

논문 2010-47TC-12-7

# 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 IEEE 802.16e 네트워크에서의 향상된 교차계층 Mobile IPv6 빠른 핸드오버 기법

( Enhanced Cross-Layering Mobile IPv6 Fast Handover over IEEE  
802.16e Networks in Mobile Cloud Computing Environment )

이 규진\*, 서 대희\*\*, 나재훈\*\*\*, 문영성\*\*\*\*

( Kyujin Lee, Dae-Hee Seo, Jae Hoon Nah, and Younghong Mun )

## 요약

모바일 클라우드 컴퓨팅의 핵심은 이동 노드가 끊임없는 서비스를 제공받는 것이다. Mobile IPv6 (MIPv6)는 Internet Engineering Task Force (IETF)에 의해 표준화된 이동성 제공 프로토콜이다. Mobile IPv6 빠른 핸드오버 (FMIPv6)는 MIPv6의 확장으로, MIPv6의 단점을 보완하기 위해 제안되었다. 최근 들어, 광대역 무선 제어 시스템 중 하나인 IEEE 802.16e 환경에서의 Mobile IPv6를 위한 빠른 핸드오버가 IETF에 의해 제안되었다. 이것은 교차계층 빠른 핸드오버를 제공하기 위해 설계되었다. 본 논문에서는 IEEE 802.16e 네트워크에서의 향상된 교차계층 Mobile IPv6 빠른 핸드오버를 제안한다. 제안하는 방식에서 새로운 접속 라우터는 2계층 트리거를 이용하여 이동 노드를 위한 새 주소를 생성한다. 이동 노드의 정보를 새로운 접속 라우터에게 알리기 위하여 새로운 베이스 스테이션에서 새로운 접속 라우터로 보내지는 2계층 메시지를 이용한다. 이동 노드의 새 주소를 획득하면 이전 접속 라우터는 이동 노드의 홈 에이전트에게 바인딩 갱신 메시지를 보낸다. 시그널링 비용과 핸드오버 지연에 대하여 제안하는 방안의 성능을 기존 방안들과 비교하여 성능평가를 수행한다. 결과를 통해, 제안하는 방안이 기존 방안들에 비해 IEEE 802.16e 네트워크에서의 빠른 핸드오버를 효과적으로 제공하는 것을 볼 수 있다.

## Abstract

The main issue in mobile cloud computing is how to support a seamless service to a mobile mode. Mobile IPv6 (MIPv6) is a mobility supporting protocol which is standardized by the Internet Engineering Task Force (IETF). Mobile IPv6 fast handovers (FMIPv6) is the extension of MIPv6 which is proposed to overcome shortcomings of MIPv6. Recently, fast handovers for Mobile IPv6 over IEEE 802.16e which is one of broadband wireless access systems has been proposed by the IETF. It was designed for supporting cross-layer fast handover. In this paper, we propose an enhanced cross-layering mobile IPv6 fast handover over IEEE 802.16e networks. In our scheme, a new access router generates a new address for the mobile node by using a layer 2 trigger. We utilize a layer 2 message which is sent from a new base station to the new access router in order to inform the new access router of information of the mobile node. A previous access router sends a binding update message to the mobile node's home agent when it acquires the new address of the mobile node. We evaluate the performance of the proposed scheme compared with the existing schemes in terms of the signaling cost and the handover latency. From the results, we observe that the proposed scheme can support fast handover effectively over IEEE 802.16e networks than existing schemes.

**Keywords :** Mobile Cloud Computing, Mobile IPv6, FMIPv6, IEEE 802.16e Networks

\* 학생회원, \*\*\*\* 평생회원(교신저자), 숭실대학교  
(Soongsil University)

\*\* 정회원, \*\*\* 평생회원, 한국전자통신연구원  
(ETRI)

※ 본 연구는 지식경제부/방송통신위원회 및 정보통신산업진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-S-006-01, 유무선 환경의 개방형 IPTV(IPTV2.0) 기술개발]

접수일자: 2010년9월14일, 수정완료일: 2010년12월10일

## I. 서 론

최근 이동 노드들의 성능이 발달함에 따라 이동 노드들을 위한 새로운 서비스 시스템으로 모바일 클라우드 컴퓨팅이 연구되어지고 있다. 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서는 사용자가 이동 노드를 통하여 빠르고 끊임 없는 서비스를 제공받을 수 있어야 한다. 이러한 요구를 만족시킬 수 있는 프로토콜로, Mobile IPv6 (MIPv6)<sup>[1]</sup>는 이동 노드의 IP 연결을 유지하기 위해 IETF에 의해 제안되었다. 하지만 MIPv6에서는 핸드오버 지연으로 인해 노드들의 연결 중단과 패킷 손실이 발생할 수 있다. 이러한 결점을 극복하기 위해 Mobile IPv6 fast handovers (FMIPv6)<sup>[2]</sup>가 제안되었다. FMIPv6는 이동 노드들이 그들의 접속 지점을 한 접속 라우터에서 다른 것으로 변경할 때의 핸드오버 지연과 패킷 손실을 줄이기 위한 프로토콜이다. FMIPv6에서 이동 노드는 핸드오버 지연을 줄이기 위하여 링크 계층 핸드오버가 수행되기 전에 새로운 IP 주소를 생성한다. 또한, 이전 접속 라우터 (pAR, previous Access Router)와 새로운 접속 라우터 (nAR, new AR) 사이에 Handover Initiation (HI) 메시지와 Handover Acknowledgement (HAck) 메시지를 교환함으로 이동 노드의 새로운 위치로 IP 트래픽의 방향을 돌리기 위한 터널이 형성된다. 이 터널을 통하여 패킷이 포워딩되고, 베퍼링 함으로써 패킷 손실을 줄일 수 있다. FMIPv6에서는 패킷 손실은 많이 줄어들 수 있으나, 여전히 긴 핸드오버 지연이 존재한다.

Ruidong Li<sup>[3]</sup>는 FMIPv6의 핸드오버 지연을 줄이기 위해 향상된 빠른 핸드오버 방안을 제안했다. Li의 방안에서는 링크 계층 트리거<sup>[8~9]</sup>를 이용하여 새로운 care-of-address (CoA) 생성하고, duplication address detection (DAD) 절차를 미리 수행한다. 또한, HA와 CN에 대한 새로운 CoA 등록은 2 계층 핸드오버가 시작되기 전에 이전 접속 라우터에 의해 수행된다. 그 결과, 이 방안의 핸드오버 지연은 FMIPv6의 핸드오버 지연보다 적게 된다. FMIPv6는 패킷 전송을 미리 수행하기 위해 하위 계층으로부터 핸드오버에 관련된 트리거의 존재를 가정한다. 하지만 Li의 방안에서는 IEEE 802.16e와 같은 어떤 상세한 링크 계층 기술도 가정하고 있지 않다.

IEEE 802.16e<sup>[4]</sup>는 IEEE 802.16 표준<sup>[5]</sup>의 수정으로 802.16 표준에 이동성 지원 방안이 추가되어 표준화되

었다. 또한, IEEE 802.16e 네트워크에서 FMIPv6의 유용한 기능들을 제공받기 위하여 IEEE 802.16e 네트워크에서 Mobile IPv6를 위한 빠른 핸드오버<sup>[6]</sup> 방안이 제안되었다. 이 방안은 IEEE 802.16e와 FMIPv6의 핸드오버 절차들을 통합함으로 보다 원활한 핸드오버를 지원한다. 하지만 이 방안에서도 여전히 높은 시그널링 비용과 긴 핸드오버 지연이 존재한다.

본 논문에서 우리는 IEEE 802.16e 네트워크에서 향상된 교차계층 Mobile IPv6 빠른 핸드오버 방안을 제안한다. 새로운 베이스 스테이션에서 새로운 접속 라우터로 보내지는 2계층 메시지를 이용하여 시그널링 비용과 핸드오버 지연을 줄인다. 시그널링 비용과 핸드오버 지연에 대하여 제안 방안의 성능을 기존 방안들과 비교하여 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. II장에서 제안하고자 하는 내용의 이해를 돋기 위해 관련 연구에 대해 설명하고, III장에서는 본 논문이 제안하는 방안에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안하는 방안의 성능 평가를 보여주고, 마지막 장에서 결론을 제시한다.

## II. 관련 연구

### 1. Ruidong Li의 향상된 빠른 핸드오버 방안

Li<sup>[3]</sup>는 FMIPv6의 핸드오버 지연을 줄이기 위해 향상된 빠른 핸드오버 방안을 제안했다. 링크 계층 핸드오버 트리거<sup>[8~9]</sup>들을 이용하여, 핸드오버 절차가 시작되기 전에 nCoA 생성과 DAD 절차가 수행된다. nCoA는 nAR이 유지하고 있는 CoA 테이블에 삽입된다.

그림 1은 Li의 방안의 시그널링 흐름을 보여준다. 이동 노드는 pAR에게 new care-of address request from MN (nCoA\_REQ\_MN) 메시지를 보낸다. 이 메시지를 받은 pAR은 nAR에게 new CoA request from pAR

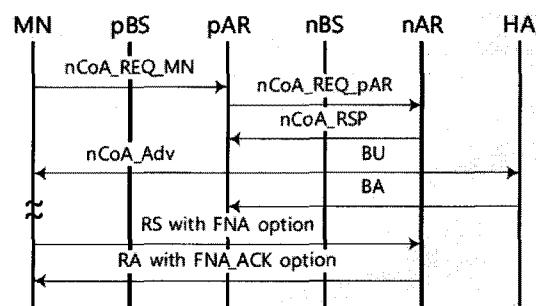


그림 1. Li의 방안의 시그널링 흐름

Fig. 1. Signaling flow of Li's scheme.

(nCoA\_REQ\_pAR) 메시지를 보냄으로 pAR의 정보와 이동 노드의 인터페이스를 알린다. nAR은 응답으로 이동 노드의 nCoA가 포함된 new CoA reply (nCoA REP) 메시지를 pAR에게 보낸다. pAR은 nCoA\_Adv 메시지를 이동 노드에게 보내어 nCoA를 알리고, 그와 동시에 이동 노드의 HA에게 binding update to home agent (BU\_HA) 메시지를 보낸다. Binding acknowledgement (BU\_Ack) 메시지를 통해 HA는 pAR에게 응답하여 이동 노드에 대한 바인딩을 갱신한다. 이동 노드가 새로운 네트워크로 이동한 후, 이동 노드는 FNA 옵션과 함께 router solicitation (RS) 메시지를 nAR에게 보낸다. nAR은 그에 대한 응답으로 FNA\_ACK 옵션이 포함된 router advertisement (RA) 메시지를 보낸다.

이 방안에서는 HA에 대한 등록이 2계층 핸드오버가 시작되기 전에 수행되어진다. 그로 인해 HA에 대한 등록을 완료하는데 요구되는 시간이 줄어들고, pAR과 nAR 사이에 터널이 존재하는 시간도 FMIPv6보다 짧아진다. 그러므로 핸드오버 지연이 줄어들며, 절차가 간소화된다. 하지만 이 방안에서는 2계층 핸드오버 지연을 고정된 시간 간격으로 간주한다. 또한, 어떠한 상세한 링크 계층 기술도 가정하지 않았기 때문에 2계층의 메시지 흐름에 대해서는 고려되지 않았다.

## 2. IEEE 802.16e 네트워크에서 Mobile IPv6를 위한 빠른 핸드오버 기법

IEEE 802.16e 네트워크 환경에서 FMIPv6의 절차를 수행하기 위해 IEEE 802.16e 네트워크에서의 Mobile IPv6를 위한 빠른 핸드오버<sup>[6]</sup> 방안이 제안되었다. FMIPv6와 IEEE 802.16e의 절차들을 결합하고 링크 계층 핸드오버 트리거를 이용하여 끊김 없고 빠른 핸드오버가 수행 가능해졌다.

IEEE 802.16e 네트워크에서의 Mobile IPv6를 위한 빠른 핸드오버 방안의 시그널링 흐름은 다음과 같다. 이동 노드가 스캐닝 절차나 MOB\_NBR\_ADV 메시지의 수신을 통해 새로운 베이스 스테이션 (nBS, new Base Station)를 찾으면, 이동 노드는 FMIPv6에서와 같은 절차로 pAR과 RtSolPr 메시지와 PrRtAdv 메시지를 주고 받는다. 이동 노드는 자신이 이동할 것임을 알리기 위해 이전 BS (pBS, previous BS)에게 MOB\_MSHO\_REQ 메시지를 보낸다. 그러면 pBS는 nBS와 MOB\_Pre\_Notification 메시지와 MOB\_Pre\_Notification\_Ack

메시지를 교환한다. 이 메시지들을 교환한 후, pBS는 MOB\_BSHO\_RSP 메시지를 이동 노드에게 보낸다. 이동 노드는 FBU 메시지를 pAR에게 보낸 후, FMIPv6에서와 같은 방법으로 nAR과의 터널링을 형성한다. 이동 노드는 핸드오버의 시작을 알리기 위해 MOB\_HO\_IND 메시지를 pBS에게 보낸다.

링크 계층 핸드오버를 완료한 후, 이동 노드와 nBS 사이의 802.16e 네트워크 재설정 절차가 수행된다. 이 절차를 마치면 이동 노드의 링크 계층은 데이터 패킷 전송이 가능한 상태가 되고, 이동 노드는 nAR에게 UNA 메시지를 보낸다. nAR은 이 메시지를 받으면 버퍼링한 패킷을 이동노드에게 보낸다. 이동 노드는 HA와 BU 메시지와 BA 메시지를 교환함으로 바인딩을 갱신한다.

이 방안은 끊김 없는 핸드오버를 지원하지만, 높은 시그널링 비용과 긴 핸드오버 지연 문제는 여전히 남아 있다. 우리는 다음 장에 향상된 방안을 제안한다.

## III. 제안 방안

이번 장에서는 기존 방안들의 시그널링 비용과 핸드오버 지연을 줄이기 위해 IEEE 802.16e 네트워크에서의 향상된 교차계층 Mobile IPv6 빠른 핸드오버 방안을 제안한다. 제안하는 방안에서는 이동 노드의 정보를 nAR에게 알리기 위하여 nBS에서 nAR로 보내지는 2계층 메시지를 이용한다. 그림 2는 제안하는 방안의 절차를 보여준다.

제안하는 방안에서는 이동 노드들의 현재 CoA와 새로운 CoA를 유지하기 위하여 사용되는 Li의 방안의 CoA 테이블을 표 1.에서 보여 지는 바와 같이 이용한다. 테이블의 “Active” 테이블은 이동 노드가 새로운 서

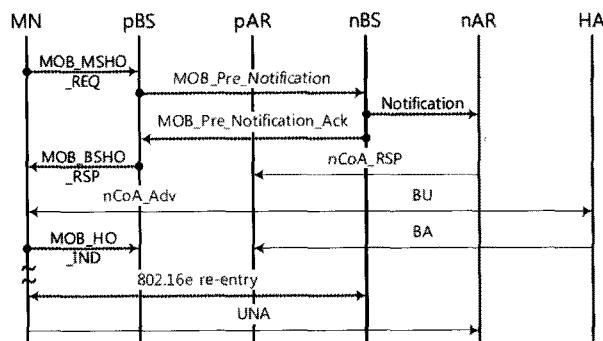


그림 2. 제안하는 방안의 시그널링 흐름  
Fig. 2. Signaling flow of the proposed scheme.

표 1. CoA 테이블의 예  
Table 1. Example of the CoA table.

MN-ID	pAR	nCoA	Active	Start Time	Valid Time
08	pAR1	...	F	11:23	200s
17	pAR2	...	T	19:58	200s

브넷으로 이동했는지 안했는지를 나타내는 T와 F의 두 가지 상태를 가진다. “Start Time” 레이블은 nCoA가 생성된 시간을 나타내고, “Valid Time” 레이블은 nCoA가 폐기될 때까지 남은 시간을 나타낸다.

이동 노드의 이동이 감지되면, pBS는 nBS들의 정보를 이동 노드에게 보낸다. 이동 노드는 이동 노드의 정보를 포함한 MOB\_MSHO\_REQ 메시지를 pBS에게 보냄으로 이동 노드가 다른 서브넷으로 이동할 것을 알린다. pBS는 이 메시지를 받으면 이동 노드와 pAR의 정보를 포함한 MOB\_Pre\_Notification 메시지를 nBS에게 보낸다. nBS는 MOB\_Pre\_Notification\_Ack 메시지로 pBS에게 응답하고, nAR에게 Notification 메시지를 보내어 이동 노드와 pAR의 정보를 nAR에게 알린다. pBS는 메시지를 받으면 MOB\_MSHO\_RSP 메시지를 이동 노드에게 보낸다. nAR은 CoA 테이블에서 이동 노드의 nCoA를 검색하고 이동 노드의 nCoA를 포함한 nCoA\_RSP 메시지를 pAR에게 보낸다. pAR은 이 메시지를 받으면 이동 노드에게 nCoA\_Adv 메시지를 보내고 이동 노드의 nCoA와 함께 BU 메시지를 HA에게 보낸다. HA는 BA 메시지로 pAR에게 응답한다. 그러므로 이동 노드의 nCoA의 HA에 대한 등록은 pAR에 의하여 수행된다. 이동 노드는 MOB\_HO\_IND 메시지를 pBS에게 보내어 이동 노드가 이동할 것임을 알린다.

링크 계층 핸드오버를 완료한 후, 802.16e 네트워크 재설정이 [6]에서와 같이 이루어진다. 이동 노드는 핸드오버 절차가 완료되었다는 것을 알리기 위해 UNA 메시지를 nAR에게 보낸다. nAR의 CoA 테이블의 nCoA는 활성화되고, “Active” 레이블은 T로 설정된다. 그러면 이동 노드와 nAR은 패킷들을 직접 전송할 수 있게 된다. 제안 방안의 이동 노드의 링크 계층과 IP 계층 사이의 primitive들은 [6]에서의 그것들과 같다.

제안하는 방안에서는 핸드오버 지연을 줄이기 위하여 Li의 방안의 nCoA 생성과 DAD 절차를 이용한다. 또한 이동 노드에 대한 HA의 바인딩 정보를 nCoA를 통하여 미리 갱신하기 때문에 핸드오버 지연을 감소시킬 수 있다.

#### IV. 성능 평가

##### 1. 성능 평가 방안 및 가정

이번 장에서는 제안하는 방안의 성능을 분석하여 기존 방안들과 비교한다. 그럼 3는 거리와 링크 지연 모델을 보여준다. 제안 방안과 Li의 방안의 성능 비교를 위하여 Li의 방안이 IEEE 802.16e 링크 계층 기술을 사용하는 것으로 가정한다. 네트워크 구조는 [10]에 정의된 것과 같이 n 셀들로 이루어진 육각형의 토폴로지로 가정한다. 우리는 시그널링 비용과 핸드오버 지연에 대하여 성능을 평가한다. 본 논문에서는 편의를 위하여 [6]의 방안과 Li의 방안을 각각 BFMI Pv6와 EFMI Pv6라고 명명한다.

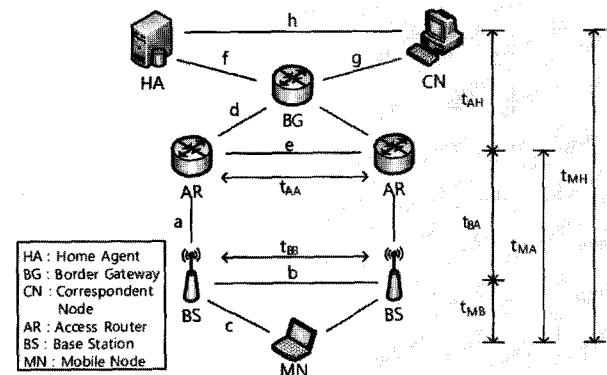


그림 3. 거리 및 링크 지연 모델  
Fig. 3. Distance and link delay model.

##### 2. 시그널링 비용 분석

우리는 [10]에서와 비슷한 네트워크 구조를 이용한다. FMIPv6 도메인은 같은 수의 AR들로 이루어져 있다. 셀(cell)은 AR의 영역을 의미하고 링 R 안의 AR의 수는  $6r(r>0)$ 이다. R 링에서 셀의 수를 계산하기 위하여 다음 식을 이용한다.

$$N(R) = \sum_{r=1}^R 6r + 1 = 3R(R+1) + 1. \quad (1)$$

우리는 정적인 속도 또는 방향으로 빠르게 이동하는 이동 노드들에 적합한 플루이드 플로우 모델을 이용한다. FMIPv6 도메인 내에 있는 이동 노드의 이동 방향은  $(0, 2\pi)$ 의 범위 안에서 균일하게 분포되어 있다고 가정한다.  $R_C$ 는 셀 교차율(crossing rate)이라 하고,  $v$ ,  $\rho$  그리고  $l$ 은 각각 이동 노드의 평균 속도, 셀 내의 이동 노드들의 밀도 그리고 셀의 둘레를 의미한다. 셀 교

차율은 다음과 같이 얻어진다<sup>[10]</sup>.

$$R_C = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\pi}. \quad (2)$$

시그널링 비용은 2계층 시그널링 비용과 3계층 시그널링 비용을 포함한다. 시그널링 비용은 그림 5에 보여지는 바와 같이 네트워크 개체 사이의 거리에 비례한다. 도메인 내에서 이동 노드들의 평균 수,  $Avg_{MN}$ 은 다음과 같이 유도될 수 있다<sup>[10]</sup>.

$$Avg_{MN} = \rho \cdot n \cdot \frac{\sqrt{3}}{24} \cdot l^2. \quad (3)$$

각 방안의 시그널링 흐름의 절차와 그림 5에 따라, BFMIPv6( $S_{BFMIPv6}$ ), EFMIPv6( $S_{EFMIPv6}$ ) 그리고 제안하는 방안( $S_{proposed}$ )의 시그널링 메시지 개수의 합은 다음과 같이 얻어질 수 있다.

$$S_{BFMIPv6} = \kappa(6a + 2b + 9c) + \tau(3d + 3e + 3f), \quad (4)$$

$$S_{EFMIPv6} = \kappa(4a + 2b + 7c) + \tau(2d + 2e + 2f), \quad (5)$$

$$S_{proposed} = \kappa(3a + 2b + 4c) + \tau(2d + e + 2f). \quad (6)$$

$\kappa$ 와  $\tau$ 는 각각 유선 링크와 무선 링크의 전송 비용이다. 위의 식들을 이용하여 각 방안의 시그널링 비용 ( $SC_{Scheme}$ )은 다음과 같이 얻어진다.

$$SC_{BFMIPv6} = \frac{S_{BFMIPv6} \cdot R_C \cdot n}{Avg_{MN}}, \quad (7)$$

$$SC_{EFMIPv6} = \frac{S_{EFMIPv6} \cdot R_C \cdot n}{Avg_{MN}}, \quad (8)$$

$$SC_{proposed} = \frac{S_{proposed} \cdot R_C \cdot n}{Avg_{MN}}. \quad (9)$$

### 3. 핸드오버 지연 분석

핸드오버 지연을 분석하기 위하여 [13]과 [14]를 참조하여 표 2의 기호와 값을 이용한다. 이동 노드가 nAR에게 이동했음을 알리고 HA에게 등록을 하면 핸드오버 절차가 완료되는 것으로 가정한다. 표 2와 각 방안의 절차에 따라, 각 방안의 핸드오버 지연( $LT_{Scheme}$ )은 다음과 같이 얻어진다.

표 2. 핸드오버 지연 분석을 위한 기호와 값

Table 2. Symbols and values to analyze handover latency.

Symbol	Description	Value(ms)
$t_{MB}$	wireless link delay between MN and BS	10
$t_{BA}$	wireless link delay between BS and AR	2
$t_{BB}$	wireless link delay between BSs	5
$t_{MA}$	wireless link delay between MN and AR	12
$t_{AA}$	wired link delay between ARs	5
$t_{AH}$	wired link delay between AR and HA	30
$t_{MH}$	wired link delay between MN and HA	42
$t_{L2}$	layer 2 handover delay	50

$$LT_{BFMIPv6} = 3t_{MB} + 2t_{BB} + 5t_{MA} + 2t_{AA} + 2t_{MH} + t_{L2}, \quad (10)$$

$$LT_{EFMIPv6} = 3t_{MB} + 2t_{BB} + 4t_{MA} + 2t_{AA} + t_{L2}, \quad (11)$$

$$LT_{proposed} = 2t_{MB} + t_{BB} + 2t_{MA} + t_{AA} + t_{BA} + t_{L2}. \quad (12)$$

### 4. 성능 평가 및 비교

#### 가. 시그널링 비용에 대한 성능 평가 및 비교

시그널링 비용을 평가하기 위하여 [10~12]에서 이용된 변수와 값을 이용한다. 각 변수와 값을 표 3에 보여지는 것과 같다.

시그널링 비용은 네트워크 개체들 사이의 거리에 의해 크게 영향을 받기 때문에, AR들 간의 거리는 시그널링 비용을 평가하는데 중요한 요소가 된다. 그림 4는 AR들 간의 거리와 시그널링 비용과의 관계를 보여준다. AR들 간의 거리가 10일 때, 제안 방안의 시그널링 비용은 EFMIPv6의 시그널링 비용보다 약 22.8% 적고, BFMIPv6의 시그널링 비용보다 약 45.5% 적다. 이것은 제안 방안이 EFMIPv6나 BFMIPv6보다 적은 시그널링 메시지들을 가지기 때문이다. AR들 간의 거리가 멀어지면, 제안 방안은 시그널링 비용을 더욱 효과적으로 줄일 수 있다.

표 3. 시그널링 비용을 평가하기 위한 변수와 값

Table 3. Parameters and values to evaluate signaling cost.

Parameters	Values
$\rho$	0.0002 $MNs/m^2$
$\kappa/\tau/v$	2 / 1 / 28.9m/s
a / b / c / d	1 / 1 / 1.5 / 3
e / f / g / h	2 / 10 / 7 / 15

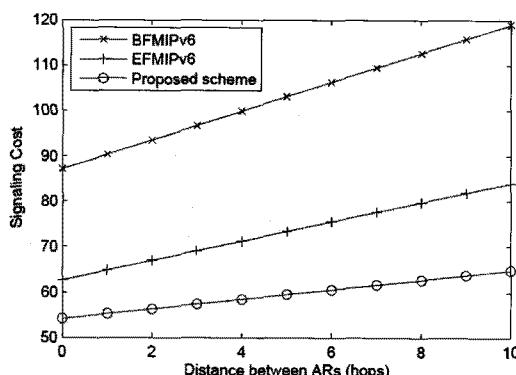


그림 4. AR들 간 거리에 의한 시그널링 비용  
Fig. 4. Signaling cost vs distance between ARs.

#### 나. 핸드오버 지연에 대한 성능 평가 및 비교

핸드오버 지연은 무선 링크 지연에 의해 주로 영향을 받게 된다. 그림 5은 이동 노드와 AR 사이의 무선 링크 지연과 핸드오버 지연의 관계를 보여준다. 제안 방안에서 이용하는 2계층 메시지로 인해 무선 링크 지연이 증가함에 따라 제안 방안의 핸드오버 지연은 기존 방안들의 핸드오버 지연에 비해 적게 증가한다. 이동 노드와 AR 사이의 무선 링크 지연이 30일 때, 제안 방안의 핸드오버 지연은 EFMIPv6보다 약 48.8% 그리고 BFMIPv6보다 약 61.6% 줄어들 수 있다.

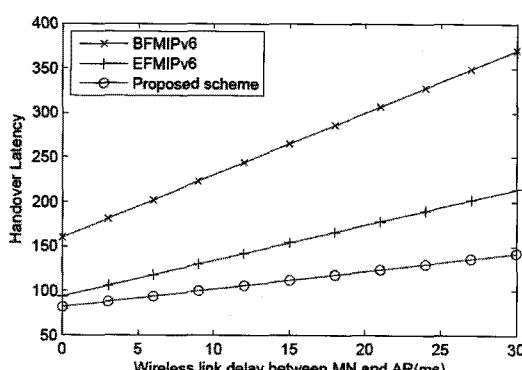


그림 5. 이동 노드와 AR 사이의 무선 링크 지연에 의한 핸드오버 지연  
Fig. 5. Handover latency vs Wireless link delay between MN and AR.

## IV. 결 론

본 논문에서는 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 기존 연구들의 시그널링 비용과 핸드오버 지연을 줄이기 위하여 향상된 교차계층 Mobile IPv6 빠른 핸드오버기

법을 제안한다. IEEE 802.16e를 이용하여 2계층 시그널링 및 핸드오버 지연에 대하여 고려하고, 새로운 2계층 메시지를 이용하여 핸드오버 절차를 간소화 시키고 핸드오버 지연을 줄인다. 시그널링 비용과 핸드오버 지연에 대하여 제안하는 방안의 성능을 평가하고 기존의 방안들의 성능과 비교한다. 제안하는 방안의 시그널링 비용은 BFMIPv6의 시그널링 비용보다 약 42.0%, EFMIPv6의 시그널링 비용보다 약 18.6% 감소될 수 있다. 또한 제안 방안의 핸드오버 지연은 BFMIPv6의 핸드오버 지연 보다 약 55.2%, EFMIPv6보다 약 23.2% 줄어들 수 있다. 이러한 결과들은 제안 방안을 이용하는 것이 IEEE 802.16e 링크 계층에서 기존의 BFMIPv6나 EFMIPv6 방안을 이용하는 것보다 Mobile IPv6의 성능을 현저히 향상시킬 수 있음을 보여준다. 또한, 본 연구에서 제안한 기법이 기존의 연구들에 비해 모바일 클라우드 컴퓨팅 환경에서 사용자들에게 빠르고 끊임없는 서비스를 제공하기에 더 적합함을 보여준다.

## 참 고 문 헌

- [1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6," RFC 3775, June 2004.
- [2] R. Koodli, "Mobile IPv6 fast handovers," RFC 5268, June 2008.
- [3] R. Li, J. Li, K. Wu, Y. Xiao, and J. Xie, "An enhanced fast handover with low latency for mobile IPv6," IEEE Trans. Wireless Commun., vol. 7, no. 1, pp. 334-342, Jan. 2008.
- [4] IEEE 802.16e-2006, "IEEE standard for local and metropolitan area networks Parts 16: air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems amendment 2: physical and medium access control layers for combined fixed and mobile operation in licensed bands," Feb. 2006.
- [5] IEEE 802.16-2004, "IEEE standard for local and metropolitan area networks Parts 16: air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems," Oct. 2004.
- [6] H. Jang, J. Jee, Y. Han, S. Park, and J. Cha, "Mobile IPv6 fast handovers over IEEE 802.16e networks," RFC 5270, June 2008.
- [7] B. Patil, F. Xia, B. Sarikaya, J.H. Choi, and S. Madanapalli, "Transmission of IPv6 via the IPv6 convergence sublayer over IEEE 802.16 networks," RFC 5121, Feb. 2008.
- [8] K. E. Malki, "Low-latency handoffs in mobile

- IPv4," RFC 2881, June 2007.
- [9] C. Blondia, O. Casals, L. Cerdà, N. Wijngaert, and G. Willem, "Performance evaluation of layer 3 low latency handoff mechanisms," *Mobile Networks and Applications*, vol. 9, no. 6, pp. 633-645, Dec. 2004.
- [10] S. Pack and Y. Choi, "A study on performance of hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E87-B, no. 3, pp. 462-469, Mar. 2004.
- [11] J. Xie and I. F. Akyildiz, "An optimal location management scheme for minimizing signaling cost in mobile IP," Proc. IEEE International Conference on Communications(ICC 2002), vol. 5, pp. 3313-3317, Apr. 2002.
- [12] S. Hwang, Y. Han, and S. Min, "Performance analysis of IPv6 mobility support protocols over IEEE 802.11 network," *IEICE Trans. Commun.*, vol. E87-B, no. 9, pp. 2613-2625, Sept. 2004.
- [13] H. Fathi, S. Chakraborty, and R. Prasad, "Optimization of mobile IPv6-based handovers to support VoIP services in wireless heterogeneous networks," *IEEE Trans. Vehicular Technology*, vol. 56, no. 1, Jan. 2007.
- [14] H. Fathi, R. Prasad, and S. Chakraborty, "Mobility management for VoIP in 3G systems: evaluation of low-latency handoff schemes," *IEEE Wireless Communications*, vol. 56, issue 1, pp. 260-270, Jan. 2007.

## 저 자 소 개



이 규진(학생회원)  
2008년 한남대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
2010년 송실대학교 컴퓨터학과  
석사 졸업.  
2010년~현재 송실대학교  
컴퓨터학과 박사과정

<주관심분야 : Mobile IPv6, Proxy Mobile IPv6,  
IEEE 802.16e network, Mobile IP and  
Performance evaluation>



서 대희(정회원)  
2003년 순천향대학교 전산학과  
석사 졸업.  
2006년 순천향대학교 전산학과  
박사 졸업.  
2007년 Howard University  
Post-Doc

2008년~2009년 이화여자대학교 컴퓨터공학과  
연구교수

2009년~현재 한국전자통신연구원 선임 연구원  
재직중

<주관심분야 : 정보보호, 네트워크 보안, 소형 디  
바이스 보안, 공격자 추적, 오버레이 네트워크>



나재훈(평생회원)  
1985년 중앙대학교 컴퓨터공학과  
학사 졸업.  
1987년 중앙대학교 컴퓨터공학과  
석사 졸업.  
2005년 한국외국어대학교 전자  
정보공학과 박사 졸업.  
1987년~현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
2005년~2008년 ITU-T X.1162 Editor  
2008년~현재 ITU-T X.ipvsec-2 Editor  
2006년~현재 ITU-T SG17 국내 분과위원회  
위원

<주관심분야 : 네트워크 보안, IPv6/MIPv6 보안,  
P2P 보안, IPTV 보안>



문영성(평생회원)-교신저자  
1983년 연세대학교 전자공학과  
학사 졸업.  
1986년 Univ. of Alberta  
전자공학과 석사 졸업.  
1987년~1994년 한국통신 연구원.  
1993년 Univ. of Texas,  
Arlington 컴퓨터공학과  
박사 졸업.

1994년~현재 송실대학교 컴퓨터학부 교수

<주관심분야 : 클라우드 컴퓨팅, Security and  
authentication with Mobile IP, Mobile IPv6,  
Mobile IPv4>