

# IEEE 802.16e 기반에서의 Improved Fast Handover Protocol using HMIPv6

구 교 두<sup>†</sup> · 문 영 성<sup>††</sup>

## 요 약

와이브로 서비스가 공식적으로 서비스됨에 따라서 이동 노드가 차량 속도로 이동시 실질적인 리얼 타임 서비스가 가능한지에 대한 사항이 고려되어야 한다. 표준문서 RFC 4140인 Hierarchical Mobile IPv6 mobility management에서 다루고 있는 Fast Handover에 대한 것은 이동노드가 같은 도메인 MAP 내에서만 이동했을 경우에 대해 다루고 있고 MAP을 넘어가는 경우에 대해서는 다루고 있지 않다. 그래서 MAP간의 이동시 생기는 핸드오버 지연을 줄이기 위해 Macro Mobility Handover in HMIPv6[7]가 제안되었다. 그러나 이 방안 역시 끊임없는 서비스를 제공하는 데에는 부족함이 있다. 그래서 전체적인 핸드오버 지연을 줄이기 위해서 향상된 FHMIPv6 방안을 제안한다. 이 방안에서는 FHMIPv6에서 사용되는 3계층 핸드오버 메시지의 일부를 2계층 핸드오버 메시지에 포함시켜서 전송하는 방법을 사용한다. 이렇게 함으로서 이동노드는 핸드오버시 발생하는 전체 지연을 줄일 수 있게 되고, 수치적으로 계산하였을 때 기존의 FHMIPv6 보다 IFHMIPv6가 약 32% 향상된 성능을 보이게 된다.

키워드 : FHMIPv6, MIPv6, IEEE 802.16e

## Improved Fast Handover Protocol using HMIPv6 based on IEEE 802.16e Network

Gyodu Koo<sup>†</sup> · Youngsong Mun<sup>††</sup>

## ABSTRACT

Since the Wibro service realize mobile network on the public, it has been considered that it is not enough to support real time service at vehicular speed. The standard Fast Mobile IPv6 Handover Protocol using HMIPv6 may guarantee seamless service as long as the Mobile Node moves in the same domain MAP however it does not regard fast handover over inter-MAP domain. Thus Macro Mobility Handover in HMIPv6 was proposed to reduce handover latency in inter-MAP domain. But it is still not enough to support real-time service. So we propose an Improved FHMIPv6 over 802.16e network to reduce the overall handover latency. We embedded Layer 3 handover messages of the FHMIPv6 into the Layer 2 handover messages. So the MN is able to finish overall handover procedure earlier in our scheme. The numerical results show the performance of IFHMIPv6 has improved about 32% in comparison with FHMIPv6.

Key Words : FHMIPv6, MIPv6, IEEE 802.16e

## 1. 소 개

Internet Engineering Task Force(IETF)에서는 인터넷 서비스에 대한 이동성을 지원하기 위해서 Mobility Support in IPv6(MIPv6)를 제정하였다. IETF는 또한 핸드오버 지연을 줄이기 위해서 Fast Handovers for Mobile IPv6(FMIPv6)[3], Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management(HMIPv6) [4], 그리고 Fast Mobile IPv6 Handover Protocol using

HMIPv6(FHMIPv6)[4] 등을 제정하였다. 응용 프로그램들이 점점 높은 데이터 전송율을 요구하면서 IEEE에서는 차량의 이동속도를 가진 이동 스테이션들을 지원하기 위해서 IEEE 802.16e Broadband Wireless Access(BWA)를 제안하였다. 현재 일반적인 사용자들은 어디서나, 또는 언제라도 인터넷에 접속할 수 있지만, 그들이 차량에 탑승해 이동하는 경우에도 실시간 서비스를 받을 수 있다고 말하기는 힘들다.

HMIPv6는 이동 노드가 같은 MAP 도메인 내에서 머무르고 있는 동안에는 MAP으로 등록하는 절차가 한번만 이루어지므로 적은 핸드오버 지연을 보장한다. 그러나 여전히 실시간 서비스를 지원하는 데는 부족함이 있기에 FHMIPv6

※ 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌음.

† 준 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 석사과정

†† 종 신 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수  
논문접수 : 2007년 5월 8일, 심사완료 : 2007년 9월 2일

가 제안되었다. FHMPv6는 MAP 내에서 AR이동시의 핸드오버인 micro mobility 핸드오버 발생시 끊임없는 서비스를 지원하기 위한 프로토콜이다. 그러나 여기서도 macro mobility 핸드오버, 즉 MAP간의 핸드오버를 고려하지는 않았기 때문에 Fast handover supporting macro mobility handover in HMIPv6(MMHMIPv6)[7]가 제안되었다.

이 논문에서는 핸드오버 메시지들의 순서 및 동작을 수정함으로써 MAP간의 핸드오버 지연을 최소화하고 패킷 손실을 줄이는 Improved FHMPv6를 제안하였다. 우리가 초점을 맞춘 건 2가지이다. 하나는 지연, 다른 하나는 터널을 유지하는데 드는 시간이고, 이 2가지 문제를 해결하기 위해서 IFHMIPv6를 이용하기로 한다.

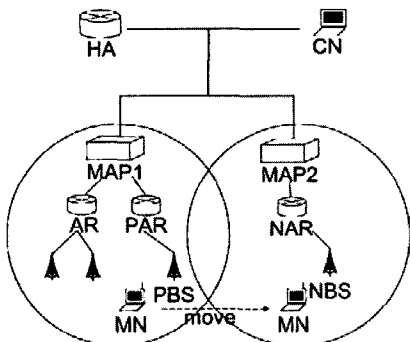
이 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 IEEE 802.16e 네트워크에서의 핸드오버, HMIPv6 그리고 macro mobility handover in HMIPv6에 대해 이야기하고, 3장에서 IFHMIPv6를 제안하기로 한다. 그리고 나서 4장에서는 제안한 방안의 수학적 분석과 성능평가 결과를 기술한다. 마지막 5장에서는 결론 그리고 앞으로 해야할 일에 대해 이야기하도록 한다.

2. 관련연구

2.1 IEEE 802.16e 환경에서의 핸드오버 프로세스

무선 인터넷 사용자는 한 장소에 계속 머물러 있지 않는다. 마찬가지로 그들이 사용하는 이동노드 역시 한 Base Station(BS)에만 있을 수는 없다. 그래서 이동노드가 서브넷을 이동할 시에는 반드시 핸드오버를 수행해야 한다. 그림 1은 IEEE 802.16e 환경에서의 핸드오버의 예제를 보여준다.

IEEE 802.16e 환경에서 현재 서비스 중인 BS는 주기적으로 이웃 BS의 정보를 가지고 있는 MOB\_NBR\_ADV 메시지를 브로드캐스트 한다. 만약 이동노드가 이 메시지에서 새로운 이웃 BS를 발견한다면 새로운 BS(NBS)로의 이전에 대한 스캐닝을 수행할 수 있다. 이동노드가 MOB\_NBR\_ADV 메시지 또는 스캐닝 중 발견된 NBS로 핸드오버하기로 결정했다면, 이동노드와 그 전 BS(PBS)는 핸드오버를 시작하기 위해서 MOB\_MNHO-REQ 와 MOB\_MNHO-RSP 메시지를 서로에게 보낸다. 그 후에 이동노드는 Fast Binding



(그림 1) IEEE 802.16e 환경에서 HMIPv6 기반의 핸드오버 과정

Update(FBU)와 Fast Binding Acknowledgement(FBAck)을 MAP1과 교환한다. 이어서 MAP1은 Handover Initiate(HI)와 Handover Acknowledgement(HAck)를 MAP2와 교환하고 MAP2는 MAP1에게 HAck 메시지를 보내기 전에 NAR과 HI, HAck 메시지를 다시 교환한다. 이동노드는 2계층 핸드오버 과정이 FBAck를 받은 후에 시작되고 ranging 과정이 끝났다는 것을 알리기 위해 PBS에게 MOB\_HO-IND 메시지를 보낸다. Ranging 과정은 downlink와 uplink 파라미터를 negotiating 하기 위한 것이다. 그리고 나서 이동노드는 네트워크 재진입 과정을 수행한다. 이것은 이동노드가 악의 있는 노드가 스푸핑하는 것을 막기 위한 과정인 인증과정을 포함한다.

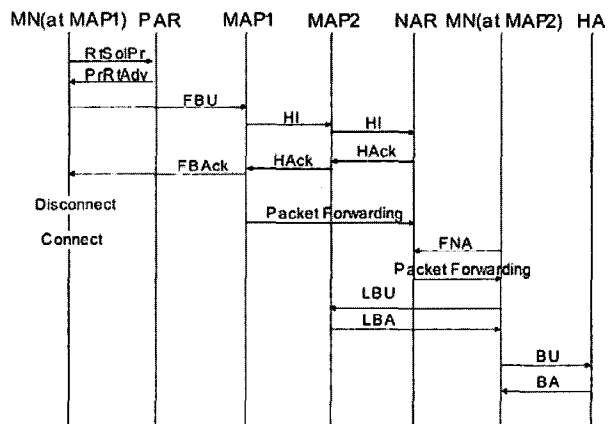
2.2 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)

HMIPv6는 이동노드가 움직임에 따라서 발생하는 시그널 비용을 줄이기 위해서 제안되었다. 여기서의 이동노드의 이동은 같은 도메인 MAP내에서의 이동인 micro mobility 핸드오버를 말한다. 이런 경우에는 이동노드가 MAP에게 이동한 후에 한번만 등록절차를 거치면 되기 때문에, MAP이라는 것이 존재함으로써 이동노드, 홈 에이전트, 상대노드와의 시그널 비용을 줄일 수 있다.

만면, 이동노드가 다른 MAP에 있는 Access Router(AR)로 이동하는 것은 macro mobility 핸드오버라고 부른다. 이동노드가 새로운 MAP 도메인으로 들어오면, 두 가지의 다른 주소를 만든다. On-link Care-of Address(LCoA)와 Regional Care-of Address(RCoA)가 그것이다. 이동노드는 Local Binding Update(LBU)를 사용해서 새로운 MAP으로 LCoA를 등록한다. 새로운 MAP이 LBU를 받으면 LBAck을 이동노드에게 보낸다. 새로운 MAP으로부터 LBAck를 받으면 이동노드는 Binding Update(BU)메시지를 보냄으로써 홈 에이전트와 상대노드에게 RCoA를 등록하게 된다.

2.3 Macro mobility handover in HMIPv6

MAP간의 핸드오버시 발생하는 지연을 줄이기 위해서 MMHMIPv6[7]가 제안되었다. 그림 2는 MMHMIPv6에서 제안한 방안을 나타내고 있다.



(그림 2) MMHMIPv6 절차

MMHHMIPv6의 주된 아이디어는 기존의 FHMIPv6와 거의 같다. MMHHMIPv6는 FHMIPv6의 확장이라고 볼 수 있다. 기존의 FHMIPv6는 MAP내에서의 핸드오버만 고려한 반면, MMHHMIPv6는 MAP간의 핸드오버에서의 상황을 다루고 있다. MAP간의 핸드오버는 HMIPv6환경에서 이동노드가 한 MAP내에서 이동하기 때문에 꽤 중요하다고 할 수 있다. 그러나 만약 이동노드가 차량 이동 속도를 가진다고 한다면 MAP간의 핸드오버 역시 고려되어야만 한다. 그러한 이유로 macro mobility 핸드오버가 제안되었다. Vivaldi 등이 HMIPv6에서 빠른 핸드오버를 적용시키기 위해 유사한 연구를 했다. [9]

### 3. 제안방안

사용자들이 어떤 장소에서든 인터넷을 사용할 때 그 서비스의 많은 부분은 실시간 서비스가 이루어질 것이다. 이동노드가 통신을 하는 동안에 한 BS에 머물러 있지 못하기 때문에 핸드오버 지연은 확실하게 발생된다. 실시간 서비스를 지원하기 위해서는 핸드오버 지연을 가능한 최소화해야 한다. 그래서 Improved Fast handover for HMIPv6(IFHMIPv6)를 제안한다. 여기에서 우리는 BS가 IP 주소를 가지고 있기 때문에 3계층 메시지를 다룰 수 있다고 가정한다. 또한 3계층 메시지는 2계층 메시지의 페이로드로 포함될 수 있다고 가정한다. 2계층 인증 과정시 RR에 필요한 3계층 메시지를 NBS에게 페이로드로 포함해서 보낸다. 그 3계층 메시지는 2계층 인증 과정이 끝나자마자 NBS에서 각각의 목적지로 보내지게 된다. 이러한 결과로 핸드오버 지연과 터널링을 유지하는데 드는 시간이 줄어들 것이다. 그림 3은 위에서 설명한 방안의 메시지 흐름이다.

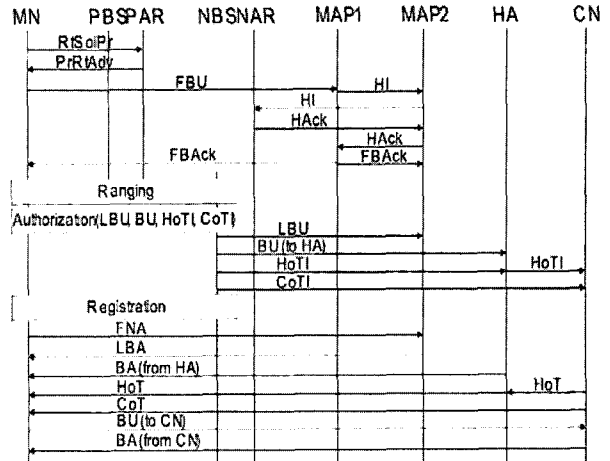
### 4. 성능 분석

#### 4.1 시스템 모델

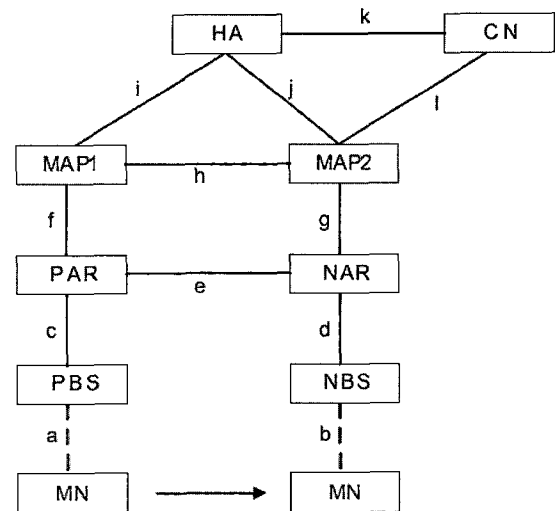
그림 4는 이 논문의 시스템 모델을 보여주고 있다. 이 모델에서 c,d,f,g는 각각 1홉의 거리를 가진다고 가정한다.  $T_{wireless-RT}$ 를 무선 구간에서 업링크 및 다운링크를 한번 왕복하는 시간이라고 한다. IEEE 802.16e에서의 업링크 타임 슬롯(a,b)이 5ms이기 때문에,  $T_{wireless-RT}$ 는 10ms라고 가정한다.

그리고 AR간의 홉 거리는 2홉으로 본다. 인터넷으로 연결 되어있는 나머지 기능모듈들은 5홉 거리로 본다. 상대노드는 이동노드에게  $\lambda$ 의 비율로 패킷을 보낸다고 가정한다.

데이터 패킷을 전송하는 비용은 시그널 패킷을 전송하는 비용의  $l$ 배이다. 즉  $l = l_{data}/l_{signal}$ 이다.  $l_{data}$ 는 데이터 패킷의 평균 길이이고  $l_{signal}$ 은 시그널링 패킷의 평균 길이이다.[8] 정확한 계산을 위해서는 패킷을 처리하는 비용도 계산해야 하지만, 패킷을 처리하는 데 드는 지연보다 전송하는 데 드는 지연이 훨씬 더 크기 때문에 패킷 처리시 생기는 지연은 무시하기로 한다.



(그림 3) The Improved fast handover in HMIPv6(IFHMIPv6)



(그림 4) 시스템 모델

#### 4.2 비용 분석

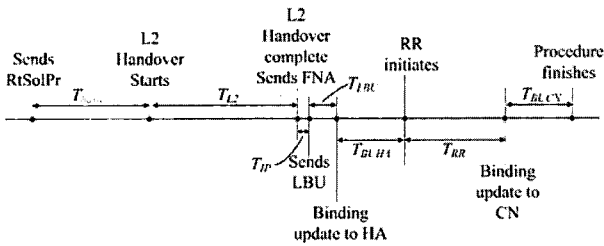
이 논문에서 총 핸드오버 지연은 다음과 같다.

$$C_{total} = C_{signal} + C_{data} \tag{1}$$

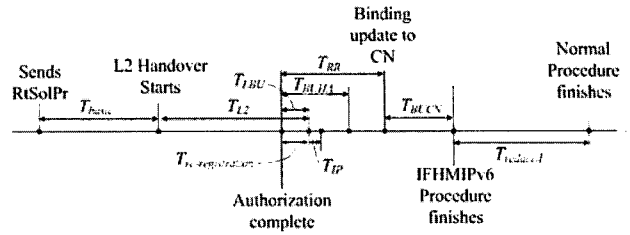
$C_{signal}$ 은 시그널링 메시지를 전송하는 데 드는 총 비용이고,  $C_{data}$ 는 데이터 패킷을 전송하는 데 드는 총 비용이다. 여기서는 FHMIPv6와 비교해서 IFHMIPv6의 성능 향상이 얼마나 이루어졌는지를 보이기 위해  $C_{total}$ 을 사용하기로 한다.

FHMIPv6 프로시저는 그림 5에서와 같이 7개의 구간으로 이루어져 있다.

PAR와 NAR간의 터널은  $T_{basic}$  시간 동안 생성된다.  $T_{basic}$ 은 이동노드가 새로운 LCoA를 얻는 데 걸리는 시간이다.  $T_{L2}$ 는 2계층 핸드오버 프로시저시 걸리는 지연이고,  $T_{IP}$ 는 FNA 메시지를 보내는 데 드는 시간이다.  $T_{LBU}$ 는 LBU를 보내는 데 걸리는 시간이고,  $T_{BUHA}$ 는 이동노드가 BU 메시지를



(그림 5) FHMIPv6의 타이밍 다이어그램



(그림 6) IFHMIPv6의 타이밍 다이어그램

홈 에이전트에게 보내는 시간이면서 동시에 홈 에이전트로부터 BA 메시지를 받는 시간이다.  $T_{RR}$ 은 Return Routability[2]시에 걸리는 시간이다. 그리고  $T_{BUCN}$ 은 이동노드가 상대노드에게 BU 메시지를 보내는 시간이고 또한 상대노드로부터 BA 메시지를 받는 시간이다. FHMIPv6의 시그널링 비용은 다음과 같다.

$$C_{sig\_FHMIPv6} = C_{sig\_basic} + C_{sig\_L2} + C_{sig\_IP} + C_{sig\_LBU} + C_{sig\_BUHA} + C_{sig\_RR} + C_{sig\_BUCN} \quad (2)$$

데이터 패킷을 전송하는 데 걸리는 비용은 다음과 같이 정의한다.

$$C_{data} = P_{success} \cdot \lambda \cdot C_{tunnel} \cdot T_{tunnel} + \{ (C_{loss} \cdot T_{loss}) + (C_{reactive} \cdot T_{reactive}) \} \quad (3)$$

$P_{success}$ 는 이동노드가 predictive 모드에서 빠른 핸드오버를 성공적으로 수행할 확률이고,  $P_{fail}$ 은 실패할 확률이다.  $C_{tunnel}$ 은 상대노드가 PAR과 NAR사이의 터널을 통해서 패킷을 보내는 비용이고, 시그널링 비용의  $l$ 배를 함으로서 계산할 수 있다.  $T_{tunnel\_normal}$ 은 다음과 같이 계산된다.

$$T_{tunnel\_normal} = T_{L2} + T_{IP} + T_{LBU} + T_{BUHA} + T_{RR} + T_{BUCN} \quad (4)$$

상대노드로부터 오는 패킷이 핸드오버 도중에 성공적으로 전송되지 않을 것이라는 것은 명백한 일이다. Predictive 모드에서 전송이 실패하게 된 패킷들은 잃어버릴 것이고 reactive 모드에서 다시 전송해야 할 것이다. 그래서 패킷이 손실되는 경우도 같이 고려해야 한다.  $C_{loss}$ 와  $T_{loss}$ 는 잃어버린 패킷에 대한 비용과 시간이다.  $C_{reactive}$ 는 reactive 모드에서 재전송에 드는 비용이고  $C_{tunnel}$ 과 같다. 왜냐하면 predictive 모드에서의 경로와 reactive 모드에서의 경로가 같기 때문이다.  $T_{reactive}$ 는 reactive 모드에서의 시간이다.

Reactive 모드인 경우에  $C_{loss}$ 는 상대노드와 PAR간의 시그널링 비용의  $l$ 배를 한 것으로 나타낼 수 있다.  $T_{FBU\_reactive}$ 를 NAR에서 PAR로 FBU를 보내는 시간이라고 정의하고  $T_{Notice}$ 는 PAR이 이동노드의 핸드오버를 알아차리는 데 걸리

는 시간이다. 그래서  $T_{loss}$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$T_{loss} = T_{L2} + T_{IP} + T_{FBU\_reactive} + T_{Notice} \quad (5)$$

또  $T_{reactive}$ 는 다음과 같다.

$$T_{reactive} = T_{L2} + T_{Handover\_Init\_reactive} + T_{BUHA} + T_{RR} + T_{BUCN} \quad (6)$$

$T_{Handover\_Init\_reactive}$ 는 reactive 모드에서 FNA, FBU, HI, HAck, FBAck 메시지에 대한 시간이다.

그림 6은 IFHMIPv6의 타이밍 다이어그램을 나타낸다.

FHMIPv6와 거의 같지만  $T_{LBU}$ ,  $T_{BUHA}$  그리고  $T_{RR}$ 이 2계층 인증과정이 끝남과 동시에 시작된다.  $T_{tunnel}$ 을 제외한 다른 모든 비용과 시간은 FHMIPv6와 같은 값을 가진다.  $T_{tunnel}$ 은 다음과 같다.

$$T_{tunnel\_IFHMIPv6} = T_{L2} + T_{BUCN} + \max(T_{IP}, T_{RR} - T_{re-registration}) \quad (7)$$

### 4.3 수치 결과 및 분석

이 논문에서는 uniform fluid model[6]에서 유도된 공식을 사용한다. 상대노드, 홈 에이전트, MAP 그리고 AR들 간은 유선 10 Mbps 이더넷 링크, IP 라우터 Bellcore 네트워크 백본으로 구성되어 있다고 가정한다. 유선 망에서 모아진 데이터의 회귀 분석은 다음과 같다.

$$T_{wired-RT(m,n)} = 3.63m + 3.21(n-1) \quad (8)$$

$m$ 은 Kbyte 패킷 길이이고  $n$ 은 홉 거리이다.

FHMIPv6, IFHMIPv6 각각 시그널링 비용은 상수이고  $\lambda$ 의 값에 의해 영향 받지 않는다. 그러나 각 방안에서의 데이터 비용은  $\lambda$ 에 비례해서 증가한다.

#### 4.3.1 $\lambda$ 의 변화에 따른 시그널링 비용과 데이터 비용의 변화

FHMIPv6와 IFHMIPv6의 시그널링 비용은 상수값을 가지기 때문에  $\lambda$ 에 의해 영향을 받지 않는다. 그러나 두 방안에서의 데이터 비용은  $\lambda$ 의 변화에 비례하여 증가한다.

〈표 1〉 시스템 파라미터

Parameter	Value	
$l_{signal}$	200	bytes
$l_{data}$	1024	bytes
$T_{basic}$	43.253	msec
$T_{L2}$	55	msec
$T_{IP}$	5.726	msec
$T_{LBU}$	11.452	msec
$T_{BUHA}$	25.018	msec
$T_{RR}$	38.584	msec
$T_{BUCN}$	25.018	msec
$T_{re-registration}$	10	msec
$T_{Handover\_init\_reactive}$	32.858	msec
$T_{FBU\_reactive}$	6.783	msec
$T_{Notice}$	12.509	msec
$cdef$	1	hop
$e$	2	hops
$hijkl$	5	hops

4.3.2  $\lambda$ 의 변화에 따른 비용 ratio

그림 7은 FHMPv6와 IFHMIPv6에 대한 총 비용의 관계를 나타낸 것이다.

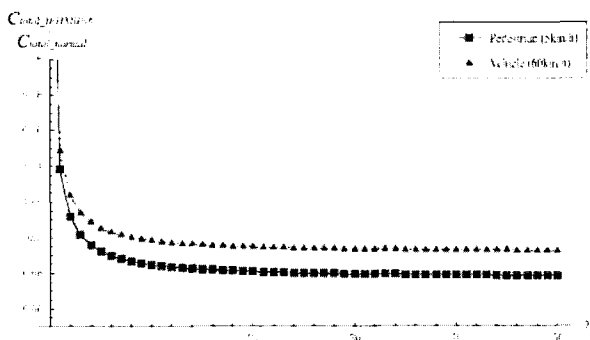
이동 노드가 보행속도로 움직이게 될 때에는

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{C_{total\_improved}}{C_{total\_normal}} = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{C_{sig\_improved} + C_{data\_improved}}{C_{sig\_normal} + C_{data\_normal}} \approx 0.676775, (\lambda > 50)$$

이동노드가 차량속도로 움직이게 될 때에는

$$\lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{C_{total\_improved}}{C_{total\_normal}} = \lim_{\lambda \rightarrow \infty} \frac{C_{sig\_improved} + C_{data\_improved}}{C_{sig\_normal} + C_{data\_normal}} \approx 0.690847, (\lambda > 50)$$

그림 7에서의 비용 ratio 가 약 0.68 정도라는 것의 의미는



(그림 7) FHMPv6와 IFHMIPv6의 비용 ratio

본 연구의 시나리오 상에서 IFHMIPv6가 표준 FHMPv6에 비해 성능 향상의 기대치가 최대 32% 정도라는 것을 알 수 있다.

5. 결론

IEEE 802.16e 환경에서의 서비스는 사용자들에게 끊임없는 실시간 서비스를 제공해야 한다. FHMPv6는 그러한 실시간 응용 프로그램을 지원하기에는 충분하지 않다. 그렇기 때문에 전체적인 지연을 줄이기 위해서 IFHMIPv6를 제안하였다.

본 연구는 단순화된 시나리오에서의 분석 결과를 보여주었지만, 보다 현실적인 적용을 위해 또한 IFHMIPv6의 더 정확한 분석을 위해서는 실제 와이브로 장비를 가지고 여러 가지 상황을 고려한 시뮬레이션을 통해 알아봐야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] IEEE Standard 802.16, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks - Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems (2006)
- [2] Johnson, D., Perkins, C., Arkko, J.: Mobility Support in IPv6, RFC 3775 (2004)
- [3] Koodli, R.: Fast Handovers for Mobile IPv6, RFC 4068 (2005)
- [4] Soliman, H., Malki, K. El: Hierarchical Mobility management, RFC 4140 (2004)
- [5] Jang, H., Jee, J., Han, Y., Park, D. S., Cha, J.: Mobile IPv6 Fast Handovers over IEEE IEEE 802.16e Networks, Internet-Draft, draft-ietf-mipshop-fh80216e-01.txt (2007)
- [6] Jain, R., Raleigh, T., Gra@, C., Bereschinsky, M.: Mobile Internet Access and QoS Guarantees using Mobile IP and RSVP with Location Registers. ICC'98 Conf. (1998)
- [7] Lee, K., Mun, Y.: An Efficient Macro Mobility Scheme Supporting Fast Handover in Hierarchical Mobile IPv6 (2005)
- [8] Ahn, S., Mun, Y.: Improved Fast Handovers for Mobile IPv6 over IEEE 802.16e Network, work in progress (2006)
- [9] Vivaldi, I., Habaebi, M. H., Ali, B. H., Prakash, V.: Fast Handover Algorithm for Hierarchical Mobile IPv6 macro-mobility Management (2003)



### 구 교 두

e-mail : gyodukoo@sunny.ssu.ac.kr  
2007년 숭실대학교 컴퓨터학부(학사)  
2007년~현재 숭실대학교 컴퓨터학부  
석사과정  
관심분야 : IPv6, Mobile IPv6, IPv6  
Security



### 문 영 성

e-mail : mun@computing.ssu.ac.kr  
1983년 연세대학교 전자공학과  
졸업(학사)  
1986년 Univ. of Alberta  
전자공학과(공학석사)  
1987~1994년 한국통신 연구원  
1993년 Univ. of Texas, Arlington 컴퓨터공학과(공학박사)  
1994~현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수  
관심분야 : IPv6, Mobile IPv6, IPv6 Security, Grid networking