

CDMA2000, WiBro 및 WLAN 연동을 위한 계층적 네트워크 구조와 핸드오프 프레임워크

A Hierarchical Network Architecture and Handoff Framework for Integrating CDMA2000, WiBro and WLAN

공 두 경* 조 진 성** 김 승 희*** 김 대 식****
Du-Kyung Kong Jin-sung Cho Seung-Hee Kim Dae-Sik Kim

요 약

차세대 이동통신 시스템은 유·무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성 및 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화할 전망이다. 따라서 이러한 상황에서 다양한 서비스를 제공하기 위해 이기종 무선망에 대한 연동 서비스에 대한 연구가 필요하다. 지금까지 연동망 구조에 대한 연구로서 하나의 핵심망을 기준으로 핵심망에서 네트워크들을 제어하는 형태의 연동망 구조가 연구되었고, 핵심망에서 서비스 통합 관리가 이루어져 다양한 서비스를 제공하게 된다. 하지만 핵심망에서 모든 이동성을 관리하기 때문에 네트워크 간 이동을 위한 버티컬 핸드오프 시에 핸드오프의 지연이 발생하며, 이전 통신한 네트워크로의 패킷은 손실된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 CDMA2000, WiBro 및 WLAN 네트워크에 대해 그 특성에 따라 연동망 구조를 계층적인 구조로서 제안한다. 따라서 각 네트워크의 범위 특성에 따라 오버레이 구조로 구성되어 있으므로 핸드오프 지연 및 패킷 손실을 최소화 할 수 있다. 또한 제안된 연동망 구조상에서 동작하기 위한 핵심 기술로서 독립적으로 표준화된 프로토콜들을 적용하여 차세대 이동통신 시스템에 대한 연동 서비스의 프레임워크를 제시한다.

Abstract

Next-generation mobile communication systems evolve in the form of high speed data transmission along with integration of wired-wireless network. Therefore, it needs researches on integrating service to heterogeneous networks to offer high speed data transmission and various services while supporting user mobility. In existing studies, heterogeneous networks are linked to single core network separately. Since vertical handoff between heterogeneous networks leads to some delay, packets may be lost during vertical handoff. To solve this problem, this paper proposes an hierarchically integrated network architecture considering the characteristics of CDMA2000, WiBro, and WLAN. The hierarchically integrated networks are overlaid according to coverage of each network. Therefore, the proposed architecture can minimize handoff delay and packet loss. In addition, this paper proposes an integrated framework for next generation mobile communication networks.

☞ Keyword : CDMA2000, WiBro, WLAN, Hierarchical integration architecture, 계층적 연동 구조, Handoff framework, 핸드오프 프레임워크

1. 서 론

지난 몇 년간 이동통신 서비스는 2G 이동통신 서비스로부터 3G 이동통신 서비스까지 급격한 성장을 보여 왔다. 이와 더불어 초고속 인터넷 보급의 활성화로 인한 인터넷 사용자들이 이동통신 시스템을 이용한 인터넷 서비스 제공에 대한 요구가 증가해 왔으며, 따라서 음성 위주의 서비스를 제공하던 이동통신 서비스는 멀티미디어 데이

* 준 회 원 : 현대정보기술 연구원
medstorm@naver.com

** 중 심 회 원 : 경희대학교 컴퓨터공학과 조교수
chojs@khu.ac.kr

*** 정 회 원 : ETRI 이동통신연구단 책임연구원
seung@etri.re.kr

**** 정 회 원 : ETRI 이동통신연구단 이동컨버전스연구그룹장
dskim@etri.re.kr

[2006/04/24 투고 - 2006/06/13 심사 - 2006/09/04 심사완료]

터 위주의 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 현재 beyond 3G 또는 4G라 불리는 차세대 이동통신 시스템은 보편적으로 유·무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성의 증가와 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화해 나갈 것으로 예상되고, 이러한 차세대 이동통신 시스템은 단일 네트워크의 형태가 아닌 3GPP, 3GPP2, WLAN, WiMAX, WiBro 등의 다양한 무선 액세스 기술이 공존하는 형태로 IP Multimedia Service를 제공하게 될 것으로 전망된다[1].

현재 차세대 이동통신 시스템의 전송속도 예상 기준은 고속 이동 중 최대 100Mbps, 정지 및 저속 이동시에 155Mbps ~ 1Gbps의 데이터 전송속도를 가지도록 정의하고 있다. 여기서 차세대 이동통신 시스템은 단지 3G 이동통신 시스템에 비해 단순히 데이터 전송속도의 향상에 목적을 두는 것이 아니라, 다양한 무선 네트워크와의 공존을 통한 "Ubiquitous Service" 제공을 위한 플랫폼 구축에 목적을 두고 있다[2]. 이러한 연동 서비스를 연구함에 있어서 중요한 점은 앞에서 언급했다시피 기존의 이동통신 인프라를 이용해야 한다는 점이며, 지금까지 연구 발표된 연동 서비스 방안에 대한 개념은 "All-IP" 기반의 연동 구조이다. 이는 이미 널리 퍼진 인터넷의 장점을 받아들여 패킷 통신을 위주로 이동통신이 발전함을 의미한다.

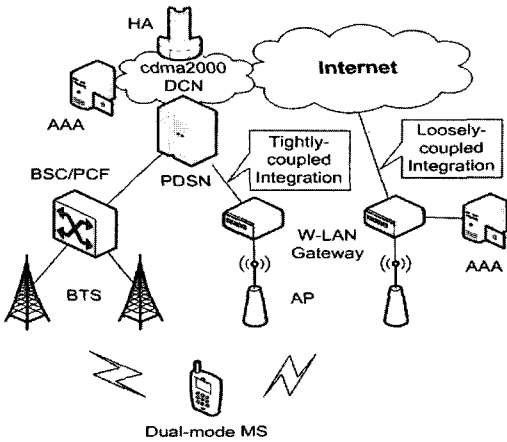
본 논문에서는 CDMA2000과 WiBro, WLAN를 대상으로 차세대 이동통신 서비스의 통합 모델을 제안한다. 즉, CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 기존의 네트워크들은 각기 독립적인 서비스를 이루고 있고, 미래의 유비쿼터스 환경을 구축하기 위해 다양한 서비스가 통합된 환경이 필요하다. 그렇기 때문에 기존의 인프라를 이용해야 하는 측면에서 독립적으로 서비스 되는 네트워크들의 연동 방안을 본 논문에서 제안하며, 이는 현재 차세대 이동통신 시스템에 대한 표준이 정립되지 않은 상태임을 감안할 때, 차세대 이동통신 시스템을 위한 핵심 요소 기술을 살펴보고 이를 통합하여 전체적인 프레임워크를 제시하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존 연구로서 연동 서비스를 위한 기반 연구 및 관련 연구를 살펴보고, 3절에서는 논문에서 제안하는 연동 서비스 구조와 버티컬 핸드오프 프레임워크에 대해 기술한다. 4절에서는 성능 분석을 통해 제안된 방안의 효율성을 제시하고, 5절에서 결론으로 마무리 한다.

2. 관련연구

이გი종 무선망 연동에 대한 연구는 (그림 1)과 같이 크게 Tightly coupled 방안과 Loosely coupled 방안으로 나눌 수 있다[3,4]. Tightly coupled 방식은 핵심망(core network)에 WLAN 접속망이 연결되는 형태로서, WLAN 망은 RAN처럼 하나의 접속망으로 동작한다. 이 시나리오에서는 핵심망과 WLAN 망간 연동을 위해 IWU(Inter-Working Unit) 장비가 필요하게 되며, 기본적인 서비스 제어 및 관리 기능은 핵심망에서 담당하게 된다. Tightly coupled 연동방식의 장점은 기존에 제공되는 3G 시스템의 보안, QoS 제어, 과금, 이동성 제어 기법을 그대로 적용할 수 있다는 점이다. 반면에, 단점으로는 관련 표준화에 상당한 시간과 노력이 소요되며, 3G 네트워크 개체의 변경이 요구된다는 점이 있다. Loosely coupled 방식에서는 3G 및 WLAN 망이 각각 독립적으로 운용되면서 단지 과금 및 인증 관련 연동 및 사용자 이동성 제공을 위한 인터페이스만 정의하게 된다. 관련 인터페이스는 IP 상위계층에서 정의될 수 있어서 비교적 구현 및 적용이 쉬울 것으로 예상된다. 반면에, 끊임없는 사용자 이동성 제공에 제약을 받을 것으로 예상된다.

그런데, 현재의 표준화 및 기술개발 흐름은 Tightly coupled 방식보다는 Loosely coupled 연동방식에 더 무게가 실려 있으며, 이를 위해 인증 및 과금 등의 AAA 연동과 Mobile IP 기반의 이동성 지원 기능 등이 고려되고 있다[5,6]. 따라서, 본 논문에서는 Loosely coupled 연동 방안의 초점을 맞



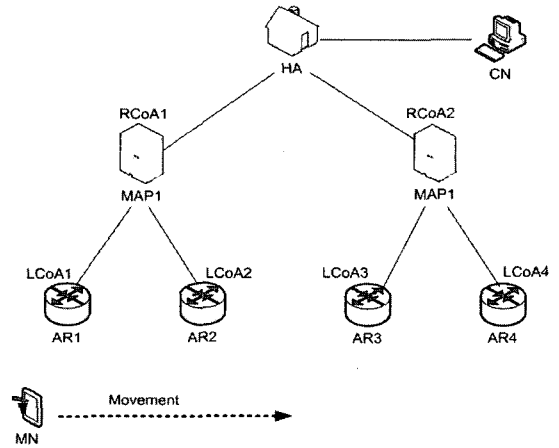
(그림 1) 이기종 무선망 연동구조

추어 CDMA2000, WiBro 및 WLAN의 연동을 위한 네트워크 구조 및 핸드오프 프레임워크를 제안하고자 한다. Loosely coupled 연동은 Mobile IP를 기반으로 한 이동성을 제공하고, 이를 위한 개별적인 개선사항이 많이 연구되었다. 본 절에서는 CDMA2000, WiBro, WLAN의 Loosely coupled 연동을 위해 필요한 요소 기술들을 간단하게 설명하고, 3절에서 이를 기반으로 한 방안을 제안한다.

한편, 이기종 무선망 연동 시 추가로 고려해야 할 사항으로는 인증 및 과금이 존재한다. Tightly coupled 연동 방안의 경우는 기존 3G의 인증 및 과금 기법을 그대로 사용하며, Loosely coupled 방안에서는 AAA 서버간 연동에 의해 통합된 인증 및 과금을 수행한다. 이때, AAA 서버간 연동에 필요한 추가의 핸드오프 지연이 발생할 수 있으며, 이를 보완하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으나[15], 본 논문에서는 인증 및 과금은 추가의 이슈로 남겨둔다.

2.1 Hierarchical Mobile IPv6

본 절에서는 네트워크의 계층적 구조를 통해 시그널링 메시지의 감소와 단말의 이동성 관리의 편의를 위한 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[7]



(그림 2) Hierarchical Mobile IPv6

에 대해 설명한다. 일반적인 MIPv6[8]는 단말이 새로운 서브넷으로 이동하게 되면 무조건 Binding Update를 통해 HA에 등록하는 절차를 거쳐야 한다. 단말과 HA간의 거리가 길어지거나 단말이 빈번히 이동하게 되는 경우 시그널링 지연이나 시그널링 메시지에 따른 네트워크의 부하가 발생할 수 있다.[11] 그렇기 때문에 HMIPv6는 Mobility Anchor Point(MAP)이라고 명명된 상위의 라우터를 사용하여 하위의 라우터간의 이동을 관리하는 방법을 사용한다. MAP은 단말이 방문한 네트워크에 위치한 라우터로서 단말의 local HA로서 기능을 수행하게 되며, 한 네트워크에 하나 이상의 MAP이 존재 할 수도 있다. 이러한 경우 하나 이상의 MAP은 계층적으로 구성된다. (그림 2)에서 HMIPv6의 구조를 나타내고 있다.

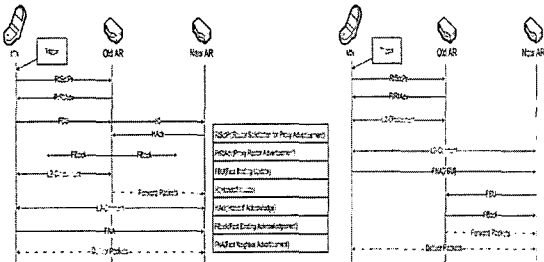
(그림 2)에서 보는 바와 같이 네트워크는 하위 라우터와 상위 라우터인 MAP로 계층적으로 구성된다. 하위 라우터간의 단말의 이동은 Local Binding Update를 통해 MAP에서 관리하게 되고, MAP간을 이동하는 단말의 이동은 일반적인 Mobile IPv6와 동일하게 수행된다. 이때, 단말은 HMIPv6의 MAP Option을 수용하고 처리할 수 있는 HMIPv6-aware Mobile node이어야 한다. HMIPv6에는 두 개의 Care-of Address가 존재한다.

LCoA와 RCoA인데, LCoA는 on-link CoA로 일반적인 MIPv6에서의 CoA와 유사하며, 라우터에 의해서 단말이 취득한 prefix와 단말의 인터페이스를 사용하여 구성하는 CoA이며 MAP 하위의 이동시 MAP에 등록하기 위해 사용된다. RCoA는 Regional Care-of Address로 단말이 방문하는 네트워크로부터 취득한 주소이다. RCoA는 MAP의 서브넷 주소로 단말이 MAP Option을 수신 받았을 때 자동적으로 구성된다.

2.2 Fast Handoff

Fast Handoff는 Mobile IPv6의 이동감지 (movement detection), 새로운 CoA 주소 설정(new CoA address configuration), Binding Update에 의해 생기는 Handoff Latency를 감소시키고자 제안된 방식으로 Predictive Fast Handoff와 Reactive Fast Handoff 방식으로 구분된다[9].

(그림 3) (a)의 Predictive Fast Handoff 방식은 Anticipate Fast Handoff라고도 불리며, Trigger가 발생하면 이전 AR에 RtSolPr를 전송하여 핸드오프를 시작한다. MN은 Fast Binding Update를 통하여 이전 AR에게 패킷을 새로운 AR로 포워딩할 것을 지시하고 이전 AR은 MN과 새로운 AR 모두에게 FBack을 전송한다. (그림 3) (b)의 Reactive Fast Handoff 방식은 MN이 FBU를 전송한 후에 링크에서 이동하여서 이전 링크로부터 FBack를



(a) Predictive (b) Reactive
(그림 3) Fast Handoff

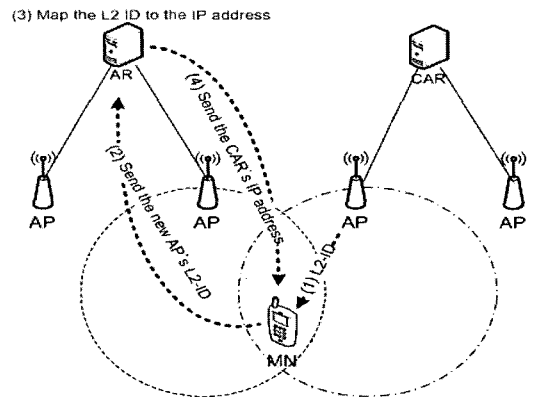
수신받지 못했다면 MN은 FBU가 제대로 이전 AR에 전송되었는지 알지 못한다. 이러한 경우, MN은 새로운 AR에 접속하자마자 FBU를 FNA내에 캡슐화하여 전송하는 방식이다.

2.3 CARD

CARD (Candidate Access Router Discovery)는 끊임없는 이동성을 위한 프로토콜로 MN이 새로운 영역으로 이동할 때 새로 이동할 AR의 정보를 미리 제공받음으로써 이동할 Target AR의 선택을 수월하도록 한다[10]. CARD 프로토콜은 크게 두 가지 기능으로 나뉘는데, 하나는 Reverse Address Translation과 또 하나는 Discovery of CAR Capabilities이다.

• Reverse Address Translation

Reverse Address Translation은 (그림 4)에서와 같이 MN이 새로운 영역으로 들어가게 되면 MN은 새로운 AP의 L2-ID를 획득하게 된다. MN이 현재 접속되어 있는 AR로 이 L2-ID를 보내게 되면, AR은 CAR (Candidate Access Router)에 대한 정보를 유지하고 있는 CAR 테이블 상의 IP 주소와 L2-ID를 맵핑시켜 알아낸 CAR의 IP 주소를 MN에게 전달한다.



(그림 4) Reverse Address Translation

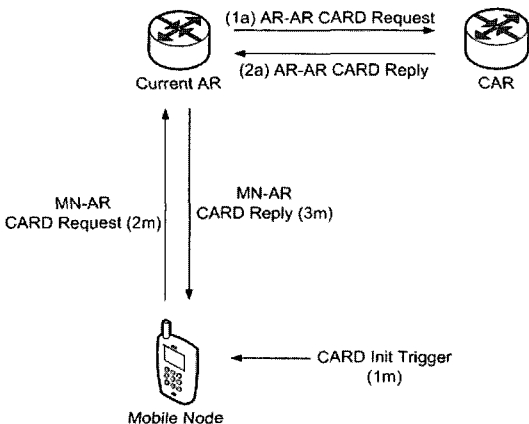
• Discovery of CAR Capabilities

Discovery of CAR Capabilities는 최적화된 핸드 오프의 제공과 MN의 요구를 매칭시켜 이동을 목표 하는 AR로의 선택을 위해, (그림 5)에서와 같이 CARD Request와 CARD Reply를 통해 Capabilities를 획득하는 방법이다.

CARD 프로토콜은 CARD Request와 CARD Reply 두 가지 메시지를 정의하고 있는데, 두 메시지 모두 전송을 위해 ICMP[11]를 사용한다. CARD 메시지는 AR-AR간, MN-AR간의 메시지로 나뉘는데, 모든 AR은 (그림 5)의 1a, 2a와 같이 주변 AR과의 CARD 메시지 교환을 통한 CAR 테이블을 유지한다. 이러한 CAR 테이블은 CAR의 주소나 인터페이스 정보 뿐 아니라 CAR이 단말에 제공해 줄 수 있는 여러 capabilities에 대한 정보를 담고 있다. MN-AR간의 메시지는 MN이 Target AR의 선정을 위해 MN이 요구하는 사항을 현재의 AR에 CARD Request를 전달하고 현재 MN이 접속되어 있는 AR은 자신의 CAR 테이블의 pre-filtering을 통해 MN의 요구에 합당한 CAR의 정보를 CAR reply 메시지에 실어 보낸다.

2.4 CXTP

CXTP (ConteXt Transfer Protocol) 역시 seamless



(그림 5) CARD Protocol Overview

mobility를 위한 프로토콜로써, MN이 새로운 서브넷으로 이동할 때 새로운 라우터와의 협상없이 이전 라우터에서 생성된 정보를 새로운 라우터로 보냄으로서 CTCS(Context Transfer Candidate Service)를 빠르게 설정하여 핸드오프시에 지연을 줄이는 방안이다[12]. MN 핸드오프시 이전 라우터가 feature context를 전송하는 시나리오는 크게 다음의 두 가지로 구분된다.

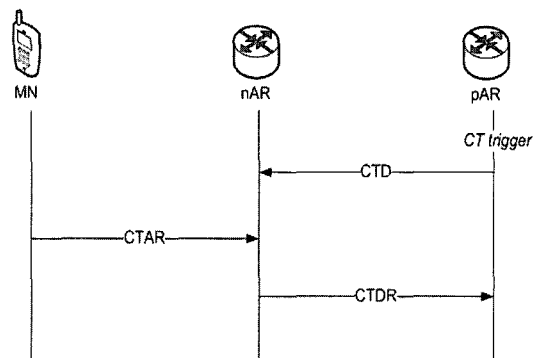
• Network Controlled

Network Controlled 시나리오에서는 네트워크 상에 라우터 즉, pAR(Previous AR)나 nAR(New AR)이 CT Trigger(Context Transfer Trigger)를 받아 CTD(Context Transfer Data) 메시지를 전송하여 Context Transfer가 시작되는 시나리오이다. 이에 대한 call-flow는 (그림 6) 및 (그림 7)과 같다.

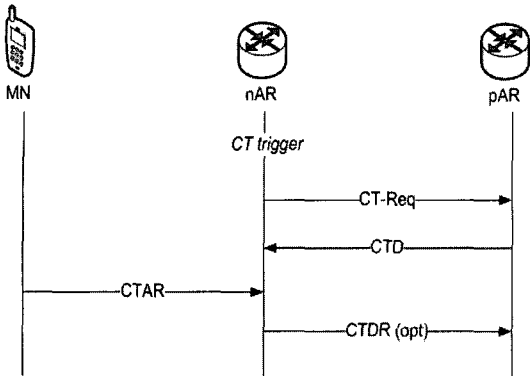
(그림 6)은 pAR이 CT Trigger를 받아 MN의 핸드오프를 발견하여 CT Traffic을 전송하는 시나리오이고, (그림 7)은 nAR이 CT Trigger를 받아 MN의 핸드오프를 발견하여 CT Traffic을 전송받기 위해 pAR에게 CT-Req를 전송하는 Network Controlled 시나리오이다.

• Mobile Controlled

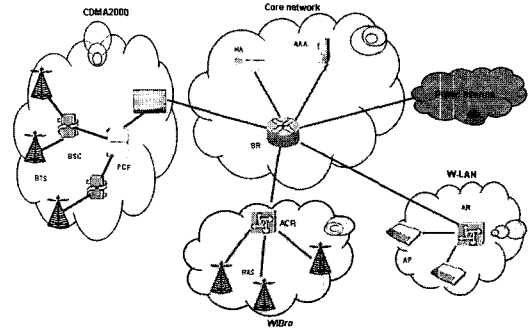
Mobile Controlled 시나리오에서는 네트워크상에



(그림 6) Network Controlled, Initiated by pAR, Predictive

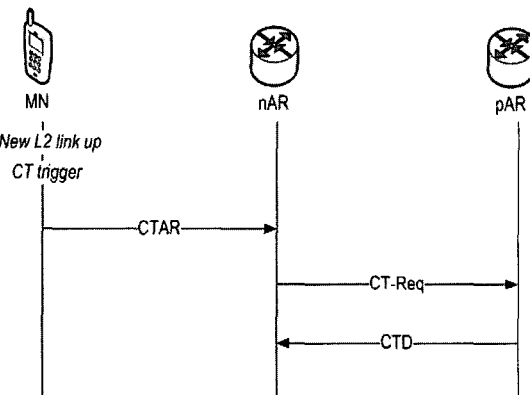


(그림 7) Network Controlled, Initiated by nAR, Reactive



(그림 9) 기존의 연동망 구조

전체적인 프레임 워크에 대한 연구가 시급하다. 즉, Loosely coupled 연동 구조에서는 CDMA2000 또는 UMTS의 표준 프로토콜에 의해 연동되는 Tightly coupled 연동 구조와 달리 표준 프로토콜의 변환 기능을 수행하는 IWU(Inter-Working Unit)이 존재하지 않고, Mobile IP를 사용한 IP 계층에서의 연동이 이루어지므로, 독립적인 네트워크를 연동하기 용이한 구조이다.



(그림 8) Mobile Controlled, Predictive New L2 up/old L2 down

MN이 CT trigger를 받아 nAR에게 CTAR 메시지를 전송하여 Context Transfer가 시작되는 시나리오이다. 이에 대한 call-flow는 (그림 8)과 같다.

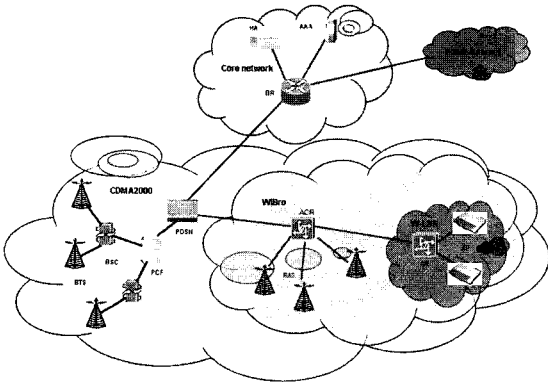
3. 제안하는 연동 방안

3.1 계층적 연동망 구조

2절에서 언급하였듯이, 본 논문에서는 Loosely coupled 연동구조를 기반으로 한다. 특히, 국내에서 WiBro가 표준화 되면서 활성화되는 시기이기 때문에 독립적인 네트워크를 서로 연동하기 위한

(그림 1)의 Loosely coupled 연동 방안[4,5,6]을 CDMA2000, WiBro, 및 WLAN으로 확장하면 그림 9와 같은 구조를 가지며, All-IP 기반 핵심망을 중심으로 독립적인 각 네트워크들이 Flat 형태로 연결된다. 또한 이와 같이 하나의 HA에 독립적인 네트워크들이 일대일로 연결되어지는 Flat 형태의 연동망 구조상에서 각 네트워크의 연동을 통해 이동통신 사용자에게 다양한 서비스를 제공해 줄 수 있지만, 네트워크 간에 이동이 발생할 때에 Registration이 HA와 이루어지기 때문에 HA와의 거리에 따른 랜덤 지연은 실시간 서비스 또는 멀티미디어 서비스 측면에서 무시할 수 없으며, 이전 네트워크상에 이미 전송된 데이터는 모두 손실되기 때문에 데이터 손실도 무시할 수 없다.

따라서, 본 논문에서는 Flat 연동망 구조보다 성능 향상을 도모 할 수 있기 위해 (그림 10)과 같은 계층적 연동망 구조를 제안한다. 국내에서 CDMA2000 네트워크가 전국을 커버하고, WiBro가 도심지역에서 서비스가 이루어지고, WLAN은



(그림 10) 제안하는 계층적 연동망 구조

hot spot 지역으로 제한됨을 감안하고, 이들 네트워크가 서로 중첩되어 서비스가 이루어짐에 착안하여, CDMA2000과 WiBro, WLAN을 (그림 10)과 같이 계층적으로 연동시킨다. 즉, 각 네트워크의 Access Router(AR)로 기능하는 PDSN과 ACR, AR을 계층적으로 연결시키고, Hierarchical Mobile IPv6의 MAP 기능을 부여함으로써 registration의 signaling 지연 및 트래픽 경로 변경의 최소화를 통해 데이터 손실을 최소화 할 수 있다. 따라서, (그림 9)와 같은 기존의 연동망 구조보다 우수한 핸드오프 성능을 보일 것으로 예상된다.

한편, CDMA2000, WiBro, WLAN 등 이기종 무선망을 계층적으로 연동하는 구조를 제시하는 논문은 아직 존재하지 않는 것으로 판단되며, 단지 일반적인 Hierarchical Mobile IPv6의 성능 개선에 대한 연구는 많이 이루어지고 있다[16,17]. Hierarchical Mobile IPv6를 구체적인 네트워크의 연동에 적용한 예는 무선랜과 애드혹 네트워크에 대한 것으로 [18]에 소개되고 있다.

3.2 버티컬 핸드오프 프레임워크

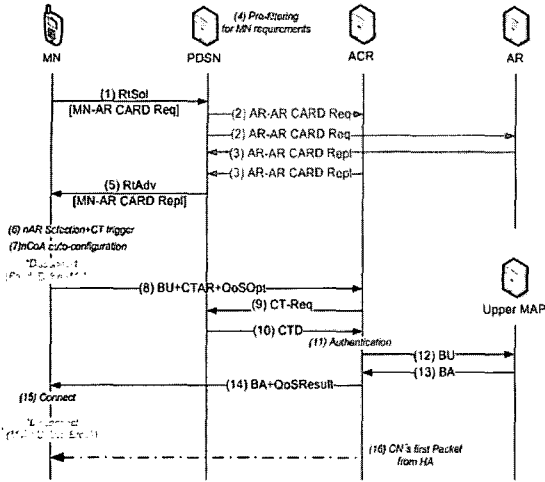
(그림 10)의 계층적 연동망 구조에서 단말이 이동함에 따라 버티컬 핸드오프가 발생하게 되며, 이는 기본적으로 Hierarchical Mobile IPv6에 의해 처리될 수 있다. 즉 최상위 MAP으로 CDMA2000의 PDSN이 존재하고 하위 MAP으로 WiBro의

ACR, 최하위 MAP으로 WLAN의 AR이 서로 연동하여 동작할 수 있다. 이때, 필요에 따라 2절에서 소개한 Fast handoff, CARD, CXTP가 모두 사용될 수 있으나, 이를 전체적으로 정리한 방안은 아직까지 소개되고 있지 않은 상황이다.

따라서, 본 논문에서는 2절에서 소개한 IP 기반의 모든 요소 기술을 통합하고, QoS를 지원하기 위한 버티컬 핸드오프 프레임워크를 (그림 10)의 계층적 연동망 구조에서 제안하고자 한다. 계층적 연동망 구조에서 발생할 수 있는 버티컬 핸드오프는 다음의 세 가지로 구분될 수 있으며, 각 경우의 동작방안을 제안한다.

• Case 1) 일반적인 버티컬 핸드오프

이 경우는 fast handoff가 아닌 일반적인 상황에서의 핸드오프 절차를 제안하며, 기존의 Hierarchical Mobile IPv6에 CARD, CXTP 프로토콜을 추가하고, 또한 QoS를 지원하기 위해 (그림 11)과 같이 정리한다. (그림 11)에서 (1) RtSol 메시지에 의해 CARD 요청 메시지가 전달되며, 주변 라우터의 정보가 (5) RtAdv 메시지에 전달된다. 이때, (2)와 (3)의 절차는 핸드오프 이전에 미리 수행될 수 있다. 결국 (1)~(5)의 절차는 기본적으로 CARD[10] 프로토콜의 메시지를 사용할 수 있다. 단말에서는 (6)에서 핸드오프 대상 네트워크를 선택하고 (7)에서 CoA를 생성한 후, (8)에서 HMIPv6의 BU 메시지에 CXTP[12] 메시지와 QoS 정보를 포함하여 네트워크로 전달한다. 이때, 네트워크에서는 (9)(10)에서 CXTP에 의해 단말 정보를 네트워크 개체 간 전달하고 이때 (11) 절차에서 사용자 인증도 함께 이루어질 수 있다. 그 이후 (12)(13)에서 HMIPv6에 의한 상위 MAP으로의 등록(registration)이 필요한 경우 발생하며, (14)에서 단말의 QoS 요청에 따른 자원 관리를 수행하여 그 결과를 알려준다. 예를 들어, 단말이 무선랜으로 핸드오프를 요청하였으나 QoS를 만족시킬 수 없는 경우 실패를 전달하고, 이때 단말은 WiBro 망

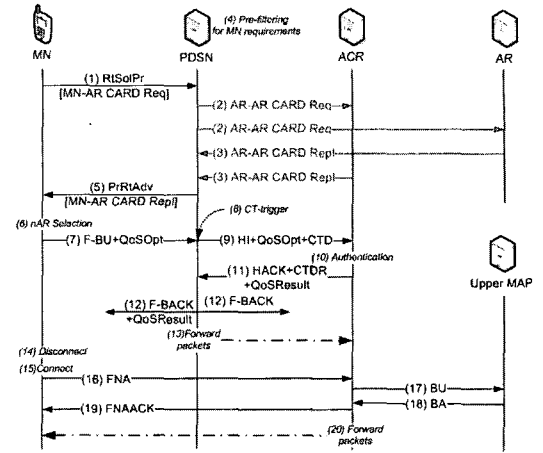


(그림 11) Case 1) 일반적인 Hierarchical Mobile IPv6 Handoff

으로 접속을 시도하게 된다. (그림 11)에서 설명하는 모든 메시지의 구조는 [13]에 제시되어 있다.

• Case 2) Predictive Fast Handoff

이 경우는 단말의 이동 속도가 빠르지 않은 경우 기존의 Predictive Fast Handoff[9] 절차를 고려한 것으로 (그림 12)와 같이 제안한다. (1)~(6)의 절차는 Case 1)과 동일하고, 단말은 Predictive Fast Handoff가 결정되어 단말이 (7) 메시지를 QoS 정보와 함께 전달하면, old AR은 (8)에서 Fast Handoff 절차를 선택하고, (9)에서 단말의 context와 함께 QoS 정보를 new AR로 전달하여 Fast Handoff가 이루어지며, (10)에서 new AR은 QoS 결과를 반환한다. (12)에서 터널이 생성됨을 알리어 (13)이후에는 터널로 패킷이 전달된다. 단말은 (16)~(19)에 의해 새로운 네트워크로의 등록을 수행하여 핸드오프를 완료한다. 결국 (7)~(19)의 절차는 기본적으로 Fast Handoff[9]의 메시지를 사용할 수 있다. 한편, Fast Handoff에 의해 old AR과 new AR 사이에 생성되었던 터널은 Fast Handoff 구간에서만 유지된다. 즉, (20)의 데이터 전달이 모두 종료되고, 트래픽이 존재하지 않을때 Case

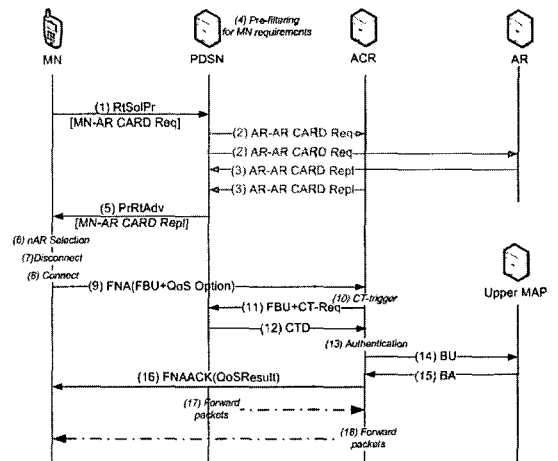


(그림 12) Case 2) Predictive Fast Handoff

1)의 절차가 다시 시작되어 new AR에 새로이 등록되면 이전에 생성되었던 터널은 해제되며, 이때부터는 일반적으로 new AR에 의해 서비스가 이루어진다.

• Case 3) Reactive Fast Handoff

이 경우는 단말의 이동 속도가 빨라서 Predictive Fast Handoff를 수행하지 못하는 경우로 (그림 13)과 같이 Reactive Fast Handoff를 제안할 수 있다. 이는 Case 1, 2)와 마찬가지로 기존의



(그림 13) Case 3) Reactive Fast Handoff

HMIPv6, Fast Handoff, CARD, CXTP, QoS 지원을 모두 통합한 내용으로, 위의 Case 1, 2)와 중복된 설명을 제외하면, (그림 13)의 call flow로부터 모든 내용을 파악할 수 있다.

한편, 본 논문에서 제안한 프레임워크에 사용된 Hierarchical Mobile IPv6, Fast handoff, CARD, CXTP 등의 프로토콜은 모두 IPv6 네트워크를 기반으로 한다. 현재 구축된 CDMA2000, WiBro 및 WLAN은 IPv4를 기반으로 하지만, 본 논문의 프레임워크는 IPv4 네트워크에서도 구현될 수 있으며, 가까운 시간에 각 무선망은 IPv6로 진화될 것으로 예상된다.

4. 성능 분석

4.1 시뮬레이션 모델

본 절에서는 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 Flat 연동망 구조에서 버티컬 핸드오프의 성능을 분석한다. 버티컬 핸드오프의 경우는 CDMA ↔ WiBro, WiBro ↔ WLAN, WLAN ↔ CDMA이 존재하며, 3.2절에서 설명한 각 경우의 성능을 분석함으로써 이루어질 수 있다. 즉, 이전 AR과 연결이 종료되어 패킷 전송이 중단되는 시점부터 새로운 AR과 연결이 설정되어 패킷이 전송되는 시점까

지를 핸드오프 구간으로 보고, 이때의 핸드오프 지연 시간과 패킷 손실을 분석한다. 성능 분석 시에 네트워크 개체 내부의 핸드오프 처리에 소요되는 시간은 제외함을 가정한다.

우선, 대표적인 경우를 예를 들어 핸드오프 지연시간을 분석하면 다음과 같다. Case 1)의 버티컬 핸드오프는 (1)번 메시지부터 이지만 실제로 패킷 손실 구간은 (6)번 Disconnect부터 (15)번 Connect까지 구간으로 고려할 수 있다. Make-Before-Break 핸드오프의 경우 패킷 손실이 미약할 수 있으나, 일반적이지 않으므로 이와 같이 가정하여 성능을 분석한다. (그림 14)에 기반하여 패킷 손실 구간의 핸드오프 지연 시간을 수식으로 표현 가능하며 다음과 같이 계산할 수 있다. 이때, 계층 구조 내에서의 핸드오프와 (최상위 MAP이 같은 경우) 계층 구조간의 핸드오프로 (최상위 MAP이 다른 경우) 나누어 살펴보아야 한다.

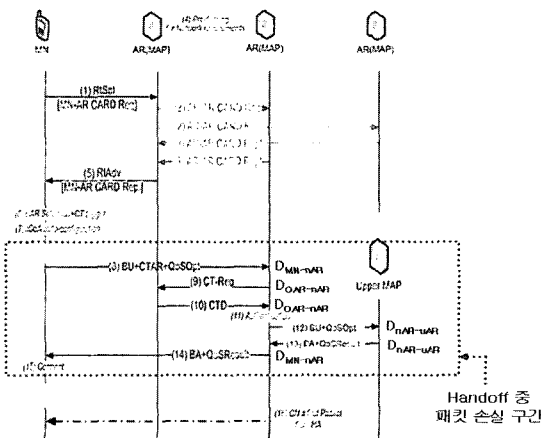
• 계층 구조 내에서 핸드오프 지연 시간 분석

계층 구조 내의 핸드오프 중 대표적인 경우로 CDMA에서 WLAN으로 이동시에 핸드오프 지연 시간($Loss_T_{CDMA-WLAN}$)에 대해 (그림 14)의 파라미터를 이용하여 살펴보면 다음과 같이 표현될 수 있으며 이는 무선 링크의 설정 시간 이후에 시그널링 메시지 전송에 따른 지연시간의 합으로 계산될 수 있다.

$$Loss_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{CDMA-AR}$$

• 계층 구조 간의 핸드오프 지연 시간 분석

계층 구조 간의 핸드오프 중 대표적인 경우로 CDMA에서 WLAN으로 이동시에 핸드오프 지연 시간($Loss_T_{CDMA-WLAN}$)에 대해 (그림 14)의 파라미터를 이용하여 살펴보면 다음과 같이 표현된다.



(그림 14) Case 1의 패킷 손실

(표 1) 각 경우에 대한 버티컬 핸드오프 지연 시간 분석

Case	버티컬 핸드오프	지연시간 분석
Case 1	CDMA-WLAN	$Loss_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{CDMA-ACR} + 4D_{ACR-AR}$
	CDMA-WiBro	$Loss_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 4D_{PDSN-ACR}$
	WiBro-CDMA	$Loss_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR}$
	WiBro-WLAN	$Loss_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{ACR-AR}$
	WLAN-CDMA	$Loss_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{ACR-AR}$
	WLAN-WiBro	$Loss_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 2D_{ACR-AR}$
Case 2	CDMA-WLAN	$Loss_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{PDSN-ACR} + 4D_{ACR-AR} + 2D_{HA-CDMA}$
	CDMA-WiBro	$Loss_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 4D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR}$
	WiBro-CDMA	$Loss_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR}$
	WiBro-WLAN	$Loss_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{ACR-AR} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR}$
	WLAN-CDMA	$Loss_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{ACR-AR} + 2D_{HA-AR}$
	WLAN-WiBro	$Loss_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 2D_{ACR-AR} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR}$
Case 3	CDMA-WLAN	$Loss_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 4D_{MN-AR} + 2D_{AR-HA} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$
	CDMA-WiBro	$Loss_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 4D_{MN-ACR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$
	WiBro-CDMA	$Loss_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 4D_{MN-PDSN} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$
	WiBro-WLAN	$Loss_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 4D_{MN-AR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$
	WLAN-CDMA	$Loss_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 4D_{MN-PDSN} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$
	WLAN-WiBro	$Loss_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 4D_{MN-ACR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D_{Tunnel}$

$$\begin{aligned}
 Loss_T_{CDMA-WLAN} &= T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{PDSN-ACR} \\
 &+ 4D_{ACR-AR} + 2D_{HA-CDMA}
 \end{aligned}$$

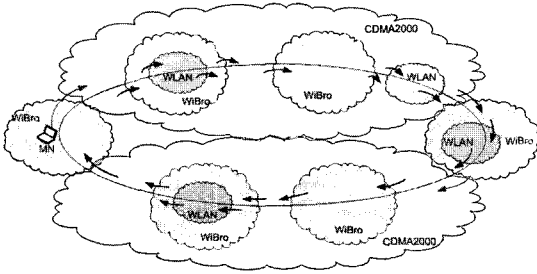
한편, Case 1)의 CDMA-WiBro, WiBro-WLAN 핸드오프 및 Case 2), 3)의 경우도 위와 유사하게 핸드오프 지연시간을 계산할 수 있으며, (표 1)에 그 결과를 정리하였다[13].

(표 2) 네트워크 개체 간 메시지 전달 지연시간

네트워크	Link 종류	Link Delay(ms)
CDMA	MN-BTS	10
	BTS-BSC	5
	BSC-PCF	1
WiBro	PCF-PDSN	1
	MN-RAS	8
	RAS-ACR	5
WLAN	ACR-PDSN	1
	MN-AP	4
	AP-AR	1
	AR-ACR	1

4.2 시뮬레이션 결과 및 분석

본 절에서는 4.1절의 시뮬레이션 모델을 통해 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 Flat 연동망 구조의 핸드오프 성능을 비교 분석한다. (그림 15)는 시뮬레이션을 수행하기 위한 단말의 이동 시나리오 모델이며, 가능한 다양한 경우가 모두 포함되도록 구성하였다. 즉, 단말은 (그림 15)와 같이 네트워크를 이동하며, 이동 속도를 5Km/h에서부터 60Km/h로 실험하였다. 트래픽 모델은 실시간 트래픽과 대화형 트래픽을 대상으로 하였다.

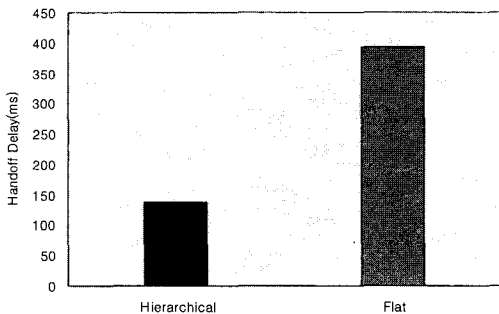


(그림 15) 단말의 이동 시나리오 모델

실시간 트래픽은 20ms 단위로 100B의 패킷이 전송되는 CBR 모델을 사용하였으며, 대화형 트래픽은 평균 5초의 지수분포(exponential distribution)보다 100KB가 전송되는 버스트(burst)한 특성을 갖도록 하였다.

핸드오프 지연시간은 4.1절의 분석을 통하여 구하였으며, 패킷 손실은 핸드오프 지연시간 동안 도착한 패킷을 손실로 가정하여 시뮬레이션 하였다. 그리고, 연동망 구조 및 동작 방안의 성능 비교에 관심이 있으므로, 패킷 손실은 버티컬 핸드오프 지연 시간에만 발생하며 기타 유/무선 구간에서의 패킷 손실은 없다고 가정하였다.

한편, 4.1절의 핸드오프 지연시간 분석에 사용된 파라미터의 값을 표 2에 제시하였으며, 이 값들은 실제 장비로부터 측정된 값에 기반하며, BTS와 BSC 및 RAS와 ACR은 E1 링크에 연결된 경우이고, 그 외의 장비는 모두 Fast Ethernet을 기준으로 한다[14].



(그림 16) 평균 핸드오프 지연시간

우선 (그림 15)와 같은 단말 이동 시나리오에 따른 평균 핸드오프 지연시간을 나타내면 (그림 16)과 같다. 이 값은 (표 1)에 제시한 각 핸드오프 시간을 (그림 15)의 시나리오에 적용하여 핸드오프 1회 당 지연시간을 계산한 값으로 제안한 방안의 지연시간이 작음을 나타낸다. 이에 따라 핸드오프 시의 패킷 손실은 (그림 17-19)에서 제시하며 위에서 설명한 실시간 트래픽 및 대화형 트래픽을 대상으로 한다.

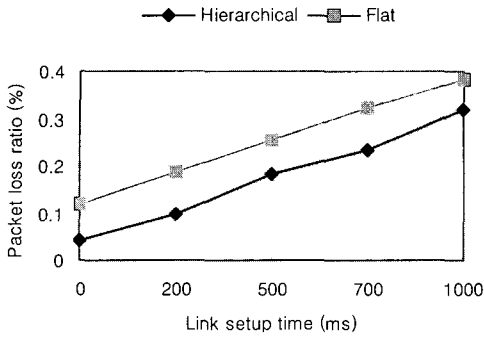
(그림 17)에서는 위에서 언급한 CBR 방식의 실시간 트래픽을 기반으로 무선 링크 설정 시간에 따른 패킷 손실률을 단말이 각각 5Km/h 및 60Km/h로 이동하였을 때의 결과를 보인다. 그림에서 보듯이 제안한 계층적 연동망 구조의 패킷 손실율이 Flat 연동망 구조보다 적음을 알 수 있으며, 이는 중첩된 네트워크를 계층적으로 연결하여 핸드오프 지연시간이 적기 때문이다.

(그림 18)에서는 CBR 방식의 Real-time 트래픽을 기반으로 단말의 이동속도에 따른 패킷 손실률을 무선 링크 설정 시간이 각각 200ms, 500ms 일 때의 결과를 나타낸다. 마찬가지로 제안한 방안의 성능이 우수함을 알 수 있다.

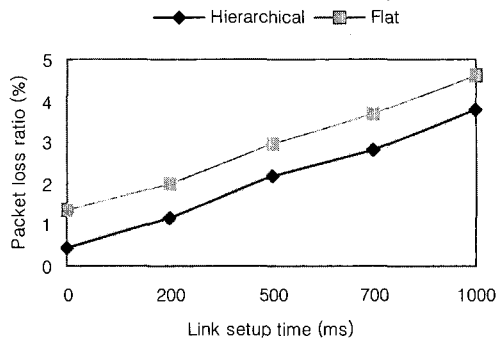
(그림 19)는 트래픽 유형에 따른 손실된 패킷의 수를 나타낸다. 위에서 언급한 바와 같이 실시간 트래픽은 CBR 방식의 고정적인 전송률을 가진 트래픽이고, 대화형 트래픽은 웹 트래픽을 모델링하여 버스트한 패턴을 가지는 트래픽이다. 대화형 트래픽의 경우 상대적으로 적은 패킷 손실을 보이는데, 이는 버스트한 트래픽 때문으로 버티컬 핸드오프 시에 트래픽이 없을 수 있기 때문이다. 그러나 마찬가지로, 트래픽 유형에 관계없이 제안한 계층적 연동망 구조가 Flat 연동망 구조보다 더 적은 패킷 손실을 가지는 성능을 보인다.

5. 결론

본 논문에서는 차세대 이동통신 시스템을 위한



(a) 5Km/h



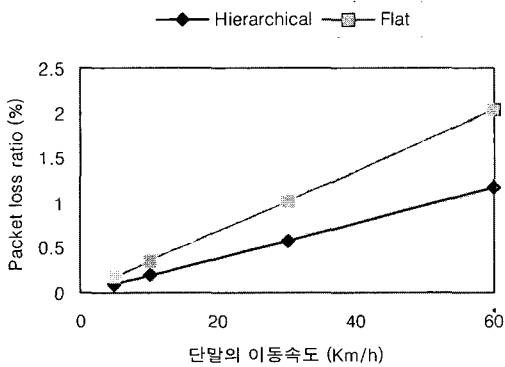
(b) 60Km/h

(그림 17) 무선 링크 설정 시간에 따른 패킷 손실률

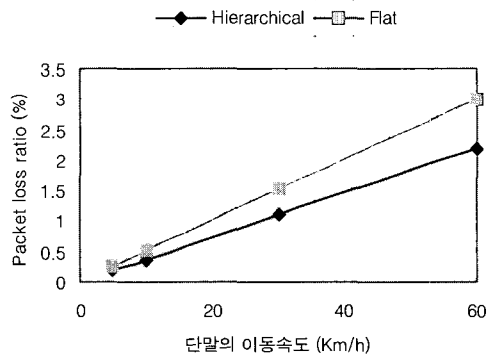
통합 모델로서 CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 무선 네트워크를 계층적으로 연결한 연동망 구조를 제안하고, Hierarchical Mobile IPv6, Fast Handoff, CARD, CXTP 등 독립적인 요소 기술을 통합하여 제안된 연동망 구조에서의 버티컬 핸드오프 프레임워크를 제안하였다. 이는 각 무선 네트워크들이 서로 다른 지역에서 서비스 되는 것이 아니라 서로 중첩되어 있음을 고려한 것으로, 이를 통해 버티컬 핸드오프의 성능이 개선됨을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 한편, 본 논문

에서 제안하는 계층적 구조는 최상위 계층인 CDMA2000의 PDSN의 장애가 전체 시스템의 장애로 이어질 수 있으며, 이를 위한 PDSN의 설계 및 구현 시 고려되어야 한다. 또한, 최상위 계층인 CDMA2000의 PDSN은 하위 계층의 WiBro 및 WLAN의 트래픽을 수용할 수 있도록 대용량화 되어야 하며, 하위 계층의 트래픽을 고려한 망 설계가 이루어져야 함을 밝힌다.

본 논문에서 제안한 계층적 연동망 구조는 국내와 같이 CDMA2000 네트워크가 전국을 커버하

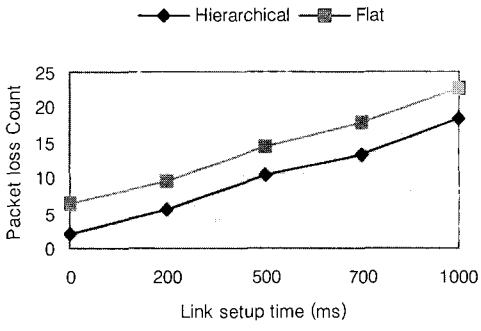


(a) $T_{link}=200ms$

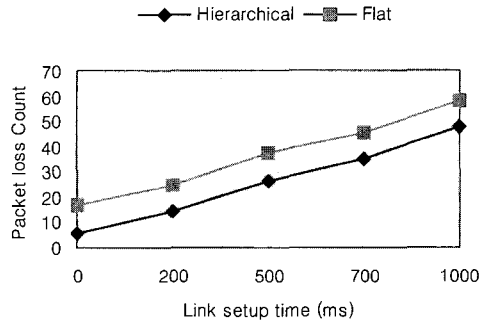


(b) $T_{link}=500ms$

(그림 18) 단말의 이동 속도에 따른 패킷 손실률



(a) 대화형 (interactive)



(b) 실시간 (real-time)

(그림 19) 트래픽 유형에 따른 손실된 패킷 수

는 환경에서 매우 유용한 방안으로 판단되며, QoS 지원을 함께 고려하므로 VoIP 등의 멀티미디어 서비스도 효율적으로 지원할 수 있다. 본 논문에서 제안된 버티컬 핸드오프 프레임워크는 다양한 요소 기술을 통합하여 제시되었으며 이를 표준에 반영하는 노력이 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

[1] H. Honkasalo, K. Pehkonen, M. T. Niemi, and A. T. Leino, "WCDMA and WLAN for 3G and Beyond", *IEEE Wireless Communications Magazine*, Apr., 2002.

[2] W. Kellerer, H.-J. Vogel, and K.-E. Steinberg, "A Communication Gateway for Infrastructure-Independent 4G Wireless Access," *IEEE Communications Magazine*, Mar., 2002.

[3] M. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Y.-W. Lee, S. Miller, and L. Salgarelli, "Design and Implementaion of a WLAN/CDMA2000 Interworking Architecture," *IEEE Communications Magazine*, Nov., 2003.

[4] A. K. Salkintzis, C. Fors, and R. Pazhyannur, "WLAN-GPRS Integration For Next-Generation

Mobile Data Networks," *IEEE Wireless Communication Magazine*, Oct., 2002.

[5] H. Luo, Z. Jiang, B.-J. Kim, N. K. Shankaranarayanan, and P. Henry, "Integrating Wireless LAN and Cellular Data for the Enterprise", *IEEE Internet Computing Magazine*, March-April, 2003.

[6] K.-S. Jang and J.-S. Kim, "A Novel Vertical Handoff Strategy for Integrated IEEE 802.11 WLAN/CDMA Networks", *Proc. of ICIS '05*, Oct., 2005.

[7] H. Soliman, C. Castelluccia, K. E. Malki, and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," *IETF RFC 4140*, Aug., 2005.

[8] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," *IETF RFC 3775*, Jun., 2004.

[9] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," *IETF RFC 4068*, Jul., 2005.

[10] M. Liebsch, A. Singh, H. Chaskar, D. Funato, and E. Shim, "Candidate Access Router Discovery (CARD)," *IETF RFC 4066*, Jul., 2005.

[11] A. Conta and S. Deering, "Internet Control Message Protocol(ICMPv6) for the Internet

- Protocol Version 6 (IPv6) Specification,” IETF RFC 2463, Dec., 1998.
- [12] J. Loughney, M. Nakhjiri, C. Perkins, and R. Koodli, “Context Transfer Protocol (CXTP),” IETF RFC 4067, Jul., 2005.
- [13] 공두경, “이기종 무선망 연동을 위한 계층적 네트워크 구조와 핸드오프 프레임워크” 경희대학교 석사학위 논문, 2006.
- [14] 조진성, 김정근, “연속적인 서비스를 위한 휴대 인터넷과 cdma2000 이동통신망의 연동 방안,” 한국통신학회 논문지, Vol.29, No.10A, 2004.
- [15] 이승연, 허의남, “MIPv6에서 빠른 이동성 서비스를 위한 효율적인 인증 방법,” 한국인터넷정보학회 논문지, Vol.7, No.3, 2006.
- [16] M. Bandai and I. Sasase, “A Load Balancing Mobility Management for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Networks,” Proc. of IEEE PIMRC, 2003.
- [17] 정희영, 김대영, “계층적 Mobile IPv6 구조에서 빠른 핸드오버의 효율적인 지원 구조,” 한국통신학회 논문지, Vol.29, No.2B, 2004.
- [18] 이혜원, 문영성, “HMIPv6를 기반으로 한 무선 랜과 이동 애드혹 네트워크 간의 인터넷워킹 기법,” 한국정보과학회 논문지, Vol.33, No.1, 2006.

● 저 자 소 개 ●



공 두 경

2004년 경희대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
2006년 경희대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
2006~현재 현대정보기술 연구원
관심분야 : 모바일 네트워크, 의료정보시스템
E-mail : medstorm@naver.com



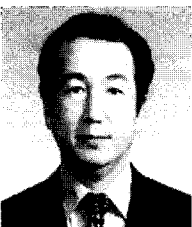
조 진 성

1992년 서울대학교 컴퓨터공학과 졸업(학사)
1994년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
2000년 서울대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(박사)
2003~현재 경희대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야 : 모바일 네트워크, 임베디드 시스템
E-mail : chojs@khu.ac.kr



김 승 희

1982년 고려대학교 전자공학과 졸업(학사)
1988년 고려대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(석사)
1982년~1999년 ETRI BcN단 책임연구원
2000년~현재 ETRI 이동통신연구단 책임연구원
관심분야 : 차세대 이동통신 비전, 서비스, 네트워크 기술
E-mail : seung@etri.re.kr



김 대 식

1980년 경북대학교 전자공학과 졸업(학사)
1989년 청주대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)
2000년 충북대학교 대학원 전자계산학과 졸업(박사)
1980년~현재 ETRI 이동통신연구단 이동컨버전스연구그룹장
관심분야 : 차세대 이동통신 비전, 서비스, SDR 기술
E-mail : dskim@etri.re.kr