을 Fuzzy 값으로 바꾸어 주는 것을 의미하는데 Cost 의 값이 0.3, Density 의 값이 0.3 이라면 Cost=0.3 인 값이 Fuzzy 집합 Low, Medium, High 에, density=0.3 인 값이 Fuzzy 집합 low, some low, some high, high 에 각각 속하는 정도를 계산하는 것이며 (그림 7), (그림 8)과 같이 값이 도출된다.



(그림 7) Cost 의 Fuzzification (Cost = 0.3)



(그림 8) Density 의 Fuzzification (Density = 0.3)

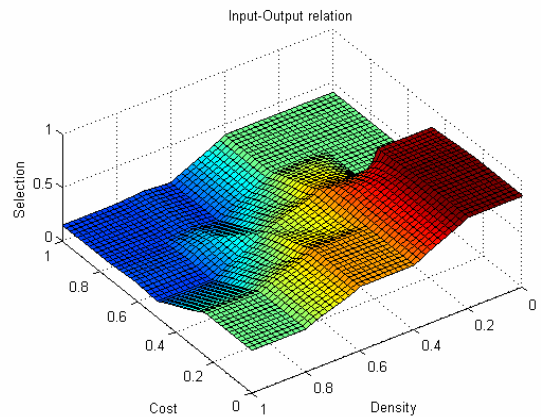
3.3 Defuzzification

출력 Fuzzy 집합들을 합한 결과를 이용하여 얻어진 최종 Fuzzy 집합은 출력 변수 구간에 대해 정의되므로 출력으로 하나의 계산된 명확한 숫자로 나타내기 위하여 Defuzzification 을 해야 한다. 본 논문에서는 Center of Area (COA) 방법으로 무게 중심에 해당하는 변수 영역의 값을 도출한다.

$$Center\ of\ Area = \frac{\int xf(x)dx}{\int xdx}$$

3.4 Input-Output 관계

Input 과 Output 사이의 관계를 말해주는 12 개의 Fuzzy 룰을 통하여 (그림 9)와 같이 곡면을 정의할 수 있다. (그림 9)에서 나타나는 바와 같이 Cost 가 낮고 Density 역시 낮은 LMA 의 선출 정도가 높으며 반대의 경우의 LMA 는 선출 정도가 낮은 것으로 나타났다. 이것은 통신 비용을 고려하면서 특정 LMA 에 이동 서비스 요청이 집중되지 않는 적당한 LMA 를 선정함에 있어서 타당하다고 볼 수 있다.



(그림 9) Input-Output 관계

4. 기대 효과 및 향후 연구

본 논문에서 제안하는 기법은 PMIPv6 환경에서 특정한 MN 에 대해서 이동 서비스를 제공하고자 할 때에 MAG 와 LMA 사이에서 발생하는 통신 비용과 LMA 가 관리하고 있는 MN 의 수를 고려하여 적당한 LMA 가 선택될 수 있도록 한다. 사업자의 관점에서 보자면 원활한 이동 서비스를 제공하기 위해 많은 수의 LMA 를 관리할 수 있고 서비스를 받고자 하는 MN 에 대해서 상황에 맞춰 적당한 LMA 가 선택되어 서비스를 제공하여야 한다. 본 논문에서 제안하는 기법으로 이러한 목적을 달성할 수 있다.

PMIPv6 는 현재 발전단계에 있으며 도입 방식에 따라 LMA 의 배치 역시 달라질 수 있다. 향후 연구에서는 도입 방식을 고려하여 MAG 가 LMA 에 대한 정보를 유지하는 기법에 대해 연구할 것이다.

참고문헌

- [1] Johnson, D., Perkins, C., Arkko, J., "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- [2] Koodli, R. (ed.), "Fast Handovers for Mobile IPv6", RFC 4068, July 2005.
- [3] Soliman, H., Castelluccia, C., El Malki, K., Bellier, L., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, August 2005.
- [4] Lee, J.-H., Lee, J.-H., Chung, T.-M., "A Novel Inter-LMD Handoff Mechanism for Network-Based Localized Mobility Management", NEW2AN 2007, LNCS 4712, pp. 356-366, September 2007.
- [5] Gundavelli, S., Leung, K., Devarapalli, V., Chowdhury, K., Patil, B., "Proxy Mobile IPv6", Internet Draft, draft-ietf-netlmm-proxymip6-06.txt, September 2007.
- [6] Aboba, B., Beadles, M., Arkko, J., Eronen, P., "The Network Access Identifier", RFC 4282, December 2005.
- [7] Yen, J., Langari, R., "Fuzzy Logic Intelligence, Control, and Information", Prentice Hall, pp. 21-140, November 1998.