
FMIPv6 핸드오버 개선 방안

김호철*

A Handover Improvement Scheme for FMIPv6

Ho-Cheal Kim*

요 약

증가하는 이동단말의 인터넷 접속은 무선 IP망에서 노드의 망 이동 지원을 필요로 하게 되고, IPv6를 위해 모바일 IPv6를 제시되었다. 하지만 모바일 IPv6는 노드의 핸드오버로 인한 패킷손실을 발생시켜 망의 성능을 저하시킴으로 인해 이를 개선하기위한 다양한 방안들이 제시되고 있다. FMIPv6는 이들 방안들 중 하나로 끊임 없는 핸드오버가 가능하도록 설계되었으나 링크계층으로부터 정확한 핸드오버 시점을 결정해야하는 문제가 있다. 본 논문에서는 FMIPv6의 링크계층 의존성 문제를 해결하기 위해 가장 큰 지연시간을 갖는 이동노드의 CoA 등록과정을 사전에 수행하여 결정적인 부분의 지연시간을 최소로 줄이는 방안인 mptFMIPv6를 제안한다.

ABSTRACT

Providing node mobility on IP-based wireless networks is required by the increasing Internet access of the mobile nodes and Mobile-IPv6 was suggested for IPv6. But Mobile-IPv6 degrades the overall performance of wireless networks by the packet loss while performing its handover function. Therefore, lots of efforts and researches to resolve this problem have been doing from now on. FMIPv6 is one of the improved methods that was designed to provide seamless handover. But it still has a problem that the handover is strictly depended on the triggered information of the unreliable link layer. In this paper, a scheme called mptFMIPv6 that minimizes delay of critical section of CoA registration process by reducing the link layer dependency was proposed.

키워드

mobile IPv6, FMIPv6, handover, IEEE802.21, OPNET, IP tunneling
모바일 IPv6, FMIPv6, 핸드오버, IEEE802.21, 옴넷, IP 터널링

1. 서론

IETF는 MIPv6(Mobile IPv6)[1] 표준을 통해 IPv6 망에서 노드의 망 이동을 지원 할 수 있도록 하였다. 하지만 계층 간 고립된 프로토콜 설계, 패킷 경로설정 방법, 노드의 망 이동 감지 및 IP 주소 할당 등의 문제로 인하여 MIPv6는 핸드오버 시에 일시적인 패킷

전송경로 단절로 인해 다수의 패킷을 손실하게 되거나 이를 재전송을 하여야 하는 문제를 안고 있다.

MIPv6에서 핸드오버는 망 이동 감지, COA(Care of Address) 생성, DAD(Duplicated Address Detection) 그리고 바인딩 업데이트로 구성된다[2]. 이들 중에서 노드의 망 이동 감지와 DAD[3, 12]의 지연 시간이 전체 핸드오버 지연시간에 가장 많은 부분을

* 울산과학기술대학교 컴퓨터정보학부(kimhc@uc.ac.kr)

접수일자 : 2012. 08. 10

심사(수정)일자 : 2012. 11. 21

게재확정일자 : 2012. 12. 10

차지하기 때문에 이를 해결하기 위한 연구들이 많이 진행되었다[3-9].

IETF는 MIPv6의 핸드오버 성능 개선을 위해 HMIPv6(Hierarchical MIPv6)[8]와 FMIPv6(Fast Handover for MIPv6)[9]를 제시하였다. HMIPv6는 바인딩 업데이트를 계층구조에 의한 지역화를 통해 평균 지연시간을 줄이는 방안이다. FMIPv6는 노드의 망 이동 예측을 통해 패킷을 전달하기 위한 IP 터널을 사전에 구성함으로써 이동노드가 홈 에이전트(HA)와 바인딩 업데이트를 수행하는 동안 발생할 패킷손실을 줄이는 방안이다. FMIPv6는 실시간 전송서비스와 높은 신뢰성을 요구하는 서비스에 적합하다고 볼 수 있으나 핸드오버 예측을 위해서는 링크계층과 정보를 공유해야 하기 때문에 기존 프로토콜의 구조 변경이 필요하다[9, 10].

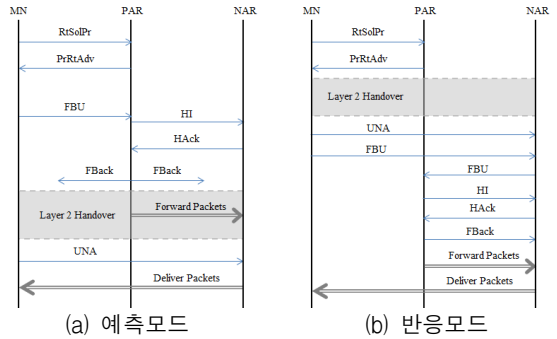
본 논문에서는 FMIPv6가 이동노드(MN: Mobile Node)의 이전 액세스 라우터(PAR: Previous Access Router)와 새로운 액세스 라우터(NAR: New Access Router) 사이의 IP 터널 구성을 통해 핸드오버에 의한 패킷손실을 줄이도록 하고 있으나 노드의 불규칙한 이동과 빠른 이동속도에 효과적이지 못하다는 인식을 기반으로 mptFMIPv6(Multiple Pseudo Tunnel FMIPv6)를 제안한다. mptFMIPv6는 MN 자신이 연결된 망의 주변 환경을 사전에 인지하게 함으로써 PAR에 다음으로 이동하게 될 망을 위한 IP 터널을 예약함으로써 노드의 이동 특성에 독립적으로 일정한 핸드오버 성능을 유지하도록 하였다.

이하 본 논문의 구성은 2장에서 FMIPv6에 대하여 알아보고 3장에서 mptFMIPv6의 개요를 설명한다. 그리고 4장에서의 mptFMIPv6의 상세구조의 설명과 5장의 성능분석을 통해 6장에서 결론 맺는다.

II. FMIPv6

FMIPv6는 그림1과 같이 예측모드(Predictive Mode)와 반응모드(Reactive Mode)의 2가지가 제시되어 있다[8]. 예측모드는 MN이 현재 망에서 핸드오버 발생을 예측하여 수행되는 모드이고, 반응모드는 MN이 링크계층 연결이 끊어지기 전에 핸드오버 수행에 필요한 제어 메시지를 어떤 이유로 인해 PAR로 보내

지 못하였거나 또는 제어 메시지를 송신하였다 하더라도 FBack(Fast Binding Acknowledge) 메시지를 PAR로부터 수신하지 못한 상황에 수행되는 모드이다.



(a) 예측모드 (b) 반응모드
 그림 1. FMIPv6의 2가지 동작 모드
 Fig. 1 Two operational modes of FMIPv6

그림 1에서 예측모드의 경우 정확한 핸드오버 예측이 필요로 하고, FBU(Fast Binding Update) 메시지를 전송하는 시점이 중요함을 알 수 있다. 전송시점이 정확하지 않으면 추가적인 반응모드 수행에 따른 지연발생으로 전송 중인 패킷의 손실이 발생할 수 있다. 하지만 이는 MN의 가변적인 이동성향에 의하여 현실적으로 간단한 문제는 아니다. 특히 FMIPv6에서는 MN이 링크계층이 제공하는 정보에 의존하여 핸드오버를 예측하여야 하고, 빠른 바인딩 과정이 링크의 끊어짐이 임박한 상태에서 수행되기 때문에 MN이 빠르게 이동하는 경우 예측모드 완료에 어려움이 발생할 수 있다. 이를 해결하기 위해서는 MN이 현재의 망에 머무르는 동안 주변망의 AR 및 AP 정보를 입수하여 사전에 가상의 핸드오버를 준비함으로써 가변성으로 인해 발생할 수 있는 문제들을 보완하여야 한다. mptFMIPv6는 이러한 관점에서 핸드오버 발생 이전에 CoA 터널의 예약과정 수행을 통해 FMIPv6가 안고 있는 노드 이동의 가변성 문제에 대응하는 방안이다.

III. mptFMIPv6 개요

mptFMIPv6은 각 망의 AR들이 망의 경계에 위치한 EAP(Edge AP)-ID와 이에 인접한 망 정보(기본적

으로 망의 AR 정보)와 AP-ID들에 관한 정보를 입수/유지하고 이동노드에게 이를 제공하는 것을 기본으로 한다. 각 망의 EAP에 대한 정보는 망 관리자의 수작업이나 적응방식을 이용하여 동적으로 입수할 수 있다. 적응방식의 EAP 정보는 MN이 핸드오버 후에 NAR로 UNA(Unsolicited Neighbor Advertisement) 메시지를 전송할 때 LLA(Link-Layer Address) 옵션을 포함시켜 제공하거나 핸드오버 시작을 알리는 FBU(Fast Binding Update) 메시지를 활용할 수 있다. EAP 정보 입수에 대한 구체적인 방안은 이 논문의 주 논의 대상이 아니므로 생략한다.

MN이 핸드오버를 하면 망의 AR은 EAP-ID 정보를 MN에게 통지해 준다. 이를 통해 FMIPv6에서와 같이 MN이 새로운 AP 신호를 감지할 때 마다 핸드오버 예측을 위한 확인과정을 수행하는 것을 생략할 수 있다. MN은 EAP 중 하나에 연결된 경우에만 AR에게 EAP와 인접한 망과 인접 AP-ID에 대한 정보를 요청하고, AR은 MN이 가상 터널의 예약을 수행할 수 있도록 응답 메시지를 전송한다. MN은 응답 메시지의 정보를 이용하여 EAP에 연결되어 있는 동안 인접 망의 nCoA(new Care-of-Address)를 생성하고 현재 망의 AR(PAR)로 터널(nCoA)을 예약한다. 이 예약 과정 동안 nCoA에 대한 DAD 절차를 NAR이 수행하여 주소의 가용성을 점검한다.

링크계층의 트리거에 의하여 MN이 인접 망의 AP로 링크 접속을 변경함을 감지하면 FBU 메시지를 PAR로 전송하여 nCoA를 예약한 터널을 활성화 한다. 이때 PAR은 활성화된 터널 이외의 나머지 예약되어 있던 터널들은 해지하게 된다. MN은 링크의 재연결을 알리는 트리거에 의해 UNA 메시지를 NAR로 전송함으로써 자신의 존재를 알리고 버퍼링된 패킷의 전달을 요청한다. 활성화된 터널은 MN이 HA와 바인딩 업데이트를 완료하여 터널의 생명시간 이상 패킷 전달이 없으면 해지된다.

그림 2의 예를 보면 3개의 망 A, B, C가 서로 인접해 있고 인접 영역에서는 각 망의 AP 신호 영역이 겹쳐있다. 현재 MN이 망 A의 EAP인 A7에 연결되어 있다면 이동을 계속 한다면 망 B로 이동이 예상된다. 따라서 MN은 망 B를 위한 터널을 망 A의 AR에 예약 하고, 망 B의 B3 또는 B4로 링크를 변경하려고 하면 망 B를 위해 예약한 터널을 활성화 한다. 만약

MN이 A의 A6에 연결되어 있다면 이동이 예상되는 망은 B와 C가 된다. 이때는 망 B와 망 C로의 다중터널이 예약된다. 이후에 MN 이동에 의해 C2 또는 C3로 링크를 변경하게 되면 망 C를 위해 예약한 터널을 활성화시키고 망 B를 위한 터널은 PAR에 의하여 해지된다.

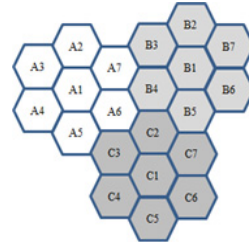


그림 2. 망의 경계와 EAP
Fig. 2 Border between Networks and EAP

실제 망에서는 망의 가장 외곽에 위치한 AP들이 망의 경계영역이 되도록 구성하지는 않는다. 어떤 경우에는 다수의 AP 신호영역들이 중첩될 수도 있다. 따라서 EAP는 망의 가장 외곽에 위치한 AP를 의미하는 것이 아니라 MN이 핸드오버에 의하여 망의 접속점을 실질적으로 바뀌게 되는 곳의 AP를 의미한다. EAP에 의하여 MN이 사전에 예약해야 하는 터널의 수를 줄일 수 있다.

IV. mptFMIPv6 프로토콜 구조

4.1. AR

AR은 MN으로부터 UNA 메시지가 전달되면 자신의 mptFMIPv6 캐시에서 해당 MN의 nCoA 바인딩 예약 정보를 자신의 라우팅 테이블에 반영하고 MN의 PAR로부터 전송되어 버퍼링된 패킷들을 전달한다. 이후에 MN이 HA와의 바인딩 업데이트를 완료하면 PrRtAdv 메시지를 MN으로 전송하여 망의 EAP 정보를 전달한다. 이때 PrRtAdv 메시지의 코드필드를 mtFMIPv6의 EAP 전달을 위한 코드로 설정한다.

MN으로부터 EAP와 인접한 망의 정보를 요청하는 RtSolPr 메시지가 수신되면 AAR(Adjacent Access Router) 옵션이 포함된 PrRtAdv 메시지를 전송한다. AAR 옵션은 mptFMIPv6를 위해 추가된 옵션이며 기

본적으로 인접 AR정보와 관련 AP정보의 쌍으로 된 다중 레코드로 구성된다.

MN으로부터 mptFMIPv6의 CoA 예약 플래그가 설정된 FBU 메시지가 수신되면 캐시에 요청된 nCoA 터널 정보를 저장하고, 인접 망의 AR로 DAD를 위한 HI(Handover Initiate) 메시지를 전송한다. HI 메시지에 대한 응답으로 HAcK(Handover Acknowledge) 메시지가 수신되면 MN으로 FBack 메시지를 전송하여 예약을 완료한다.

다른 AR로부터 HI 메시지가 수신되면 nCoA의 유효성 검사를 위하여 DAD를 수행하고, HAcK 메시지에 그 결과를 포함시켜 HI 메시지의 응답으로 전송한다. 그리고 이후에 다른 노드가 nCoA를 사용하는 것을 방지한다. 모든 메시지에는 mptFMIPv6의 예약 메시지임을 알리는 코드를 설정하여 전송한다.

MN으로부터 mptFMIPv6의 터널활성 플래그가 설정된 FBU 메시지가 수신되면 캐시의 경로정보를 라우팅 테이블에 반영하여 nCoA에 대한 터널을 활성화하고 전송되어 오는 패킷들을 NAR로 전달한다. 그리고 MN과 관련한 예약된 터널들을 캐시에서 삭제한다. 활성화 되지 않은 터널들을 위한 nCoA의 해지를 위하여 NAR로 HI 메시지를 전송한다. 이때 HI 메시지는 취소 메시지임을 알리는 코드를 설정한다.

4.2. MN

링크의 재연결을 알리는 트리거로부터 AP-ID를 확인하여 핸드오버 여부를 결정한다. 핸드오버가 완료된 것으로 판단되면 UNA 메시지를 AR로 전송하여 버퍼링된 패킷을 전달 받는다. 그리고 HA와 바인딩 업데이트 과정을 수행한다.

AR로부터 EAP 정보를 포함하는 PrRtAdv 메시지가 수신되면 mptFMIPv6 캐시에 EAP 정보를 갱신한다. 캐싱된 EAP 정보를 이용하여 링크가 변경될 때마다 전달되는 트리거로부터 AP-ID를 확인하여 핸드오버 발생을 예측할 수 있다. 트리거에 의하여 자신이 EAP와 연결이 설정된 것을 확인하면 AAR 옵션 요청 코드번호를 설정한 RtSolPr 메시지를 AR로 전송하여 인접 망 및 인접 AP-ID 정보를 요청한다.

AR로부터 AAR 옵션을 포함한 PrRtAdv 메시지가 수신되면 nCoA를 생성하고 mptFMIPv6 예약 플래그를 설정한 FBU 메시지를 AR로 전송한다. nCoA의

생성과 FBU 메시지의 전송은 EAP와 인접한 망의 개수만큼 반복하게 된다. AR로부터 FBack 메시지가 수신되면 nCoA의 예약이 완료되었음을 확인하고 FBack 메시지의 nCoA를 캐시에 저장한다. 링크계층 트리거에 의하여 링크변경이 임박함을 통지받으면 통지된 AP-ID에 해당되는 망의 nCoA를 활성화하기 위하여 mptFMIPv6의 터널 활성 플래그가 설정된 FBU 메시지를 AR로 전달한다.

4.3. 터널과 nCoA 관리

하나의 nCoA를 PAR에 등록하는 FMIPv6와는 달리 mptFMIPv6는 EAP에 인접한 모든 망을 위한 다수의 nCoA를 PAR에 예약하기 때문에 효율적인 주소의 관리기능이 필요하다.

nCoA 관리기능은 다음과 같은 두 가지 상황에 필요하다. 첫 번째는 MN이 EAP에서 핸드오버가 아닌 다시 동일망의 다른 AP로 링크연결을 바꿀 때이고, 두 번째는 EAP에 장시간 머무를 때이다. 첫 번째의 경우 MN은 mptFMIPv6의 예약해지 플래그가 설정된 FBU 메시지를 PAR로 전송하여 모든 nCoA 예약을 해지한다.

두 번째 경우는 MN이 핸드오버 조건이 만족될 때까지 nCoA 예약을 해지한다. MN은 nCoA를 캐시에 등록 한 후 핸드오버 타이머를 작동한다. 핸드오버 타이머가 종료되고 링크계층의 신호강도가 임계값보다 약하다는 MIH_link_going_down 트리거가 발생되지 않았다면 자신이 핸드오버를 수행할 상태가 아니라고 판단하고 mptFMIPv6의 예약해지 코드가 설정된 FBU 메시지를 PAR로 전송하여 nCoA 예약을 해지하고 자신의 캐시에 저장된 nCoA 레코드에 임시해지 마크를 한다. 이후에 MIH_link_going_down 트리거가 발생하면 nCoA 예약을 다시 수행한다.

V. 프로토콜 분석

FMIPv6 핸드오버는 링크계층에 의존해 수행된다. 하지만 링크계층 트리거는 상위계층 프로토콜들의 상태와는 독립적으로 링크계층 정보를 전달하는 것이어서 핸드오버 예측과 핸드오버 시작시점에 대한 정확성 확보하기 위한 별도의 방안을 필요로 한다.

FMIPv6의 링크계층 의존성을 평가하기 위해 반경이 3km이고 신호영역이 최대 500m 중첩되는 두 무선영역을 노드가 이동할 때의 링크변경 상황을 시뮬레이션 하였다. 트리거 기능은 IEEE802.21 MIH[11]를 이용하고 MIH_link_detected 트리거와 MIH_link_down 트리거 사이의 시간차를 측정하여 그 결과를 그림 3에 보였다. 시뮬레이션의 단순화를 위하여 신호의 강도는 AP와 MN간 거리에 비례하여 약해지는 것으로 하였다.

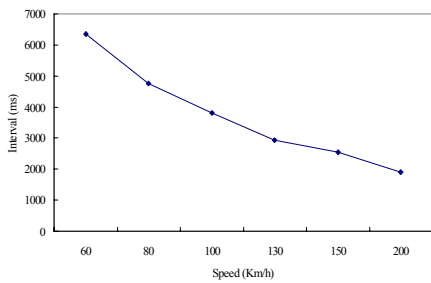


그림 3. 이동 속도에 따른 트리거 간 시간 차이
Fig. 3 Time gap between triggers by moving speed

그림 3에서 MN이 100Km/h의 속도로 이동할 경우 다른 AP의 신호를 감지한 후 현재 AP와 링크를 해지하기까지 평균 약 4초의 시간이 소요됨을 알 수 있다. 이는 비교적 긴 시간이지만 평균값으로 노드의 이동 경로에 따라 편차가 클 수 있고, FMIPv6의 FBU 메시지 전송시점을 결정하여 완료하기에는 다소 부족한 시간일 수 있다. 이는 MIH_link_going_down 트리거 이후에 FMIPv6의 핸드오버가 수행되는데, 무선랜의 경우 MIH_link_going_down 트리거가 신호의 강도와 오류율 등을 종합하여 MIH_link_down 바로 직전에 발생되기 때문이다. 그러므로 FMIPv6의 예측모드 수행을 위한 충분한 시간 확보를 위한 별도의 방안이 요구된다.

OPNET 시뮬레이터를 이용해 FMIPv6의 핸드오버 과정 중 PAR에 nCoA를 등록하는 절차인 FBU메시지 송신과 FBack 메시지 수신에 소요되는 시간을 측정 한 결과를 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 FMIPv6의 빠른 핸드오버는 평균 약 3.5초의 시간이 소요됨을 알 수 있다. 시속 100km/h의 속도로 이동하는 노드가 새로운 신호를 감지한 이후 링크가 단절될

때까지의 평균 시간이 약 4초임을 감안하면 링크단절을 예측하는 시점에 여유가 없음을 알 수 있고, 이로 인해 FMIPv6의 예측모드는 FBack 메시지를 수신하지 못한 상태에서 링크가 단절되는 경우가 많다고 볼 수 있다.

그림 5는 본 논문의 mptFMIPv6에 대한 지연시간을 시뮬레이션 한 결과이다. EAP와 인접한 네트워크의 개수를 1~3개까지 변화시켜 시뮬레이션 하였다. 그림 5의 (a)를 보면 nCoA를 PAR에 예약하는데 소요되는 시간은 FMIPv6에 비하여 조금 더 걸리는 것을 볼 수 있다. 하지만 이는 EAP에 연결된 직후 실행되는 절차로 시간적인 여유가 있다. 예약한 nCoA를 활성화 하는데 소요되는 시간은 그림 5의 (b)와 같이 약 4ms로 FMIPv6와는 달리 대부분의 경우에 대해 MN이 NAR에 연결된 직후에 바로 패킷을 수신할 상황이 됨을 알 수 있다.

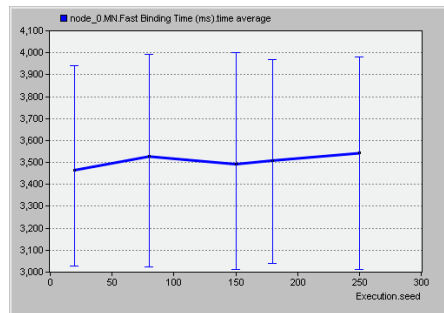
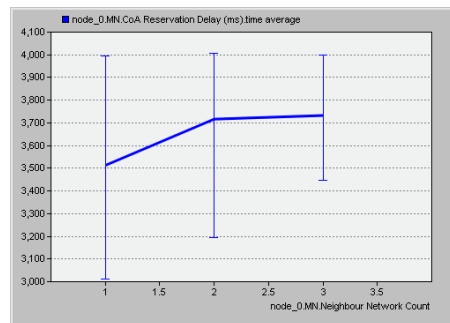
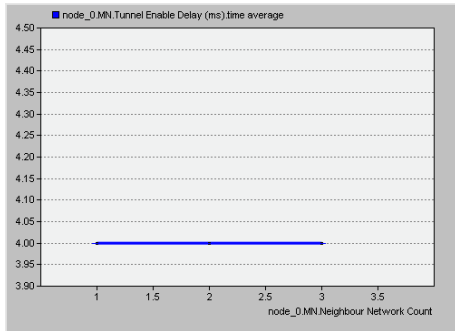


그림 4. 빠른 바인딩 업데이트 지연시간
Fig. 4 Delay time of fast binding update



(a) 인접 망의 수에 따른 CoA 예약 지연시간
(a) CoA registration delay depending on the number of adjacent networks



(b) 예약 CoA 활성화 지연시간
 (b) the activation delay of a reserved CoA
 그림 5. mptFMIPv6 지연시간
 Fig. 5 Delay time of mptFMIPv6

VI. 결론

본 논문에서는 FMIPv6가 실시간 정보서비스 및 높은 신뢰성을 요구하는 정보전송 서비스에 적합하지만 불확실한 링크계층의 정보에 의존함으로써 노드의 빠른 이동 시에 예측모드 핸드오버의 수행에 문제가 있음을 인지하고 이를 해결하기 위한 방안을 제시하였다. 제시된 mptFMIPv6는 FMIPv6의 빠른 바인딩 시작시점이 무선링크의 변경직전 이던 것을 변경 시점과 관계없이 수행함으로써 시간의존성을 제거하여 문제를 해결하였다. 시뮬레이션 결과 프로토콜 전체 지연시간은 FMIPv6와 동일하거나 조금 더 크나 무선링크가 단절되는 중요시점에서는 약 4ms 정도의 지연만 되어 핸드오버의 링크계층 의존도 문제가 해결된 것으로 분석된다. mptFMIPv6는 인접한 모든 네트워크의 AR과 예약을 수행하여야 함으로 인해 네트워크의 자원을 FMIPv6에 비하여 많이 소비하지만 전달 서비스요구에 부응할 수 있어 서비스 품질을 보장할 수 있다고 분석된다.

참고 문헌

[1] C. Perkins, D. Johnson, J. Arkko, Mobility support in IPv6, IETF RFC6275, 2011.
 [2] H. Soliman, Mobile IPv6 : Mobility in a Wireless Internet, Addison Wesley, 2004.
 [3] N. Moore, Optimistic Duplicate Address

Detection for IPv6, IETF RFC4429, April, 2006.
 [4] G. Daley, B. Pentland, R. Nelson, "Effects of Fast Router Advertisement on Mobile IPv6 Handovers" Proceedings of IEEE ISCC'03, Vol. 1, pp. 557-562, 2003.
 [5] F. Feng, D. S. Reeves, "Explicit Proactive Handoff with Motion Prediction for Mobile IP", WCNC 2004, 2004.
 [6] Yoon Young An, Byung Ho Yae ; Kang Won Lee ; You Ze Cho ; Woo Young Jung, "Reduction of Handover Latency Using MIH Services in MIPv6," Proceedings of International Conference on Advanced Information Networking and Applications, Vol. 2, pp. 229-234, 2006.
 [7] Dong-Hee Kwon, Yong-Sung Kim, Kyung-Jin Bae, and Young-Joo Suh, "Access Router Information Protocol with FMIPv6 for Efficient Handovers and Their Implementations," IEEE Globecom 2005, pp. 3814-3819, 2005.
 [8] H. Soliman, et al., Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management, IETF RFC4140, August 2005.
 [9] R. Koodli, Fast Handovers for Mobile IPv6, IETF RFC5268, pp. 8-10, 2008.
 [10] P. McCann, Mobile IPv6 Fast Handover for 802.11 Networks, IETF RFC4260, p. 2, 2005.
 [11] V. G. Gupta, et al., Overview of Standard for Media Independent Handover Services, IEEE802.21, 2006.
 [12] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, H. Soliman, Neighbor Discovery for IP version 6, IETF RFC4861, 2007.

저자 소개



김호철(Ho-Cheal Kim)

1989년 경북대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
 1999년 영남대학교 대학원 멀티미디어통신공학과 졸업(공학석사)
 2004년 영남대학교 대학원 멀티미디어통신공학과 졸업 (공학박사)
 2001년~현재 울산과학기술대학교 컴퓨터정보학부 교수
 ※ 관심분야 : 모바일네트워크, 통신망운영관리