

# 이종 접속 망간의 단말 이동성 지원을 위한 이원적 터널 기법

## (Dual-Tunneling Mechanism for Supporting Host Mobility between Heterogeneous Access Networks)

최영환<sup>†</sup>      김연정<sup>†</sup>      우부재<sup>†</sup>      박수창<sup>\*\*</sup>      김상하<sup>\*\*\*</sup>  
(Younghwan Choi)    (Yeonjung Kim)    (Fucai Yu)    (Soochang Park)    (Sang-Ha Kim)

**요약** 표준 Mobile IPv6(MIPv6)는 이종 접속 망간 호스트 이동성을 지원할 때, 핸드오프(handoff) 시 발생하는 링크 단절과 터널 변경시점의 차이로 인해 패킷 손실을 유발한다. 다시 말해, 새로운 터널 생성과 라우팅 갱신 과정에서 추가적인 패킷 손실이 발생하게 된다. 본 논문은 이 때 발생하는 상 하향 패킷 손실을 최소화하는 Mobile IPv6기반 이원적 터널 기법을 제안한다. 그래서, UMTS 광대역 망과 WLAN 협대역 망을 이종 접속 망 모델로 설정하고, 그 사이에서 Mobile IPv6기반 핸드오프 시 발생하는 패킷 손실을 정량적 분석과 컴퓨터 모의실험 측정을 통해 제안 기법의 성능 향상을 입증한다.

**키워드** : 이동성관리, 이종 접속 네트워크, Mobile IPv6, 이원적 터널기법, 수직적 핸드오프

**Abstract** The Mobile IPv6(MIPv6) has a well-known time gap of packet loss between link down and binding update. To minimize such packet loss, this paper proposes a MIPv6-based dual tunneling mechanism, which keeps exploiting the old tunnel while creating a new tunnel. Superiority of the proposed mechanism is evaluated by quantitative analysis on the lost packets and computer simulation, based on two overlay heterogeneous access networks, such as the UMTS and a WLAN.

**Key words** : Mobility management, Heterogeneous access networks, Mobile IPv6, Dual-tunneling Mechanism, Vertical Handoff

### 1. 서론

4세대로 전향 중인 차세대 무선망은 각종 무선 접속 망 통합을 시도한다. 이는, 각 접속 망의 고유한 특징을 목적에 적합한 응용에 활용하기 위함이다. 예를 들면, IEEE 802.11 Wireless LAN(WLAN)과 같은 협대역 접속 망은 공항이나 지하철 역과 같은 핫스팟(hotspot) 지역에서 접근 성이 뛰어나고, 대량 고속 데이터를 송수신할 수 있지만, 서비스 영역이 좁은 단점을 갖는다. 이에 반해, UMTS와 같은 광대역 접속 망은 IEEE 802.11 WLAN에 비해 넓은 서비스 영역을 제공하여 보다 넓은 이동성을 제공하지만, 대량의 고속 데이터 송수신에는 적합하지 않으며, 시스템 구축 및 전개에 있어 비용이 높다[1,2]. 이러한 접속 망의 장단점을 비교하여, 사용자는 넓은 지역에서 웹 서비스와 같은 소량의 지속 데이터 통신 서비스를 제공받기 위해 UMTS 망을 활용하거나 FTP파일 전송과 같이 대량 고속 파일 송수신을 위해 WLAN을 선택적으로 목적에 맞게 변경해 가면서 활용할 수 있다.

· 본 연구는 2008년도 충남대학교 차세대정보기술SW인력양성사업의 연구비 지원으로 수행하였습니다.

· 이 논문은 2008 한국컴퓨터종합학술대회에서 '이종 접속 망간의 단말 이동성 지원을 위한 이원적 터널 기법'의 제목으로 발표된 논문을 확장한 것임

<sup>†</sup> 비회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과  
yhchoi@cclab.cnu.ac.kr  
able76@cnu.ac.kr  
yufe@cclab.cnu.ac.kr

<sup>\*\*</sup> 학생회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과  
winter@cclab.cnu.ac.kr

<sup>\*\*\*</sup> 종신회원 : 충남대학교 컴퓨터공학과 교수  
shkim@cnu.ac.kr

(Corresponding author)

논문접수 : 2008년 8월 25일

심사완료 : 2008년 10월 16일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이거나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지: 정보통신 제36권 제1호(2009.2)

이와 같은 이중 접속 망간의 핸드오프에 대한 연구는 차세대 이동 통신 망에 있어 증대한 이슈이며, 본 논문은 핸드오프 시 발생하는 상하향 패킷 손실을 최소화하기 위한 방안을 제안한다.

현재, IP기반 호스트 이동성 지원 프로토콜인 Mobile IPv6(MIPv6)[3,4]는 이중 접속 망 간 핸드오프를 지원할 경우, 핸드오프로 발생하는 링크 단절시점에서 터널 생성 혹은 갱신 완료시점까지의 패킷 손실을 유발한다. 즉, 링크 단절 후, 패킷 손실이 발생하기 시작하여, 터널 생성을 위한 등록과 라우팅 갱신이 완료되는 시점까지 패킷 손실이 발생한다. 이를 보완하기 위해, 제안된 Fast Mobile IPv6(Fast MIPv6)[5]는 링크 단절 시점에서 터널 생성 및 라우팅 갱신 완료 시점까지의 시간을 줄이기 때문에 패킷 손실을 줄인다. 하지만, 이 역시 터널 생성과 라우팅 갱신을 위한 시간이 필요하기 때문에 패킷 손실을 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문이 제안하는 이원적 터널 기법은 단말이 새로운 터널을 생성하기 위해 요청하는 동안 기존의 사용중인 터널을 수신 전용터널로 변경하고, 새로운 터널 생성 및 라우팅 갱신이 완료된 후 기존의 터널을 제거하는 기법으로써 패킷 손실을 최소화 할 수 있다.

본 논문 이하는 다음과 같이 구성된다. 2장은 제안 기법이 동작하는 이중 접속 망 구조 및 특징에 대해 분석하고, 기존 MIPv6의 문제점을 지적한다. 이어서, 3장에서는 제안기법을 소개하고, 4장은 패킷 손실에 대한 정량적 분석을 통해 제안 기법의 성능을 평가하고, 5장에서 실험결과를 통한 패킷 손실 경감에 대한 성능을 입증한다. 마지막으로 6장에서 향후 연구 방안과 함께 결론을 맺는다.

**2. 망구조적 특성 및 MIPv6 핸드오프 문제점 분석**

본 장은 이원적 터널 기법을 통해 성능 향상이 가능한 이중 접속 망 구조 및 특성을 파악하고, 기존 호스트 이동성 프로토콜(MIPv6)이 갖는 문제점을 분석한다.

**2.1 UMTS-WLAN 망 구조**

본 논문이 제안하는 기법은 그림 1과 같은 UMTS 광대역 망에 WLAN 협대역 망이 겹쳐진(tight-coupled) 형태[6]로 분포된 모델이다. 이와 같은 구조에서 핸드오프가 발생 시, UMTS망에서 WLAN망으로 이동할 경우에는 오버레이(overlay)망 형태로 핸드오프가 발생하고, WLAN에서 UMTS망으로 이동 시에는 언오버레이(non-overlay)망 형태로 핸드오프가 발생한다. 본 논문은 전자를 WLAN-UMTS 핸드오프라고 하고, 후자를 UMTS-WLAN 핸드오프라고 지칭한다.

예를 들면, 사용자 단말이 UMTS망에서 WLAN망으

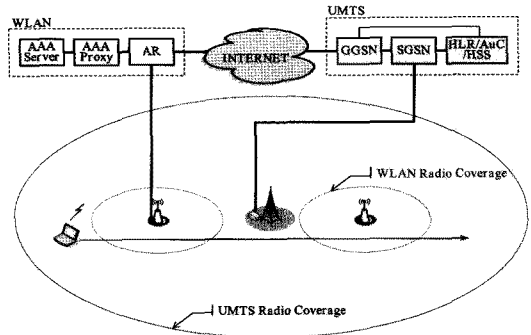


그림 1 UMTS-WLAN 망 모델

로 이동 시에는 UMTS망에 계속 접속 가능한 상태에서 사용자 정책에 의해 IEEE 802.11 WLAN으로 접속하는 형태를 취하고, 사용자 단말이 WLAN망에서 UMTS망으로 이동 시에는 IEEE 802.11 WLAN 신호가 감소하여 서비스가 불가능해짐에 따라 UMTS망으로 이동하는 형태를 갖는다.

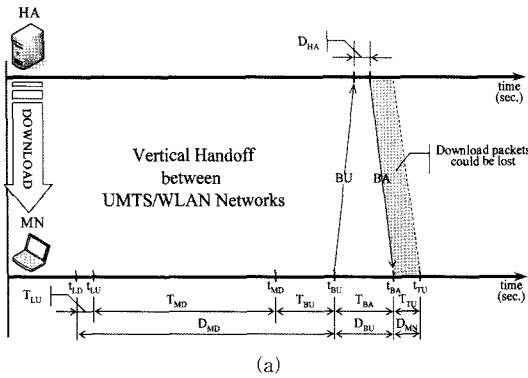
**2.2 기존 연구에 대한 문제점 분석**

본 논문에서 사용하는 모든 기호는 표 1의 표기법을 따른다. 핸드오프를 보장하기 위해 제안된 많은 기존 연구들은 Mobile IP(MIP)를 기반으로 하거나 그의 문제점을 보완하는 기법들을 제안해왔다. 예를 들면, FMIPv6 [5]와 Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)[7]가 있다. FMIPv6는 핸드오버지연시간을 최소화하기 위해 링크계층 예상이동정보를 이용하는 MIP기반 기법이다. 또한, HMIPv6은 도메인 내에 MAP (Mobile Anchor Point) 도입하여 지연시간을 줄이기 위한 방법으로 역시 MIP를 기반으로 제안되었다. 그러나, MIP가 가진 모든 문제점들이 해결된 것은 아니다. 본 절은 미해결된 문제점을 분석한다.

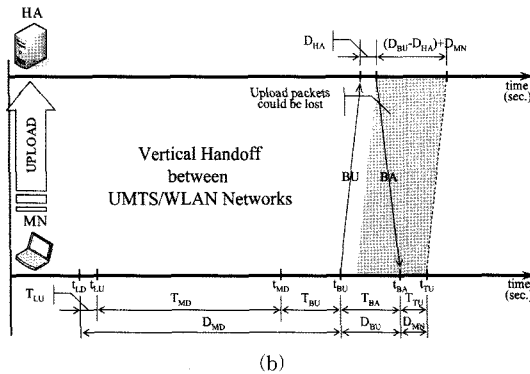
그림 2는 MIPv6의 신호처리 과정이다. 새 터널 갱신 시점을 살펴보면, Home Agent(HA)는 Binding Update (BU) 수신과 함께 이전터널을 삭제한 후 새 터널을 등록한다. 그리고 HA로부터 송신된 Binding Acknowledgement(BA)를 수신한 단말은 이전터널을 삭제하고 새 터널을 등록한다.

표 1 표기법

LD/LU	링크 비활성화/활성화
MD	이동 감지 및 주소 할당
TU	새 터널 생성
t <sub>event</sub>	이벤트가 발생한 시간
T <sub>event</sub>	이벤트가 형성되어 끝나기까지 시간
D <sub>event</sub>	이벤트 시간 동안 발생한 패킷 손실량
L	패킷손실 총량
P	패킷손실에 있어 성능 향상율



(a)



(b)

그림 2 MIPv6의 핸드오프; (a) 하향(다운로드) 패킷 손실, (b) 상향(업로드) 패킷 손실

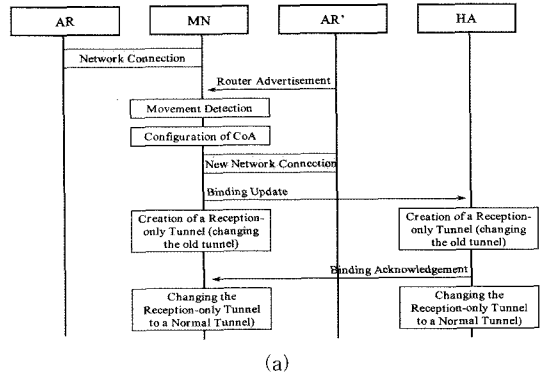
패킷 손실을 분석해 보면, 그림 2(a)와 같이 하향(download)의 경우 단말이 BA를 받고 새 터널을 생성하는 시점까지 단말로 향하는 패킷은 이전 터널로 유입되므로 손실이 발생한다. 반대로, 상향(upload)의 경우 그림 2(b)와 같이 HA가 새 터널로 갱신하는 동안(DHA)은 이전 터널을 통해 패킷손실을 발생하지 않지만, 그 이후부터 단말에서 새 터널로 갱신되는 시점까지 손실을 발생하게 된다.

### 3. MIPv6기반 이원적 터널 확장 기법

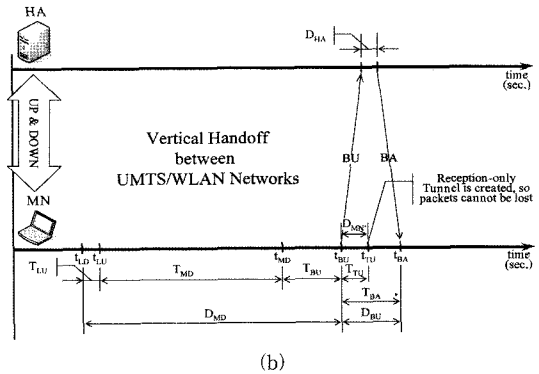
본 논문에서 제안하는 이 MIPv6 기반 이원적 터널 확장 기법(MIPv6-based Dual Tunnel Extension Mechanism; MIPv6-based DTM; MDTM)은 앞서 분석한 이전터널의 삭제 시점을 늦춤으로써 패킷 손실을 최소화하는 방안이다. 그림 3은 이원적 터널 확장 기법을 신호처리 과정을 시나리오로 표현한다.

#### 3.1 신호 처리 과정도

그림 3(a)의 터널생성 시점을 살펴보면 HA는 BU를 수신 후 이전터널을 수신전용으로 변경하고 새 터널을 생성한 후 단말에게 BA를 전송하고, 단말도 BU를 송



(a)



(b)

그림 3 MIPv6기반 이원적 터널 기법; (a) 신호처리 과정, (b) 상하향 패킷 손실

신 후 이전터널을 유지하고 새 터널을 수신 전용으로 생성한다. 그리하여, 그림 3(b)와 같이 링크 단절로 인한 손실 이외에 터널 설정 시점 차이에 따른 손실은 발생하지 않음을 알 수 있다.

#### 3.2 제안 알고리즘

그림 4(a)와 그림 4(b)는 수신 전용 터널관리를 이용한 단말 및 HA 동작 순서도를 나타낸다. 이동 단말은 링크의 상태를 감시하여 이동이 감지 되면 주소 설정 이후 BU를 HA에 전송한다. 이동 노드는 이때 이전 터널을 유지한 채로 수신전용의 새 터널을 생성한다. HA는 그 BU를 수신한 후, 새 터널을 생성하고 이전 터널 수신 전용으로 변경한다. 이 수신 전용 터널로 인해 단말에서 BU 메시지와 함께 전송 되는 이전 터널 패킷들을 손실 없이 수신할 수 있다. HA는 터널 설정이 완료된 후 BA 메시지를 단말에 전송한다. 단말은 BA를 받은 후 라우팅 정보를 변경하여 새 터널을 송수신 가능한 터널로 변경하고 이전 터널을 삭제한다. 망에서 BA와 함께 전송되는 새 터널로 설정된 패킷들에 대해서는 단말이 이전에 수신전용 터널을 생성해 두었으므로 손실 없이 수신 가능하다. 적정 시간이 전송된 후 HA는

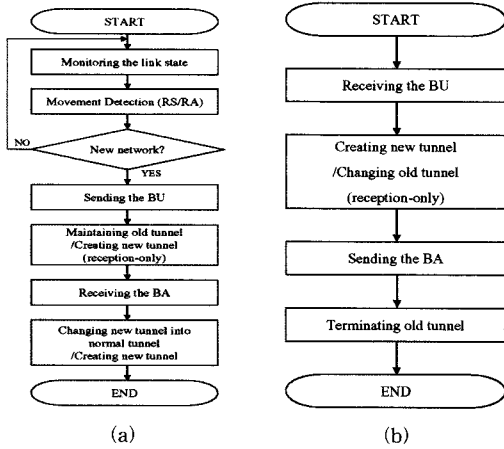


그림 4 이원적 터널 기법 순서도; (a) 단말에서의 처리 순서도, (b) HA에서의 처리순서도

수신전용의 이전 터널을 삭제 한다.

#### 4. 패킷 손실에 대한 분석

본 장은 MIPv6와 제안 기법(DT-Ex)의 패킷 손실에 대해서 정량적으로 분석 비교한다.

MIPv6경우, 그림 2(a)와 (b)와 같이, 단말은 링크 단절로 기존 터널이 삭제된 시점부터 주소 할당 후 BU를 송신하기까지 시점(TLU+TMD+TBU)과 BU송신 후 BA 메시지를 받은 후 새로운 터널이 생성 완료 시점(DBU 혹은 DMN)까지 패킷들은 손실이 발생할 수 있다. 그 패킷손실 시간,

$$T_{LU} = t_{LU} - t_{LD}, T_{MD} = t_{MD} - t_{LU},$$

$$T_{BU} = t_{BU} - t_{MD}, \text{ 그리고}$$

$$T_{BA} = t_{BA} - t_{BU}.$$

그래서, 그 동안 발생하는 패킷 손실 량(DMD),

$$D_{MD} = \int_{LD}^{LU} t d\omega + \int_{LU}^{MD} t d\omega + \int_{MD}^{BU} t d\omega \quad (1)$$

이때  $\omega$ 는 초당 발생하는 패킷양의 비율이다. 또한,

$$D_{BU} = \int_{BU}^{BA} t d\omega \quad \text{그리고} \quad D_{MD} = \int_{BA}^{TU} t d\omega \quad (2)$$

그림 3(b)와 같이 제안기법에서는 BU송신 이후 바로 터널은 생성하므로 그때 발생하는 총 패킷 손실량,

$$D_{MN'} = D_{BU} - \int_{BA}^{TU} t d\omega = \int_{BU}^{BA} t d\omega - \int_{BA}^{TU} t d\omega = \int_{BU}^{BA} t d\omega \quad (3)$$

위의 식 (1), (2), (3)에서 초당 발생하는 패킷양의 비율이 고정적이라고 하면, 다음과 같이 표현이 가능하다.

$$D_{MD} = T_{LU} \cdot \omega + T_{MD} \cdot \omega + T_{BU} \cdot \omega = (T_{LU} + T_{MD} + T_{BU}) \cdot \omega, \quad (4)$$

$$D_{BU} = T_{BA} \cdot \omega, \text{ 그리고} \quad (5)$$

$$D_{MN} = T_{TU}^{MIPv6} \cdot \omega. \quad (6)$$

여기서,  $T_{TU}^{MIPv6} = t_{TU} - t_{BA}$ . 그리고

$$D_{MN'} = T_{TU}^{MDTM} \cdot \omega. \quad (7)$$

이때,  $T_{TU}^{MDTM} = t_{TU} - t_{BU}$ .

여기서, MIPv6에서 WLAN-UMTS 핸드오프 동안 발생하는 총 하향 패킷 손실량과 총 상향 패킷 손실량,

$$L_{down}^{MIPv6} = L_{up}^{MIPv6} = D_{MD} + D_{BU} + D_{MN}. \quad (8)$$

반면, UMTS-WLAN 핸드오프일 경우에 하향 패킷 손실량,

$$L_{down}^{MIPv6} = D_{MN}. \quad (9)$$

그리고, 상향 패킷 손실량,

$$L_{up}^{MIPv6} = D_{BU} + D_{MN}. \quad (10)$$

하지만, 그림 3(b)에서 보듯이 제안 기법에서는 링크 활성화 후 이동성 감지하여 BU송신 전까지의 시간( $T_{LU}+T_{MD}+T_{BU}$ ) 이후에 패킷 손실은 최소화되기 때문에, 다음과 같이 상하향 패킷 손실시간을 구할 수 있다. 즉, WLAN-UMTS 핸드오프일 경우에,

$$L_{down}^{MDTM} = D_{MD} + D_{BU} \text{ 이고} \quad (11)$$

$$L_{up}^{MDTM} = D_{MD} + D_{MN'}.$$

반면, UMTS-WLAN 핸드오프일 경우,

$$L_{down}^{MDTM} = L_{up}^{MDTM} = 0. \quad (12)$$

그러므로, 제안기법이 MIPv6에 비해 갖는 패킷 손실에 있어 성능 향상률, P는

$$P_{down}^{MDTM} = \frac{L_{down}^{MIPv6} - L_{down}^{MDTM}}{L_{down}^{MIPv6}} \text{ 이고}$$

$$P_{up}^{MDTM} = \frac{L_{up}^{MIPv6} - L_{up}^{MDTM}}{L_{up}^{MIPv6}}. \quad (13)$$

위의 식들을 다음과 같이 정리하면 표 2와 같다.

위와 같이, WLAN-UMTS 핸드오프상에서 본 논문이 제안한 이원적 터널 기법 확장 MIPv6가 정량적 분

표 2 패킷 손실 량 비교 분석

구 분	패킷방향	UMTS-WLAN 핸드오프	WLAN-UMTS 핸드오프
MIPv6	하향	$D_{MN}$	$D_{MD} + D_{BU} + D_{MN}$
	상향	$D_{BU} - D_{BU} + D_{MN}$	$D_{MD} + D_{BU} + D_{MN}$
DT-Ex	하향	0	$D_{MD} + D_{BU}$
	상향	0	$D_{MD} + D_{MN}$

석으로도 상하향 패킷 손실이 가장 적음을 확인된다. 이를 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션 결과를 통해 위의 분석을 입증하도록 한다.

5. 실험 및 결과 분석

본 장은 MIPv6와 제안기법이 UMTS-WLANS 핸드 오프 및 WLAN-UMTS 핸드오프의 두 가지 시나리오 상에서 패킷 손실률에 있어 성능 차이를 비교한다.

5.1 실험 환경 및 시나리오

표 3은 실험환경에 대한 세부사항이다.

표 3 실험 환경 변수 및 값

환경변수	값
시뮬레이션 도구	OPNET ver.11.5
이종 무선 접속 망 종류 및 무선 반경	UMTS 망(반경 200m), WLAN 망(반경 25m)
실험 시간	500 sec.
무선 단말 이동 속도	Uniform over 5 m/s
응용(패킷 발생)	CBR(500 bytes, $\omega=0.02$ sec.)

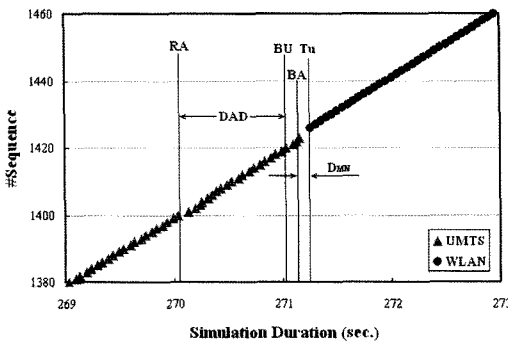
이동 단말은 속도 5m/s로 일정하게 이동하여 UMTS 망에 들어가면서 터널생성 완료 후 통해 패킷을 수신 받는다. 실험은 이 시점에서부터 시작하여, 시속 5m/s로 일정하게 이동하여 WLAN 서비스 영역으로 들어갔다다 그 WLAN영역을 벗어나 다시 UMTS 망으로 나온다. 그 동안 MIPv6에 의해 터널이 갱신되는 과정과 제안 기법에 의한 이원적 터널 기법에 의해 터널이 갱신되는 과정에서 수신되는 데이터 패킷의 #seq를 측정하여 패킷 손실률을 측정하였다.

5.2 실험 결과 분석

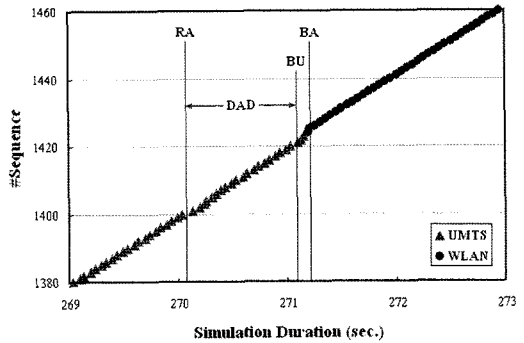
실험결과는 다음 두 가지(UMTS-WLAN 핸드 오프 와 WLAN-UMTS 핸드오프)로 구분하여 결과를 분석 한다.

5.2.1 UMTS-WLAN 핸드오프

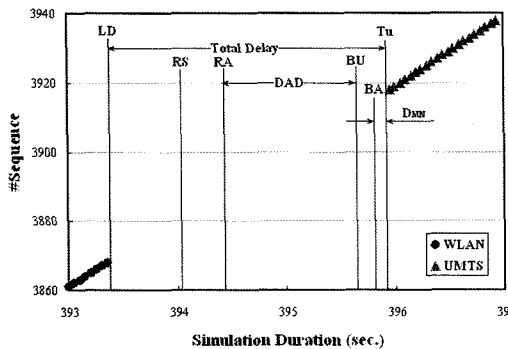
그림 5(a)와 5(b)는 UMTS 망 지역에서 WLAN 망으로 이동, 즉 UMTS-WLAN 핸드오프 동안 시간 별 단말에 전송되는 하향 패킷 #seq를 측정한 결과이다. 이와 같은 경우는 WLAN망에 들어가더라도 UMTS망 서비스와 WLAN 망 서비스를 동시에 받을 수 있기 때문



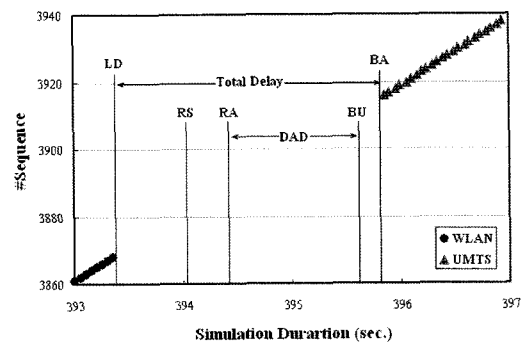
(a)



(b)



(c)



(d)

그림 5 실험결과; (a) MIPv6의 UMTS-WLAN 핸드오프, (b) MDTM의 UMTS-WLAN 핸드오프 (c) MIPv6의 WLAN-UMTS 핸드오프, (d) MDTM의 WLAN-UMTS 핸드오프

에, 비교적 패킷손실이 적다. 이를 그림 6의 실험 결과를 통해 확인할 수 있다. 하지만, BA 메시지를 받은 후부터 터널생성이 완료되는 시점까지 패킷 손실이 발생한다. 패킷손실로 인해 발생하는 시간지연은 다음 표 4와 같은 결과를 얻는다.

제안기법이 UMTS 망에 연결된 상태에서 BU를 송신한 후, 수신 전용 터널을 미리 생성하기 때문에 발생하는 패킷 손실이 표준MIPv6에 비해 최소화된다. 그로 인해 제안기법은 하향 패킷 전송에서 발생한 MIPv6의 지연시간 0.10초 동안에도 패킷을 끊임없이 수신할 수 있다. 만약, 식 (11)으로 상향 패킷 전송에서의 지연시간을 추정해 본다면, MIPv6의 지연시간 0.24초 동안 발생하는 패킷 손실을 최소화 할 수도 있다.

5.2.2 WLAN-UMTS 핸드오프

그림 5(c)와 (d)는 WLAN 망 지역에서 UMTS 망으로 이동, 즉 WLAN-UMTS 핸드오프 동안 시간 별 단말에 전송되는 하향 패킷 #seq를 측정한 결과이다. 이 경우에는 WLAN 망 서비스 지역에서 벗어나는 순간 더 이상 WLAN으로부터 서비스 받을 수 없으며, 단지 UMTS망으로부터만 패킷 수신이 가능하기 때문에 패킷 손실이 UMTS-WLAN 핸드오프 보다 상당히 많다. 표 4는 패킷손실에 의해 발생하는 지연시간에 대한 분석 결과이다.

WLAN에 비해 비교적 복잡한 과정으로 인해, WLAN L2 활성화 시간보다 0.06초 지연된다. 그뿐만 아니라, WLAN 영역을 완전 벗어나서 UMTS망으로 터널 생성이 완료 시점까지 아무런 패킷을 받지 못하기 때문에 UMTS-WLAN 핸드오프에 비해 상당히 많은 패킷 손실이 발생한다. 표 4를 보면, 제안 기법은 하향 패킷 전송에 있어 표준 MIPv6보다 0.12초의 지연시간을 단축한다.

표 4 UMTS-WLAN 핸드오프 지연시간 비교 단위: 초

구분		$T_{LU}$	$T_{MD}+T_{BU}$	$T_{BA}$	$T_{TU}$	계
MIPv6	하향	UMTS: 0	UMTS: 0	-	0.10	0.10
	상향	(WLAN:0.04)	(WLAN: 1.04)	0.14		0.24
MDTM	하향	UMTS: 0	UMTS: 0	-	-	0.0
	상향	(WLAN:0.04)	(WLAN: 1.04)	-	-	0.0

표 5 WLAN-UMTS 핸드오프 지연시간 비교 단위: 초

구분		$T_{LU}$	$T_{MD}+T_{BU}$	$T_{BA}$	$T_{TU}$	계
MIPv6	하향	UMTS:	UMTS:	0.30	0.14	2.24
	상향	0.08	1.72			
MDTM	하향	UMTS:	UMTS:	0.32	-	2.12
	상향	0.08	1.72			

그래서 식 (13)에 따라 약 5.3% 패킷손실을 경감한다. 이와 같은 성능향상 근원은 다음과 같다. 표준 MIPv6가 BA를 수신 후, 터널생성 및 라우팅 갱신완료 시점까지 추가적으로 패킷이 손실되는 데에 비해, 제안 기법은 BA를 수신하기 전에 수신전용 터널을 미리 생성하기 때문에 MIPv6에 비해 추가 패킷손실을 그보다 경감할 수 있다.

그뿐만 아니라, 상향 패킷 전송에 있어서의 성능향상도 표 5의 실험 결과, 식 (8), 그리고 식 (11)을 통해 추정할 수 있다. 제안 기법에서 단말은 BU를 송신하고 BA를 수신하기 전에 수신전용 터널을 생성한다. 상향 패킷 전송에서는 수신전용 터널 생성을 위한 시간 ( $t_{tu}-t_{ba}$ )동안 패킷을 손실할 가능성이 존재하므로,  $T_{LU}+T_{MD}+T_{BU}+(t_{tu}-t_{ba})$ 시간 동안 지연될 수 있다. 결과적으로, 제안 기법은 MIPv6에 비해 0.42초의 지연시간을 줄이고, 식 (13)에 따라 약 18.7% 패킷 손실을 줄일 수도 있다.

6. 결론 및 향후 연구방안

본 논문은 앞서 제시한 정량적 분석과 실험결과를 통해 표준 MIPv6에 비해 제안기법(MDTM)이 하향 패킷 전송 시 최소 5.36% 이상의 성능 향상을 보인다. 이는 제안 기법이 단말의 BU-BA 송수신 후 터널 생성 및 라우팅 갱신 동안 추가적으로 발생하는 패킷 손실을 줄이기 때문이며, 이를 토대로 우리는 제안기법이 성능 향상이 성립된다고 믿는다.

본 논문이 향후 연구에 있어 보완해야 할 사항은 하향 패킷 전송 결과 이외에 상향 패킷 전송에 대한 실험 결과를 보완하여 제안기법의 성능 향상을 보다 명백히 입증하는 것이다.

참고 문헌

- [1] A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, "WLAN/GPRS Integration for Next-generation Mobile Data Networks," IEEE Wireless Comm., vol.9, no.5, Oct. 2002. pp. 112-124.
- [2] M. Buddhikot et al., "Integration of 802.11 and Third generation Wireless Data Networks," in proc. of IEEE INFOCOM '03, Apr. 2003.
- [3] C. Perkins, "IP mobility support," IETF RFC2002, Oct. 1996.
- [4] T. Kato, R. Takechi, and H. Ono, "A Study on Mobile IPv6 Based Mobility Management Architecture," June 2001, [online] Available: <http://magazine.fujitsu.com/us/~vol37-1/paper09.pdf>.
- [5] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," IETF RFC 5268, June 2008.
- [6] 3GPP; TSG SA, "General Packet Radio Service

(GPRS); Service description; Stage 2(Release 6)," 3GPP TS 23.060 v7.5.0, Sept. 2005.

- [7] H. Soliman, et al., "Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) Mobility Management," IETF RFC 5380, October 2008.



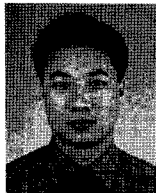
최영환

2002년 충남대학교 컴퓨터과학과 학사  
 2005년 충남대학교 컴퓨터과학과 석사  
 2009년 충남대학교 컴퓨터공학과 박사  
 관심분야는 이동성 지원 라우팅, 무선 멀티캐스팅, 무선 애드혹 망, 센서망



김연정

2000년 광운대학교 컴퓨터공학과 학사  
 2000년~2004년 현대전자 통신 시스템 연구원. 2008년 충남대학교 컴퓨터공학과 석사. 관심분야는 MIPv6 및 VHO



우부재

1999년 중국 Lanzhou Jiaotong 대학교 Communication Engineering 학사. 2006년 충남대학교 컴퓨터공학과 석사. 2009년 현재 충남대학교 컴퓨터공학과 박사수료. 관심분야는 이동성 지원 라우팅, 무선 멀티캐스팅, 무선 애드혹 망, 센서망



박수창

2005년 충남대학교 컴퓨터과학과 학사  
 2009년 현재 충남대학교 컴퓨터공학과 석박사통합과정. 관심분야는 이동성 지원 라우팅, 센서망



김상하

1980년 서울대학교 화학과 학사. 1984년 University of Huston 석사. 1989년 University of Huston 박사. 1992년~현재 충남대학교 정보통신공학부 교수. 관심분야는 무선/이동 QoS, 무선 멀티캐스트