

# WLAN과 UMTS 네트워크 간의 수직적 핸드오버 지연 감소를 위한 알고리즘

## A Delay Reduction Algorithm for Vertical Handover between WLAN and UMTS

김 병 기\*  
Kim, Byung gi

### 요 약

초고속 글로벌 이동통신을 제공하기 위해서 3세대망인 UMTS와 WLAN의 각각의 장단점을 보완하여 통합한다. 현재 B3G 망의 구조는 크게 장기적인 관점의 tightly-coupled 방식과 현재 연구의 초점이 되고 있는 loosely-coupled 방식으로 나눌 수 있다. Loosely-coupled 방식은 MIP의 HA/FA를 사용하여 수직적 핸드오버를 구현하는 방식이다. Loosely-coupled 방식은 tightly-coupled 방식에 비해 독립적 확장이 가능하고 비교적 구현이 쉬우나 핸드오버의 지연으로 인한 패킷 손실과 서비스 끊김 등의 단점이 있다. 본 논문에서는 이를 개선하기 위하여 HMIPv6의 MAP를 사용하여 WLAN과 UMTS의 인터워킹에 대한 수직적 핸드오버 프로시저를 제안한다. 각 단계별 총 지연시간을 통하여 블로킹 확률을 측정해 본 결과 제안된 HMIPv6를 사용한 방식이 기존의 MIP를 사용한 방식보다 성능이 우수함을 확인한다.

### Abstract

By complementary integration of WLAN and UMTS, a Beyond third Generation(B3G) mobile network can be constructed to establish the fastest global roaming environments. There are 2 types of B3G networks: loosely-coupled and tightly-coupled. A tightly-coupled network demands lots of investment and considerable amount of time to construct. On the other hand a loosely-coupled network is more scalable and easier to implement than a tightly-coupled one. But it has critical drawbacks of packet loss and blocking of services due to handover delay. To alleviate these drawbacks this thesis proposes a vertical handover procedure between WLAN and UMTS, which is based on MAP of HMIPv6. Performance of the proposal is evaluated in terms of blocking probabilities. The proposed procedure based on HMIPv6 shows better performance than those based on MIP.

☞ Keyword : Vertical handover, UMTS, HMIPv6, MAP

## 1. 서 론

유무선 망의 통합과 함께 개인의 이동성이 증가하고 동영상 등과 같은 멀티미디어적인 다양한 서비스의 출현에 따라 초고속 이동통신 서비스가 주목을 받고 있다. 이에 차세대 통신으로써 언제 어디서나 누구에게나 저렴한 사용요금으로 서비스 제공이 가능한 이동통신 서비스가 필요

로 하게 됨에 따라서 현재 존재하는 모든 서비스들 간의 연동은 불가피한 사항이 되었다. 이에 본 논문에서는 IEEE에서 제안된 802.11 WLAN (Wireless Local Area Network)과 ETSI(The European Telecommunications Standards Institute)에서 3세대 망으로 제안된 UMTS 서비스 연동에 초점을 두었다. WLAN은 서비스 영역이 좁은 대신에 전송속도가 높고(54Mbps) 저비용이 드는 반면에 UMTS 서비스는 서비스 영역은 넓으나 전송속도가 느리고(384kbps ~ 2Mbps) 고비용이 든다. 그러므로 두 서비스를 통합하여 서로의 장단점을 보완하면 큰 효과를 거둘 수 있

\* 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수  
bgkim@ssu.ac.kr(제1저자)

[2004/07/26 투고 - 2004/09/30 1차 심사 - 2005/04/26  
2차 심사 - 2005/05/30 심사완료]

다. 현재 3GPP(for Europe and Asia)에서는 WLAN과 UMTS 사이에 인터워킹을 위한 표준규격을 개발하고 있으나 3GPP2(for North America and Korea)에서는 아직 구체적인 표준화 작업을 하고 있지 않다[1].

인터워킹방식에는 WLAN과 UMTS이 직접적으로 연결되는 tightly-coupled 방식과 현재 연구의 초점인 WLAN과 UMTS를 인터넷을 거쳐 연결하는 loosely-coupled 방식으로 구분된다. 현재까지 제안된 loosely-coupled 인터워킹 방안에는 응용계층에서 설정할 수 있는 SIP를 이용한 방안[2]과 전송 계층에 적용하는 TCP[3]와 SCTP[4]를 이용한 방법이 있다. 또한, 네트워크 계층의 방식에는 MIP(Mobile IP)를 적용한 방법이 있으나[5], 인터넷을 거쳐 와야 하기 때문에 로밍시 끊김없는 서비스를 제공에는 어려움이 있다. 그러므로, 본 논문에서는 MIP를 사용한 인터워킹 방법과 비교하여 HMIPv6(Hierarchical MIPv6)를 적용한 새로운 방안을 제안하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 서론에 이어 2장에서는 WLAN과 UMTS에 대한 간략한 설명과 이 두 네트워크 통합에 관한 MIP를 적용하여 인터워킹 하는 기존의 방안을 소개한다. 그리고 본 논문에서 HMIPv6 적용한 UMTS와 WLAN의 통합 방안을 제안한다. 3장에서는 기존의 방식과 제안된 방안을 평가하며 4장에서는 결론을 맺는다.

## 2. UMTS와 WLAN의 통합된 인터워킹 방안

그림 1은 IEEE 802.11 WLAN[6]과 3세대 UMTS의 통합된 구조를 보인다. 그림 1의 왼쪽 부분과 오른쪽 부분은 각각 WLAN과 UMTS의 구조를 나타낸다. IEEE 802.11 WLAN 규격에서는 1계층과 2계층에 관한 자세한 정의를 하고, 3계층부터는 기존의 이더넷과 동일한 구조

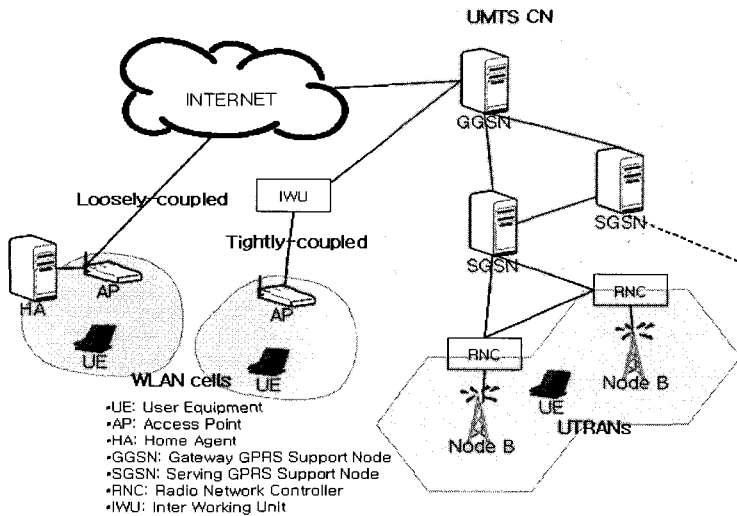
로 동작한다. UMTS는 코어 네트워크(Core Network, CN)와 UTRAN(UMTS Terrestrial Radio Access Network)으로 구성되며, 코어 네트워크는 음성 통신 서비스를 위한 CS(Circuit-Switched) 서비스 도메인과 데이터 서비스를 위한 PS(Packet-Switched) 서비스 도메인으로 구성된다. 본 논문에서는 PS 서비스 도메인 기반만을 고려한다. 또한, 하나의 UTRAN 셀 영역 내에는 여러 개의 WLAN 셀이 존재하여 WLAN과 UMTS 사이의 핸드오버를 위한 방안들이 필요하다. 지금까지 제안된 WLAN과 UMTS의 인터워킹 방식은 크게 tightly-coupled 방식과 loosely-coupled 방식으로 나눌 수 있다[5].

### • Tightly-coupled 방식

그림 1에서와 같이 UMTS 코어 네트워크와 IEEE 802.11 WLAN이 직접적으로 연결되어 있는 방식이다. 기본적인 서비스의 제어와 관리 기능은 UMTS 코어 네트워크에서 담당하지만, UMTS와 WLAN 간의 연동을 위해서는 IWU(Inter Working Unit) 장비가 필요하다. 즉, IWU 장비는 WLAN이 UMTS 코어 네트워크에 이용할 수 있는 기능을 자연스럽게 모방하여 하나의 UMTS 셀(즉, UTRAN)로 인식하게 한다. 서로 다른 이 두 네트워크들은 물리계층의 무선 인터페이스 상에 사용된 프로토콜과는 독립적으로 기존에 UMTS에서 제공하는 시스템의 보안과 QoS, 과금, 이동성은 그대로 적용된다. 그러나 WLAN 단말에 UMTS 관련 모듈을 모두 탑재해야하고 관련표준화에 상당한 시간과 노력이 소모되므로 장기적인 관점에서 접근할 수 있는 망구조이다.

### • Loosely-coupled 방식

Tightly-coupled 방식과는 달리 IEEE 802.11 WLAN과 UMTS이 직접적으로 연결되지 않고 그림 1과 같이 인터넷 망을 거쳐서 연결되므로 UMTS와 WLAN이 각기 독립적으로 운용되면서 과금 및 인증관련 연동을 위한 인터페이스만을 정의한다. 관련 인터페이스는 IP 상위계층에



〈그림 1〉 Loosely-coupled와 tightly-coupled 인터워킹 방식

서 정의되는 것이므로 비교적 구현이 쉽다. 그러나 UMTS에서 정의된 위치제어, QoS, 보안등의 고급기능이 WLAN에서는 지원되지 않는다. 다시 말해 이 방식은 UMTS와 WLAN이 서로 독립적으로 동작하기 때문에 독립적 트래픽 엔지니어링이 가능하므로 다른 네트워크 상황에 상관없이 확장이 가능하다. 그러나 이 방식은 시스템 간 로밍시 끊김 없는 핸드오버가 어렵고 QoS 측면에서도 제한적인 기능을 갖는다. 또한 관련연동을 위해 인증 및 과금 등의 AAA기능과 MIPv6 기반의 이동성 지원기능 등의 도입이 필요하다.

본 논문은 현재 통합연구의 초점인 loosely-coupled 방식의 MIP를 적용한 방안의 핸드오버 지연을 줄이기 위해 HMIPv6를 적용하여 개선 시키고자 한다.

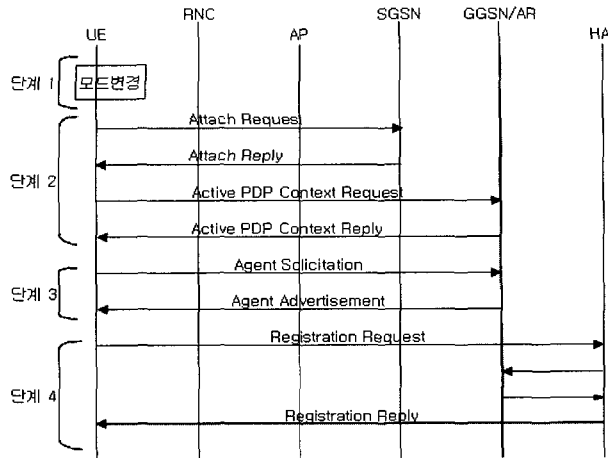
## 2.1 MIP의 HA/FA를 사용한 수직적 핸드오버

MIP에서는 HA와 FA를 두고 두 에이전트간의 등록과 패킷의 터널링으로 다른 네트워크들과의 통신을 가능하게 한다. 그러므로, UMTS와 WLAN에 각각 에이전트들을 두어 그림 1의 loosely-coupled 으로 WLAN과 UMTS 사이의 수직적

핸드오버를 실행한다. UE(User Equipment)는 WLAN 셀과 UMTS 셀의 어느 곳에서든지 동작할 수 있는 이중모드(dual mode)이다. 즉, UE는 WLAN 셀의 AP나 UMTS 셀의 Node B로부터 beacon 신호들을 감지할 수 있다. WLAN 셀에서는 직접적으로 IP를 사용하고 이동성을 위해 MIP를 사용하고, UMTS 셀에서는 UMTS Session Management(SM)을 사용하고 이동성을 위해 UMTS Mobility Management(UMM)을 사용한다.

그림 2는 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 프로시저를 나타내며 WLAN이 홈 네트워크라 가정한다. UE가 WLAN 셀 내에서 다른 노드와 통신을 하고 있는 도중에 WLAN으로부터 오는 신호세기가 기준 신호세기이하 떨어질 때 UMTS 셀로부터 오는 신호세기가 일정수준 이상임을 감지할 때, UMTS 셀로의 핸드오버를 결정하고 모드를 변경한다. 이때 수직적 핸드오버의 단계는 다음과 같다.

- 단계 1 : UE가 WLAN 셀에서 통신을 하는 도중 핸드오버가 일어날 것임을 감지하게 될 때, 자신의 모드를 변경하고 WLAN과 이동할 UMTS에게 핸드오버 알림 메시지를 보낸다[7].



〈그림 2〉 MIP를 사용한 WLAN 에서 UMTS 로의 수직적 핸드오버 프로시저

• 단계 2 : UE가 자신이 이동할 UMTS 네트워크에 통신을 위한 모든 정보를 유지하는 유효한 PDP/MM Context가 없다면 UMTS에게 자신의 정보를 포함한 Attach Request 메시지를 보내고 서비스를 이용하기 전 PDP/MM Context를 활성화 상태로 전환 시켜야 한다. 만약 UE가 아직 종료되지 않은 PDP/MM context를 가지고 있었거나 UMTS에게 PDP session standby 메시지를 보냈었다면 단순히 정상적이 Routing Area Updating 메시지만 보내주면 된다[8].

• 단계 3 : 각 에이전트들은 자신에 대한 정보를 Agent Advertisement 메시지에 담아 주기적으로 브로드캐스트 한다. UE가 UMTS 셀로 핸드오버를 하기 위해서 UE는 Agent Advertisement 메시지를 바로 받을 수도 있지만, 필요하다면 FA에게 Agent Solicitation 메시지를 보내어 Agent Advertisement 메시지를 받을 수 있다.

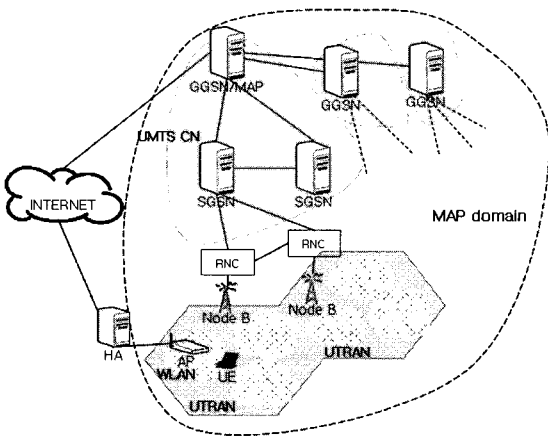
• 단계 4 : UE가 해당하는 FA에게 Registration Request 메시지를 보내면 FA는 이 메시지를 받아 HA의 주소를 파악하여 필요한 정보들을 바인딩한 후 UE가 있던 WLAN망의 HA에게 인터넷을 거쳐서 이 메시지 패킷을 보낸다. Registration Request 메시지를 받은 HA는 UE가 다른 지역으로 이동하였음을 감지하고 Regis-

tration Reply 메시지에 사용할 IP를 담아 다시 인터넷을 거쳐 FA에게 보내준다. 메시지를 받은 FA는 필요한 정보를 추출해 자신의 테이블을 업데이트 하고 UE에게 전달할 수 있게 설정한다.

반대로 UMTS에서 WLAN으로의 핸드오버의 경우도 위와 비슷한 절차로 이루어지며, 그림 3에서 보이듯이 WLAN 셀 영역이 UMTS 셀 영역 내에 위치하게 되므로 UMTS에서 WLAN으로의 핸드오버에 의한 끊김이 일어날 경우는 거의 없다. 그러므로, 본 논문에서는 이 경우의 핸드오버 프로시저에 관해서는 다루지 않는다.

## 2.2 HMIPv6의 MAP을 사용한 수직적 핸드오버

지금까지 MIP의 HA/FA를 사용하여 WLAN과 UMTS 사이의 인터워킹 방식을 살펴보았다. MIP를 적용한 방식은 HA와 FA 사이의 등록 절차 시그널링이 인터넷을 거쳐감으로 인한 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 문제가 있다. 그러므로, 이를 개선하고자 그림 3과 같이 HMIPv6[9]에서 제안된 MAP(Mobile Anchor Point)을 사용하는 방안을 제시하고자 한다. HMIPv6에서는 UE의 현재 주소를 파악하기 위해 세 가지 타입의 주소가 정의된다.: 홈 주소(home address)와 LCoA



〈그림 3〉 MAP을 사용한 수직적 핸드오버

(on-link care-of address), RCoA(regional care-of address). MAP은 중간자적 역할로써 UE가 홈 네트워크에서 외부네트워크로 이동 하였을 때 HA와 MAP 사이에 등록이 수행된다. 그러나, UE가 같은 MAP 도메인 내에서 이동한다면 MAP으로의 업데이트를 하기 위해 LCoA만 변하게 된다. 그러므로, 수직적 핸드오버가 일어날 때 UE와 HA사이의 인터넷을 거치는 메시지 교환으로 인한 지연은 줄어들 수 있다.

WLAN이 홈 네트워크라 가정하고 GGSN들 중에 하나를 MAP으로 선정했을 때, 이동노드의 모드 변경과 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 알고리즘은 그림 4와 같으며 이 알고리즘에서 사용되는 변수들의 정의는 그림 5와 같다. 이동노드가 홈 네트워크의 셀 내에서 통신하고 있다가 셀의 경계지역으로 오게 되면 홈 네트워크로부터 오는 신호세기는 점점 약해진다. 그림 4에서처럼 이동노드는 항상 beacon 신호를 모니터링하고 있다가 현재 통신하고 있는 WLAN 셀로부터 오는 신호의 세기가 임계치 값 이하로 떨어지면 다른 외부네트워크로부터 오는 신호가 있는지를 찾고, 그 신호세기가 임계치 이상일 때 핸드오버를 결정하게 된다. 이때, 외부네트워크로부터 오는 신호세기가 같은 종류의 네트워크로부터 오는 신호라면 간단히 L1/L2 핸드오버만으로

```

알고리즘: WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버
procedure VHO( )
if any signal
and signal both from WLAN & UMTS
and WLAN's strength < threshold
and UMTS's strength > threshold
Begin
then mode:=UMTS
if UMTS attach and valid PDP/MM Context
then send Routing Area Update message
else
then send UMTS Attach Request
and PDP/MM Context Request messages
if registered in MAP
Begin
then send Binding Update message
success:= TRUE
End
else
Begin
Build CoA
Send Binding Update message to MAP/HA
success:= TRUE
End
else success:=FALSE
End
{
if success is TRUE.
then exit handover and monitor signal
else handover is failed and monitor other signal
}
    
```

〈그림 4〉 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 알고리즘과 모드변경

도 핸드오버는 가능하지만, 다른 종류의 네트워크로부터 오는 신호라면 자신이 모드를 변경하는 것으로 수직적 핸드오버를 시작한다. 모드를 변경한 후 이동노드가 이전에 attach한 적이 있는 UMTS라면 유효한 PDP/MM Context를 유지하고 있으므로 간단히 바인딩 업데이트만으로도 충분하지만, 유지되는 Context가 없다면 UMTS로의 Attach과정을 수행해야 한다. 유효한 PDP/MM Context를 유지하고 있는 이동노드의 경우 이전의 MAP과 HA와의 바인딩이 이루어져 있는 동일 MAP 도메인 내에서 이동하는 중이라면 간단히 MAP으로의 BU 메시지를 보내는 것을 끝

- monitor : 이동노드가 자신이 속해있는 네트워크로부터 오는 신호를 감지하는 동작
- send : 이동노드가 해당하는 네트워크로 메시지를 전달
- build : 이동노드가 통신하기위해 주소를 생성하는 것
- success : 수직적 핸드오버의 성공여부의 값을 저장해두는 변수
- signal : 네트워크들로부터 오는 beacon 신호
- threshold : 신호세기의 임계치 값
- mode : 각 네트워크에서 이동노드가 동작하고 있는 모드

<그림 5> 알고리즘에 사용된 변수의 정의

으로 수직적 핸드오버를 마칠 수 있다.

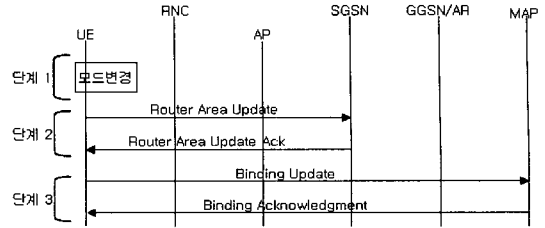
본 논문에서 제안하는 동일 MAP 도메인 내에서의 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 프로시저는 그림 6와 같다.

• 단계 1 : UE가 WLAN에서 통신을 하는 도중에 UMTS 셀로의 핸드오버가 일어날 것임을 WLAN과 UMTS에게 알리고 모드를 변경한다.

• 단계 2 : UE는 UMTS에게 자신의 정보를 담아 Attach Request 메시지를 보고, 메시지를 받은 UMTS는 UE가 UMTS 사용할 IP등을 담은 Attach Reply 메시지를 보낸다. UE는 Active PDP/MM Context Request 메시지를 UMTS 코어 네트워크에게 보내고 이를 받은 UMTS 코어 네트워크는 PDP/MM Context를 활성화 시키고 Active PDP Context Reply 메시지를 보낸다. 만약 그림 6에서 나타난 경우처럼 UE가 UTRAN에서 WLAN 셀로 핸드오버한 후 같은 UMTS 코어네트워크 내로 돌아간다면 단계 2에서 언급한 프로시저들 대신에 간단한 Routing Area

<표 1> 시스템 파라미터

Cell의 범위				
WLAN	200~300(LOS)m	UMTS	200m~2km	
bit rate(B)				
WLAN	2Mbps	UMTS	384kbps	
propagation times				
wired link	0.12ms			
wireless link	WLAN	1μs	UMTS	0.05ms
WLAN	2Mbps	UMTS	384kbps	
processing Time				
UE, Node B, AP	15ms	the others	5ms	



<그림 6> HMIPv6를 사용한 WLAN 셀에서 UMTS 셀로의 수직적 핸드오버 프로시저

Update 프로시저만 수행하면 된다.

• 단계 3 : 한 MAP 도메인 내에서 UE가 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버를 수행하였다면 인터넷을 거쳐 HA에 등록하지 않고, UE와 HA 중간에 위치하고 있는 MAP에게만 LCoA에 관한 Binding Update 메시지만 전달해줌으로써 수직적 핸드오버 과정을 마친다.

### 3. 평가

#### 3.1 시스템 파라미터

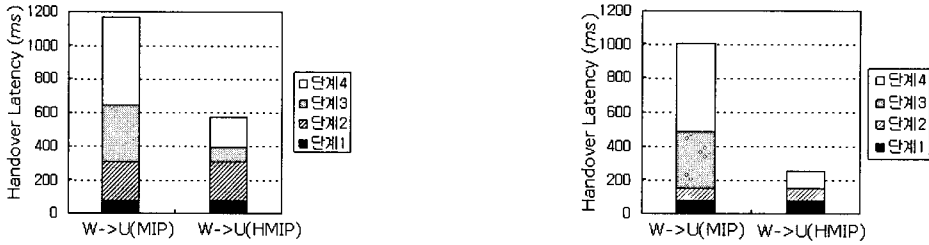
본 장에서는 기존의 방안[5]과 제안된 방안을 비교하기 위해 표 1과 같이 시스템 파라미터들 [10,11,12]을 정의한다.

#### 3.2 총 수직적 핸드오버 시간

총 수직적 핸드오버 시간( $T_s$ )은 모든 시그널링이 각 라우터나 노드들에게 전달되고 필요한 작업을 수행하는 시간들의 합으로써 위의 각 단계들을 수행하는데 걸리는 시간( $T_i$ )들을 합한 것이다. 수식 (1)은 이를 나타낸 것이다. 본 논문에서는 시그널링 중 링크 오류에 의한 재전송은 고려하지 않는다.

$$T_s = \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

표 1에서 정의된 각 시스템 파라미터들을 기



(a) UMTS에 처음 진입

(b) UMTS에 두 번째 진입

〈그림 7〉 WLAN에서 UMTS로의 총 수직적 핸드오버시간 비교

반으로 MIP와 HMIPv6를 적용한 경우들에 대한 총 수직적 핸드오버 시간을 구하면 그림 7과 같다. 이때, MAP과 GGSN의 홉간 거리는 1이고 GGSN과 HA사이의 홉간 거리는 5라 가정한다. 그림 7(a)는 2장에서 설명한 수직적 핸드오버시 각 단계별로 걸리는 지연시간을 나타낸다. 이때 WLAN을 홈 네트워크로 하는 이동노드가 홈 링크에서 통신을 하다가 외부 네트워크인 UMTS로 처음 진입하거나 유효한 PDP/MM Context가 없을 경우이다. 그림 7(b)는 이동노드가 WLAN 셀 내에서 거주하는 도중에 UMTS로의 수직적 핸드오버시 유효한 PDP/MM Context가 유지되고 있는 상황에서의 핸드오버 지연을 보인다. 이때 단계 1과 단계 2는 두 방안 모두 동일하게 이루어지며, 단계3과 단계4에서 크게 차이가 난다. 즉, 기존의 방안은 매번 외부네트워크로 이동할 때마다 FA를 찾아 자신의 주소를 생성하여 HA와 등록하여주는 절차를 항상 인터넷을 거쳐 통신하기 때문에 홉간 거리에 따라 지연시간이 심하게 늘어난다. 그에 반해 제안된 방안은 동일 MAP 도메인 내에서의 서로 다른 네트워크의 핸드오버라 할지라도 HA까지 메시지를 전달하고 받을 필요 없이 중간에서 MAP에게 간단히 업데이트만으로도 핸드오버가 가능하므로 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 지연시간이 5배가량 줄어드는 것을 볼 수 있다. 또한, 그림 7 (a)와 (b)에서 제안한 방안을 보면 이동노드가 UMTS에 처음 진입 했을 때보다 같은 MAP 도메인 내에 존재할 때가 지연시간이

35%정도 감소하는 것을 볼 수 있다.

### 3.3 블로킹 확률

UE가 한 셀에서 다른 셀로 이동하는 중에 이전에 셀에서의 거주시간이 다른 셀로 이동하기 위한 총 핸드오버시간보다 작다면 링크손실에 의한 서비스의 끊김과 패킷손실이 발생한다. 이를 블로킹 확률이라 하며 이 확률을 구하면 다음과 같다.

수직적 핸드오버로 인한 시그널링 지연시간을 나타내는 랜덤함수를 T라고 정의 한다면 T는 수직적 핸드오버가 일어나는  $T_s$  시간을 평균값으로 하는 지수적인 분포임을 가정한다. 그러므로 T를 확률밀도함수(pdf,  $f_T$ )[13]로 나타내면 다음과 같다.

$$f_T(t) = \begin{cases} \frac{e^{-t/T_s}}{T_s}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (4)$$

UE가 수직적 핸드오버가 일어나고 있는 영역 내에서의 거주시간( $T_d$ )의 확률밀도 함수를 지수 분포( $f_{T_d-\text{exp}}(t)$ )로 나타내면 다음과 같다.

$$f_{T_d-\text{exp}}(t) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda t}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$\frac{1}{\lambda}$  : UE의 평균 거주시간

이를 감마분포의 확률 밀도 함수( $f_{T_d-gam}(t)$ )로 나타내면 다음과 같다.

$$f_{T_d-gam}(t) = \begin{cases} \frac{\eta e^{-\eta t} (\eta t)^{\omega-1}}{\Gamma(\omega)}, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (6)$$

여기서 각 파라미터는 다음과 같다.

$\omega$ : shape parameter

$\eta$ : scale parameter이며,  $\eta = \sigma\omega$  를 나타냄.

( $\sigma$ : 평균값)

그러므로 수직적 핸드오버의 블로킹 확률( $P_B$ )을 지수분포확률( $P_{B,exp}$ )과 감마분포확률( $P_{B,gam}$ )로 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_{B,exp} &= 1 - P_r\{T < T_d\} = P_r\{T > T_d\} \\ &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} f_{T_d,exp}(t) dt \\ &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} \lambda e^{-\lambda t} dt \\ &= \frac{\lambda T_s}{1 + \lambda T_s} \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} P_{B,gam} &= 1 - P_r\{T < T_d\} = P_r\{T > T_d\} \\ &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} f_{T_d-gam}(t) dt \\ &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} \frac{\eta e^{-\eta t} (\eta t)^{\omega-1}}{\Gamma(\omega)} dt \end{aligned} \quad (8)$$

여기서  $\Gamma(\omega)$ 는 다음과 같다.

$$\Gamma(\omega) = \int_0^\infty e^{-t} t^{\omega-1} dt \quad (9)$$

이때  $\omega$ 가 정수 값인  $n$ 일 경우 즉,  $\omega = n$ 일 때  $\Gamma(\omega)$ 는 다음과 같다.

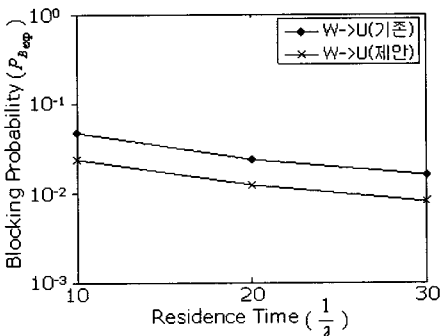
$$\Gamma(n) = (n-1)! \quad (10)$$

그러므로  $\omega = 1$ 일 경우에 감마 분포는 아래와 같다.

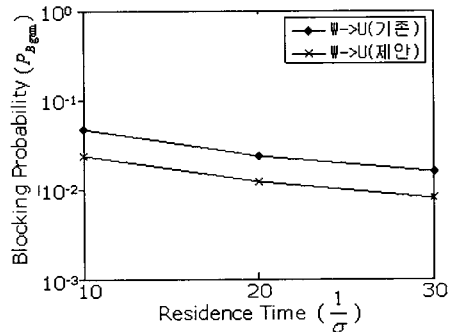
$$\begin{aligned} P_{B,gam}|_{\omega=1} &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} \frac{\eta e^{-\eta t} (\eta t)^{\omega-1}}{\Gamma(\omega)} dt \\ &= \int_0^\infty e^{-t/T_s} \eta e^{-\eta t} dt \\ &= \frac{\sigma T_s}{1 + \sigma T_s} \end{aligned} \quad (11)$$

그림 8은 수직적 핸드오버 시 거주시간에 따른 블로킹 확률을 지수분포밀도함수로 도출해낸 것이다. WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 시에는 이동노드가 통신하고 있던 WLAN 셀의 경계지역의 거주시간에 따라 MIP를 적용한 방안보다 HMIPv6를 적용한 방안이 블로킹 확률이 약 2배 이상 높음을 볼 수 있다.

또한, 그림 9는 그림 8과 마찬가지로 수직적 핸드오버 시 셀 거주시간에 따른 블로킹 확률을 감마분포밀도함수로 도출해 낸 것이다. 그림 9는 WLAN에서 UMTS로의 수직적 핸드오버 경우를  $\omega$ 값이 1일때를 나타낸다. 여기서도 MIP를



〈그림 8〉 거주시간에 따른 블로킹 확률(지수분포)



〈그림 9〉 거주시간에 따른 블로킹 확률(감마분포)



적용한 기존방안보다 제안된 HMIPv6을 적용한 방안이 블로킹 확률이 2배 정도 높음을 볼 수 있다. 그러므로, 제안된 방안을 사용하여 WLAN과 UMTS의 인터워킹을 인터넷을 통해 동작할 때 향상된 끊김없는 서비스 제공을 지원할 수 있다.

#### 4. 결 론

인터넷이 발달하고 유비쿼터스 시대에 이르게 되면서 언제 어디서든지 이용 가능한 서비스가 필요하다. 따라서 이동통신에서 다른 서비스들 간의 연동이 중요한 부분으로 인식되고 있다. 활발히 진행되고 있는 WLAN과 UMTS의 통합된 인터워킹 연구 중 현재 대다수 연구의 초점이 되고 있는 loosely-coupled 방식의 MIP의 HA/FA를 두어 다른 네트워크간의 핸드오버를 가능하게 하였으나 에이전트들에게 등록하는 데 걸리는 시간과 인터넷망을 거쳐 가는데 걸리는 시간 등으로 인한 지연으로 패킷손실과 끊김 있는 서비스를 제공하게 된다. 이를 개선하고자 HMIPv6의 MAP을 사용하여 핸드오버로 인한 지연시간을 줄이는 방식을 제안하였다.

제안된 방식과 기존의 방식을 비교하기 위하여 시스템 파라미터들을 사용하여 총 핸드오버 시간을 비교하였다. 그리고 핸드오버로 인한 지연시간과 UE의 셀 내에 거주시간에 따른 블로킹 확률을 알아보기 위하여 지수분포와 감마분포로 측정하여 나타내었다. 이를 통해 분석된 제안된 방식은 기존의 핸드오버방식을 적용하였을 때보다 수직적 핸드오버 지연시간을 크게 줄임으로써 블로킹 확률들을 2배 이상 감소시켜 서비스의 중단을 방지할 수 있다.

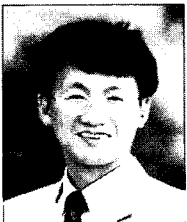
#### 참 고 문 헌

[1] 고석주, "3G-WLAN 연동 표준기술 동향", 한국전자통신연구원 표준연구센터, June 2003, <http://pec.etri.re.kr/~sjkoh /tech.html>

- [2] H. Schulzrinne and E. Wedlund, "Application-Layer Mobility Using SIP", ACM Mobile Computer. and Communications Rev., vol. 4, pp. 47~57, July 2000.
- [3] A. C. Snoeren and H. Balakrishnan, "An end-to-end Approach to Host Mobility," Proceeding of ACM Mobicom '00, Boston, MA, Aug. 2000.
- [4] L. MA, F. YU, and V. C. M. Leung, "A New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP", IEEE Communications, August 2004.
- [5] Shiao-Li Tsao and Chia-Ching Lin, "Design and Evaluation of UMTS -WLAN Interworking Strategies", Proceeding of IEEE Vehicular Technology Conference 2002 (VTC 2002) 56th, Vol. 2, pp. 777 - 781, 24-28 September 2002.
- [6] Matthew S. Gast, 802.11 Wireless Networks : The Definitive Guide, O'Reilly & Associates, April 2002.
- [7] Janise McNair, Ian F. Akyildiz and Michael D. Bender, "An Inter-System Handoff Technique for the IMT-2000 System", INFOCOM 2000. Nineteenth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings, Vol. 1, pp. 208 - 216, 26-30 March 2000.
- [8] Heikki Kaaranen, Siamak Naghian, Lauri Laitinen, Ari Ahtiainen and Valterri Niemi, UMTS Networks: Architecture, Mobility and Services, John Wiley & Sons, 14 August 2001.
- [9] Hesham Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 mobility management (HMIPv6)", draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, June 2003.
- [10] Nektaria Efthymiou, Yim Fun Hu and Ray

- E. Sheriff, "Performance of Intersegment Handover Protocols in an Integrated Space/Terrestrial -UMTS Environment", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 47, pp. 1179 - 1199, November 1998.
- [11] Yang Xino and Jon Rosdahl, "Throughput and Delay Limits of IEEE 802.11", IEEE Communications Letters, Vol. 6, pp. 355-357, August 2002.
- [12] 3rd generation Partnership Project. "Delay Budget within the Access Stratum", TR 25.853, v.4.0.0, <http://www.3gpp.org>
- [13] F. Khan and D. Zeglache, "Effect of cell residence time distribution on the performance of cellular mobile networks", Proceedings of IEEE Vehicular Technology Conference 1997 47th, Vol. 2, pp. 949-953, 4-7 May 1997.

## ○ 저 자 소 개 ○



### 김 병 기 (Byung-gi Kim)

1977년 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
1979년 한국과학기술원 전산학과 졸업(이학석사)  
1997년 한국과학기술원 전산학과 졸업(공학박사)  
1982년 3월 ~ 현재 숭실대학교 컴퓨터학부 교수  
관심분야 : 이동통신망, 디지털방송.  
E-mail : bgkim@ssu.ac.kr