

패킷 손실과 순서 어긋남 문제를 해결할 수 있는 새로운 FMIPv6와 HMIPv6 통합 메커니즘

(A Novel Integration Mechanism of FMIPv6 and HMIPv6 to Reduce Loss and Out-of-Sequence Problem)

이 재 훈 [†] 임 유 진 ^{**}
(Jae-Hwoon Lee) (Yu-Jin Lim)

요 약 Mobile IPv6(MIPv6)는 이동 호스트(mobile node: MN)가 인터넷의 연결 지점을 변경하더라도 임의의 호스트(correspondent node: CN)와 계속 통신을 유지할 수 있도록 하는 기술이다. 기존의 MIPv6 프로토콜에서는 핸드오버 기간 동안 CN이 MN으로 전송하는 트래픽은 손실된다. 이를 방지하기 위하여 HMIPv6 및 FMIPv6와 같은 여러 메커니즘들이 제안되었다. 그렇지만, 이들 메커니즘도 역시 패킷 손실이나 패킷의 순서 어긋남으로 인한 상위 계층의 성능 저하 문제가 발생한다. 본 논문에서는 패킷 손실과 순서 어긋남 문제를 해결할 수 있는 I-FHMIPv6를 제안한다. I-FHMIPv6에서는 홈 에이전트(home agent: HA) 또는 CN에게 MN의 바인딩 캐쉬 엔트리가 갱신된다는 것을 알려주는 Flush 메시지를 새로 정의했다. 이 메시지를 수신한 MN은 이전의 경로를 통한 패킷 전송이 종료된다는 것을 알 수 있으며, 이를 통하여 패킷의 순서 어긋남 문제를 해결할 수 있다. 또한 제안된 알고리즘은 효율적으로 FMIPv6와 HMIPv6를 통합함으로써 패킷 손실을 최소화할 수 있다. 모의실험을 통해 제안된 알고리즘의 성능을 분석하였으며, I-FHMIPv6의 성능이 기존 FMIPv6나 HMIPv6보다 우수함을 알 수 있었다.

키워드 : Mobile IPv6, 핸드오버, packet disorder

Abstract Mobile IPv6 (MIPv6) enables a mobile node (MN) to maintain its connectivity with a correspondent node (CN) while changing its point of attachment. In MIPv6, packets sent from a CN to a MN during handover are lost. Several mechanisms including FMIPv6 and HMIPv6 have been proposed in order to minimize packet loss. However, such mechanisms still suffer from performance degradation due to not only packet loss but also out-of-sequence packets. In this paper, we propose I-FHMIPv6 to resolve packet loss as well as the out-of-sequence packet problem. In I-FHMIPv6, the flush message is newly defined in order to notify a home agent (HA) or CN of the fact that the binding cache entry of a MN is about to be updated. A MN receiving the flush message can know that there is no more packets transmitted via the previous route, which resolve the out-of-sequence packet problem. Moreover, with the proposed mechanism, we can minimize packet loss by integrating FMIPv6 and HMIPv6 efficiently. I-FHMIPv6 is evaluated by performing simulations, and the simulation results show that I-FHMIPv6 outperforms FMIPv6 and HMIPv6.

Key words : Mobile IPv6, handover, packet disorder

1. 서 론

기존의 인터넷에서는 호스트에게 망 식별자와 호스트 식별자로 구성되는 하나의 IP 주소가 할당된다. 망 식별

자는 호스트가 접속되어 있는 망을 유일하게 나타내기 위한 정보이며, 호스트 식별자는 해당 망에서 호스트를 유일하게 식별하기 위한 정보이다. 호스트는 IP 주소와 전송 계층의 포트 번호를 이용하여 소켓 주소를 만들고, 이러한 소켓 주소를 이용하여 다른 호스트들과 연결을 설정한다. 따라서 일단 호스트가 다른 호스트와 연결을 설정하면, 연결이 설정되어 있는 동안에는 동일한 IP 주소가 고정적으로 유지되어야 한다. 만일 호스트가 다른 망으로 이동하는 경우에는 망 식별자가 변경되어야 하기 때문에 호스트에 할당된 IP 주소가 변경되어야 한다.

· 본 논문은 2006학년도 동국대학교 연구원 지원에 의하여 이루어졌음

[†] 중신회원 : 동국대학교 정보통신공학과 부교수

jaehwoon@dongguk.edu
(Corresponding author)

^{**} 정회원 : 수원대학교 정보미디어학과 교수

yujin@suwon.ac.kr

논문접수 : 2005년 9월 7일

심사완료 : 2007년 1월 16일

IP 주소의 변경은 소켓 주소의 변경을 의미하기 때문에, 기존에 설정되어 있는 연결은 해지되며 다시 연결을 시도해야 한다는 단점이 있다.

이와 같이 호스트가 망을 변경하여 인터넷에 접속하는 경우에 발생하는 연결 해지 문제를 해결하기 위하여 이동 호스트(mobile node: MN)가 자신의 위치를 변경하더라도 기존에 설정되어 있는 연결을 계속 유지할 수 있도록 하기 위한 Mobile IPv6(MIPv6) 프로토콜이 제안되었다[1].

기존의 MIPv6 프로토콜에서는 MN이 하나의 네트워크에서 다른 네트워크로 이동을 하는 경우에는, 핸드오버 기간동안 임의의 호스트(Corresponding Node: CN)로부터 MN으로 전송되는 트래픽은 손실되는 문제점을 가지고 있다. 이를 방지하기 위하여 Hierarchical MIPv6(HMIPv6) 및 Fast Handover for MIPv6(FMIPv6)와 같은 여러 메커니즘들이 제안되었다[2,3]. 그렇지만 이들 메커니즘도 역시 패킷 손실이나 패킷의 순서 어긋남으로 인한 상위 계층의 성능 저하 문제가 발생한다.

이 논문에서는 패킷 손실을 최소화하면서도 패킷의 순서 어긋남 문제를 해결하기 위한 메커니즘을 제안한다. 먼저 이 논문에서는 MN으로부터 BU 메시지를 수신한 HA/CN이 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리가 업데이트된다는 것을 MN에게 알리기 위하여 Flush 메시지를 정의한다. MN이 Flush 메시지를 수신하면, MN은 PCoA 패킷이 더 이상 수신되지 않을 것이라 간주하고 NCoA 패킷을 상위 계층으로 전송한다. 이 메시지를 이용하면 MN에서 불필요한 타이머의 설정으로 인한 서비스의 단절을 피할 수 있다. 또한 이 논문에서는 제안된 Flush 메시지를 이용하여 FMIPv6와 HMIPv6를 효율적으로 통합하기 위한 I-FHMIPv6 메커니즘을 제안한다. 제안된 메커니즘은 끊김없는 핸드오버(seamless handover)를 제공하기 때문에 패킷의 순서 어긋남을 해결하면서도 패킷의 손실을 최소화할 수 있다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 관련 연구에 대해서 살펴보고, 제3장에서 Flush 메시지의 정의 및 동작, 그리고 I-FHMIPv6의 동작을 설명한다. 제4장에서는 제안된 메커니즘의 성능을 모의실험을 통하여 분석하고, 제5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

MIPv6 프로토콜에서는 IPv6 기반의 인터넷에 접속되어 있는 MN이 인터넷상의 임의의 호스트(correspondent node: CN)와 연결을 설정한 상태에서 자신의 접속 지점을 변경하여도 CN과의 연결이 계속 유지될 수 있도록 하기 위한 메커니즘을 정의한다[1]. 이를 위하여 MIPv6 프로토콜에서는 MN에게 기존의 인터넷과 같이

홈 주소로서 고정 IPv6 주소를 할당하고, MN의 홈 주소와 동일한 망 주소를 가지는 홈 에이전트(home agent: HA)를 정의한다. MN은 망의 접속 지점을 변경할 때마다 새로운 망에 있는 액세스 라우터(access router: AR)로부터 새로운 동적 IPv6 주소인 care-of address(CoA)를 할당받아, 바인딩 업데이트(binding update: BU) 메시지를 이용하여 자신의 홈 주소와 CoA를 HA에게 등록한다. MIPv6 프로토콜에서는 MN과 CN간 트래픽 교환을 위하여 bi-directional 터널링과 경로 최적화의 두 가지 방식이 정의되어 있다. Bi-directional 터널링 방식에서 CN으로부터 MN으로 전송되는 패킷은 목적지 주소로 MN의 홈 주소를 가진다. 이 패킷은 MN의 홈 네트워크로 전송되며, HA는 이 패킷을 수신하여 터널링을 이용하여 MN에게로 전송한다. 또한 MN으로부터 CN으로 전송되는 패킷은 reverse 터널링을 이용하여 HA에게로 전송되며, HA는 이 패킷을 CN으로 전달한다. Bi-directional 터널링은 IPv6 캡슐화를 이용하여 수행된다. 그렇지만, 이 방식은 MN과 임의의 CN 간에 교환되는 모든 트래픽이 HA를 통하여 전송되기 때문에 HA가 위치하고 있는 네트워크에 과중한 부하가 걸려서 혼잡 현상이 발생할 수 있다는 것과, HA에 고장이 발생하면 MN과 CN 간의 통신이 두절되는 문제점이 있다. 이와 같은 bi-directional 터널링의 문제점을 해결하기 위하여 경로 최적화 메커니즘이 제안되었다. 이 방식에서, CN으로부터 MN으로 전송되는 패킷이 터널링을 통하여 MN에게 도착하면, MN은 CN이 자신의 현재 연결 지점에 대한 바인딩 정보를 가지고 있지 않다고 판단하고 자신의 홈 주소와 CoA를 CN에게 전송한다. MN으로부터 바인딩 정보를 수신한 CN은 자신의 바인딩 캐쉬에 MN에 대한 바인딩 정보를 저장한다. MN으로 패킷을 전송하고자 하는 CN은 먼저 자신의 바인딩 캐쉬에 MN의 CoA가 있는지를 확인하여 만일 있으면 이 주소 정보를 이용하여 직접 MN에게 패킷을 전송한다. 또한 MN도 HA를 거치지 않고 CN에게 직접 패킷을 전송하며, 이 패킷은 최적화된 경로를 따라 전송된다.

MIPv6 프로토콜에서 MN이 하나의 망에서 다른 망으로 이동을 하게 되면, MN이 새로운 망으로부터 인터넷 접속 서비스가 가능하기 위해서는 (1) 새로운 망으로 이동했는지를 아는데 걸리는 시간, (2) 새로운 망으로부터 하나의 CoA를 구성하는데 걸리는 시간, 그리고 (3) 구성된 CoA를 HA 또는 CN에 등록하는데 걸리는 시간이 필요하며, 이러한 시간을 핸드오버 지연(handover latency)이라고 한다. 이 시간동안 HA 또는 CN으로부터 전송되는 패킷은 MN이 새로운 망으로 이동하기 이전에 접속했던 이전 AR(previous AR: PAR)로 전송되

며, 이러한 패킷들은 모두 손실된다. 즉, 핸드오버 지연이 길면 길수록 패킷 손실은 많아진다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 Hierarchical MIPv6(HMIPv6)와 Fast Handovers for MIPv6(FMIPv6)가 제안되었다[2,3].

HMIPv6에서는 MAP(Mobility Anchor Point)라고 하는 새로운 기능을 가지고 있는 라우터를 정의하고, 동일한 MAP 정보를 가지고 있는 AR들의 집합을 MAP 도메인이라고 한다. MAP은 하나의 MAP 도메인 내에서 일종의 지역 HA로 동작한다. HMIPv6의 동작은 다음과 같다. MN이 하나의 MAP 도메인 내에 들어오면, MN에게 인터넷 접속을 제공하는 AR은 자신의 망 정보뿐만 아니라 MAP 정보도 함께 제공한다. MN은 AR로부터 받은 망 정보를 이용하여 로컬 CoA(local CoA: LCoA)를 구성하고, 또한 MAP의 망 정보를 이용하여 지역 CoA(regional CoA: RCoA)를 구성한다. 그런 후에 MN은 자신의 LCoA와 RCoA를 MAP에 등록한다. 이 이후부터 MAP과 MN 사이에는 bi-directional 터널이 설정된다. 또한 MN은 자신의 RCoA와 홈 주소를 HA와 CN에게 등록한다. 이 이후부터 HA/CN으로부터 전송되는 패킷의 목적지 주소는 RCoA가 되며, 이 패킷을 MAP이 수신하여 MN에게 터널링한다. 만일 MN이 동일한 MAP 도메인 내의 다른 AR(즉, new AR: NAR)로 이동을 하는 경우, NAR은 자신의 망 정보와 MAP 정보를 MN에게 보내줄 것이고, MN은 NAR로부터 수신한 망 정보를 이용하여 자신의 LCoA를 구성한다. 또한 MAP 정보를 이용하여 자신이 속한 MAP 도메인이 바로 이전의 것과 동일한 도메인인지 다른 도메인인지를 파악하여 만일 동일한 도메인이라고 판단되면, 이전에 구성한 RCoA를 그대로 사용하기로 하고 새로 구성된 LCoA와 기존의 RCoA 매핑 정보를 MAP에게 등록한다. 이것으로 MN의 주소 등록 절차는 종료되며, 추가적인 HA/CN으로의 등록 절차는 필요 없게 된다. 이와 같은 방법으로 MAP 도메인 내에서의 핸드오버 지연을 줄일 수 있다. 그렇지만, 이 방법에서도 MN이 PAR에서 NAR로 이동하는 경우 핸드오버 지연이 존재하며, 이 기간동안 MAP에서 PAR로 전송되는 패킷은 PAR에 의해서 폐기되어 패킷 손실이 발생하게 된다.

FMIPv6는 MN이 새로운 망으로 이동하기 이전에 NAR에 대한 정보 및 NCoA(new CoA) 구성 등을 미리 수행함으로써 핸드오버 지연과 패킷 손실을 줄이기 위한 메커니즘이다. FMIPv6의 동작은 다음과 같다. MN은 PAR을 이용하여 인터넷 접속을 하고, CoA로서 PCoA(previous CoA)를 사용한다. MN이 PAR과 접속을 한 상태에서 새로운 망에 대한 정보를 수신하면, 새로운 망의 제 2 계층 주소를 포함하는 Router Solicitation Proxy(RtSolPr) 메시지를 PAR에게로 전송한다.

이 메시지를 수신한 PAR은 NAR의 IPv6 주소와 제 2 계층 주소를 포함하는 Proxy Router Advertisement(PrRtAdv) 메시지를 MN에게 전송한다. 이 메시지를 수신한 MN은 NAR의 IPv6 주소에 있는 망 주소 정보와 자신의 인터페이스 식별자 정보를 이용하여 NCoA를 구성하고, 이러한 주소 정보를 FBU(Fast Binding Update) 메시지를 이용하여 PAR에게 전송한다. 그런 후에 MN은 자신의 IPv6 주소를 PCoA에서 NCoA로 변경한다. FBU 메시지를 수신한 PAR은 NAR에게 NCoA 주소의 사용 가능성을 확인하고, 또한 HA/CN으로부터 전송된 PCoA의 목적지 주소를 가진 패킷을 NCoA로 터널링한다. NAR은 MN이 자신의 망에 접속하기 전까지는 NCoA 주소를 가진 패킷을 버퍼에 저장한다. MN이 PAR로부터 NAR로 이동을 하게 되면, MN은 자신이 새로운 망으로 이동했다는 것을 NAR에게 알리기 위해 FNA(Fast Neighbor Advertisement) 메시지를 전송한다. 또한 MN은 변경된 CoA를 HA/CN에게 등록하기 전까지는 자신이 전송하고자 하는 패킷의 소스 주소를 PCoA로 한 후에 해당 패킷을 PAR로 터널링함으로써 핸드오버로 인한 패킷 손실을 최소화한다.

FMIPv6에서는 MN이 새로운 망으로 이동을 하는 경우에는 NCoA 정보를 HA/CN으로 등록하기 이전에는 HA/CN으로부터 전송되는 트래픽은 PAR로 도착하게 되고, 다시 NAR로 터널링된 후에 MN에 도착하게 된다. 만일 MN이 자신의 NCoA를 HA/CN에 등록하게 되면, 이 이후부터는 NAR을 통하여 패킷이 도달하게 될 것이다. 그렇지만, NCoA의 등록 이전에 HA/CN으로부터 전송된 패킷은 PAR을 통하여 전송되며, NCoA의 등록 이후에는 NAR을 통하여 전송되기 때문에 MN이 PAR로부터 들어오는 패킷을 모두 수신하기 이전에 NAR로부터 패킷을 수신하게 되면 패킷이 순서에 어긋나게 들어오게 되어, 응용 프로그램의 성능이 상당히 저하되는 문제가 발생하게 된다[4,5]. 패킷이 순서에 어긋나게 들어오면 TCP에서는 중복 응답이 발생하게 되며, 송신측 TCP에 3 개 이상의 중복 응답이 들어오면 송신측 TCP는 빠른 재전송 및 빠른 복구 상태로 들어간다. 즉, 이 상태에서 송신측 TCP는 자신의 트래픽을 재전송하고 또한 혼잡 윈도우의 크기를 감소한다. 순서의 어긋남으로 인한 혼잡 윈도우 크기의 감소는 송신측 TCP의 성능을 저하시킨다. 또한 UDP 기반의 멀티미디어 트래픽은 패킷 손실이나 순서에 어긋나게 패킷이 도착하게 되는 경우에는 품질이 상당히 저하된다.

MIPv6에서 패킷 손실이나 순서 어긋남 문제를 해결하기 위하여 여러 가지 메커니즘이 제안되었다[6-9]. 한 가지 방법은 bi-casting을 이용하는 것이다[7]. MIPv6

또는 HMIPv6에서 MN이 새로운 망으로 이동을 한 후에 자신이 새로운 망으로 이동했다는 것을 HA/MAP에게 알려주면, HA/MAP은 MN으로 전송하는 패킷을 일정 시간동안 목적지 주소로 PCoA를 가지는 패킷과 NCoA를 가지는 패킷을 만들어 bi-casting 한다. 이 메커니즘은 패킷이 복제되어 망으로 전송되므로, 망에 부하가 많이 발생하여 망에 혼잡이 발생할 가능성이 높으며, 또한 MN이 중복된 패킷을 수신할 수 있다는 문제점을 가지고 있다. 또 다른 방법은 FMIPv6 환경에서 MN에 두 개의 버퍼를 장착하는 것이다[8,9]. 하나의 버퍼는 목적지 주소로 PCoA를 가지는 패킷을 저장하기 위한 것이고, 또 다른 하나의 버퍼는 목적지 주소로 NCoA를 가지는 패킷을 저장하기 위한 것이다. 목적지 주소로 PCoA를 가지는 패킷을 PCoA 패킷이라고 하고, 목적지 주소로 NCoA를 가지는 패킷을 NCoA 패킷이라고 하자. PCoA 패킷은 NCoA 패킷보다 먼저 전송된 것이므로, MN은 PCoA 패킷이 먼저 상위 계층으로 전송될 수 있도록 하기 위하여 PCoA 패킷을 저장하는 버퍼에 우선순위를 부여한다. 그리고 MN은 이와 같은 패킷을 모두 수신하기 전까지는 NCoA 패킷의 상위 계층으로의 전송을 보류한다. 이와 같은 방법으로 패킷의 순서 어긋남 현상을 방지하고자 한다. 이 방식에서 MN은 PCoA 패킷이 언제까지 전송될 것인지를 알 수 없기 때문에, 패킷의 순서 어긋남 현상을 방지하기 위하여 MN은 PCoA 패킷을 저장하는 버퍼에 우선순위를 부여하는 것뿐만 아니라 타이머도 설정하는 것이 필요하다. 타이머가 만료되면, MN은 PCoA 패킷을 더 이상 수신하지 않을 것이라 간주하고 버퍼에 저장되어 있는 NCoA 패킷을 상위 계층으로 전송하기 시작한다. 그렇지만 이 방식에서는 타이머 값을 얼마나 설정해야 하는지를 결정하는 것이 어렵고 또한 타이머가 만료되기 전까지는 상

위 계층으로의 NCoA 패킷 전달이 보류되기 때문에 이 기간 동안에는 서비스가 단절되는 문제점이 있다. FMIPv6와 HMIPv6를 통합하기 위한 메커니즘도 제안되었지만, 이 메커니즘 역시 패킷의 순서 어긋남 현상을 해결하지는 못한다[10].

3. I-FHMIPv6 : Integrated FMIPv6 and HMIPv6

3.1 Flush 메시지의 정의 및 동작

이 절에서 고려하는 망 구성도는 참고문헌[1]에서 고려하는 것과 동일하며, 각 노드 간 메시지 교환 절차는 그림 1에 나타나 있다. MN이 처음으로 이동 망에 접속을 하게 되면, 이 이동 망에서 인터넷 접속 서비스를 제공하는 PAR로부터 수신한 정보를 이용하여 PCoA를 구성한 후, PCoA와 홈 주소를 BU 메시지를 이용하여 HA/CN에게 전달한다. 그러면 HA/CN은 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리에 MN에 대한 정보를 저장한다. 이 이후부터 HA/CN으로부터 전송되는 트래픽은 MN으로 전달될 수 있다. PAR에 접속되어 있는 MN이 NAR로 이동하고자 하는 경우에 MN은 NAR로부터 수신한 정보를 이용하여 NCoA를 구성한 후, NCoA와 홈 주소 정보를 이용하여 BU 메시지를 이용하여 HA/CN에게 전달한다. 이 메시지가 HA/CN에게 전달되기 전까지는, HA/CN으로부터 전송되는 패킷은 목적지 주소로 PCoA를 가지며 PAR을 통하여 MN에게 전송된다. HA/CN이 BU 메시지를 수신하면, HA/CN은 MN에게 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리가 업데이트 된다는 것을 알리기 위하여 기존의 바인딩정보를 이용하여 MN에게 Flush 메시지를 전송한다. Flush 메시지의 형식은 그림 2에 나타나 있다. 즉, Flush 메시지는 HA/CN으로부터 PCoA를 목적지 주소로 하여 MN으로 전송되는 마지막 패킷

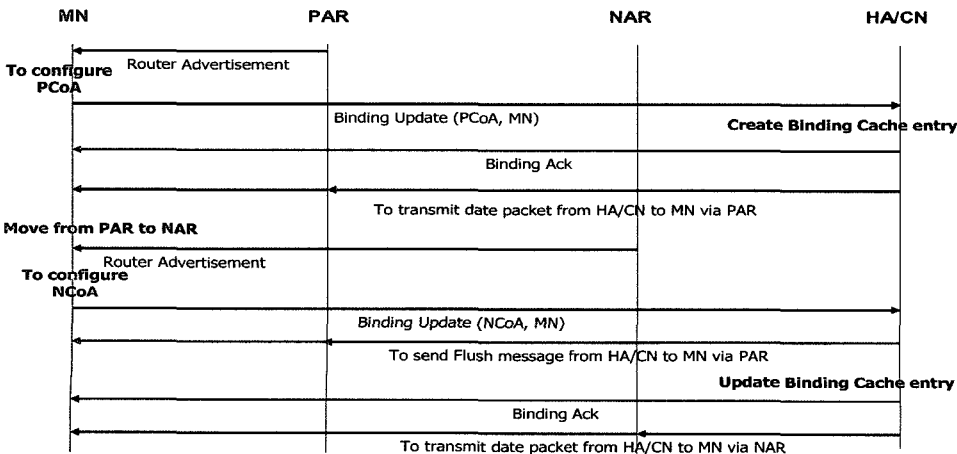


그림 1 각 노드간 메시지 교환 절차

<ul style="list-style-type: none"> * IP header <ul style="list-style-type: none"> - Source address = HA/CN address - Destination address = MN's PCoA address - Next header = Mobility header * Mobility header <ul style="list-style-type: none"> - Payload proto = None - MH type = Flush (To be decided by IANA)

그림 2 Flush 메시지 형식

이 된다. Flush 메시지를 전송한 이후에 HA/CN은 자신의 바인딩 캐쉬 엔트리를 NCoA로 업데이트하며, 이 이후부터 MN으로 전송되는 패킷의 목적지 주소는 NCoA를 가지게 된다.

MN이 NCoA와 홈 주소를 포함하는 BU 메시지를 전송하더라도, 이 메시지가 HA/CN에 도착해서 바인딩 캐쉬 엔트리를 업데이트하기 전까지는 시간이 걸리게 되며, 이 기간 동안에 전송되는 패킷들은 PAR을 통하여 전송된다. 또한 HA/CN의 바인딩 캐쉬 엔트리가 업데이트된 후에 전송되는 패킷은 NAR을 통하여 전송된다. 패킷의 순서 어긋남 현상을 방지하기 위하여, PAR을 통하여 전송되는 PCoA 패킷은 NAR을 통하여 전송되는 NCoA 패킷보다 먼저 상위 계층에 전송되어야 한다. 만일 PCoA 패킷이 MN에 도착하게 되면, 이 패킷들은 도착하는대로 상위 계층으로 전송된다. 만일 PCoA 패킷과 NCoA 패킷이 혼재되어 들어오는 경우에는, MN은 PCoA 패킷을 상위 계층으로 바로 전송하고, NCoA 패킷을 버퍼에 저장한다. 만일 MN이 Flush 메시지를 HA/CN으로부터 수신하게 되면, MN은 목적지 주소로 PCoA를 가지는 패킷이 더 이상 들어오지 않는다고 간주하고 버퍼에 저장되어 있는 목적지 주소가 NCoA로 되어 있는 패킷들을 상위 계층으로 전송하기 시작한다. 이와 같은 방법을 이용하면, MN으로 전송되는 패킷의 순서 어긋남 현상을 방지할 수 있다.

3.2 I-FHMIPv6 동작

2.1에서 정의한 동작은 MIPv6가 경로 최적화를 사용하지 않는 경우에 이용 가능하다. 그렇지만 MN이 여러 개의 HA/CN과 동시에 통신하는 경우에는 HA/CN 각각에 대해서 Flush 메시지를 수신함으로써 인한 오버헤드가 클 수 있다. 따라서 이번 절에서는 HMIPv6와 FMIPv6를 효율적으로 통합하기 위한 I-FHMIPv6 메커니즘의 동작과, 이 메커니즘에 Flush 메시지를 어떻게 적용하는가를 설명하고자 한다.

이 절에서 고려하는 망 구성도는 그림 3에 나타나 있으며, 각 구성요소들 간의 메시지 교환 절차는 그림 4에 나타나 있다. 이 논문에서 제안된 메커니즘에는 FMIPv6와 마찬가지로 predictive와 reactive의 두 가지 모드가 정의되지만, 여기에서는 predictive 모드를 중심으로 설명할 것이며, reactive 모드의 동작에 대한 설명은 생략하고자 한다. MN이 새로운 MAP 도메인에 들어오면, MN은 PAR과 RS(Router solicitation) 메시지 및 RA(Router Advertisement) 메시지를 교환하며, 이 메시지 교환을 통하여 MN은 자신의 PLCoA(Previous Local CoA)와 RCoA를 구성한다. 그리고 MN은 이 정보를 local BU와 local BA(Binding Acknowledgment) 메시지 교환을 통하여 MAP에 등록한다. RS/RA 및 local BU/BA 메시지 형식은 HMIPv6 프로토콜에 정의되어 있다[2]. 또한 MN은 RCoA와 자신의 홈 주소를 BU와 BA 메시지 교환을 통하여 HA/CN에 등록한다. PAR에 접속하고 있는 MN이 NAR에 접속되어 있는 access point(AP)로부터 링크 계층 신호를 수신하여 NAR로 이동을 하고자 하는 경우에 MN은 자신의 PAR에게 RtSolPr 메시지를 전송한다. 이 메시지에 MN의 링크 계층 주소와 새로 감지된 AP의 링크 계층 주소 옵션이 포함된다. 이 논문에서는 이러한 옵션 외에 그림 5와 같이 MN이 속해 있는 MAP 정보를 PAR에

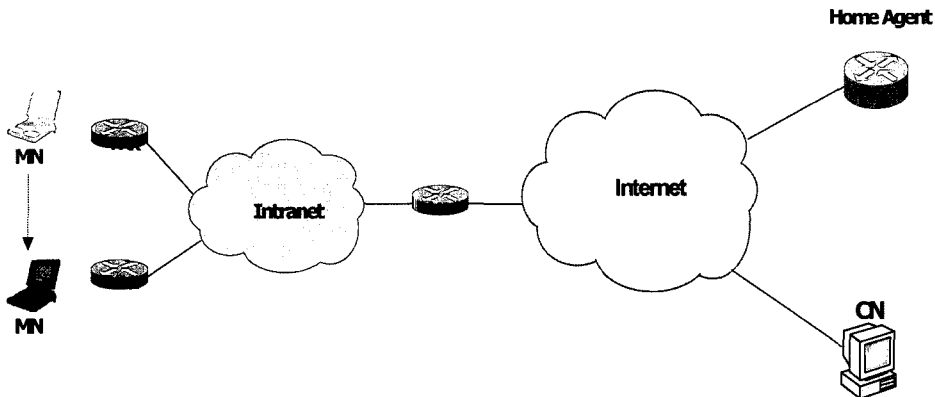


그림 3 I-FHMIPv6에서 고려되는 망 구성도

Type	Length	Sub-type	Prefix length
IPv6 address of MAP			

그림 5 MAP 주소 옵션

게 알려주기 위하여 MAP 주소 옵션을 추가로 정의한다.

MN으로부터 RtSolPr 메시지를 수신한 PAR은 AP의 링크 계층 정보를 이용하여 어떤 NAR이 감지된 AP와 접속되어 있는지를 확인한다. 또한 PAR은 MN으로부터 전송된 MAP 주소 정보 중에서 NAR이 제공할 수 있는 MAP이 있는지를 확인한다. 그런 후에 PAR은 MN에게 PAR, AP, 그리고 NAR의 링크 계층 주소 정보와 NAR의 IP 주소 정보 및 Prefix 정보, 그리고 MAP의 주소 정보를 포함하는 RtAdvPr 메시지를 MN에게 전송한다.

RtAdvPr 메시지를 수신한 MN은 MAP 주소 옵션이 있는지를 확인해서, 만일 MAP 주소 정보가 있으면 MN은 동일한 MAP 도메인 내에서의 이동이라고 간주하고, NAR의 prefix 정보를 이용하여 NLCOA(new local CoA)를 구성한 후, 수정된 FBU 메시지를 PAR과 MAP에게 전송한다. 수정된 FBU의 형식과 내용은 그림 6에 나타나 있다. FBU를 수신한 PAR은 PLCOA를 목적지 주소로 하는 패킷을 MN으로 전송하지 않고 저장한다.

MN으로부터 FBU 메시지를 수신한 MAP은 Handover Initiate(HI) 메시지를 NAR로 전송한다. 이 메시지는 FMIPv6 프로토콜에서 정의된 MN의 링크 계층 주소와 PLCOA, 그리고 NLCOA뿐만 아니라 추가로 PAR 주소 옵션을 정의한다. 이 옵션은 PLCOA 주소 옵션과 동일한 형식을 가진다. HI 메시지를 수신한 NAR은 중복 주소 확인을 통하여 MN이 사용하고자 하는 NLCOA가 사용 가능함을 확인한 후에, MAP에게 HAcK(Handover Acknowledgement) 메시지를 전송한다.

<ul style="list-style-type: none"> * IP header <ul style="list-style-type: none"> - Source address = MN's PLCOA - destination address = PAR's address - Next header = Routing header * Routing header <ul style="list-style-type: none"> - Next header = Mobility header - IP address = MAP address * Mobility header : Binding Update <ul style="list-style-type: none"> - Alternate CoA option = NLCOA - New Router's IP address = NAR's IP address - Link-layer address of MN = MN's link-layer address
--

그림 6 수정된 FBU 메시지 정보

다. NAR로부터 HAcK 메시지를 수신한 MAP은 fast handover 절차가 완료되었다고 간주하고 Fast Binding Acknowledgement(FBacK) 메시지를 PAR에게로 전송한다. 이 이후부터 MAP은 MN으로 향하는 모든 패킷을 NLCOA로 터널링한다.

MAP으로부터 FBacK 메시지를 수신한 PAR은 목적지 주소로 NLCOA를 갖는 FBacK 메시지를 만들어 전송한다. PAR은 또한 목적지 주소로 PLCOA를 갖는 FBacK 메시지를 만들어 직접 MN에게로 전송한다. 그리고 목적지 주소로 PLCOA를 가진 패킷을 저장하고 있는 PAR은 이 패킷을 NLCOA로 터널링하고, 버퍼에 저장되어 있는 패킷의 전송이 완료되면, 더 이상 터널링된 패킷이 없다는 것을 NAR에게 알리기 위해 Flush 메시지를 전송한다. 그림 7은 Flush 메시지가 포함되어 있는 패킷의 주소 정보를 보여준다.

NAR을 거쳐 MN으로 전송되고자 하는 패킷은 MAP->PAR->NAR을 거쳐 MN으로 전송되고자 하는 패킷과 MAP->NAR을 거쳐 MN으로 전송되고자 하는 패킷으로 구분할 수 있다. 즉, MAP->PAR->NAR을 거쳐 MN으로 전송되고자 하는 패킷은 목적지 주소로 PLCOA를 가지고 있고, MAP->NAR을 거쳐 MN으로 전송되고자 하는 패킷은 목적지 주소로 NLCOA를 가지고 있다. 목적지 주소로 PLCOA를 가지고 있는 패킷은 목적지 주소로 NLCOA를 가지고 있는 패킷보다 스스로 먼저 전송된 것이며 따라서 먼저 MN으로 전송되어야 한다. NAR은 MN으로 향하는 패킷을 위해 2 개의 버퍼를 할당한다. 즉, 하나의 버퍼는 PAR로부터 MN으로 전송되고자 하는 패킷을 저장하기 위한 버퍼이며, 또 다른 하나는 MAP으로부터 직접 NAR로 전송되는 패킷을 저장하기 위한 버퍼이다. MN이 새로운 망으로 이동을 하면 NAR에게로 FNA 메시지를 전송한다. MN으로부터 FNA 메시지를 수신한 NAR은 PAR로부터 들어오는 패킷을 먼저 전송한다. 만일 PAR로부터 Flush 메시지를 수신하면, NAR은 PAR로부터 들어오는 패킷이 더 이상 없다고 간주하고 PAR과 설정된 터

<ul style="list-style-type: none"> * outer IPv6 header <ul style="list-style-type: none"> - Source address = PAR address - Destination address = NLCOA address - Next header = IPv6 * inner IPv6 header <ul style="list-style-type: none"> - Source address = MAP address - Destination address = PLCOA address - Next header = Mobility header * Mobility header <ul style="list-style-type: none"> - Payload proto = None - MH type Flush

그림 7 Flush 메시지 정보

널을 종료한다. 그 이후에 NAR은 MAP으로부터 전송된 패킷을 MN에게 전송한다. 이와 같은 방식을 이용하면 임의의 노드로부터 MN으로 전송되는 패킷이 순서대로 들어오는 문제점을 해결할 수 있다.

4. 성능 분석

본 장에서는 기존의 FMIPv6와 HMIPv6 및 F-HMIPv6와 새로운 resequencing 알고리즘을 적용한 I-FHMIv6에 대해서 모의실험을 통해 비교 분석하였다. 모의실험을 위해 ns-2를 확장한 MobiWan[11]을 이용해서 구현하였다. MobiWan은 모토롤라에서 IPv6 프로토콜을 위한 톨로서 ns-2.1b6을 기반으로 구성되어 있으며, 모의실험을 위해 TCP 모듈 부분을 ns-2.27 버전으로 상향시켰다. 모의실험을 위한 망 구성도와 자세한 파라미터는 그림 8과 같으며 MN이 HA에게 출발하여 AR4를 거쳐 AR9로 이동하는 시나리오를 설정하여 모의실험을 수행하였다.

첫 번째는 UDP CBR 트래픽을 CN에서 이동 중인 MN에게 전송하는 환경에서 MN이 핸드오버시 손실되는 패킷에 대한 모의실험을 수행하였다. 그림 9는 CBR의 패킷 간격을 5ms로 하고 모의실험 10번에 대한 핸드오버시 평균 패킷 손실에 대한 그래프로서 fast handover 알고리즘을 적용한 프로토콜에서는 패킷 손실이 발생하지 않는 것을 볼 수 있다. 이는 fast handover 알고리즘을 사용하지 않을 경우 MN이 PAR과의 연결을 단절하는 시간부터 NAR에서 사용할 주소를 할당받고 이를 CN에게 BU 메시지를 통해 알리는 시간까지 CN에서 PAR로 전송되는 패킷이 손실되는 것을 볼 수 있다. 반면 fast handover시 CN에서 PLCoA로 전송되는 패킷을 PAR에서 터널링을 통해 NAR로 전송하기 때문에 패킷 지연은 발생할 수 있지만 손실은 발생하지 않는다는 것을 모의실험을 통해 확인할 수 있었다.

동일한 MAP 안에서 AR간의 핸드오버시 MIPv6의

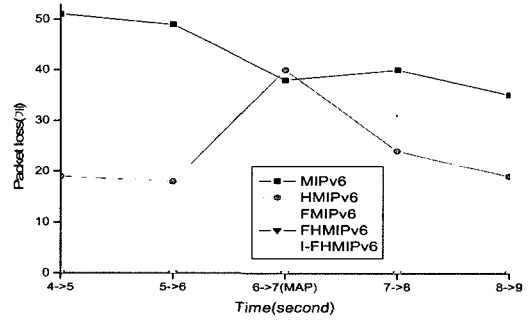


그림 9 각 프로토콜별 핸드오버시 UDP 패킷 손실량

경우 패킷 손실이 가장 크며 HMIPv6의 경우 MIPv6보다 적게 나타나는 것을 볼 수 있다. MIPv6의 경우 MN이 핸드오버 이후에 HA와 CN에게 NAR에서 사용할 NCoA를 포함한 BU 메시지를 보냄으로써 NAR로 이동한 사실을 알려주게 된다. 반면 HMIPv6의 경우 HA와 CN에게 BU 메시지를 보내지 않고 MAP에게 보내게 된다. NAR에서 사용할 NCoA를 포함한 BU 메시지를 수신한 MAP은 MN의 RCoA와 매핑된 LCoA를 NCoA로 갱신하게 되며 이후에 RCoA로 전송되는 패킷을 수신하면 NCoA로 터널링하여 MN에게 전송하게 된다. 따라서 BU가 전송되는 시간이 CN에게 전송되는 MIPv6보다 MAP에게 전송되는 HMIPv6가 적기 때문에 HMIPv6에서 패킷 손실이 적게 발생하는 것을 알 수 있다.

이 그림에서는 또한 MAP 간의 핸드오버시 MIPv6와 HMIPv6에서 패킷 손실이 비슷하게 발생하는 것을 볼 수 있다. 이는 HMIPv6의 경우 MAP 간 핸드오버시에 새롭게 이동할 MAP에서 사용할 NRCoA를 새롭게 할당받게 되며 이러한 정보를 HA와 CN에게 NRCoA를 포함한 BU 메시지로 알려주어야 하기 때문이다. 또한 MIPv6의 경우 CN에 가까울수록 핸드오버시 패킷 손실이 적게 발생하는 것을 모의실험을 통해 알 수 있었다.

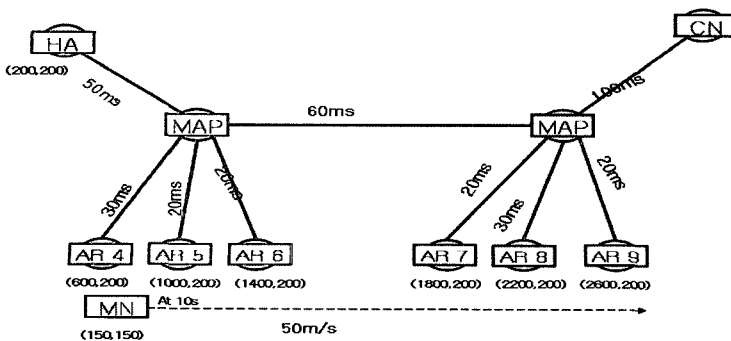


그림 8 시뮬레이션 구성 및 파라미터

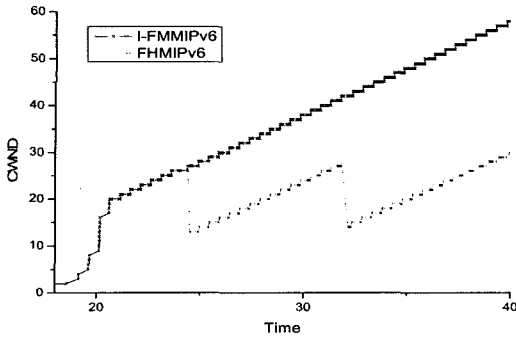


그림 10 핸드오버시 TCP CWND 비교

두 번째는 CN과 이동 중인 MN간 TCP 연결을 설정하고 FTP 트래픽을 CN에서 MN으로 전송하는 환경에 대한 모의실험을 수행하였다. 그림 10은 기존의 FHMIPv6와 I-FHMIPv6에 대한 송신자 CN의 TCP CWND 값을 시간에 따라 나타낸 그래프이다. 기존의 FHMIPv6는 AR간 핸드오버 이후에 CWND 값이 반으로 줄어든 것을 볼 수 있다. 반면 I-FHMIPv6은 CN의 CWND 값이 계속 증가하는 것을 볼 수 있다. Fast handover 알고리즘을 사용했을 경우 PAR로 전송되는 패킷이 터널링을 통해 NAR에게 전송해 주어 패킷 손실이 줄어들었지만 터널링을 통해 전송되는 패킷과 MAP으로의 BU 메시지가 전송된 이후에 NAR로 직접 전송되는 패킷의 순서가 뒤바뀌는 문제로 인해 MN에서 중복 ACK을 CN에게 보내게 되고 이를 수신한 CN에서는 TCP CWND 값을 반으로 감소하게 된다. 결과적으로 fast handover 알고리즘만을 적용하였을 경우 패킷 손실에 의해서 TCP 성능이 크게 떨어지는 것에 비해서 향상되는 결과를 가져올 수 있지만 패킷 순서가 뒤바뀌는 문제로 인해서 TCP 성능이 떨어지는 결과를 가져오게 된다. Resequencing 알고리즘을 사용한 I-FHMIPv6의 경우 패킷 순서 뒤바뀐 문제를 해결함으로써 TCP CWND가 반으로 줄어드는 문제점을 해결할 수 있었다.

그림 11은 FHMIPv6에서 CN에서 패킷이 전송되는 시간과 MN에서 패킷을 수신하는 시간을 나타낸 그래프이다. AR 간 핸드오버시에 패킷 손실은 발생하지 않았지만, MN에서 수신하는 패킷의 순서가 뒤바뀌어 전송되는 것을 볼 수 있다. MN은 패킷의 순서가 맞지 않기 때문에 같은 번호에 대한 ACK을 계속 보내게 된다. 이로 인해 CN은 같은 ACK을 받게 되므로 중복 ACK로 인식하고 CWND를 반으로 줄이게 된다.

그림 12는 I-FHMIPv6에서 CN과 MN에서 패킷을 송수신한 시간을 보여준다. AR 간 핸드오버시에 패킷 손실이 발생하지 않았으며 FHMIPv6 사용했을 때 MN에서 수신한 패킷의 순서가 뒤바뀌는 문제도 발생하지

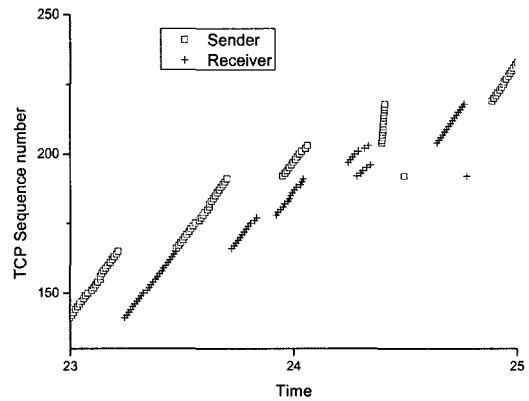


그림 11 FHMIPv6에서 핸드오버시 패킷 순서

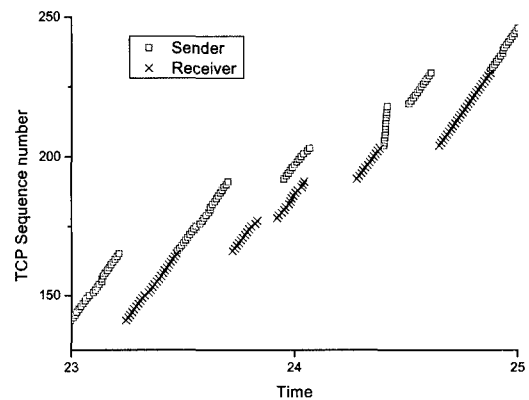


그림 12 I-FHMIPv6에서 핸드오버시 패킷 순서

않는 것을 볼 수 있다. 따라서 FHMIPv6에서 CN에서의 TCP CWND 값이 감소하는 문제점을 해결할 수 있다는 것을 시뮬레이션을 통해 확인할 수 있었다.

5. 결론

MN이 이동시에 핸드오버로 인해서 발생하는 패킷 손실을 막기 위해 fast handover 알고리즘이 제안되었다. 하지만 fast handover 알고리즘은 패킷 손실은 해결할 수 있지만 패킷 순서가 뒤바뀌는 문제점이 발생하는 것을 확인하였다.

본 논문에서는 MN이 fast handover시에 발생하는 패킷 뒤바뀌는 문제점을 해결할 수 있는 I-FHMIPv6을 제안하였다. I-FHMIPv6는 핸드오버시에 MAP에서 NAR로 전송되는 패킷 중 터널링을 통해 전송되는 패킷과 직접 전송되는 패킷 사이에 패킷 순서 뒤바뀐이 발생함으로써 이동 단말이 중복 ACK를 송신자측에 전송하게 되고 이를 수신한 송신측에서 패킷 손실로 판단하고 TCP의 CWND 값을 반으로 떨어뜨림으로써 TCP 성능이 저하되는 단점을 보완한 새로운 resequencing

알고리즘으로서 TCP의 변경과 이동 단말의 변경 없이 좋은 네트워크 환경에서도 TCP 성능이 낮아지는 문제 점을 해결하여 TCP 성능을 향상시킬 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF, RFC 3775*, June 2004.
- [2] H. Soliman et al, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," *IETF, RFC 4140*, Aug. 2005.
- [3] R. Koodli, ed., "Fast Handovers for Mobile IPv6," *IETF, RFC 4068*, July 2005.
- [4] Q. Zhao, Li Feng, Z. Li and Y. Zhang, "Performance analysis of handoff management in mobile IP," *Proc. Asia-Pacific Conference*, pp. 893-897, Sep. 2004.
- [5] D. Lee, C. Oh, S. Lee, J. Park, K. Kim, "Design and Analysis of the Mobile Agent Preventing Out-of-sequence," *ICOIN*, 1999.
- [6] D. Tandjaoui et al., "Performance Enhancement of Smooth Handoff in Mobile IP by Reducing Packets Disorder," *Proc. of IEEE ISCC*, pp. 149-154, 2003.
- [7] R. Ramjee, K. Varadhan, L. Salgarelli, S. R. Thuel, S. Y. Wang, T. La Porta, "HAWAII: A Domain-Based Approach for Supporting Mobility in Wide-Area Wireless Networks," *IEEE Trans. on Networking*, vol. 10, no. 3, pp. 396-410, June 2002.
- [8] D. Lee, G. Hwang and C. Oh, "Performance Enhancement of Mobile IP by reducing out-of-sequence packet using priority scheduling," *IEICE Transaction Communication*, vol. E85-B, No. 8, pp. 1442-1446, Aug. 2002.
- [9] D. S. Eom, M. Sugano, M. Murata and H. Miyahara, "Performance Improvement by packet buffering in mobile IP based networks," *IEICE Transaction Communication*, vol. E83-B, no. 11, pp. 2501-2512, Nov. 2000.
- [10] H. Y. Jung, H. Soliman, S. J. Koh and J. Y. Lee, "Fast Handover for Hierarchical MIPv6 (F-HMIPv6)," <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-jung-mobopts-fhmip6-00.txt>, Apr. 2005 (work in progress).
- [11] Motorola, *MobiWan: NS-2 extensions to study mobility in Wide-Area IPv6 Networks*, <http://www.inriaples.fr/planete/mobiwan>.

이 재 훈

정보과학회논문지 : 정보통신
제 34 권 제 1 호 참조



임 유 진

1995년 숙명여자대학교 전자계산학과(학사). 1997년 숙명여자대학교 대학원 전자계산학과(석사). 2000년 숙명여자대학교 대학원 전자계산학과(박사). 2000년 서울대학교 박사후연구원. 2001년~2002년 서울시립대학교 연구교수. 2002년~2003년 University of California Los Angeles 박사후연구원. 2003년~2004년 삼성종합기술원 전문연구원. 2004년~현재 수원대학교 정보미디어학과 전임강사. 관심분야는 센서 네트워크, 애드혹 네트워크, 홈 네트워크 등