

MIPv6 네트워크에서의 Cross-Layer 기반

빠른 핸드오버 알고리즘*

정우진⁰ 기형주 이태진 추현승 정민영

성균관대학교 정보통신공학부

westside0107⁰@empas.com, {ki0724, tjlee, choo, mychung}@ece.skku.ac.kr

Fast Handover Algorithm by Using Cross-Layer in MIPv6 Network

Woo Jin Jung⁰ Hyung Joo Ki Tae-Jin Lee Hyunseung Choo Min Young Chung
School of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

최근 무선통신 서비스에서 이동성을 추가하여 이동 네트워크 서비스를 제공하기 위해 사용하는 MIPv6, FMIPv6는 긴 핸드오프 지연시간으로 인한 통신 품질의 저하 및 제어/관리 메시지로 인하여 다량의 데이터 패킷 손실, 고비용등과 같은 단점을 가지고 있다. 특히, 각 단말에서 시행하는 주소의 생성 및 유일성 검사를 위한 DAD(Duplication Address Detection)는 핸드오프 지연시간의 가장 큰 영향을 미치는 요소로서 이에 대한 연구가 요구된다. 본 논문에서는 L2(Layer 2)의 재결합 절차 상 MR(Mobile Router)/AR(Access Router)에서 직접 유일성 검사를 마친 후 생성된 주소를 재결합 응답 프레임에 추가시켜 할당하는 Cross-Layer 방식을 제안한다. 또한 할당된 주소관리와 생성된 주소의 유일성 검사를 위한 캐쉬도입을 고려하여 성능평가를 하였다. 제안된 방식은 기존 알고리즘들보다 전체 핸드오프 지연시간이 30~80%정도의 감소효과를 보이고 있으며, 비용관점에서도 약 56%의 절감효과를 확인할 수 있었다.

1. 서 론

최근의 사용자들은 빠른 이동속에서 무선 서비스를 받기를 희망하며, 서비스 업체들은 와이브로, 와이맥스등 무선기술에 이동성 지원 문제를 적용시키고 거의 상용화 단계에 까지 이르렀다. 이런 서비스를 지원하기 위해서는 기존의 IPv4/IPv6의 프로토콜로는 이동성을 지원하지 못하기 때문에 IETF에서는 단말의 이동성을 지원하기 위하여 Mobile IPv4/IPv6를 제안하였다[1]. Mobile IPv4는 현재 사용되고 있지만 증가하는 PC의 기능을 통합한 이동단말들의 영향으로 IPv4는 주소자원의 고갈을 초래할 수 있으며, 향후 Mobile IPv6 기반으로 사용되어야 한다[1].

그 동안의 연구결과를 보면, Mobile IPv6에서는 실시간 서비스나 QoS (Quality of Service) 지원, 경로 최적화 부분에서 많은 연구가 진행되어왔다. 하지만 고속의 이동 수단들이 생겨가고, 이를 이용하는 사용자는 아주 짧은 시간안에 각 AR (Access Router)의 RF (Radio Frequency) 반경거리를 벗어나게 되는 문제로 긴 핸드오프 지연시간은 치명적인 문제가 될 수 있으므로, 핸드오프에 대한 연구가 선행 되어야 한다. 이러한 문제를 풀고자 긴 핸드오프 시간에 대한 많은 연구들이 진행 되어왔다[1]-[5].

IETF에서는 MIPv6에서의 핸드오프를 정의하였다. MIPv6에서의 핸드오프는 L2 핸드오프와 L3 핸드오프로 나누어진다. L2 핸드오프는 채널 스캐닝, 인증, 결합의 3단계로 구분되며, L3 핸드오프는 Router Discovery, DAD, 바인딩 갱신의 3단계로 구분된다. L2 단계에서 핸드오프 시간은 약 100~300ms 정도의 시간이 걸린다. 또한 L3에서는 DAD, Router Discovery

시간이 약 1sec 이상으로 가장 긴 지연시간을 초래하는 부분이다. 이러한 절차를 따라 L2~L3까지의 핸드오프 시간을 따지면 약 2,000~3,000ms의 시간이 걸리게 된다[1][2][6]. 이러한 긴 핸드오프 시간은 MN의 패킷 손실을 유발 시키고 서비스가 제공되지 못하는 결과를 가져오게 된다.

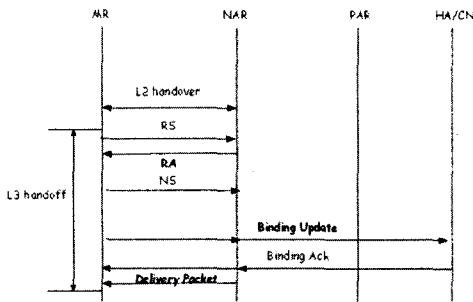
또한 긴 핸드오프 시간을 줄이고자 R. Koodli는 L2 트리거를 이용한 FMIPv6를 정의하였다[3]. FMIPv6에서는 이동 단말이 PAR(Previous Access Router)에서 NAR(New Access Router)로 이동하는 경우 이동 단말 또는 PAR이 L2 계층 핸드오프가 완료되기 이전에 NAR의 L2 계층 정보를 미리 얻을 수 있다고 가정된다. 새로운 CoA를 미리 구성하고, 각 AR끼리의 터널링을 구성하면서 빠른 핸드오프를 진행한다. 그러나 이것을 처리하기 위해 각 AR끼리의 복잡한 메시지 교환이 많은 오버헤드를 초래한다.

따라서, 본 논문에서는 단말 이동성에서의 긴 핸드오프 지연 시간문제를 간단하게 처리하기 위한 솔루션으로 Cross-Layer기법을 도입하였다. 이는 이전 AR에서 버퍼링되는 정보를 받기 위하여, L2 재결합 요청 프레임에 이전 AR의 주소 및 이전 CoA에 대한 정보를 추가시키고, L2 재결합 응답 프레임에서는 새로운 CoA를 추가할 것을 제안한다. 또한 MR/AR에서 CoA를 직접 생산 및 관리 하기위한 캐쉬를 고려하여, 성능분석을 하였다. 마지막으로 비용에 대한 효율성 분석을 통해 기존 알고리즘과의 비교, 분석한다.

2. 제안하는 알고리즘 및 프레임 구조

기존에 단말의 이동성을 제공하기 위해 제안되었던 MIPv6의 절차는 그림 1과 같다.

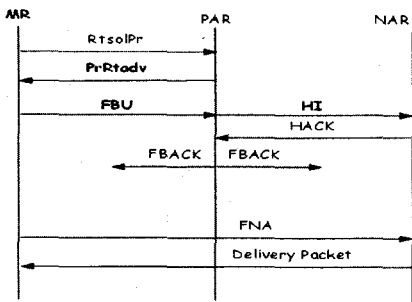
* 본 연구는 과학기술부 과학재단 목적기초연구 R01-2006-000-10402-0 지원으로 수행되었음.



[그림 1] MIPv6 핸드오프 절차

MIPv6에서 사용하는 Stateless 방식에서는 이동한 단말들은 RA 메시지를 수신하기를 기다리거나 아니면 바로 RS 메시지를 보내어 RA 메시지를 보내도록 요청할 수 있다. 이동단말이 RA 메시지를 받으면 RA에 포함된 프리픽스 정보와 자기의 인터페이스 ID를 이용하여 새로운 CoA 주소를 생성(autoconfiguration)한다. 이렇게 생성한 CoA 주소는 혹시 다른 이동단말이 동일 주소를 사용할 수 있으므로 DAD(Duplication Address Detection) 과정(약 1sec)[6][7]을 거쳐서 유일성 검사를 하여야 한다. 그리고 마지막 과정으로 HA에 바인딩 갱신을 하여 MN(Mobile Node)과 HA(Home Agent)사이에서 터널을 형성한 후 CN과 지속적인 통신을 이어간다. L2~L3까지의 핸드오프 시간을 따지면 약 2,000~3,000ms의 시간이 걸리게 된다. 이러한 긴 핸드오프 시간은 MN의 패킷 손실을 초래하고 서비스 단절을 가져온다.

또한 이 긴 핸드오프 시간을 줄이고자 제안된 FMIPv6의 핸드오프 절차는 그림 2와 같다. FMIPv6는 L3의 정보와 절차를

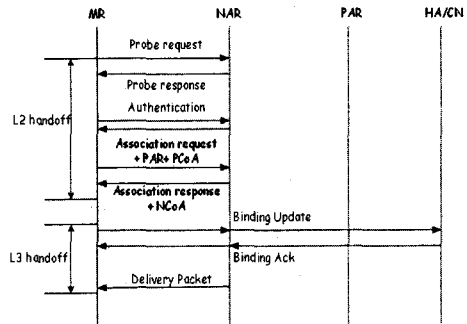


[그림 2] FMIPv6에서의 handoff 절차

L2 핸드오프가 끝나기 이전에 끝내는데 목적이 있다. L3 핸드오프 시간은 L2 보다 훨씬 오래 걸리므로 실제 핸드오프 종료 시간은 대부분 L3 핸드오프 종료 시간과 같다. 또한 위의 핸드오프 절차와 같이 각 MR 혹은 PAR, NAR 사이에는 L2 핸드오프 절차만이 아닌 L3 핸드오프에 대한 정보처리를 위하여 복잡한 메시지 교환이 요구되어진다.

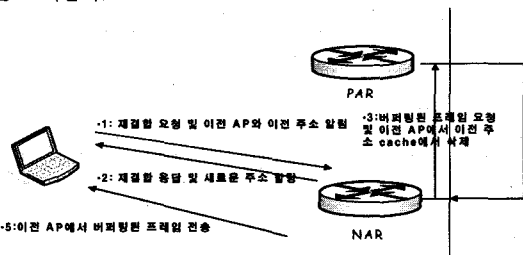
제안하는 알고리즘에서는 기존 알고리즘들에서 문제가 되었던 긴 핸드오프 시간과 많은 오버헤드 문제를 해결하고자 재결합 응답 프레임에 새로운 CoA를 추가하는 방법을 사용한 Cross-layer 기법과 각 AR에서 직접 주소를 생성, 할당해주는 기법을 이용하였다. 이 방법은 DAD와 CoA 생성에 대한 지연 시간을 없애고, 각 계층간 중복되는 절차를 찾아 서로간의 협력을 통해 핸드오프 지연시간을 최대한 줄여서 전체 핸드오프 시간을 줄일 수 있는 것을 보여준다. 그림 3은 제안하는 알고

리즘의 핸드오프 절차를 나타낸다.



[그림 3] 제안하는 알고리즘의 전체 핸드오프 절차

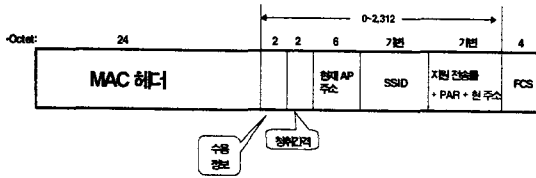
L2 핸드오프와 L3 핸드오프에서의 Router Discovery가 단말이 연결되어야 할 AR을 찾는 방법으로 서로의 목적이 같다. 그래서 제안하는 알고리즘에서는 L3에서 이루어지는 Router Discovery 부분과 DAD 및 CoA 생성 단계를 L2에서 진행하도록 하였다. 위의 핸드오프 절차에서 보면 재결합 단계에서 첫째로 재결합 요청 프레임(Association request frame)에 자신이 이전에 연결하고 있던 AR의 주소와 사용하고 있던 주소 PCoA(Previous CoA)를 실은 후 NAR(New Access Router)에게 보내어 PAR(Previous Access Router)로 자신에게 전송되고 있던 데이터 프레임들을 NAR로 전송받기 위해 PCoA와 PAR의 정보를 전해 준다. 또한, PAR에서는 PCoA의 정보를 받은 후 PAR에서 유지되고 있던 주소관리 캐쉬에서 PCoA를 제거한다. 이 작업과 동시에 NAR에서는 자신의 네트워크 프리픽스를 이용하여 유일한 주소를 생성하여, 직접 새로운 단말에게 재결합 응답 프레임(Association response frame)에 실어 할당한다. 마지막으로 NAR이 유일한 주소를 생성하기 위해 주소를 관리하는 캐쉬에 할당한 주소를 저장하여 자신의 네트워크에 존재하는 이동 노드들을 관리한다. 이렇게 자신의 캐쉬를 이용하여 AR에서 DAD를 수행하기 위하여 메모리에 액세스할 때 약 70~110nsec의 접근 시간이 걸린다[7]. 이 과정으로 L2, 3로 구분되어 진행하던 핸드오프 과정에서 DAD와 CoA Configuration 과정을 L2과정에서 종료시키며, 전체 핸드오프 지연을 줄일 수 있다. 그림 4는 변형된 L2 핸드오프 절차를 보여준다.



[그림 4] 제안하는 L2 핸드오프 절차

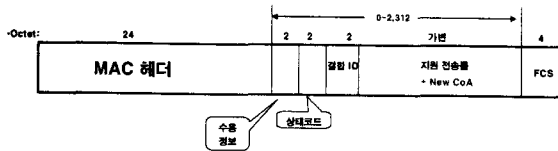
제안하는 알고리즘에서의 프레임 구조를 살펴보면, 우선 재결합 요청 프레임에 가변적인 부분에서 PAR의 주소와 PCoA의 주소를 추가 한다. PCoA와 PAR의 주소를 받은 NAR은 PAR에게 이동 단말이나 라우터의 주소를 알리고, PAR로부

터 버퍼링된 프레임을 받는다. 또한, PAR에서는 PCoA정보를 이용하여 PAR에서 유지하던 캐쉬에 저장되어 있는 주소를 삭제한다.



[그림 5] 제안하는 알고리즘의 재결합 요청 프레임

두 번째로 재결합 요청 프레임을 받은 NAR은 새로운 CoA를 만들어 할당한다. 자신의 프리픽스를 이용하여 만든 NCoA는 각 AR에서 유지하고 있는 캐쉬에 저장되고, 이 캐쉬에서 유일성을 검사된 뒤 추가된 이동 단말이나 이동 라우터로 할당된다. 새로운 CoA는 기존 재결합 응답 프레임의 가변적인 비트를 사용하였고, 이 프레임을 받은 이동 단말이나 이동 라우터는 자신의 새로운 CoA로 등록을 하고, L2 핸드오프가 끝나면, 바인딩 갱신을 통해 자신의 HA/CN에게 알려준다.



[그림 6] 제안하는 알고리즘의 재결합 응답 프레임

3. 비용 효율에 대한 분석

제안하는 비용은 메시지 교환에 기반하며, 전체 비용을 C 라고 둔다. MR-nAR사이의 비용을 C_{mr-nar} , PAR과 NAR사이의 비용을 $C_{par-nar}$, L2 비용은 C_{L2} 라고 둔다. 또한 PAR과 NAR의 사이에 L2에서 사용되는 메시지는 따로 $C_{par-nar}$ 의 비용에 포함 시킨다. 기존 MIPv6에서 사용되는 MIPv6의 핸드오프의 전체 비용은 식 (1)과 같다.

$$C_{mip} = 5C_{mr-par} + 2C_{nar-par} + C_{L2} \quad (1)$$

메시지 절차에 기반한 FMIPv6에서의 전체비용은 이동 단말 혹은 이동 라우터와 새로운 AR사이의 메시지가 L2 트리거로 인한 initiated 단계에서의 메시지가 증가하게 된다. 이를 포함한 FMIPv6를 계산 해보면 식 (2)와 같다.

$$C_{fmip} = 4C_{mr-par} + C_{mr-nar} + 5C_{nar-par} + C_{L2} \quad (2)$$

제안한 알고리즘은 핸드오프 절차를 간단하고 빠르게 처리하기 위하여 재결합 응답 프레임에 새롭게 만들어진 CoA를 직접 할당하는 방법을 택하였다. 그리고 이전 MIPv6에서 사용되던 메시지가 바인딩 갱신을 남기고 L2에서 종료되기 때문에 전체 비용도 줄어든다. 제안한 알고리즘에 대한 전체 비용은 식 (3)으로 정의한다.

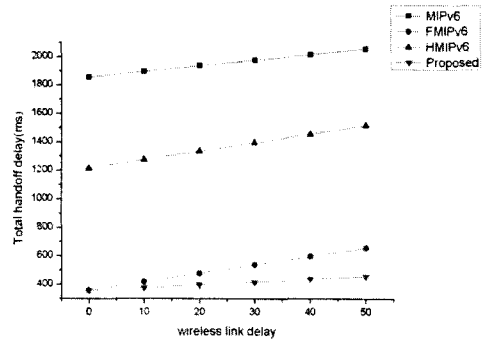
$$C_{pro} = 2C_{mr-nar} + 2C_{par-nar} + C_{L2} \quad (3)$$

4. 성능평가

MIPv6와 FMIPv6, HMIPv6와 제안한 알고리즘의 성능평가를 위하여 표 1과 같은 파라미터를 사용하였고, 비용 측정을 위한 파라미터는 PAR과 NAR 사이의 비용을 제외한 나머지를 1로 사용하였다[8]-[11].

[표 1] 성능평가를 위한 파라미터

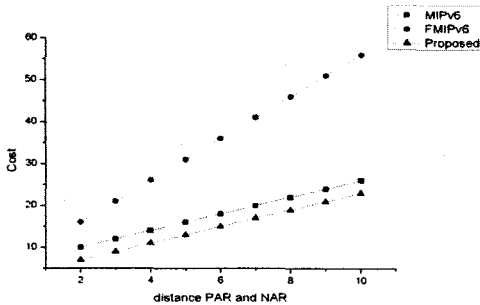
parameter	Value
RA interval	1000ms
L2 packet size	18720bit
DAD time	1000ms
Router Discovery time	500ms
delay through Internet	50ms
Binding Update delay	140ms
NAR-PAR delay	50ms
C_{mr-par}	1
$C_{par-nar}$	가변
C_{mr-nar}	1
C_{L2}	1



[그림 7] 링크상의 지연 변화에 따른 전체 핸드오프 지연시간 변화

그림 7은 링크상의 지연 변화에 따른 전체 핸드오프 지연시간의 변화를 나타내고 있다. 기존 MIPv6에서의 핸드오프의 절차를 따르면, L2 핸드오프가 끝난 이후 L3의 핸드오프를 모두 진행하며, DAD 시간이 약 1초 이상을 차지하기 때문에 전체 핸드오프 시간이 약 2초 정도로 나타났다. HMIPv6의 경우는 L2 핸드오프는 기존 MIPv6를 그대로 사용하고, L3 핸드오프에서는 MAP이라는 중간 포인트를 두고 있기 때문에 두 번 바인딩 갱신을 해야 하지만, RCoA의 사용과 지역 이동에 관하여 유연하기 때문에 MIPv6보다 약 600ms 정도 적은 시간을 보였다. 거기에 비해 FMIPv6는 L3 핸드오프를 L2 핸드오프가 끝나기 전에 시작하기 때문에 직렬로 진행되는 위의 두 가지 알고리즘과는 현저한 차이로 핸드오프 지연시간이 줄어드는 것을 볼 수가 있다. 하지만 제안한 알고리즘과 비교했을 때, 각 AR 및 이동 단말의 복잡한 메시지 교환에 의해 지연 시간이

증가할수록 그 값이 증가함을 확인 할 수 있다. 제안한 알고리즘은 기존 MIPv6에서 L3 핸드오프에서 진행되던 Router discovery와 DAD를 모두 L2 핸드오프 시간에서 끝내기 때문에 MIPv6과 그 차이가 약 1.6초 이상이 난다. FMIPv6와는 링크상에서의 지연을 무시하면 제안하는 알고리즘과 비슷한 성능을 보이지만 각 AR들 및 이동 단말과의 복잡한 메시지 교환에 의해 링크상의 지연시간이 커질수록 더욱 큰 차이를 보이는 것을 확인할 수 있다. FMIPv6와 제안한 알고리즘과의 핸드오프 지연 차이가 다른 알고리즘에 비해 적었지만, 그러나 비용측면에서의 차이를 확인할 수 있다.



[그림 8] PAR과 NAR의 거리에 따른 비용의 변화

그림 8은 PAR과 NAR의 거리가 멀어질수록 비용측면에서의 효율을 나타내고 있다. FMIPv6의 경우 새로운 CoA를 L2 핸드오프시 미리 받아오고, 또한 각 AR끼리의 터널링을 위한 많은 메시지에 의해 고비용이 초래되었다. 제안한 알고리즘에서는 새로운 CoA를 받아오고, AR끼리의 통신을 L2 핸드오프시 사용되는 재결합 프레임에 직접 추가하는 방법으로 처리하여 추가적인 메시지 절차가 필요 없기 때문에 저비용의 효과가 나타났다. 전체 지연시간에 비슷한 성능을 보이던 FMIPv6에 비해 제안한 알고리즘은 비용측면에서 약 56% 이상의 우수함을 보이고 있다. 또한 MIPv6는 L3 핸드오프시 Router Discovery와 DAD 동작에 필요한 메시지들에 의해 제안하는 알고리즘보다 조금 더 높게 측정된다. 결과적으로 제안하는 알고리즘이 전체적인 핸드오프 시간이나 비용측면에서 가장 좋은 성능을 나타낸다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 핸드오프 기법들을 보다 빠르게 진행하기 위해 Cross-Layer기법을 도입하여, L2, L3 핸드오프로 명확히 구분되어있던 경계를 제거하여 성능을 향상 시켰다. 또한 각 AR/MR에서는 직접 주소를 생산하고, 재결합 응답 프레임들을 이용하여 할당하며, 네트워크상의 이동 노드들을 관리하는 캐쉬 도입을 제안하였다. 성능 분석 및 비용 분석을 통해 제안한 방식이 기존에 연구 되었던 핸드오프 방식들보다 좋은 성능을 나타내었다. 향후 이동 단말만이 아닌 이동 네트워크까지의 비용분석 및 지연시간에 관한 연구가 요구된다.

참고 문헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775. June 2004.

[2] S. Thomson and T. Narten, "IPv6 Stateless Address Autoconfiguration," IETF RFC 2462, Dec. 1998.
 [3] R. Koodli(Ed), "Fast Handover for Mobile IPv6," IETF RFC 4068, July 2005.
 [4] G. Daley and J. H. Choi, "Movement Detection Optimization in Mobile IPv6," IETF draft-daley-mobileip-movedetect-01.txt, May 2003.
 [5] P. McCann, "Mobile IPv6 Fast Handovers for 802.11 Networks," IETF RFC 4260. Nov. 2005.
 [6] T. Narten, E. Nordmark, "Neighbor Discovery for IP version 6(IPv6)," IETF RFC2461, Dec. 1998.
 [7] B. J. Park, S. U. Lee, and H. Latchman, "A Fast Neighbor Discovery and DAD scheme for Fast Handover in Mobile IPv6 Networks," in Proc. of IEEE ICNICONSMCL, pp. 201-206, 2006.
 [8] Y. Y. An, B.-H. Yae, K.-W. Lee, Y. Z. Cho, and W. Y. Jung, "Reduction of Handover Latency Using MIH Services in MIPv6," in Proc. of IEEE AINA, Vol. 2, pp. 229-234, 2006.
 [9] C.-C. Tseng, L.-H. Yen, H.-H. Chang, and K.-C. Hsu, "Topology-Aided Cross-Layer Fast Handoff Designs for IEEE 802.11/Mobile IP Environments," IEEE Commun. Mag., Vol. 43, No. 12, pp. 156-163, Dec. 2005.
 [10] W. K. Lai, and J. C. Chiu, "Improving Handoff Performance in Wireless Overlay Networks by Switching Between Two-Layer IPv6 and One-Layer IPv6 Addressing," IEEE J. Select. Areas in Commun., Vol. 23, No. 11, pp. 2129-2137, Nov. 2005.
 [11] IEEE Standard for Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, ISO/IEC 8802-11:1999(E), Aug. 1999.