

# IPv6 네트워크에서 핸드오버 성능개선 방안

서재권                      이경근  
세종대학교 정보통신공학과  
{jaekwon, kglee}@nrl.sejong.ac.kr

## Performance Enhancement of Handover in Mobile IPv6 Networks

Jae-Kwon Seo              Kyung-Geun Lee

Department of Information and Communication Engineering  
Sejong University

### 요 약

이동성을 지원해야 하는 노드들이 증가하고 시간 임계적인 실시간 서비스가 확대됨에 따라, 이동중에도 끊김없는 서비스를 제공하기 위하여 다양한 방법들이 제안되고 있다. IETF에서 제안된 Mobile IPv6는 노드가 Home으로부터 떨어진 다른 곳으로 이동하여도 CoA로 주소를 지정함으로써 노드의 이동성을 지원하고 있다. 새로 생성된 CoA는 그 주소가 유일함을 확인하기 위하여 DAD(Duplicate Address Detection)를 거치게 되는데 이 과정에서 최소 1000ms가 소요된다. 이런 지연시간은 MN(Mobile Node)이 고속으로 이동할 때 FMIPv6(Fast Handover for Mobile IPv6)에서 패킷손실이 발생하거나 지연시간이 긴 리액티브 모드로 동작하게 되어 끊김없는 서비스를 지원할 수 없게 된다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 핸드오버 시 필요한 새로운 주소 생성과 중복주소 검출 과정을 핸드오버 이전에 이동 가능한 주변 AR이 수행하는 방안을 제안하고 FMIPv6에 적용하여 그에 따른 성능을 분석한다.

### 1. 서론

네트워크에서 이동성을 지원해야 하는 노드들이 증가하고 실시간 서비스가 확대됨에 따라 이동 노드들의 핸드오버 시 발생하는 패킷 손실과 지연은 VoIP, 동영상 스트리밍과 같은 실시간 서비스의 중단을 가져온다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 현재 다양한 연구가 진행되고 있으며 많은 진전이 이루어지고 있다. IETF에서 제안된 Mobile IPv6는 노드의 이동성 및 위치관리를 지원하기 위하여 HA(Home Agent)를 정의하고 있으며, MN이 Home으로부터 떨어져서 다른 곳으로 이동하여도 하나 또는 그이상의 CoA(care of address)로 주소를 지정함으로써 이동성을 지원하고 있다[1].

Mobile IPv6에서 L3 핸드오버 지연시간은, L3 계층의 이동을 인지하는 이동감지(Movement detection) 과정과 새로운 CoA를 생성하는 비상태형 주소자동설정 과정 그리고 새로 생성한 CoA를 HA 및 CN(Correspondent Node)에게 등록하는 바인딩 업데이트 과정으로 나눌 수 있다. 핸드오버 시 위의 과정은 어느 과정도 그냥 넘어갈 수 없는 필연적인 요소이며 위의 과정을 모두 합한 총 지연시간은 패킷의 손실과 지연을 발생 시킨다. 또한, 위의 과정은 MN의 위치가 변경될 때 마다 수행하여야 하는데 MN의 이동이 빈번해질수록 바인딩 업데이트를 위한 트래픽이 증가하게 되며 HA 및 CN과의 거

리가 멀어질수록 지연은 커지게 되고 이로 인하여 패킷의 손실이 발생한다. 이러한 MIPv6의 문제점을 해결하기 위하여 FMIPv6(Fast Handover for Mobile IPv6)와 HMIPv6(Hierarchical Mobile IPv6)가 제안되었고 또 최근에는 더 좋은 성능을 내기 위하여 두 프로토콜을 결합하는 방법들이 제안되고 있다.

그렇지만 위에 제시된 프로토콜들은 핸드오버에 소요되는 시간동안 DAD과정을 수행함으로써 그에 따른 지연이 발생한다. 따라서 본 논문에서는 핸드오버가 시작되기 이전에 MN이 이동 가능한 주변 AR에 CoA를 생성하고 DAD를 수행함으로써 L3핸드오버 지연시간을 줄이는 방안을 제안한다. 서론에 이어 2장에서는 IPv6 비상태형 주소 자동설정 과정에 대해 알아보고 3장에서 FMIPv6의 동작과정을 살펴본 후 4장에서는 관련 연구 동향에 대해 알아본다. 5장에서는 제안하는 방식을 FMIPv6에 적용하여 기술하고 6장에서 분석한 후 7장에서 결론을 맺는다.

### 2. IPv6 비상태형 주소자동설정과 DAD 과정

L3 핸드오버 시 MN(Mobile Node)은 새로운 AR

(Access Router)에서 사용할 링크-로컬 주소를 생성함으로써 비상태형 주소자동설정 과정을 시작한다. 링크-로컬 주소는 이미 알려진 링크-로컬 프리픽스인 FE80::0/10을 해당 인터페이스의 식별자에 추가함으로써 형성된다. 인터페이스 식별자는 링크 또는 노드의 특성에 따라 IEEE EUI-64식별자 형태로 생성하게 되는데 IEEE 802를 사용하는 노드는 48 bit의 MAC 주소를 결합하여 만들거나 그 외에 노드들은 랜덤 또는 수동이나 그 외에 다른 방식으로 생성한다. 새롭게 생성된 임시 주소는 반드시 DAD(Duplicate Address Detection) 과정을 거쳐서 그 주소의 유일함을 확인하여야 한다. DAD가 완료되지 않은 임시주소는 같은 링크 내에 그 주소의 중복 사용 여부를 확인하기 위하여 NS(Neighbor Solicitation) 메시지를 이웃 노드들에게 보내고 만약 그 주소가 이미 사용중 이면 해당되는 노드는 NA(Neighbor Advertisement) 메시지를 보내게 된다. NA 메시지를 받은 MN은 자동설정을 중지하고 주소를 수동 방식으로 설정한다. NS 메시지를 보내고 1000ms 동안 NA 메시지를 받지 않으면 중복되는 주소가 없는 것으로 판단하여 주소를 해당 인터페이스에 할당한다[2].

### 3. FMIPv6 의 동작과정

FMIPv6(Fast Handover for Mobile IPv6)는 L2 핸드오버 이전에 L3핸드오버를 수행함으로써 핸드오버 지연을 줄이고 PAR(Previous AR)과 NAR(New AR)사이 양방향 터널을 설정하여 패킷의 손실을 줄이고자 제안된 프로토콜이다. FMIPv6에서는 NAR의 L2정보를 바탕으로 L3정보를 얻어냄으로써 핸드오버 후에 수행해야 할 DAD과정을 PAR(Previous Access Router)의 도움으로 L2핸드오버 이전에 수행한다. FMIPv6는 두 가지 모드로 나뉘는데 MN이 FBACK(Fast Binding Acknowledgment) 메시지를 PAR에서 받았을 때의 프리딕티브(Predictive) 모드와 MN이 FBU(Fast Binding Update)를 보내기 전에 NAR(New Access Router)에 연결되거나 FBU를 보내고 PAR과의 연결이 끊어져 FBACK 메시지를 NAR에서 받는 리액티브(Reactive) 모드이다. 프리딕티브 모드에서는 DAD과정을 PAR 네트워크에서 미리 수행하게 되지만 리액티브 모드에서는 NAR 네트워크로 핸드오버 후에 DAD를 수행함으로써 그에 따른 지연이 발생한다[3]. 그림1은 FMIPv6의 프리딕티브 모드에서의 핸드오버 신호 흐름도를 나타낸다.

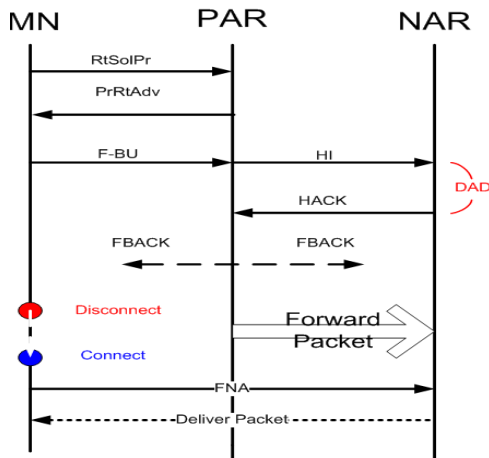


그림1 FMIPv6의 핸드오버 신호 흐름도

MN이 새로운 AR로 접근하여 L2 트리거를 통해 NAR로 핸드오버 할 것이라는 것을 알게 된 후 MN은 PAR에게 NAR의 IP계층 정보를 요구하는 RtSolPr(Router Solicitation for Proxy Advertisement) 메시지를 보낸다. PAR은 NAR의 정보를 PrRtAdv 메시지에 실어 MN으로 전송하고 MN은 자신이 NAR에서 사용할 NCoA(New Care of Address)를 구성하여 PAR에게 FBU 메시지를 보낸다. PAR은 NAR에게 NCoA의 사용 확인을 위해 PAR과 NAR 사이에 양방향 터널 설정을 요청하는 메시지를 담아서 HI 메시지를 보낸다. HI 메시지를 받은 NAR은 NCoA의 중복여부를 확인하기 위하여 DAD과정을 수행 한 후 PAR에게 터널링 요청에 대한 응답과 함께 HACK 메시지를 보내게 된다. PAR은 NCoA의 사용 확인을 FBACK 메시지에 담아 MN에게 전송하게 되고 L2핸드오프가 일어난다. NAR 링크와 연결된 MN은 자신의 존재를 알리기 위해 NAR에게 FNA 메시지를 보냄으로써 핸드오버가 완료된다[4]. 위의 과정 중 MN이 FBU를 PAR에 보내기 전 또는 FBU를 보내고 FBACK을 PAR로부터 받기 전에 NAR과 PAR의 전과 오버랩지역을 지나가게 되면 리액티브 모드로 동작하게 되는데 MN의 속도가 빠르거나 PAR과 NAR 사이의 오버랩 지역이 좁은 경우 발생할 수 있다. 또, 위와 같은 경우 PAR과 NAR의 양방향 터널 설정 이전에 PAR과의 연결이 끊어지면 패킷의 손실이 발생하게 된다[5]. 본 논문에서는 핸드오버에 소요되는 시간 중 NCoA 생성과 DAD를 핸드오버가 시작되기 이전에 수행하여 핸드오버에 소요되는 시간을 감소시키는 방안을 제안한다.

### 4. L3 핸드오버 지연 감소에 대한 연구동향

“빠른 핸드오버를 위한 액세스 라우터 기반의 이동감지와 CoA 생성”[6] 은 이동감지와 새로운 CoA 생성 과정을 MN대신에 라우터가 수행한다. AcAR(Active AR)은 핸드오버 시 L2트리거에 포함된 MN의 L2정보를 이용하여 L2 핸드오버가 끝난 직후, 이동 단말의 L2 정보와 자신이 관리하고 있는 이웃(neighbor) 캐시 값들을 비교하여 L3에서의 이동감지를 수행한다. 이동감지 후 AcAR은 MN 대신에 CoA를 생성하고 DAD를 수행한다. 이 방식은 빠른 이동감지와 CoA 생성으로 핸드오버 지연을 감소 시켰으나 핸드오버의 시작을 알리는 L2트리거 이후 DAD과정이 포함되어 있다.

Nick “Sharkey” Moore가 제안한 “Optimistic DAD”[7]에서는 DAD의 지연 시간을 줄이기 위하여 비상태형 주소자동설정 방식으로 생성된 CoA를 “임시주소” 상태에서도 사용하는 방안을 제안하였다. 일반적인 IPv6 주소 자동 설정 방식에서 새로 생성된 “임시주소” 상태의 CoA는 DAD과정을 거친 후 사용할 수 있다. 그러나 Optimistic DAD에서는 새로 생성된 CoA의 충돌 확률이 매우 낮음을 가정하고 “임시 주소” 상태에서도 새로 생성한 CoA를 사용하자고 제안 하였다.

“Advance DAD”[8]는 AR 각각에 AR에 최대 연결될 수 있는 MN만큼 CoA를 생성해놓고 DAD과정을 거친 후 AR의 “Passive Proxy Cache” 에 저장하고, MN들이 자신의 영역으로 들어오면 중복 없는(Duplication-free) CoA를 주는 방식으로 동작하여 핸드오버 시 DAD과정을 거치지 않게 된다. AR은 CoA를 생성할 때 MN의 정보가 없기 때문에 인터페이스 식별자를 랜덤 방식으로 생성해야 한다. Advance DAD에서 AR은 저장하고 있어야 할 CoA의 수가 항상 “Capacity of Pool” 상태를 유지해야 하는데, 이 값은 100을 기준으로 하며 AR의 능력에 따라 그 이상이 될 수도 있다.

### 5. 제안 방안: 핸드오버 성능 개선을 위한 Heuristic 알고리즘

본 논문에서는 핸드오버 시 DAD에 따른 지연을 없애기 위하여 MN이 처음 AR에 들어왔을 때, 이동 가능한 주변 AR들에게 L2정보를 보내어 NCoA를 생성하고 DAD를 사전에 수행해 놓는 방안을 제안한다.

MN이 처음 AR 영역에 들어오면 AR은 MN의 L2정보를 주변 AR에 전파하게 된다. 주변의 AR들은 MN의 L2 정보를 이용하여 MN이 사용할 NCoA를 생성하고 DAD후 저장한다. MN이 새로운 AR로 핸드오버를 요청하면 해당되는 AR은 저장해놓은 NCoA를 MN에게 주고 해당되지 않는 AR들은 생성해 놓았던 CoA를 삭제한다. 이 과정을 그림2에 나타내었다.

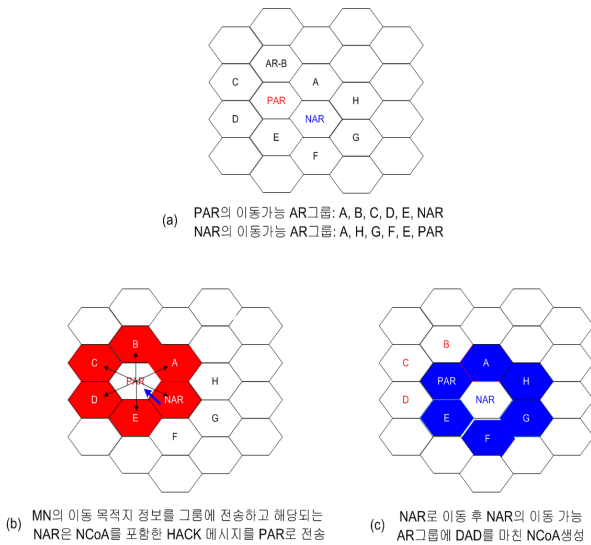


그림2 PAR에서 NAR로 핸드오버

그림2(a)에서 MN이 처음 PAR영역에 들어오면 이동 가능 AR들인 NAR, A, B, C, D, E 에 각각 L2정보를 보내어 준다. 이때 NAR, A, B, C, D, E는 PAR의 이동 가능 주변 AR그룹이며 PAR은 이 그룹의 주소를 저장하여 항상 이 그룹으로 동시에 전송한다. L2정보를 받은 AR들은 그 정보를 바탕으로 MN이 사용할 NCoA를 생성하고 DAD를 수행한 후 저장한다. MN이 NAR로 이동하기 위해 RtSolPr 메시지를 PAR에 보내면, PAR은 그림2(b)처럼 각 주변 AR들에게 MN이 NAR로 이동하려 한다는 것을 알린다. A, B, C, D, E 들은 이동하려는 곳이 자신의 영역이 아니므로 생성해 놓았던 CoA를 삭제하고 NAR은 이동하려는 곳이 자신이므로 생성해 놓았던 CoA를 PAR을 통해 MN에 알려준다. NCoA를 받은 MN은 핸드오버를 수행한다. MN이 NAR영역에 들어오면 NAR은 또다시 이동가능 주변AR인 PAR, A, E, F, G, H 에 L2정보를 보내고, L2정보를 받은 AR들은 NCoA를 생성하고 DAD를 수행한 후 저장한다. 이렇게 함으로써 NCoA 생성과 DAD 과정 없이 빠른 핸드오버를 할 수 있다.

그림3은 MN이 PAR에서 NAR로 핸드오버 시 FMIPv6에서의 신호 흐름도를 나타낸다. 먼저 NAR로 이동할 것이라는 링크계층의 정보를 갖게 된 MN은 링크계층 정보에 포함된 NAR의 링크 계층 ID를 이용하여 PAR에게 NAR의 IP계층 정보와 자신이 사용할 NCoA를 요구하는 RtSolPr메시지를 보낸다. RtSolPr 메시지를

받은 PAR은 PAR로부터 이동 가능한 주변 AR들에게 MN이 NAR로 이동할 것이라는 메시지를 보내고 NAR에게는 핸드오버를 요청하는 HI 메시지를 PAR과 NAR 사이의 터널링을 요청하는 메시지와 함께 보낸다. 주변 AR인 A, B, C, D, E 들은 MN이 이동하려는 곳이 자신이 아니므로 생성해 놓았던 CoA를 삭제한다. NAR은 MN이 이동하려는 곳이 자신임을 확인하고 PAR과의 양방향 터널 설정 후 MN이 사용할 NCoA와 터널링에 대한 ACK를 포함한 HACK 메시지를 보낸다. HACK를 받은 PAR은 MN에게 NCoA와 NAR의 IP계층 정보를 포함한 RtPrAdv 메시지를 보낸다. MN은 PAR에게 FBU 메시지를 보내고 PAR은 FBACK 메시지를 보내게 된다. MN이 PAR과의 연결을 끊고 NAR에 연결되면 NAR에 자신의 존재를 알리는 FNA 메시지를 보내고 NAR은 자신이 저장하고 있던 데이터를 MN에게 전달한다. 핸드오버 직후 NAR은 MN의 새로운 이동가능 주변 AR인 PAR, A, E, F, G, H 에게 L2정보를 보내어 MN이 다음 핸드오버 시 사용할 CoA를 생성케 한다.

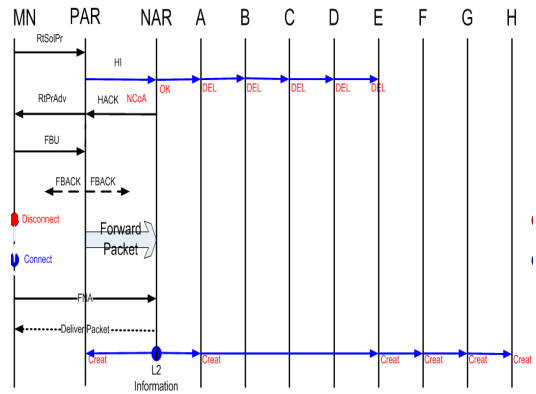


그림3 FMIPv6에서 CoA 삭제 및 핸드오버 후 새로운 CoA를 생성하는 신호 흐름도

### 6. 시스템 모델링 및 분석

FMIPv6의 경우 일반적으로 L2 핸드오버 과정에서 터널링으로 인해 패킷이 손실 되지 않는다. 그러나 PAR과 NAR사이의 양방향 터널이 설정되기 이전에 PAR과의 연결이 끊어지면 패킷이 손실 될 수 있다. 그림4에서  $t_L$  은MN이 L2 트리거 이후 전오버랩 영역을 지나 PAR과의 연결이 끊어질 때까지의 시간을 나타낸다.

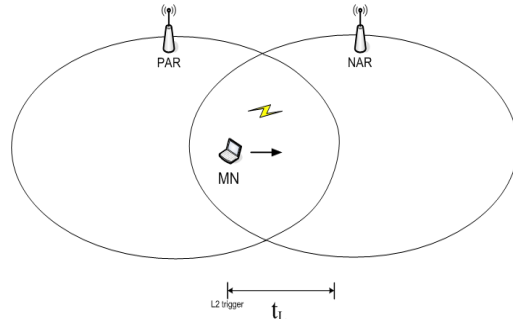


그림4 L2 트리거 이후 PAR과의 연결이 끊어질 때까지의 시간  $t_L$

프리딕티브 모드에서 터널은 터널설정을 위한 HI/HACK 메시지 교환 이후에 설정된다. 핸드오버를 위

해 처음 RtSolPr/PrRtAdv 메시지를 교환하고 HI/HACK(DAD)까지 터널을 생성하는데 걸리는 시간을  $t_N$ 이라고 하면 패킷 손실률은 (식1)과 같이 된다[5].

$$P_L = \lambda_p \cdot \max(t_N - t_L, 0) \quad (식 1)$$

$$P_F = \lambda_p \cdot \max(t_{RtSolPr} + t_{RtPrAdv} + t_{FBU} + t_{HI} + t_{DAD} - t_L, 0) + t_{HACK} \quad (식2)$$

$$P_D = \lambda_p \cdot \max(t_{RtSolPr} + t_{HI} + t_{HACK} - t_L, 0) \quad (식3)$$

$$t_N + t_{FBACK} < t_L \quad (식 4)$$

(식2)에서  $P_F$ 와 (식3)에서  $P_D$ 는 각각 FMIPv6와 제안 방식에서의 패킷손실률을 나타내고  $\lambda_p$ 는 패킷 도착률을 나타낸다. 일반적으로  $t_L$ 이  $t_N$ 보다 크면 터널이 생성된 후 PAR과의 연결이 끊어져 패킷의 손실이 발생하지 않는다. 그렇지만 MN의 이동속도가 빨라서  $t_L$ 이  $t_N$ 보다 작게 되면 터널이 생성되기 전에 PAR과의 연결이 끊어져 패킷의 손실이 발생한다. 또, MN이 PAR에게 FBU를 보내기 전이나 FBU를 보내고 FBACK을 받기 전에 PAR과의 연결이 끊어지면 리액티브 모드로 동작하여 패킷 지연이 발생하게 된다. (식4)는 리액티브 모드로 동작하지 않기 위한 일반적인 조건을 나타낸다. FMIPv6가 리액티브 모드로 동작하지 않기 위해선  $t_N$ 에 무선지연 시간인  $t_{FBACK}$ 을 더한 시간이  $t_L$ 보다 작아야 한다.  $t_L$ 은 AR들의 전파 오버랩 영역의 크기와 MN의 이동 속도에 영향을 받는데  $t_N$ 이 커지게 되면 패킷손실을 피하기 위해 MN의 이동속도에 따라 AR간 전파 오버랩 영역의 크기를 늘려야 한다. 전파 오버랩 영역이 커지게 되면 전파 간섭이 발생하거나 AR들의 전파 범위가 좁아져 자원낭비가 발생하게 된다.

본 논문에서 제안한 방식을 적용하면  $t_N$ 에서 무선지연 시간인  $t_{RtPrAdv}$ 와  $t_{FBU}$  그리고 DAD(최소 1000ms)에 소요되는 시간을 줄임으로써 AR전파 오버랩 영역을 늘리지 않고도 MN의 고속이동시 패킷의 손실을 막을 수 있다. 또, 전체 L3 핸드오버 지연시간에서는 DAD과정을 없앴으로써 리액티브 모드로 동작하여 발생하는 패킷의 지연을 방지할 수 있다.

## 7. 결론

네트워크에서 이동성을 지원해야 하는 노드들이 증가함에 따라 IETF에서는 이동중에도 끊김없는 서비스를 지원하기 위하여 FMIPv6를 제안하였다. 그러나 FMIPv6는 MN이 새로운 곳으로 이동할 때 마다 새로운 주소 생성과 그 주소에 대한 중복여부를 검사해야 하는데 이 과정에서 최소 1000ms가 소요된다. 이로 인해 MN이 고속으로 이동시 패킷의 손실과 지연이 발생되어 VoIP 나 동영상 스트리밍 같은 실시간 서비스의 끊김없는 지원이 어렵게 된다.

본 논문에서는 Mobile IPv6 망에서 핸드오버 시 패킷의 손실과 지연이 발생하지 않게 하기 위해 새로운 주소 생성과 그 주소의 중복 여부를 검사하는 과정을

드오버가 시작되기 이전에 수행하여 L3 핸드오버 시간을 감소시키는 방안을 제안하고 시스템 모델과 분석을 통하여 성능의 향상을 예측하였다. 이는 FMIPv6에 적용시 MN이 고속으로 이동하는 경우와 AR의 전파 오버랩 지역이 좁을 경우 리액티브 모드로 동작하여 패킷의 지연이 발생하는 문제를 해결할 수 있고, PAR과 NAR의 양방향 터널 설정 이전에 PAR과의 연결이 끊겨 발생하는 패킷의 손실을 방지할 수 있다.

## 참고 문헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility support in IPv6", RFC3775, June, 2004.
- [2] S. Thomson, and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration", RFC2462, December, 1998.
- [3] 김용성, 권동희, 서영주, "Fast Handovers for Mobile IPv6 구현 및 성능 평가", 한국정보과학회 2004 가을학술발표논문집(3), pp.4-6, 2004.
- [4] R. Koodli, Ed., "Fast Handovers for Mobile IPv6", Nokia Research Center, July, 2005.
- [5] 백상현, 최양희, "IP 이동성 지원 프로토콜에 대한 비교 연구 : Fast Handover 대 Mobile IPv6", 한국통신학회논문지, 226-4717, 제29권6A호, pp.651-659, 2004.
- [6] Yong geun Hong, Myung ki Shin and Hyounng jun Kim, "Fast Handover for Mobile IPv6 using Access Router Based Movement Detection and CoA Configuration", Protocol Engineering Center Electronics and Telecommunications Research Institute, IEEE, 2004.
- [7] N. Moore, "Optimistic Duplicate Address Detection", IETF draft-moore-ipv6-optimistic-dad-04.txt, Feb 2004.
- [8] Y. Han, J. Choi and H. Jang, "Advance Duplicate Address Detection", draft-han-mobileip-adad-01.txt, July, 2003.
- [9] HeeYoung Jung, Hesham Soliman, Seok Joo Koh and JaeYong Lee, "draft-jung-mobopts-fhmip6--00.txt", April, 2005.
- [10] Nick Moore and Greg Daley, "Fast Address Configuration Strategies for the Next-Generation Internet", Center of Telecommunication and Information Engineering, Monash University, August, 2003.