

예약 주소를 이용한 Mobile IPv6에서의 효율적인 핸드오버 지원

정회원 정희영*

An Effective Handover Scheme Using Reserved Addresses in Mobile IPv6 Networks

JUNG, HeeYoung* *Regular Member*

요 약

본 논문에서는 Mobile IPv6에서 실시간 서비스를 효율적으로 지원할 수 있는 핸드오버 확장 기술을 제안한다. 제안된 방법은 핸드오버를 위해 미리 예약된 주소를 활용함으로써 기존의 FMIPv6와 같이 복잡한 절차를 가지지 않고도 Mobile IPv6에서의 핸드오버 지연을 상당히 줄일 수 있다. Mobile IPv6와 제안된 방법과의 핸드오버 지연 분석을 통하여 제안된 방법이 Mobile IPv6에 비하여 현재의 규격상으로도 최소 1초, 평균 3초 이상의 핸드오버 지연을 줄일 수 있음을 확인하였다. 따라서 제안된 방법은 이동 인터넷에서 VoIP와 같은 실시간 서비스에 대한 요구가 증가하고 있는 현재의 추세를 고려할 때 Mobile IPv6 기반의 이동 인터넷 환경에서 실시간 서비스를 제공하기 위한 유력한 기술로 고려될 수 있을 것이다.

Key Words : Mobile IPv6, 예약 주소, 핸드오버, 주소 풀, 실시간 서비스

ABSTRACT

This paper proposes a handover extension scheme to support effectively real-time services in Mobile IPv6 networks. The proposed scheme could simplify the handover procedure by using the proposed reserved addresses scheme so that it could reduce considerably handover latency in Mobile IPv6. The performance analysis shows that the handover latency in the proposed scheme could be reduced by minimum 1 second, maximum above 3 second compared to that of pure Mobile IPv6. Accordingly the proposed scheme could be considered as a strong candidate to support real-time services like VoIP in future network based on Mobile IPv6.

I. 서론

IP 기술의 활성화에 따라 BCN(Broadband Convergence Network)과 같은 차세대 유무선 통합망은 IP 기반의 망으로 시스템 개발 및 표준화가 진행되고 있다. 특히 기존의 IPv4가 가지는 주소 공간의 제한성을 인하여 이를 해결할 수 있는 IPv6가 차세대 유무선 통합망의 기반 기술이 될 것으로 전망되

고 있다.

IP 기반의 망은 음성 서비스를 위주로 하는 텔레콤 망에 비하여 개방성, 유연성 등 여러 가지 장점을 가진다. 그러나 근본적으로는 고정망에서의 최신형 서비스를 위하여 개발되었기 때문에 차세대 망에서 사용되기 위해서는 아직 극복해야 할 많은 문제점들이 남아 있다. 그 대표적인 예가 이동 단말에 대한 심리스한 이동성 지원이라고 할 수 있다.

* 한국전자통신연구원 표준연구센터 (hyjung@etri.re.kr)
논문번호: KICS2004-12-310, 접수일자: 2004년 12월 9일

표준화 측면에서 볼 때 IP 망에서의 단말의 이동성 지원을 위해서 Mobile IPv4^[1]가 이미 개발되어 있으며 IPv6에서의 이동성 제공을 위하여 2004년 초 IETF(Internet Engineering Task Force)에서 Mobile IPv6^[2]에 대한 표준화가 완료되었다. 그러나 차세대 유무선 통합망에서의 주요 서비스 요구 사항 중의 하나가 VoIP와 같은 실시간 서비스의 제공이라는 것을 고려할 때 단말의 이동성 제공을 위해 Mobile IPv6 만을 사용하는 것은 문제가 있을 수 있다는 것이 보고되고 있다. 즉, Mobile IPv6에서 이동 단말은 서브넷의 변경 시 마다 새로운 주소를 구성하여야 하고, 이 새로운 주소를 바인딩 갱신을 통해 상대 노드와 홈 에이전트의 캐쉬를 갱신하여야 한다. 이러한 이 바인딩 갱신 절차는 상당한 지연 요소를 발생 시키며 이러한 지연이 실시간 서비스의 제공을 불가능하게 만들 수 있다.

이러한 지연 문제의 주요한 원인 중 주요한 요소를 차지하는 것이 IPv6의 고유한 주소 자동 생성 구조에 기인한다. 즉, Mobile IPv4와는 달리 Mobile IPv6는 방문망에서의 이동성을 지원하는 추가적인 에이전트인 FA(Foreign Agent)를 가지지 않는다. 따라서 Mobile IPv6는 단말이 해당 서브넷에 알맞은 새로운 CoA를 스스로 구성하여야 한다. 비상태형 자동 주소 생성(stateless address auto-configuration)을 사용하는 경우 단말은 라우터에서 수신한 서브넷 프리픽스와 자신의 링크 계층 주소를 이용하여 새로운 CoA 주소를 생성한다. 새로이 생성된 CoA는 그 유일성이 검증되지 않았기 때문에 DAD (Duplicated Address Detection)라는 절차를 통하여 그 주소의 유일성을 검증하게 된다. 이 DAD 절차는 기본적으로 링크 로컬 주소와 글로벌 유니크 주소 생성 시 각각 수행되며 한번의 수행에 최소 1초 이상의 시간이 소요된다^{[3][4]}. 이러한 지연은 수십 또는 수백 ms 이하의 핸드오버 지연을 요구하는 실시간 응용의 지원을 불가능하게 만들 수 있다.

본 논문은 DAD로 인하여 발생하는 이러한 지연을 핸드오버를 위해 미리 예약된 주소를 사용하여 효율적으로 줄임으로써 IP 망에서의 실시간 서비스의 제공을 용이하게 할 수 있는 방법을 제안한다 (MIP-RA: Mobile IP using Reserved Addresses). 제안된 구조에서는 핸드오버를 위해 예약된 주소의 생성을 위하여 IPv6의 128 비트 주소 공간 중 MAC 주소를 위해 예약된 하위 64 비트 중 여분의 비트를 이용한다. 이 주소는 엑세스 라우터가 관리

하는 주소 풀에서 관리되며, 핸드오버 시 이 주소 풀에 저장된 예약 주소를 이용함으로써 핸드오버 시 지연을 크게 줄일 수 있다. 따라서 바인딩 갱신을 기존의 Mobile IPv6에 비하여 빠른 시간에 시작할 수 있다.

본 논문의 나머지 부분은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 Mobile IPv6에서 빠른 핸드오버를 지원하기 위해 핸드오버 예약 주소를 설정하는 방법에 대하여 기술한다. III장에서는 이 예약 주소를 이용하여 빠른 핸드오버를 지원할 수 있는 구조와 절차에 대하여 기술한다. IV장에서는 지연 분석을 통해 제안된 방법의 우수성을 보인다. 마지막으로 V장에서 결론을 논한다.

II. 예약 주소 구조

IETF rfc2462^[4]에 규정된 바와 같이 IPv6는 비상태형 자동 주소 생성을 위하여 전체 128 비트 중 상위 64 비트는 서브넷의 프리픽스를 표현하기 위하여 사용되며 위해 하위 64 비트는 링크 계층의 주소에 대한 호환성을 위해 할당한다. 그러나 현재 가장 많이 논의 되고 있는 IEEE 802.11 무선랜, 802.16 WiBro와 같은 IEEE 계열의 시스템은 대부분 48 비트의 주소 체계를 사용하므로 이러한 48 비트 주소의 64 비트로의 매핑을 필요로 한다. 이러한 매핑을 위해 일반적으로 EUI-64 주소 방식이 사용된다. EUI-64 주소 체계에서 48 비트의 IEEE 주소는 제조사 부분과 호스트 부분이 각각 EUI-64 비트 주소의 상부 24 비트와 하부 24 비트로 매핑되며 나머지 16 비트는 이 주소의 사용형태를 표현하기 위하여 FFFF 또는 FFFE의 두 가지 패턴으로 채워지도록 규정되어 있다.

이와 같은 48 비트의 IEEE 주소가 링크 관련 하부 64 비트 주소에 사용되는 경우 16 비트의 여분의 주소 공간이 발생한다. 이중 전술한 바와 같이 두 가지 패턴이 이미 다른 용도로 사용된다고 하면 $(2^{16} - 2)$ 개의 사용 가능한 주소 패턴이 여분으로 남아 있게 된다. 따라서 만일 이 주소를 적절히 사용할 수 있다면 최대 $(2^{16} - 2)$ 개의 유니크 한 핸드오버 용 주소를 확보할 수 있다. 이것은 48비트 IEEE 주소 체계에 국한되지 않고 64비트 보다 작은 링크 계층 주소를 가지는 모든 시스템에 적용될 수 있으며 이들간의 차이는 사용할 수 있는 예약 주소의 개수 차이뿐이다. 본 논문에서는 설명의 복잡성을 피하기 위하여 현재 가장 널리 사용되고 있는 48

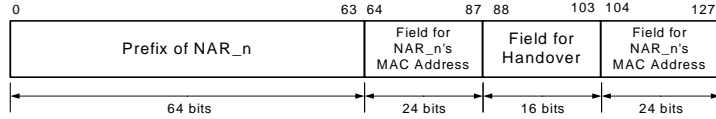


그림 1. 48 비트 주소 시스템에서 예약 주소의 구조

비트 IEEE 주소 체계만을 고려한 예약 주소의 생성 및 이를 이용한 핸드오버 절차에 대하여 논한다.

그림 1은 본 논문에서 제안하는 48비트 IEEE 주소 체계를 가지는 시스템에서 사용될 수 있는 예약 주소의 구조를 보여준다.

그림 1에서와 같이 새로이 생성된 128 비트 IPv6 주소 중 0~63은 이동 단말이 속한 서브넷의 프리픽스를 나타내며, 6~127의 64 비트는 EUI-64에 의해서 규정된 링크 계층의 주소를 나타낸다. 이때 하위 64 비트의 링크 계층 관련 주소는 다음과 같이 구성된다. 먼저 64~87의 24 비트는 company_id를 나타내며 104~127의 24 비트는 vend_supplied_id를 나타낸다. 여기에 사용되는 MAC 주소는 이동 단말이 이동할 액세스 라우터인 NAR (New Access Router)의 MAC 주소가 사용된다. 이는 이 CoA가 NAR에서 사용되는 것임을 나타내며, 또한 주소의 유일성을 향상시키기 위한 것이다. 이때 상태형 방법에서 사용되는 주소와의 충돌을 방지하기 위하여 만일 NAR이 상태형 주소 생성을 함께 지원하는 경우 상태형 주소의 풀에서 NAR의 MAC 주소를 가지는 CoA의 생성은 금지되어야 한다.

88~103의 16 비트 중 EUI-64에서 규정된 두 가지 패턴을 제외한 나머지가 핸드오버를 위해 사용된다. 이때 사용될 수 있는 패턴의 수는 $2^{16} - 2 = 65,534$ 개이다. NAR에 연결된 n개의 PAR (Previous Access Router)은 이 65,534개의 패턴을 $1/n$ 로 공유하는 것으로 가정된다. 그러나 운영자의 정책이나 네트워크의 상태에 따라 이 분배 비율은 다를 수 있다.

일반적으로 비상태형 자동 주소 생성 구조에서 주소 충돌은 다음과 같은 경우에 발생할 수 있다. 첫째는 동일한 MAC 주소의 오용으로 인해서 생길 수 있는 주소 충돌이다. 두 번째는 상태형 (stateful)으로 자동 생성된 주소 간에 생길 수 있는 충돌이며, 마지막으로 사용자 임의로 생성한 주소와의 충돌 가능성이다. 제안된 예약 주소의 경우 사용자가 임의로 구성한 주소와의 충돌 가능성은 피할 수 없지만 그 외의 경우에 대해서는 그 유일성이 보장되게 된다. 따라서 사용자의 임의 사용 제한이 가능

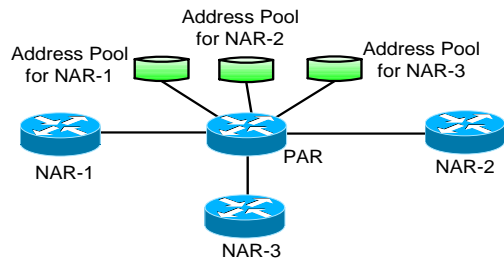
한 일반 상용망에서 주소의 충돌에 대한 고려없이 사용될 수 있다. 또한 본 논문에서 제안된 예약 주소 구조를 이용하는 경우 기존 주소의 사용되지 않는 여분의 비트만을 이용하여 기존 주소 생성 구조에 비하여 충돌의 가능성이 훨씬 낮은 핸드오버 용 주소를 용이하게 생성할 수 있다는 장점이 있다.

III. 예약 주소를 이용한 핸드오버 구조 및 절차

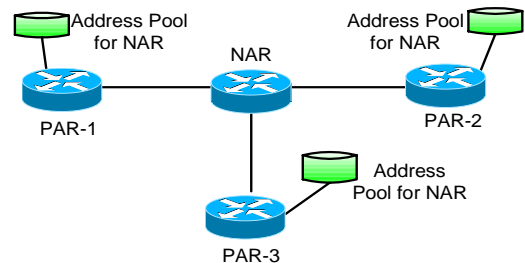
3.1 예약 주소 풀의 구성

그림 2는 2장에서 제안한 예약 주소를 이용한 핸드오버 구조이다. 그림에서는 3개의 NAR이 PAR에 연결된 경우를 가정하였다. 이 경우 3개의 NAR은 하나의 예이며 3개 이상의 NAR이 연결되는 경우에도 동일하게 적용될 수 있다. 그림에서 이동 단말은 특정 PAR에서 NAR로 이동하는 것으로 가정된다.

그림 2 (a)와 같이 PAR은 자신에게 연결된 각 NAR에 대하여 주소 풀을 관리한다. 만일 PAR에서 서비스를 받던 이동 단말이 특정 NAR로 이동하여 한다면 PAR은 이동 단말에게 해당 NAR에 대한



(a) PAR 측면에서의 예약 주소를 이용한 핸드오버 구조



(b) NAR 측면에서의 예약 주소를 이용한 핸드오버 구조
그림 2. 예약 주소를 이용한 핸드오버 구조

주소 풀에서 가용 한 주소 중의 하나를 할당해 준다. NAR 측면에서 주소 풀은 그림 (b)와 같이 보여진다. 특정 NAR에 기반 한 PAR-1, 2, 3의 주소 풀은 사용 가능한 65,534개의 주소를 1/3로 분할하여 관리한다. 이러한 할당 방법을 통해 특정 NAR에 기반한 주소들은 서로간의 충돌 가능성 없이 사용될 수 있다.

3.2 핸드오버 절차

그림 2와 같은 구조 하에서 핸드오버는 그림 3과 같은 절차에 의해서 이루어진다.

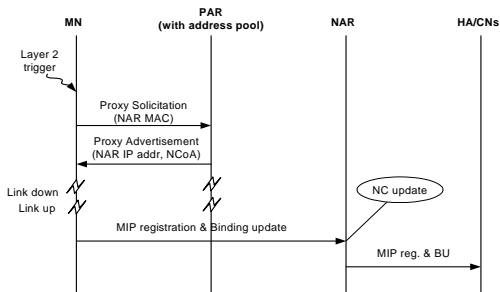


그림 3. 핸드오버 절차

그림에서 핸드오버 절차는 다음과 같다. 먼저 이동 단말이 2 계층에서 핸드오버가 시작하려 한다는 2 계층 트리거 신호를 받는다 (Mobile 개시 방법의 경우). 이때 2 계층 트리거 신호는 기존의 핸드오버 지원 기술인 FMIPv6^[5]에서 사용되는 것과 동일한 것으로 2 계층에서의 핸드오버 시 발생하는 이벤트를 상위 계층으로 알려주는 신호를 의미한다. 이 트리거 신호는 NAR의 MAC 주소와 같은 2 계층 주소를 포함하고 있다. 이동 단말은 이 2 계층 정보 속에 포함된 NAR의 MAC 주소를 이용하여 PAR에게 NAR의 IP 계층 정보를 요청하는 프락시 요청 (Proxy Solicitation) 메시지를 PAR로 보낸다. 프락시 요청 메시지를 받은 PAR은 NAR에서 사용될 새로운 CoA(NCoA)와 NAR의 IP 주소와 같은 필요 정보를 이동 단말로 응답한다. 만일 2 계층 트리거를 PAR이 받는다면 PAR은 이동 단말에 대한 프락시 요청 없이 프락시 광고 메시지를 이동 단말로 보낼 수도 있다 (Network 개시 방법의 경우). 이때 주어지는 NCoA는 PAR이 유지 관리하는 해당 NAR의 핸드오버 주소 풀에서 구해진 주소이다. 이후 링크의 다운, 링크의 업과 같은 2 계층 핸드오버가 발생한다. 2 계층 핸드오버가 완료되어 링크가 연결되면 이동 단말은 즉각 NAR로 HA에 대한 등

록 및 상대 노드에 대한 바인딩 갱신 신호를 보낸다. 이는 이동 단말이 PAR에서 전송된 프락시 광고 메시지를 통해 NAR에 대한 정보를 미리 알고 있기 때문에 가능하다. NAR에서 이동 단말에 대한 인증이 필요한 경우 이 요청은 PAR과 NAR 간의 상호 통신에 의해서 지원될 수 있으며 이에 대한 상세한 사항은 이 논문에서 기술되지 않는다. NAR은 이 메시지를 받고 자신이 관리하고 있는 이웃 캐쉬(Neighbor Cache)를 갱신한 후 이를 HA와 CN에 전달한다.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 제안된 방법은 2 계층 트리거의 도입과 예약 주소의 이용을 통하여 동일한 2 계층 트리거를 사용하는 FMIPv6와 같이 복잡한 프로토콜을 부가적으로 도입하지 않는 경우에도 핸드오버 지연을 상당히 감소시킬 수 있으며 따라서 실시간 서비스 응용을 보다 용이하게 지원할 수 있다.

그림 4는 기존의 Mobile IPv6에서의 핸드오버 절차와 제안된 방법 (MIP-RA)에서의 핸드오버 절차를 서로 비교한 타이밍 도이다. 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 제안된 방법은 2 계층 트리거와 예약 주소의 이용함으로써 기존의 자동 주소 생성 및 검증에 소요되는 시간을 상당히 줄여줄 수 있으며 이로 인하여 Mobile IPv6에 규정된 바인딩 갱신을 신속히 시작할 수 있다.

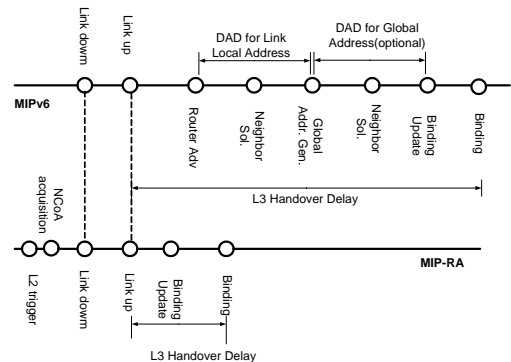


그림 4. Mobile IPv6와 제안된 방법(RA-MIP)에서의 핸드오버 타이밍

IV. 성능 분석

제안된 방법을 통해 Mobile IPv6 보다 줄일 수 있는 핸드오버 지연은 그림 4에 기반하여 다음과 같이 분석될 수 있다. 먼저 이동 단말의 핸드오버 시 3 계층에서의 총 핸드오버 지연은 다음과 같이

나타낼 수 있다.

$$D_{HO} = D_{MD} + D_{CD} + D_{BU} \quad (1)$$

이때, D_{HO} 는 3 계층에서의 총 핸드오버 지연
 D_{MD} 는 이동 검출에 소요되는 지연
 D_{CD} 는 새로운 CoA의 구성 및 검증에 소요되는 지연
 D_{BU} 는 바인딩 갱신에 소요되는 지연을 각각 나타낸다

• 이동검출 관련 지연 (D_{MD})

먼저 이동 단말의 이동 검출은 Mobile IPv6에 규정된 바와 같이 여러 가지 방법에 이루어 질 수 있으나 본 논문에서는 새로운 액세스 라우터에 접속하여 새로운 라우터 광고 메시지를 받음으로써 이동 검출을 하는 것으로 가정한다. 이 경우 이동 검출에 소요되는 시간은 새로운 라우터에서의 라우터 광고 주기에 의존한다. 즉, 이동 검출 지연은 다음과 같이 주어질 수 있다.

$$0 < D_{MD} < RtrAdvInterval \quad (2)$$

(2)에서 0은 이동 이후 즉각 라우터 광고를 받는 경우를 나타내며 $RtrAdvInterval$ 은 이동 단말의 링크가 형성되기 직전에 라우터 광고 메시지가 멀티캐스팅 된 경우를 나타낸다.

(2)는 이동 단말이 1번의 라우터 광고만을 가지고 이동 검출을 수행하는 경우이다. 만일 이동 검출의 안정성을 위하여 n 번의 라우터 광고 수신을 이동 검출을 위하여 사용하는 경우 D_{MD} 는 (3)과 같이 주어진다.

$$(n-1) RtrAdvInterval < D_{MD} < n \times RtrAdvInterval \quad (3)$$

• 새로운 CoA 구성 및 검증 관련 지연 (D_{CD})

새로운 CoA 구성 및 DAD에 소요되는 지연을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$D_{CD} = D_{CoA} + D_{DAD} \quad (4)$$

이때 $D_{DAD} \gg D_{CoA}$ 라고 가정할 수 있으므로,

$$D_{CD} \approx D_{DAD} \quad (5)$$

또한 DAD에 소요되는 지연은 Neighbor Solicitation를 보내기 전에 가져야 하는 랜덤 지연($Max_Rtr_Solication_Dealy$)과 Neighbor Solicitation을 보낸 후 충돌 확인을 위해 기다려야 하는 시간($RetransTimer$)의 합을 재전송 회수($DupAddr DetectTransmits$)로 곱한 값으로 나타낼 수 있다.

$$D_{DAD} = DupAddrDetectTransmits (Max_Rtr_Solication_Dealy + RetransTimer) \quad (6)$$

재전송 회수의 값은 디폴트로 1로 주어 지므로,

$$D_{DAD} = Max_Rtr_Solication_Dealy + RetransTimer \quad (7)$$

• 바인딩 갱신 관련 지연 (D_{BU})

바인딩 갱신에 소요되는 시간은 Mobile IPv6와 제안된 방법이 모두 동일하므로 상수로 취급할 수 있다.

따라서 전술한 사항과 그림 4의 타이밍 도를 고려하면 제안된 방법을 통해 얻을 수 있는 지연의 감소는 최종적으로 다음과 같이 나타낼 있다.

$$D_{HO} \text{ in Mobile IPv6} - D_{HO} \text{ in RA-MIP} = D_{MD} + D_{CD} = RtrAdvInterval + Max_Rtr_Solication_Dealy + RetransTimer \quad (8)$$

각 변수는 [2], [3]에서 표 1과 같이 규정된다.

따라서 제안된 방법을 통하여 얻을 수 있는 지연의 감소는 표 2과 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 각 변수에 대한 규정

	RFC 2461	RFC 3775
RtrAdvInterval	Min: >0.75s, < 3s Max: >4s, <1,800s	Min: 0.03s Max: 0.07s
Max_Rtr_Solication_Dealy	Min: 0 Max: 1s	-
RetransTimer	1s	-

