

# Proxy MIPv6 환경에서 Local Mobility Anchor 의 부하 분배를 위한 기법 연구<sup>†</sup>

이중희\*, 이종혁\*, 정태명\*\*  
\*성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과  
\*\*성균관대학교 정보통신공학부  
e-mail : {jhlee00, jhlee}@imtl.skku.ac.kr  
tmchung@ece.skku.ac.kr

## A Study on Load Balancing Mechanism for Local Mobility Anchor in Proxy MIPv6 Environment

Joong-Hee Lee\*, Jong-Hyoun Lee\*, Tai-Myoung Chung\*\*  
\*Dept. of Electrical and Computer Engineering, Sungkyunkwan University  
\*\* School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

### 요 약

Proxy MIPv6 환경에서 Local Mobility Anchor 는 이동 단말에 대해 이동성을 제공하기 위한 등록 과정과 데이터의 터널링을 제공한다. 다수의 Mobile Access Gateway 에 위치하는 모든 이동 단말에 대해 서비스를 제공하여야 하기 때문에 Local Mobility Anchor 는 병목현상을 일으킬 수 있으며 이것은 Local Mobility Anchor 에 의해 관리되는 모든 이동 단말에 대해 전체적인 이동 서비스의 실패로 이어질 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 다수의 Local Mobility Anchor 에 부하를 분배하며 특정한 Local Mobility Anchor 에 부하가 집중될 경우 효과적으로 재분배하기 위한 기법을 소개한다. 본 논문에서 제안하는 기법을 통해 다수의 이동 단말에게 서비스를 제공하는 Proxy MIPv6 환경에서도 안정적이고 양질의 서비스를 제공하며 자원을 효율적으로 이용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 1. 서론

인터넷에 연결이 가능한 단말기들의 소형화에 의해 이동 중에도 인터넷에 대한 연결성을 항상 유지하고자 하는 사용자들의 요구에 따라, Internet Engineering Task Force (IETF)에서는 이동성을 지원하기 위한 다양한 프로토콜들이 연구되고 있다. 특히 최근에는 이동 단말에 어떠한 추가적인 기능을 요구하지 않고 802.11 과 같이 단순한 무선 접속 기능만 있다면 이동 단말에 대해 연결을 유지할 수 있도록 하는 Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6) 가 등장하였다 [1]. PMIPv6 은 현재 IETF 의 Network-based Localized Mobility Management (Netlmm) 작업반에 의해 주도적으로 연구 중에 있다.

PMIPv6 는 기존의 Mobile IPv6 (MIPv6), Fast MIPv6 (FMIPv6), Hierarchical MIPv6 (HMIPv6)로 대표되는 호스트 기반의 이동성 관리 프로토콜과 달리 네트워크 기반의 이동성 관리 프로토콜으로써 이동 단말에 이동성을 위한 추가적인 기능을 요구하지 않음으로 인해서 기존에 이미 사용되고 있는 무선 단말들에게도 PMIPv6 를 위한 기반 시설만 제공된다면 이동성을 가

질 수 있게 한다 [2][3][4].

PMIPv6 에서는 Local Mobility Anchor (LMA)와 Mobile Access Gateway (MAG) 라는 새로운 네트워크 요소를 소개한다. MAG 는 기존의 MIPv6 에서 이동 단말이 이동성을 갖기 위해 프로토콜에 참여하는 Binding Update (BU) 과정을 이동 단말의 대리로서 행한다. LMA 는 MIPv6 에서의 Home Agent (HA)가 하는 역할과 같이 이동 단말에 대한 바인딩을 관리하며 이동 단말의 트래픽을 터널을 통해 전송하는 역할을 한다.

LMA 역시 HA 와 마찬가지로 LMA 가 관리하고 있는 모든 이동 단말들의 트래픽에 대한 터널을 관리하여야 하고 주기적으로 혹은 이동 단말의 이동에 따라서 바인딩을 관리하여야 한다. 이러한 모든 동작을 하나의 네트워크 요소인 LMA 가 관리한다는 것은 LMA 에 큰 부하를 가져온다. 만일 해당 LMA 가 관리하는 이동 단말들이 큰 대역폭을 요구하는 통신을 지속적으로 할 경우 모든 트래픽이 LMA 에 집중되기 때문에 병목현상이 발생하고 서비스 품질의 저하를 가져오며 이러한 현상이 심화될 경우 LMA 시스템의 실패를 불러 일으킬 수도 있다. LMA 의 실패는 LMA 가 관리하고 있던 모든 이동 단말들이 더 이상 이동성을 지원 받을 수 없음을 의미하고 모든 연결이 끊

<sup>†</sup>본 논문은 보건복지부 보건의료기술진흥사업회 지원에 의하여 이루어진 것임(과제번호: 02-PJ3-PG6-EV08-0001)

어지는 것이 불가피해진다. 이러한 문제는 기존의 PMIPv6 에서 HA 에서도 나타나는 문제이며 HA 의 부하를 분배하는 방법 역시 다양하게 연구되어 왔다 [5][6]. 이와 같이 LMA 역시 여러 개의 LMA 에 부하를 분배하는 방법이 연구되어야 하며 지금까지 연구되어온 PMIPv6 환경에 쉽게 적용할 수 있는 부하 분배 기법이 필요하다.

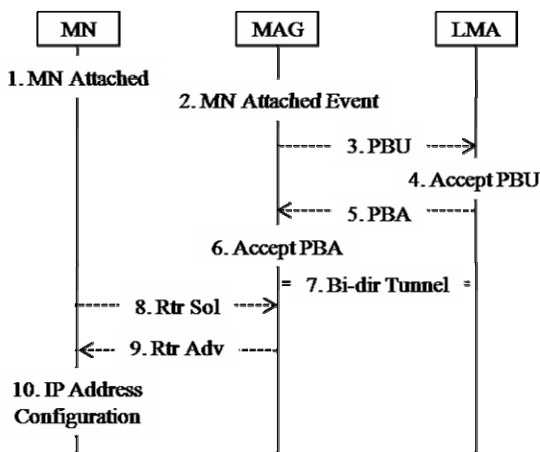
본 논문에서는 LMA 에게 집중될 수 있는 부하를 다수의 LMA 에 사전에 분배하며, 반복되는 이동 단말의 등록과 해지 과정에서 특정한 LMA 에 부하가 집중될 경우 전체적으로 부하를 재분배할 수 있는 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 PMIPv6 에 Scheduling LMA (S-LMA)라는 하나의 기능요소를 추가함으로써 기존에 정의되어 있는 PMIPv6 의 프로토콜에 변화를 주지 않으면서 다수의 LMA 에 효과적인 초기 부하 분배와 부하 재분배를 가능하도록 한다.

본 논문의 나머지는 다음과 같이 구성된다. 2 장에서는 PMIPv6 의 등록과 터널을 통해 데이터가 전송되는 과정을 설명하며 3 장에서는 본 논문에서 제안하는 기법에 대해 소개한다. 4 장에서는 제안하는 기법이 가져오는 이점에 대해 구체적으로 설명한 뒤 마지막으로 5 장에서는 결론과 향후 연구에 대해 언급한다.

2. 관련 연구

본 장에는 제안하는 구조의 환경이 되는 PMIPv6 에서 이동 단말의 초기등록 과정과 이동 단말의 트래픽이 LMA 와 MAG 의 터널을 통해 전송되는 과정을 보인다.

2.1 이동 단말의 초기등록 과정



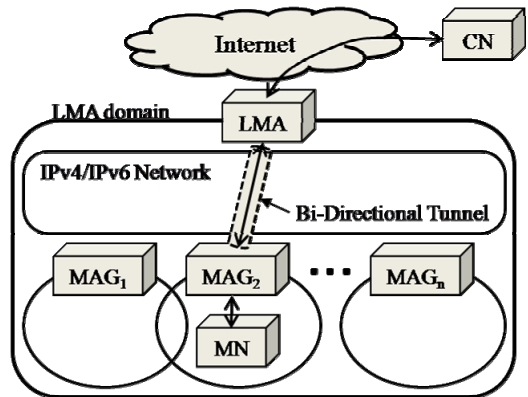
(그림 1) 이동 단말의 초기등록 과정

(그림 1)은 PMIPv6 환경에서 이동 단말 (MN)이 처음으로 PMIPv6 도메인으로 진입하여 이동 서비스를 받기 위해 등록하는 과정이다. (그림 1)에서 1, 2 과정은 MN 이 현재 MAG 의 범위에 들어왔다는 것을 MAG 가 인지하는 과정이며 정확한 과정은 네트워크가 이용하는 데이터 링크 계층의 프로토콜에 따른다.

MN 에 대해 인식한 MAG 는 LMA 에게 Proxy Binding Update 메시지 (PBU)를 전송하며 PBU 를 받아들인 LMA 는 Proxy Binding Acknowledgment 메시지 (PBA)를 MAG 에게 전송하여 준다. PBA 를 받은 MAG 는 MN 을 위한 Binding Cache Entry (BCE)를 생성하며 LMA 와의 터널을 설정한다. 또한 PBA 에는 MN 의 Proxy Home Address (pHoA)를 설정하기 위해 사용되는 Home Network Prefix (HNP) 정보가 담겨있다. MAG 는 PBA 를 통해 받은 MN 의 HNP 를 Router Advertisement (RA) 메시지를 통해 MN 에게 전달하여 주고 이것을 통해 MN 은 주소를 설정하게 된다. HNP 를 통해 MN 이 설정한 주소를 Proxy Home Address (pHoA)라고 부른다. 이때, 주목해야 하는 점은 같은 PMIPv6 는 per-MN Subnet Model 을 채택하고 있으며 이것은 LMA 에 의해 관리되는 모든 MN 에게 주어지는 HNP 는 모두 다르다는 것을 의미한다 [7]. 또한 MN 이 다른 MAG 로 이동하더라도 LMA 로부터 같은 HNP 를 PBA 를 통해 전달 받음으로써 MN 은 계속 같은 네트워크 내에 머물러 있는 것으로 인식하게 된다.

2.2 이동 단말의 트래픽 전송 경로

LMA 와 MAG 는 등록 과정을 통해서 양단간의 터널을 생성하게 되고 이 터널을 통해 MN 의 트래픽을 주고 받게 된다. (그림 2)는 터널을 통해 전송되는 MN 의 트래픽을 나타낸다.



(그림 2) MN 의 트래픽 전송 경로

(그림 2)에서 MN 은 LMA 를 통해 이동 서비스를 받고 있으며 초기등록 과정에서 LMA 로부터 할당된 HNP 를 통해 pHoA 를 설정해 놓은 상태이다. MN 과 통신중인 Correspondent Node (CN)은 MN 에게 패킷을 전송할 때 pHoA 를 목적지 주소로 하고 인터넷을 통해 LMA 로 라우팅된다. LMA 의 네트워크로 라우팅된 패킷은 LMA 에 의해 가로채진 뒤 LMA 가 유지하고 있는 BCE 의 정보에 의해 MN 이 위치하고 있는 MAG<sub>2</sub> 와의 터널을 맺고 있는 인터페이스로 전송하게 된다. 이때의 패킷은 MAG<sub>2</sub> 의 주소를 나타내는 Proxy Care-of Address (pCoA)를 목적지 주소로 하며 LMA 의 주소를 송신지 주소로 하는 헤더로 포장된다. 터널을 통해 해당 MAG<sub>2</sub> 에 도착한 패킷은 MAG<sub>2</sub> 에 의해 바깥쪽 헤더는 제거되며 원래 CN 에 의해 전송된 패킷

만 MN 에게 전송된다. MN 이 CN 에게 전송할 때는 위에서 설명한 방식의 반대 방향으로 MAG<sub>2</sub> 에서 LMA 로의 터널을 통해 CN 에게 패킷이 전송된다.

위에서 설명한 방식에 의하면 하나의 LMA 도메인에서 이동 서비스를 받는 모든 MN 은 반드시 LMA 를 통해야만 패킷을 전송하거나 전송 받을 수 있기 때문에 심각한 병목 현상이 LMA 에서 일어나게 된다. 이것은 전체 LMA 도메인의 서비스 품질 저하를 가져오며 심각할 경우 LMA 의 실패에 의해 전체 도메인의 서비스가 중단될 수도 있다. 특히 주기적으로 혹은 MN 의 이동에 따라 작은 대역폭을 요구하는 MN 의 등록 과정보다는 MN 의 통신에 따라 지속적으로 큰 대역폭을 하는 데이터 통신에서 나타나는 LMA 에 대한 부하를 분배하는 것이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 다수의 LMA 를 이용하여 효과적으로 부하를 분배하기 위한 기법을 제안한다.

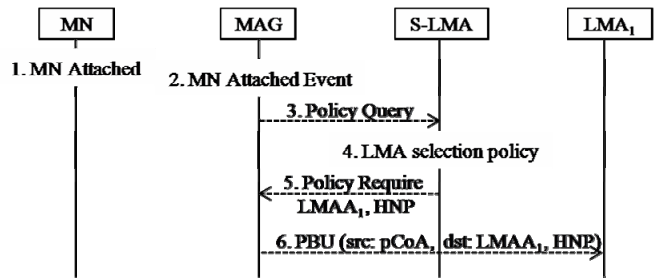
### 3. Scheduling LMA

본 장에서는 LMA 에 집중되는 데이터 터널링을 위한 부하를 효과적으로 분배하기 위해 Scheduling LMA (S-LMA)라는 새로운 요소를 소개하고 S-LMA 와 기존의 LMA 와의 상호작용을 통해 부하를 다수의 LMA 에 분배하는 과정을 소개한다. S-LMA 는 기존의 PMIPv6 도메인에 존재하는 AAA 서버의 추가적인 기능으로써 MN 의 초기등록 과정에서 다수의 LMA 의 부하를 적절히 고려하여 적당한 LMA 에게 등록할 수 있도록 하며, 반복되는 MN 의 등록과 해지 과정에서 특정한 LMA 로 부하가 집중될 경우 부하를 재분배하는 역할을 한다. 따라서 본 논문에서 소개하는 기법은 PMIPv6 도메인 내에 AAA 서버가 존재한다고 가정한다. 또한 본 논문에서는 S-LMA 를 이용한 전체적인 구조 외에 특정한 스케줄링 기법과 부하 재분배를 위한 특정한 LMA 의 선택 기법은 설명하지 않는다. 그 이유는 본 논문에서 제안하는 구조를 통해 다양한 부하 분배를 위한 스케줄링 기법과 부하 재분배를 위한 LMA 선택 기법을 독립적으로 적용시킬 수 있기 때문이다.

#### 3.1 S-LMA 를 통한 초기등록 과정

LMA 도메인에 AAA 서버가 존재한다면, (그림 2)에서 나타난 초기등록 과정에서 1, 2, 3 번 과정에서는 MN 의 이동 서비스 제공에 대한 권한 및 서비스를 제공하기 위한 여러 가지 매개 변수들이 AAA 서버로부터 MAG 에게 전달된다 [1]. AAA 서버로부터 전달되는 매개 변수는 MN 에 대한 정책 프로파일이 포함되며 HNP 와 MN 이 서비스를 받게 될 LMA 의 주소 (LMAA) 역시 포함된다. 이러한 정보를 이용하여 MAG 는 AAA 로부터 전달받은 HNP 를 PBU 의 HNP 옵션에 실어 LMAA 의 주소를 갖는 LMA 에게 PBU 를 전송하며 PBU 를 받은 LMA 는 PBA 메시지에 HNP 옵션을 통해 HNP 를 다시 MAG 에게 전송함으로써 확인하게 된다. 이러한 점을 이용하여 S-LMA 는 PMIPv6 도메인 내에 다수의 LMA 가 존재할 경우 해당 PMIPv6 도메인에서 채택하고 있는 부하 분배 정

책에 따라 부하를 적절히 분배하는 방향으로 이용될 수 있다. 이때 이용되는 부하 분배 정책은 Random 정책, Round-Robin (RR) 정책, Join the Shortest Queue (JSQ) 정책 등이 있을 수 있다 [5]. S-LMA 는 각 부하 분배 정책에 따라 필요한 정보를 항상 유지하고 있어야 한다. 예를 들어 현재 관리하고 있는 MN 의 개수가 가장 적은 LMA 를 선택하는 방법을 부하 분배 정책으로 하고 있다면 PMIPv6 내의 각 LMA 가 관리하고 있는 MN 의 개수에 대한 테이블을 유지하고 있어야 한다. S-LMA 에 의해 LMA 가 선택되고 해당하는 LMA 에 MN 이 등록되는 과정을 (그림 3)에 나타내었다.



(그림 3) S-LMA 를 이용한 초기등록 과정

(그림 3)의 4 번 과정은 LMA 선택 정책에 의해 LMA<sub>1</sub> 이 MN 에게 서비스를 제공하는 LMA 로 선택된 것을 나타낸다. (그림 3)에서 PBU 이후의 과정은 (그림 1)에서 설명한 초기등록 과정과 동일하며 (그림 3)에서는 생략되었다.

#### 3.2 S-LMA 를 통한 부하 재분배 과정

초기등록 과정에서 부하를 분배하였더라도 다수의 MN 의 등록과 해지 과정에 의해서 특정한 LMA 에 부하가 집중될 수 있다. 예를 들자면 PMIPv6 도메인 내의 모든 LMA 에 각각 n 개의 MN 이 관리되고 있는 경우, 특정한 LMA 에 의해 서비스를 제공받던 다수의 MN 이 등록 해지를 하였을 경우 해당 LMA 는 자원이 충분함에도 불구하고 적은 수의 MN 만 관리하게 된다. 이러한 경우에 역시 S-LMA 을 통해 부하가 적절히 재분배 되어야 한다. 본 논문에서 제안하는 기법은 부하의 재분배를 MN 이 현재 위치하는 MAG 에서 다른 MAG 로 이동하는 핸드오프 시에 일어나도록 한다.

PMIPv6 에서의 핸드오프 과정은 (그림 1)에서 설명한 초기등록 과정과 유사하며 새로운 MAG 로 이동하였을 경우 초기등록에서 설정된 MN 의 HNP 를 똑같이 설정하여 줌으로써 MN 으로 하여금 같은 서브넷에 머물고 있는 것처럼 에뮬레이션 한다.

MN 이 새로운 MAG 로 핸드오프 하였을 경우, 초기등록 과정과 마찬가지로 MAG 는 MN 의 서비스 제공에 대한 권한을 설정하기 위해 AAA 로의 쿼리가 요구된다. 이때에 S-LMA 는 현재 LMA 에서 다른 LMA 로 부하를 분배하기 위해 같은 HNP 를 설정함과 동시에 새로운 LMA 의 주소를 MAG 로 알려주게 된다. 이로써 MAG 는 새로운 LMA 로 PBU 를 전송하

게 되며 이후의 과정은 초기등록 과정과 같다. MN 은 같은 HNP 를 RA 를 통해서 받기 때문에 같은 서브넷에 위치하고 있는 것으로 인식하게 되며 이동성을 보장 받는다.

S-LMA 가 어느 시점에 LMA 의 부하를 재분배하는 PMIPv6 도메인에서 책정하고 있는 방식에 따라서 사용될 수 있는 정책은 Timer-based, Counter-based, Threshold-based 등이 있을 수 있다 [5]. S-LMA 는 사용하고 있는 정책에 따라 필요한 정보를 유지하고 있어야 하며 추가적인 정보를 획득하기 위해 현재 LMA 의 상태를 모니터링할 수 있는 기법이 필요하다. 본 논문에서 예시를 든 Timer-based, Counter-based, Threshold-based 를 위해 모니터링할 정보는 각각 다음과 같다.

- 1) Timer-based. Timer-based 는 각 LMA 가 MN 에게 서비스를 제공한 시간에 따라 일정 시간이 지나면 MN 에게 서비스를 제공할 LMA 를 새로이 설정하는 기법이다. 따라서 Timer-based 를 위해서 S-LMA 는 PMIPv6 도메인 내에서 서비스를 받는 모든 MN 에 대해 어떤 LMA 에서 얼마 동안 서비스를 받았는지에 대한 정보를 유지하고 있어야 한다.
- 2) Counter-based. MN 이 특정한 LMA 에게 서비스를 받으면서 특정 량 이상의 패킷을 전송한 경우에 다른 LMA 로부터 서비스를 받도록 하는 기법이다. 본 기법을 위해서 S-LMA 는 PMIPv6 내의 모든 MN 이 주고 받은 패킷의 개수를 유지하고 있거나 LMA 로부터 정보를 제공받을 수 있어야 한다.
- 3) Threshold-based. LMA 가 서비스하고 있는 MN 에게 패킷을 전송하기 위해 존재하는 큐에 담겨있는 패킷의 개수를 모니터링 하여 특정한 Threshold 를 부하를 재분배하는 기법이다. 본 기법을 위해서 S-LMA 는 PMIPv6 내의 모든 LMA 의 큐에 담긴 패킷의 개수를 모니터링 하거나 LMA 로부터 정보를 제공받을 수 있어야 한다.

위에서 설명한 바와 같이 PMIPv6 도메인에서 부하 재분배를 위해 어떤 정책을 사용하느냐에 따라 S-LMA 가 유지하고 있어야 하는 정보가 다르며 각 정보를 획득하기 위해 추가적인 기법이 요구될 수 있다. 특정한 기법에 대해서는 본 논문에서 다루지 않는다.

#### 4. 제안하는 기법의 활용 분야 및 이점

이번 장에서는 본 논문에서 제안하는 기법이 활용될 수 있는 분야와 제안하는 기법을 이용함으로써 가져올 수 있는 이점에 대해서 논한다.

본 논문에서 제안하는 기법은 PMIPv6 환경에서 다수의 LMA 와 AAA 서버가 존재할 경우, AAA 서버에 S-LMA 기능을 추가하여 초기등록 과정에서 다수의 LMA 에 부하가 균등하게 분배될 수 있도록 하며 PMIPv6 도메인의 운영 중 특정한 LMA 에 부하가 집중될 경우 부하를 재분배할 수 있도록 한다. 따라서 본 논문에서 제안하는 기법은 다수의 LMA 가 존재하

며 많은 수의 MN 에게 서비스를 제공하여야 하는 환경에 유용하다. 예를 들자면 PMIPv6 를 통해 인터넷 연결 및 이동성 서비스를 제공하는 Mobility Service Provider (MSP)의 경우, 본 논문에서 제안하는 기법과 같은 LMA 에 대한 부하 분배 기법을 이용하지 않는다면 부하가 집중된 LMA 의 실패로 이어질 수 있어 양질의 서비스를 제공하는데 큰 어려움이 따른다.

또한 본 논문에서는 다양한 기법의 초기등록 과정에서의 LMA 선택 기법과 부하 재분배를 위한 기법에 독립적인 환경을 제공함으로써 환경에 적절한 기법을 적용할 수 있어 PMIPv6 도메인을 운용하는 관리적인 측면에서 유연성을 제공한다.

#### 5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 PMIPv6 환경에서 다수의 LMA 에 부하를 효과적으로 분배하며 필요할 경우 부하를 다수의 LMA 에 균등하게 재분배할 수 있도록 하는 S-LMA 를 제안하였다. S-LMA 는 PMIPv6 환경에서 존재하는 AAA 서버의 추가적인 기능 요소로 위치하게 되며 기존의 PMIPv6 의 프로토콜 동작 과정이나 토폴로지의 변화를 요구하지 않는다. 본 논문에서 제안하는 기법을 통해서 PMIPv6 가 안정적이고 자원을 효율적으로 활용하면서 이동성 서비스를 다수의 MN 에게 제공할 수 있도록 한다.

향후에는 S-LMA 에 필요한 초기등록 과정에서 LMA 를 선택하기 위한 기법과 부하를 재분배하는 시점을 결정하기 위한 기법의 심도 있는 연구를 진행하고 다양한 기법의 성능 비교를 통해 환경에 따른 최적의 기법에 대한 연구가 필요하다.

#### 참고문헌

- [1] Gundavelli, S., Leung, K., Devarapalli, V., Chowdhury, K., Patil, B., "Proxy Mobile IPv6", Internet Draft, draft-ietf-netlmm-proxymip6-11, Feb., 2008.
- [2] Johnson, D., Perkins, C., Arkko, J., "Mobility Support in IPv6", RFC 3775, June 2004.
- [3] Koodli, R. (ed.), "Fast Handovers for Mobile IPv6", RFC 4068, July 2005.
- [4] Soliman, H., Castelluccia, C., El Malki, K., Bellier, L., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)", RFC 4140, August 2005.
- [5] Jue, J., Ghosal, D., "Design and Analysis of Replicated Server Architecture for Supporting IP-Host Mobility", Mobile Computing and Communication Review, Vol 2, No. 3, 1998.
- [6] Fritsche, W., Guardini, I., "Deploying Home Agent Load Sharing in Operational Mobile IPv6 Networks", MobiArch 06, pp. 31-36, Dec., 2006.
- [7] Laganier, J., Narayanan, S., McCann, P., "Interface between a Proxy MIPv6 Mobility Access Gateway and Mobile Node", Internet Draft, draft-ietf-netlmm-mn-ar-if-03, Feb., 2008.