

석사학위논문

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

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

지도교수 : 조진성

경희대학교 대학원  
컴퓨터공학과

공 두 경

2006년 2월

석사학위논문

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

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

지도교수 : 조진성

경희대학교 대학원  
컴퓨터공학과

공 두 경

2006년 2월

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

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

지도교수 : 조진성

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함

경희대학교 대학원  
컴퓨터공학과 컴퓨터공학전공

공 두 경

2006년 2월

공두경의 컴퓨터공학 석사학위 논문을  
인준함

주심교수 : \_\_\_\_\_ ㉮

부심교수 : \_\_\_\_\_ ㉮

부심교수 : \_\_\_\_\_ ㉮

경희대학교 대학원

2006년 2월

국 문 요 약

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

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

경희대학교대학원  
컴퓨터공학과  
공 두 경

3G에 이어 나올 차세대 이동통신 시스템은 유·무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성의 증가와 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화해 나갈 것이다. 따라서 이동성을 지원하는 고속 데이터 전송과 다양한 서비스를 제공하기 위해 CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 이기종 무선망에 대한 연동 서비스에 대한 연구가 필요하다. 지금까지 연동망 구조에 대한 연구로서 하나의 핵심망을 기준으로 여러 가지 네트워크들이 독립적으로 핵심망에 연결되어 핵심망에서 네트워크들을 제어하는 형태의 연동망 구조가 연구되었다. 그렇기 때문에 핵심망에서 서비스 통합 관리가 이루어져 다양한 서비스를 제공하게 된다. 하지만 핵심망에서 모든 이동성을 관리하기 때문에 네트워크 간 이동을 위한 vertical handoff 시에 핸드오프의 지연이 발생하며, 이전 통신한 네트워크로의

패킷은 손실된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 각 네트워크를 특성에 따라 연동망 구조를 계층적인 구조로서 제안한다. 제안하는 계층적 연동망 구조상에서 각 네트워크의 AR(Access Router)는 MAP(Mobility Anchor Point)로서 동작하며 CDMA200, WiBro, WLAN 순으로 네트워크 레벨을 지정하여 이동성 관리를 한다. 이렇게 구성된 연동망 구조에서 각 네트워크의 범위 특성에 따라 오버레이 구조로 구성되며 이에 따라 이동을 예측할 수 있기 때문에 Seamless 핸드오프가 가능하게 되어 지연 및 패킷 손실을 최소화 할 수 있다. 또한 제안된 연동망 구조상에서 동작하기 위한 핵심 기술로서 독립적으로 표준화된 프로토콜들인 Hierarchical Mobile IPv6, Fast handoff, CARD(Candidate Access Router Discovery), CXTF(ConteXt Transfer Protocol)을 적용하여 차세대 이동통신 시스템에 대한 연동 서비스의 프레임워크를 제시한다. 제안된 계층적 연동망 구조가 기존 연동망 구조보다 효율적인 구조임을 시뮬레이션을 통해 보여준다.

# 목 차

|                                             |    |
|---------------------------------------------|----|
| 1. 서론 .....                                 | 1  |
| 2. 관련연구 .....                               | 3  |
| 2.1 연동 서비스 방안.....                          | 3  |
| 2.2 IP-기반 핵심 요소 기술 .....                    | 8  |
| 2.2.1 Hierarchical Mobile IPv6 .....        | 8  |
| 2.2.2 Fast handoff.....                     | 10 |
| 2.2.3 CARD.....                             | 11 |
| 2.2.4 CXTP.....                             | 14 |
| 3. 제안하는 연동망 구조 및 동작 방안 .....                | 20 |
| 3.1 제안하는 계층적 연동망 구조 .....                   | 20 |
| 3.2 동작 방안 .....                             | 23 |
| 4. 버티컬 핸드오프 프레임워크.....                      | 27 |
| 4.1 Case 1 - 일반적인 handoff.....              | 27 |
| 4.2 Case 2 - Fast handoff : Predictive..... | 30 |
| 4.3 Case 3 - Fast handoff : Reactive.....   | 33 |
| 5. 성능 분석 .....                              | 37 |
| 5.1 시뮬레이션 모델.....                           | 37 |
| 5.2 시뮬레이션 결과.....                           | 45 |
| 6. 결론 및 향후 연구 과제 .....                      | 54 |

## 그 립 목 차

|         |                                                         |    |
|---------|---------------------------------------------------------|----|
| 그림 2.1  | Tightly-coupled Integration.....                        | 4  |
| 그림 2.2  | Loosely-coupled Integration.....                        | 5  |
| 그림 2.3  | Hierarchical Mobile IPv6.....                           | 9  |
| 그림 2.4  | Fast Handoff, Predictive.....                           | 10 |
| 그림 2.5  | Fast Handoff, Reactive.....                             | 11 |
| 그림 2.6  | Reverse Address Translation.....                        | 12 |
| 그림 2.7  | CARD Protocol Overview.....                             | 13 |
| 그림 2.8  | CARD Protocal Operation.....                            | 14 |
| 그림 2.9  | Network Controlled, Initiated by nAR, Predictive.....   | 17 |
| 그림 2.10 | Network Controlled, Initiated by nAR, Reactive.....     | 18 |
| 그림 2.11 | Mobile Controlled, Predictive New L2 up/old L2 Down.... | 19 |
| 그림 3.1  | 기존 연동망 구조.....                                          | 20 |
| 그림 3.2  | 제안하는 계층적 연동망 구조.....                                    | 21 |
| 그림 3.3  | 제안하는 계층적 연동망 구조(coverage 표현).....                       | 22 |
| 그림 3.4  | 동작 방안을 위한 제안된 계층적 연동망 구조.....                           | 23 |
| 그림 3.5  | 계층적 연동망 구조의 일반적인 handoff.....                           | 25 |
| 그림 3.6  | 계층적 연동망 구조의 Fast handoff.....                           | 26 |
| 그림 4.1  | 계층적 연동망 구조의 일반적인 handoff.....                           | 28 |
| 그림 4.2  | 계층적 연동망 구조의 Fast handoff : Predictive .....             | 31 |
| 그림 4.3  | 계층적 연동망 구조의 Fast handoff : Reactive .....               | 34 |
| 그림 5.1  | 계층적 연동망 구조의 패킷 손실 구간.....                               | 38 |
| 그림 5.2  | Flat 연동망 구조의 패킷 손실 구간.....                              | 39 |
| 그림 5.3  | 시물레이션 시나리오.....                                         | 45 |
| 그림 5.4  | 단말의 이동속도 5Km/h일 때 Packet loss ratio.....                | 46 |

|                                                            |    |
|------------------------------------------------------------|----|
| 그림 5.5 단말의 이동속도 10Km/h일 때 Packet loss ratio.....           | 46 |
| 그림 5.6 단말의 이동속도 30Km/h일 때 Packet loss ratio.....           | 47 |
| 그림 5.7 단말의 이동속도 60Km/h일 때 Packet loss ratio.....           | 47 |
| 그림 5.8 무선 link setup time 0ms일 때 Packet loss ratio.....    | 48 |
| 그림 5.9 무선 link setup time 200ms일 때 Packet loss ratio.....  | 48 |
| 그림 5.10 무선 link setup time 500ms일 때 Packet loss ratio..... | 49 |
| 그림 5.11 무선 link setup time 700ms일 때 Packet loss ratio..... | 49 |
| 그림 5.12 무선 link setup time 1000ms일 때 Packet loss ratio.... | 50 |
| 그림 5.13 Interactive 트래픽일 경우 Packet loss count.....         | 51 |
| 그림 5.14 Real-time 트래픽일 경우 Packet loss count.....           | 51 |
| 그림 5.15 다중 단말을 통한 Packet loss ratio.....                   | 52 |
| 그림 5.16 다중 단말을 통한 Packet loss count.....                   | 52 |

## 표 목 차

|                                           |    |
|-------------------------------------------|----|
| 표 5.1 네트워크 link delay 파라미터.....           | 44 |
| 표 5.2 각 Case 별 vertical handoff time..... | 44 |

## 1. 서론

지난 몇 년간 이동통신 서비스는 2G 디지털 이동통신 서비스로부터 3G CDMA2000 이동통신 서비스까지 급격한 성장을 보여 왔다. 이와 더불어 초고속 인터넷 보급의 활성화로 인한 인터넷 사용자들이 이동통신 시스템을 이용한 인터넷 서비스 제공에 대한 요구가 증가 하고 있으며, 따라서 음성 위주의 서비스를 제공하던 이동통신 서비스는 멀티미디어 데이터 위주의 서비스를 제공할 것으로 예상된다. 현재 3G 이후의 이동통신 시스템에 대한 명확한 정의는 존재하지 않으나 4G 또는 차세대 이동통신 시스템이라고 불리고 있으며, 보편적으로 유·무선 네트워크의 통합과 더불어 이동성의 증가와 고속 데이터 전송을 제공하는 형태로 진화해 나갈 것으로 예상된다. 예상한 바와 같이 4G 또는 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. 현재 4G 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 있으며, 이는 현재 이동통신 사용자들의 다양한 서비스에 대한 욕구가 점점 증가한다는 것을 반영한다. 현재 이러한 이동통신 사용자의 욕구를 충족시키기 위해 차세대 이동통신 시스템에 대한 국제 표준화 기구는 존재하지 않으나, 국내외 여러 기관에서 관심을 두고 차세대 이동통신에 대한 연구를 수행중이다. 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 Internet의 장점을 받아들여 Packet 통신을 위주로 이동통신이 발전함을 의미한다. 현재 차세대 이동통신에 대한 표준안은 2007년경에 정립될 것으로 예상되며 조기에 차세대 이동통신 시스템의 비전과 개념을 정립하고 핵심요소 기술과 서비스를 발

굴하는 것은 매우 중요한 이슈가 될 것이다.

따라서 본 논문에서는 CDMA2000과 WiBro, WLAN를 대상으로 차세대 이동통신 서비스의 신규 서비스 모델을 제안한다. 살펴보면, CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 기존의 네트워크들은 각기 독립적인 서비스를 이루고 있고, 이는 앞에서 언급했듯이 신규 서비스 모델 창출과 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 시스템에 대한 프레임 워크, 서비스 모델링, 핵심요소 기술의 연구를 통한 전반적인 이해를 제시하여 차세대 이동통신 시스템 분야에서의 선도적 위치를 선점할 수 있게 한다. 따라서 본 논문에서는 차세대 이동통신 서비스의 개념을 정립하고, 핵심요소 기술을 분석을 통해 차세대 이동통신 서비스 모델링을 하여 전체적인 프레임 워크의 제안을 목적으로 하고 있다.

본 논문의 구성을 살펴보면, 2장에서는 기존 연구로서 연동 서비스를 위한 연구 분야로서 Loosely Coupled 방안과 Tightly Coupled 방안에 대해 살펴보고, 본 논문에서의 핵심 기술 분야로서 Hierarchical Mobile IPv6와 Fast Handoff, CARD, CXTP를 살펴본다. 3장에서는 논문에서 제안하는 연동 서비스 구조와 동작 방안에 대해 살펴본다. 4장에서는 제안된 연동 서비스 구조상에서 동작하는 QoS를 지원하는 vertical handoff에 대해서 각 사례 별로 살펴본다. 5장에서는 성능 분석을 통해 제안된 방안의 효율성을 제시하고, 6장에서 결론으로 마무리 한다.

## 2. 관련연구

이와 같이 연동 서비스에 대한 연구가 활발히 진행됨에 따라 All-IP 기반의 연동서비스 방안이 많이 제안되고 있다. 이러한 연구들의 대부분은 연동망 구조로서 Public IP network망에 각 네트워크들이 특성에 맞는 게이트웨이를 통해 연동되는 스타형 구조들을 보인다. 이러한 연동 서비스 구조는 사용자에게 통합된 환경으로 다양한 서비스를 제공하게 된다. 하지만 Public IP network망에 존재하는 HA를 통해 각 네트워크들이 연결되어 있기 때문에 다른 네트워크 서비스를 제공하기 위해 vertical 핸드오프를 수행할 때 패킷 손실과 시그널링에 따른 핸드오프 지연은 무시할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 네트워크들의 coverage 특성상 오버레이 구조를 이루는 것을 감안하여 새로운 연동 서비스 모델로서 계층적 연동 서비스 구조를 제안한다.

다음 2.1절에서는 기존의 연동 서비스 방안인 Loosely Coupled 방식과 Tightly Coupled 방안을 살펴본다. 2.2절에서는 논문에서 제안한 연동 서비스의 핵심 기술 분야에 대해서 살펴본다.

### 2.1 연동 서비스 방안

미래 기술의 이슈를 통합 서비스로 보고 이에 대해 독립적으로 서비스 되는 각 네트워크들을 연동하는 방안으로서 Tightly coupled 방안과 Loosely coupled 방안이 제시되어 왔다. 휴대인터넷이 나오기 전에 3G와 WLAN의 연동을 두고 방안이 제시되었고 여기서 이 방안들을 살펴보고자 한다.

3G-WLAN 연동방식은 망 관점에서 볼 때에 크게 Loosely coupled 연동 방식과 tightly coupled 연동방식으로 구분해 볼 수 있다. 그림 2.1, 2.2는 3GPP UMTS 망을 예로 할 때에 두 가지 연동방식에 대한 차이를 보여주고 있다.

그림1에서는 Tightly coupled 연동방식을 나타낸다. Tight 연동 방식은 UMTS 핵심망(Core Networks)에 WLAN 접속망이 연결되는 형태로서, WLAN 망은 UTRAN처럼 하나의 접속망으로 동작한다. 각 가입자는 망 접속 환경에 따라 UTRAN 혹은 WLAN 망을 통해 UMTS 서비스를 이용하게 된다.

이 시나리오에서는 UMTS 핵심망과 WLAN 망간 연동을 위해 IWU(Inter-Working Unit) 장비가 필요하게 되며, 기본적인 서비스 제어 및 관리 기능은 UMTS 핵심망에서 담당하게 된다. Tight 연동방식의 장점은 기존에 제공되는 UMTS 시스템의 보안, QoS 제어, 과금, 이동성 제어 기법을 그대로 적용할 수 있다는 점이다. 반면에, 단점으로는 WLAN 단말에 UMTS 관련 모듈을 모두 탑재해야 하고 또한 관련 표준화에 상당한 시간과 노력이 소요된다는 점이 있다.

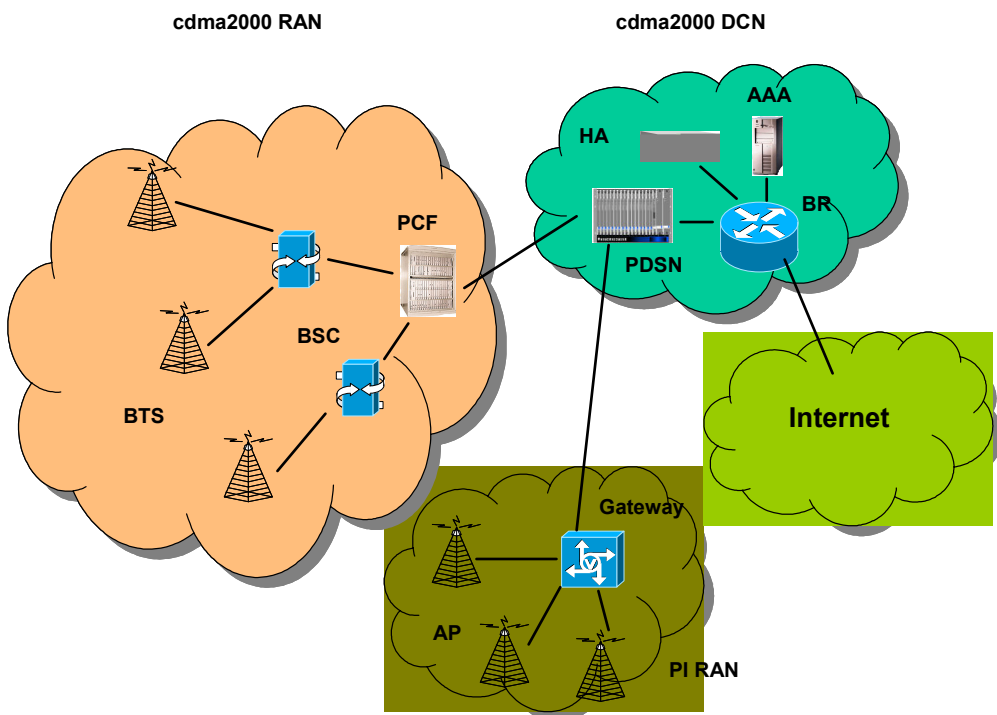


그림 2.1 Tightly-coupled Integration

그림 2.2에서는 Loosely coupled 연동방식을 나타낸다. Loosely coupled 연동방식에서는 UMTS 및 WLAN 망이 각각 독립적으로 운용되면서 단지 과금 및 인증 관련 연동을 위한 인터페이스만 정의하게 된다. 관련 인터페이스는 IP 상위계층에서 정의될 수 있어서 비교적 구현 및 적용이 쉬울 것으로 예상된다. 반면에, UMTS에서 정의된 위치제어, QoS, 보안 등의 고급 기능이 WLAN 망에서

는 지원되지 않는다. 현재의 표준화 및 기술개발 흐름은 Tightly 방식보다는 Loosely 연동방식에 더 무게가 실려 있으며, 이에 따라 WLAN 시스템을 UMTS 혹은 3G망에 대한 Subsystem으로 바라보는 시각이 우세하다. 관련 연동을 위해 인증 및 과금 등의 AAA 기능과 Mobile IP 기반의 이동성 지원 기능 등이 고려되고 있다.

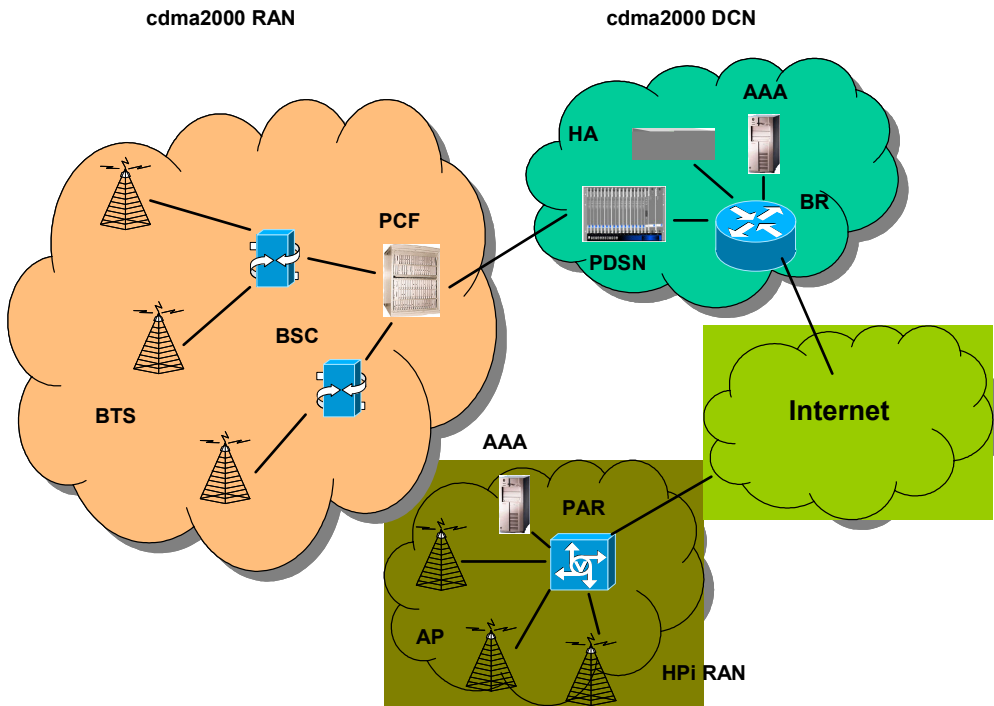


그림 2.2 Loosely-coupled Integration

위에서 언급했듯이 3GPP-WLAN 연동을 위한 망구조는 크게 Loosely coupled와 Tightly 연동 방식으로 구별할 수 있고, 이는 ETSI BRAN (Broadband Radio Access Network) TR 101 957에서 HIPERLAN/2 기반 WLAN 망과 UMTS 망간의 연동을 위한 망구조를 제시하고 있다. Loosely coupled 연동구조에서는 WLAN 망이 별도로 존재하면서 단지 UMTS 핵심망 (Core Network)과의 연동을 위해 IWU가 추가된다. IWU는 두 시스템의 연동을 위해 필요한 이동성, 인증 및 과금 등의 관련 기능을 수행하는 장비이다. Loosely coupled 연동구조는 다시 USIM (UMTS Subscriber Identity Module)

기반 사용자 식별 및 인증 시나리오와, 다이얼 업 인터넷 접속에서 사용하는 NAI (Network Access Identifier) 기반 사용자 식별 및 인증 시나리오로 분류할 수 있다. NAI 기반 인증에서는 WLAN의 AAA 서버와 UMTS의 AAA 서버간의 연동이 요구되며, USIM 기반 인증에서는 필요에 따라 HLR (Home Location Register) 혹은 HSS (Home Subscriber System) 과의 연동도 요구된다. AAA간 연동을 위해서 IETF에서 개발 중인 RADIUS 혹은 Diameter 프로토콜이 사용되며, USIM 기반 IWU와 HLR과의 연동은 기존 MAP (Mobile Application Part) 프로토콜이 사용된다. Loosely coupled 연동방식은 새로운 규격 개발을 최소화하여 즉시 적용할 수 있는 장점을 가지고 있어 초기단계의 3G-WLAN 연동에 적합한 구조이지만, 시스템간 로밍시에 seamless 핸드오버가 어렵고 QoS 지원 측면에서도 제한적인 기능을 가질 수밖에 없다. Tightly coupled 연동구조에서는 WLAN 망을 UMTS에 대한 하나의 접속망으로 분류한다. WLAN의 AP (Access Point)와 UMTS의 SGSN 사이에 IWU이 위치하며 IWU와의 연동을 위해, 기존 UMTS의 RNC-SGSN 인터페이스 Iu를 확장한 Iuh12(SGSN- IWU), Iurhl2 (IWU-IWU), Iubhl2 (IWU-AP) 등의 인터페이스를 정의하고 있다. Tight 연동구조에서는 이러한 Iu 기반 인터페이스를 통해 WLAN 접속시스템은 UMTS에서와 동일한 이동성, QoS 및 보안 기능 등을 제공할 수 있는 장점이 있다. 하지만 IWU 및 관련 인터페이스에 대한 추가 표준화 작업이 요구되는 부담도 있다. 따라서, Tightly coupled 연동방식은 보다 장기적인 관점에서 접근할 수 있는 망구조라 할 수 있다.

### ○ Tightly Coupled 방안의 장점

Tightly Coupled 방안은 Seamless service 측면에서 유리하다. 또한 Mobile IP를 사용하지 않고 Simple IP 서비스로도 연동 가능하다. 통합된 사용자 관리 (인증 및 과금)로 일관적인 과금 체계를 적용할 수 있다. 또한 CDMA2000 네트워크의 수정이 가능한 경우라면 기능과 성능 측면에서 가장 원활하게 동작할 수 있으며 가장 자연스러운 형태의 네트워크를 구성할 수 있다. 또한 인증 및 과금을 한 곳에서 수행할 수 있으므로 일관적인 인증 및 과금을 할 수 있다. 앞에서 언급한 PPP 처리과정 중에 CAG와 PDSN의 PPP처리를 하지 않아도 되어 처리 과정을 단축할 수 있기 때문에 성능이 상대적으로 우수하다.

### ○ Tightly Coupled 방안의 단점

Tightly Coupled 방안에서는 CDMA2000 DCN의 망 부하 문제가 제기된다. 연동 방안 및 접속 규격 필요하다. CDMA2000 영역을 수정하지 않는다면 WiBro는 PPP설정이 필요하지 않지만 CDMA2000 영역에서 handoff 해온 경우라면 PDSN에서 WiBro call에 대해 PPP설정을 하므로 불필요한 처리과정이 발생한다. CDMA2000 서비스에서는 PSS - PDSN의 PPP이며, WiBro 서비스에서는 CAG-PDSN의 PPP이므로 PPP의 Peer-to-Peer semantic이 유지되지 못한다. PDSN이 PPP를 수행하지 않으므로 CAG의 PPP 처리를 위한 과부하가 예상된다. 단말 또는 사용자 인증 시에 default PPP를 다시 설정할 필요가 있을 때 AAA서버에 두 번 접근해야 하는 중복이 발생하기 때문에 일관적인 과금 정책이 적용되지 않을 수 있다. CDMA2000 영역을 수정할 수 있는 경우라면 PDSN을 수정하는 것 자체가 장기적으로 막대한 비용이 들기 때문에 최대의 단점으로 지적된다.

#### ○ Loosely Coupled 방안의 장점

Loosely Coupled 방안은 Mobile IP를 통한 연동 서비스로서, AAA간 연동을 통한 인증 및 과금 통합 (via roaming gateway)을 지원한다. Loosely Coupled 방안에서는 망의 통합을 위해서 기본적으로 Mobile IP를 사용한다. 따라서 CDMA2000 망에 영향 없이 WiBro 개발 가능하며, AAA간 Roaming gateway만 별도 구현하면 구현이 가능하다.

#### ○ Loosely Coupled 방안의 단점

Loosely Coupled방안의 단점으로 지적되는 사항은 Overlay 망 구축 비용이 발생한다는 것이다. 또한 Mobile IP의 등록절차에 따른 지연이 Seamless service를 방해 할 수도 있다. 즉, vertical handoff 시 delay 및 packet loss 문제가 발생하여 실시간 서비스의 제공이 힘들다.

#### ○ 기존의 연동망 방안

기존의 연동망 방안은 대부분 CDMA2000과 WLAN간의 연동구조에 관한 연구이다[15]. 이러한 연구에서 CDMA2000과 WLAN간의 연동 구조는 통합관리를 위한 하나의 HA를 두고 각기 독립적으로 연동되는 연동망 구조를 제안하고, 이 때 네트워크 간의 vertical handoff의 성능 향상을 위해서 중첩된 구간에서의 RSS(Received Signal Strength)를 기반으로 하여 Handoff Initiation을 결정하는 방안을 제안하고 있다. 중첩된 지역에 진입한 단말이 RSS를 측정하여

핸드오프를 예측하더라도 Mobile IP를 사용하여 Hard Handoff를 수행하기 때문에 이미 이전에 연결되었던 네트워크로 전송된 패킷과 핸드오프 중에 모든 패킷은 손실되는 단점이 발생한다. 이러한 vertical handoff의 문제점은 고속의 데이터 전송률을 요구하는 Real-time 서비스를 받을 때 문제가 발생한다. 그렇기 때문에 이러한 vertical handoff의 문제점 해결 방안을 모색하는 것은 중요한 이슈가 된다. 따라서 본 논문에서 서로 다른 네트워크들을 계층적으로 연동하여 vertical handoff의 시그널링을 줄이고 네트워크의 구조상 생기는 오버레이 구조의 이점을 살리기 위한 동작 프레임 워크를 제안하게 된다.

## 2.2 IP-기반 핵심 요소 기술

이 절에서는 본 논문에서 연동 서비스를 제안함에 있어 몇 가지 최신 기술 분야를 소개한다. 이러한 최신 핵심 기술들은 새로운 기술을 개발함에 있어서 기존에 잘 정의되고 규명되어진 기술을 적용하는 것은 새로운 기술의 효율성과 성능을 향상시킬 수 있기 때문에 중요하다. 그렇기 때문에 다음 설명하려는 기술들은 이미 표준화 되어진 기술들로서 본 논문에서 이러한 기술들을 잘 통합하여 연동 서비스의 성능을 향상시키는 방안을 제안하려 한다. 먼저 2.2.1절에서는 본 논문에서 기본적인 이동성 지원을 위해 제안된 표준 프로토콜로서 Hierarchical Mobile IPv6를 소개하고, 2.2.2절에서는 패킷 손실과 보다 적은 지연을 위한 Fast handoff를 소개한다. 다음 2.2.3절에서는 Seamless Mobility를 지원하기 위해 단말이 이동할 AR(Access Router)을 선택하기 위한 프로토콜로서 Seamoby WG에서 표준화된 CARD(Candidate Access Router Discovery)에 대해 설명하며, 2.2.4절에서는 Seamless Mobility를 지원하기 위해 Seamoby WG에서 표준화된 CXTP(Context Transfer Protocol)을 설명한다.

### 2.2.1 Hierarchical Mobile IPv6

본 절에서는 네트워크의 계층적 구조를 통해 시그널링 메시지의 감소와 단말의 이동성 관리의 편의를 위한 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)에 대해 소개한다. 일반적인 MIPv6는 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. 그렇기 때문에 HMIPv6는 Mobility Anchor Point(MAP)이라고 명명된 상위의 라우터를 사용하여 하위의 라우터간의 이동을 관리하는 방법을 사용한다. MAP은 단말이 방문한 네트워크에 위치한 라우터로써 단말의 local HA로서 기능을 수행하게 되며, 한 네트워크에 하나 이상의 MAP이 존재 할 수도 있다. 이러한 경우 하나 이상의 MAP은 계층적으로 구성된다. 그림 2.3에서 HMIPv6의 구조를 나타내고 있다.

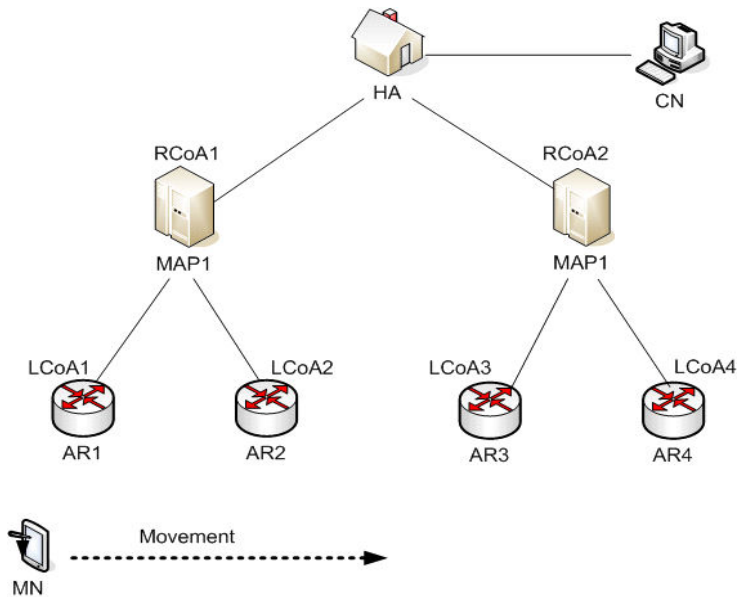


그림 2.3 Hierarchical Mobile IPv6

그림 2.3에서 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 단

말이 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.

## 2.2.2 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 Handoff방식이 있다. Predictive Fast Handoff방식은 Anticipate Fast Handoff라고도 불린다. Trigger가 발생하면 이전 AR에 RtSolPr를 전송하여 Handoff를 시작한다. MN은 Fast Binding Update를 통하여 이전 AR에게 패킷을 새로운 AR로 포워딩할 것을 지시하고 이전 AR은 MN과 새로운 AR 모두에게 FBack을 전송한다. (그림 2.4)

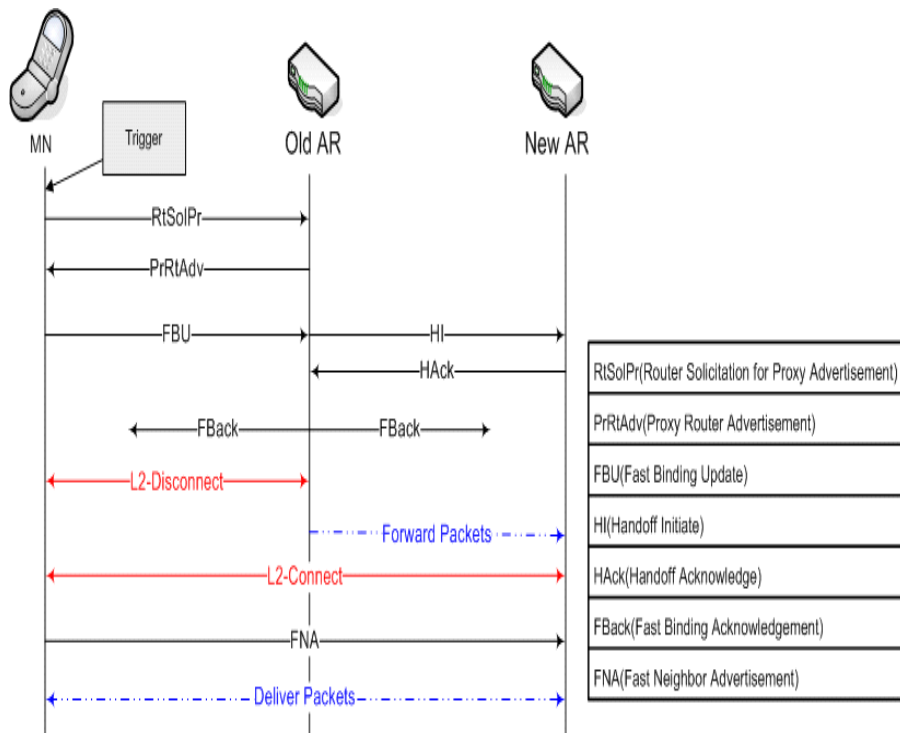


그림 2.4 Fast Handoff, Predictive

Reactive Fast Handoff방식은 MN이 FBU를 전송한 후에 링크에서 이동하여 이전 링크로부터 FBack를 수신 받지 못했다면 MN은 FBU가 제대로 이전 AR에 전송되었는지 알지 못한다. 이러한 경우, MN은 새로운 AR에 접속하자마자 FBU를 FNA내에 캡슐화하여 전송하는 방식이다. (그림 2.5)

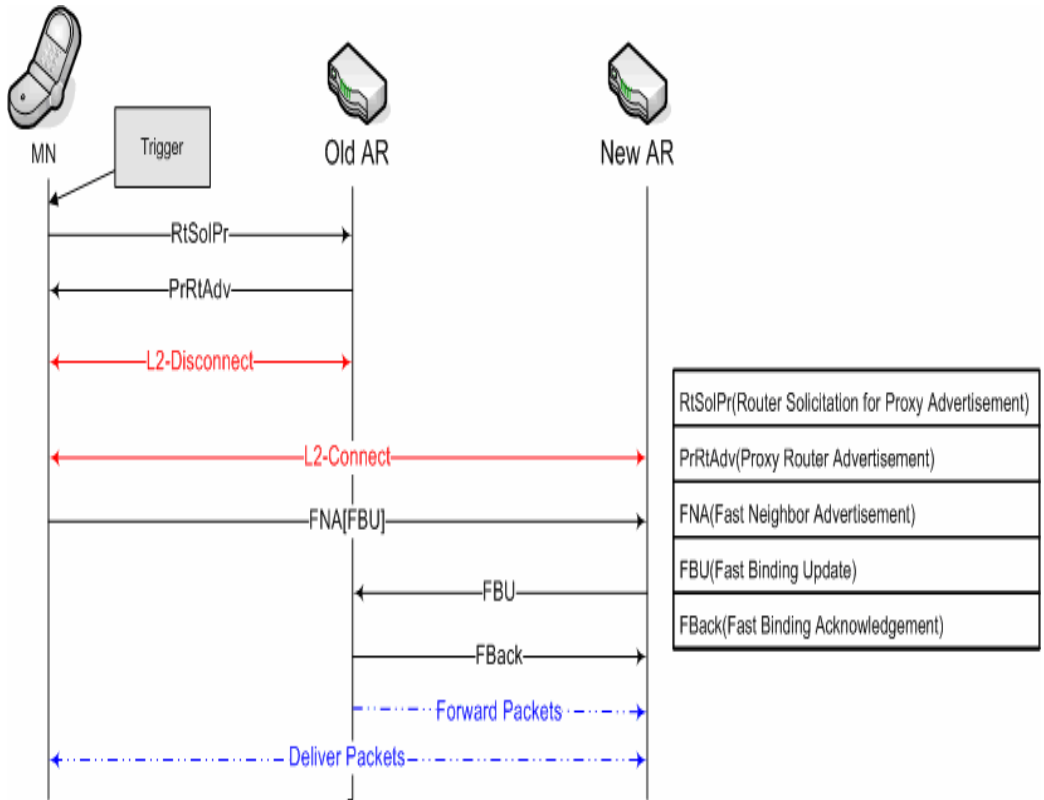


그림 2.5 Fast Handoff, Reactive

### 2.2.3 CARD

CARD (Candidate Access Router Discovery)는 Seamless Mobility를 위해 결성된 Seamoby WG에서 표준화 작업이 이루어졌다. CARD는 MN가 새로운 영역으로 이동할 때 새로 이동할 AR의 정보를 제공받음으로써 이동할 Target AR의 선택을 수월하도록 한다. Seamless Mobility를 제공받기 위해서는 MN이 handoff할 때, handoff의 대상이 되는 AR에 대한 정보를 미리 획득하는 것이 도움이 된다. CARD 프로토콜은 MN이 이동할 대상 AR에 대한 정보를 얻을

수 있도록 하는 프로토콜이다. CARD 프로토콜은 크게 두 가지 기능으로 나뉘는데, 하나는 Reverse Address Translation과 또 하나는 Discovery of CAR Capabilities이다.

### ○ Reverse Address Translation

Reverse Address Translation은 MN이 새로운 영역에 들어서서 새로운 AP의 L2 ID를 획득하게 되면, L2 ID를 가지고 그 AP와 연결된 AR의 IP address로 변환하는 기능을 수행한다. (그림 2.6)

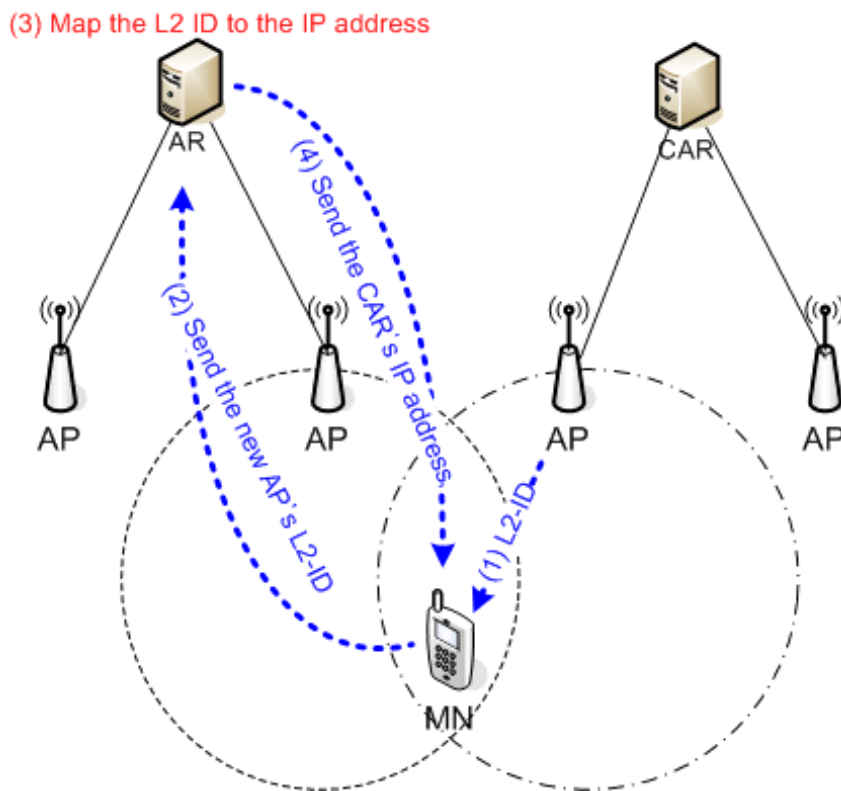


그림 2.6 Reverse Address Translation

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 table 상의 IP address와 L2-ID를 맵핑시켜 알아낸 CAR의 IP address를 MN에게 전달

한다.

### ○ Discovery of CAR Capabilities

Discovery of CAR Capabilities는 최적화된 핸드오프의 제공과 MN의 요구를 매칭시켜 이동을 목표로 하는 AR로의 선택을 위해, CARD Request와 CARD Reply를 통해 Capabilities를 획득하는 방법이다. (그림 2.7)

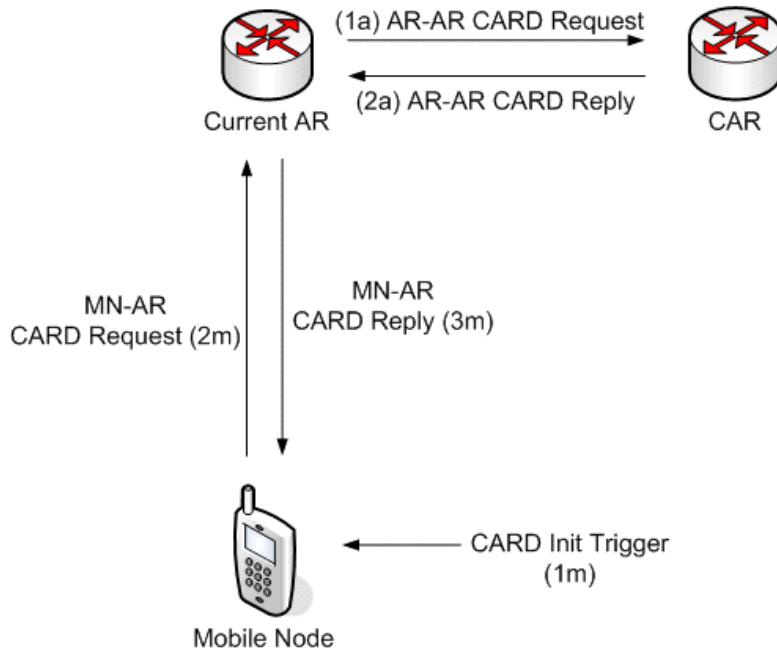


그림 2.7 CARD Protocol Overview

CARD 프로토콜은 CARD Request와 CARD Reply 두 가지 메시지를 정의하고 있는데, 두 메시지 모두 전송을 위해 ICMP를 사용한다. CARD 메시지는 AR-AR간, MN-AR간의 메시지로 나뉘는데, 모든 AR은 주변 AR과의 CARD 메시지 교환을 통한 CAR table을 유지한다. (1a, 2a) 이러한 CAR table은 CAR의 Address나 interface정보 뿐 아니라 CAR이 단말에 제공해 줄 수 있는 여러 Capabilities에 대한 정보를 담고 있다. 이러한 정보들은 새로운 정보유지를 위해 일정한 시간이 지나면 의미가 없어지며, AR-AR 간의 CARD 메시지가 교환되는 경우는 이와 같이 Capability entity가 timeout될 경우로만 국한되어 있다. MN-AR간의 메시지는 MN이 Target AR의 선정을 위해 MN이 요구하는 사항을 현재의 AR에 CARD Request를 전달하고 현재 MN이 접속되어

있는 AR은 자신의 CAR table의 pre-filtering을 통해 MN의 요구에 합당한 CAR의 정보를 CAR reply 메시지에 실어 보낸다. 다음은 CARD Protocol의 수행되는 모습을 나타낸 것이다.(그림 2.8)

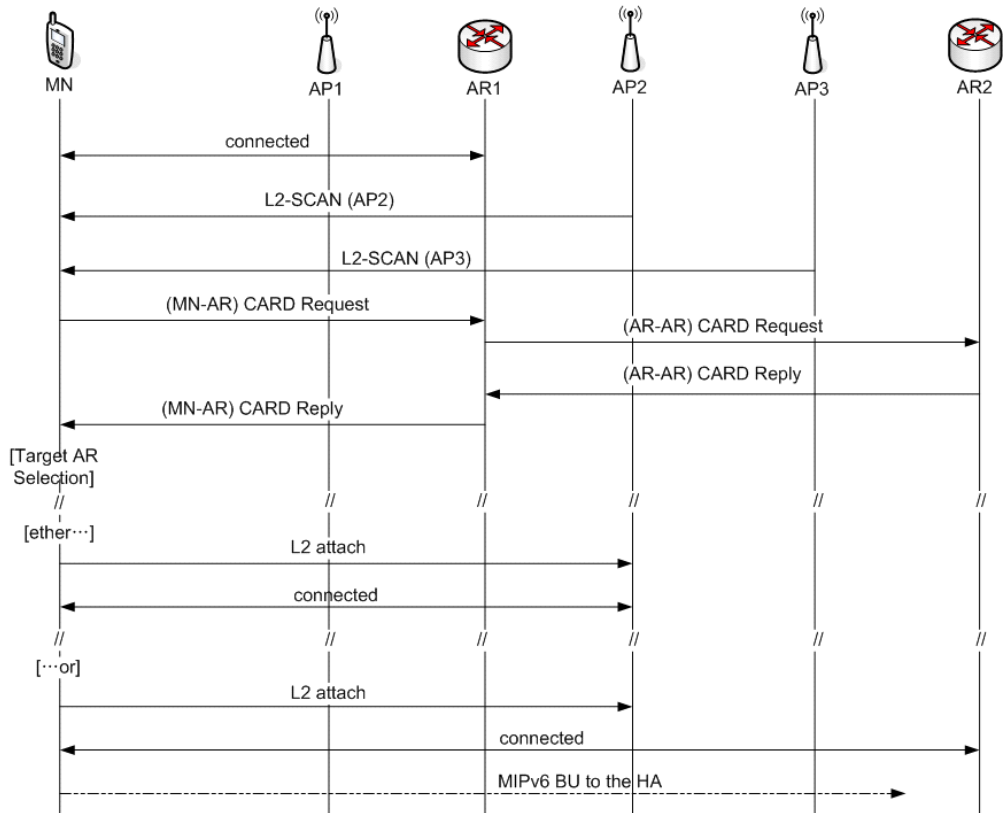


그림 2.8 CARD Protocol Operation

## 2.2.4 CXTTP

CXTTP (ConteXt Transfer Protocol) 역시 Seamless Mobility를 위한 Seamoby WG에서표준화 작업이 이루어진 프로토콜로써, 단말의 이동시, AR간 Context의 교환을 통해 불필요한 시그널링을 줄이고, 정보 전달을 통해 보다 나은 Mobility를 제공하고자 하는데 목적이 있다. CXTTP는 MN가 이동시 어플리케이션의 인터럽트를 최소화하기 위해 CT(Context Transfer)를 통해 시그널링의 재시작을 피하고 지연 및 패킷 손실을 줄여보고자 하는 프로토콜로 IPv4와 IPv6 모두를 지원한다. CXTTP는 MN가 새로운 서브넛으로 이동할 때 새로운 라우터와의 협상없이 이전 라우터에서 생성된 정보를 새로운 라우터로 보냄

으로서 CTCS(Context Transfer Candidate Service)를 빠르게 설정함으로써 핸드오프시에 지연을 줄이는 방안이다. CTCS에는 여러 가지 핸드오프시에 관련된 서비스들을 포함한다. 예를 들면 AAA, QoS, Header compression, policy, PPP와 같은 서비스 등의 서비스들이 포함된다. 이러한 서비스를 새로운 라우터에서 설정하는 것은 프로토콜을 바꾸는 데에서 상당한 시간이 요구되기 때문에 지연과 시그널링 오버헤드는 늘어나고 특히 지연에 민감한 real-time traffic에는 심각한 문제가 된다. 이를 해결하기 위한 대안은 subnet state나 subnet context 상의 정보를 충분히 전달하는 것이고 이런 context 서비스는 MN의 이동시 영향을 최소한으로 줄어든게 하는 이점이 있다. 그렇기 때문에 이러한 각 서비스에 대해 이전 라우터가 Context를 생성하여 Context Transfer Data(CTD) 메시지에 실어 새로운 라우터에 보내어 새로운 라우터가 이 CTD 메시지에 있는 각 서비스의 정보를 이용하여 CTCS를 재시작하게 된다. 이러한 Fast CTCS Re-establishment의 내용에는 AAA와 QoS, 그리고 Header Compression이 포함된다. 먼저 Fast CTCS Re-establishment의 AAA 측면에서 살펴보면, MN가 새로운 subnet으로 이동시 새로운 AAA 인증의 수행 없이 AAA Context를 이전 라우터에서 새로운 라우터로 전송함으로써 연속적인 access를 MN에게 허용한다. AAA Context 자체에도 일반적인 AAA에서의 security association에서의 보안의 중요성은 강조된다. 현재 Context Transfer를 사용하지 않고 있으며, 일반적인 AAA를 사용하는 방법에는 다음과 같이 2가지가 존재한다.

- 1) PPP나 802.1x에서의 EAP와 같은 Layer 2 메커니즘은 Initial Protocol Exchange를 재사용하거나, 그것의 업데이트를 가능하게 한다. 현재 네트워크상에서 MN와 AAA server간의 AAA exchange 실행하는 일반적인 Layer 3 메커니즘은 없다.
- 2) MN가 Mobile IPv4(현재로서는 Mobile IPv6는 사용되지 않는다)를 사용할 경우, MN는 새로운 Foreign Agent(FA)에게 Security association을 설정하기 위해 Mobile IPv4의 AAA registration keys Extension을 사용하여 AAA를 수행할 수 있다. 이것은 Mobile IP signaling 메시지에 피기백킹된다.

두 번째로 QoS처리에 대한 Topic은 IETF에서도 중요한 논점의 대상이다. 그것은 QoS가 MN의 핸드오프시 새로운 router에서 필수적인 재설정 서비스이기 때문에 빠른 재설정이 절실하다. 여기에서 MN의 QoS Context Transfer는 새로운 라우터 상에서 MN QoS 처리의 재설정을 더 빠르게 촉진시켜 줄 수 있다. 하지만 end-to-end 관점에서의 QoS로 보면, MN의 QoS 처리의 완벽한 재설정은 불안전하다. 그 이유는 MN와 corresponding host 간의 포함된 중간 Hop들을 제외하였기 때문이다. 마지막으로 Context Transfer는 last hop router에게 새로운 라우터로 header compression Context를 전송해서 Header Compression을 수행하는 것을 가능하게 한다. 그리고 Flow timing상에서 보면 Context Transfer는 이전 라우터로부터 패킷이 더 이상 수신될 수 없게 되자마자 새로운 라우터로 Context를 보내 인스톨되어야 한다. 이러한 CXTP에서 Seamoby WG에서 제시한 제한사항이 존재하며, 그 제한 사항은 다음과 같다.

#### 1) Router Compatibility

두 라우터상의 Context Transfer는 두 라우터가 같은 CTCS를 지원할 때만 가능하다. 즉, 받을 수 없는 Context Transfer는 거부된다. 하지만 이것이 MN의 동작방식이 같아야 한다는 것은 아니다.

#### 2) Re-initialize Service의 요구사항

Device나 access network가 같은 서비스 레벨로서 re-establish, re-negotiate를 빠르게 해야 한다는 것이다.

#### 3) 특정 서비스에 대한 적합성

Context Transfer는 Context Transfer에 의해 서비스 설정을 더 빠르게 할 수 있음을 가정한다. 하지만 이 가정은 어떤 서비스의 종류에게는 사실이 아닐 것이다. 예를 들면 multicast인 ‘push’와 같은 information service들이 그것이다.

#### 4) Layer 2 Solutions Better

Context Transfer는 Layer 3 CTCS의 핸드오버 성능을 향상시킨다. 그리고 많은 네트워크들이 subnet 안에서나 subnet 사이에서 layer 2 핸드오버를 지원한다. 하지만 만약 핸드오버가 같은 Layer 2 radio access

technology를 지원하는 두 subnet 사이에서 발생한다면 Layer 3 Context Transfer는 Layer 2 solution상의 중요한 이점을 제공하지 못하며 심지어 Layer 3 Context를 위해서도 이점을 제공 하지 못할 것이다.

## ○ Context Transfer 시나리오

MN 핸드오프시 이전 라우터가 feature context를 전송하는 시나리오는 크게 두 가지로 가정한다.

### 1) 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 2.9, 그림 2.10와 같다.

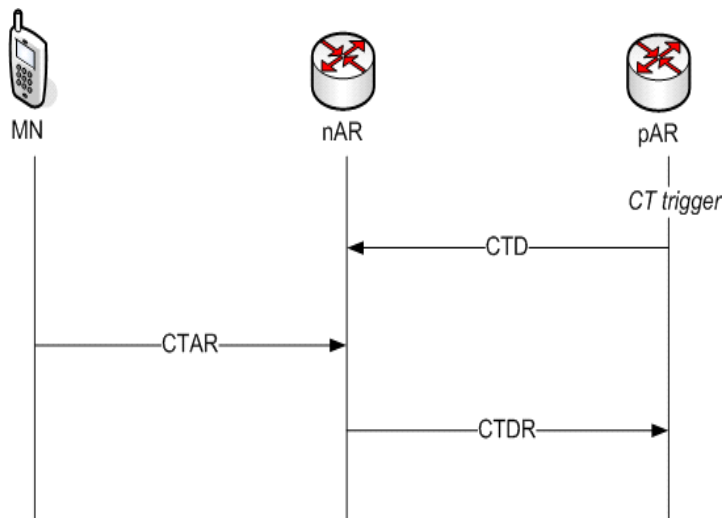


그림 2.9 Network Controlled, Initiated by pAR, Predictive

pAR이 CT Trigger를 받아 MN의 핸드오프를 발견하여 CT Traffic을 전송하는 시나리오이다. pAR은 feature context를 전송하려는 MN으로부터 CTAR(Context Transfer Activate Request) 메시지를 받거나 또는

MN으로부터 일반적인 trigger를 받는다. 여기서 트리거는 MN가 연결된 인터페이스상의 Link-layer trigger이다. CTAR 메시지에 담겨진 정보에는 nAR의 IP address, pAR상의 MH의 IP address, feature context의 list, Transfer에 관한 권한인증을 위한 token을 포함한다. 그리고 나서 pAR은 CTAR이나Trigger에 대한 응답으로서 각 서비스들의 필요한 정보를 담은 feature context를 포함하는 CTD(Context Transfer Data)를 미리 nAR에게 전송한다. CTD는 또한 MN의 이전 IP address와 nAR을 위해 CTAR 메시지에 포함된 MN의 token을 증명하기 위한 파라미터가 포함된다. 이것은 nAR에게 Context Transfer가 보내졌을 때 nAR이 요구하게 되면 라우팅 처리 시에 token이 입증되어 진다.

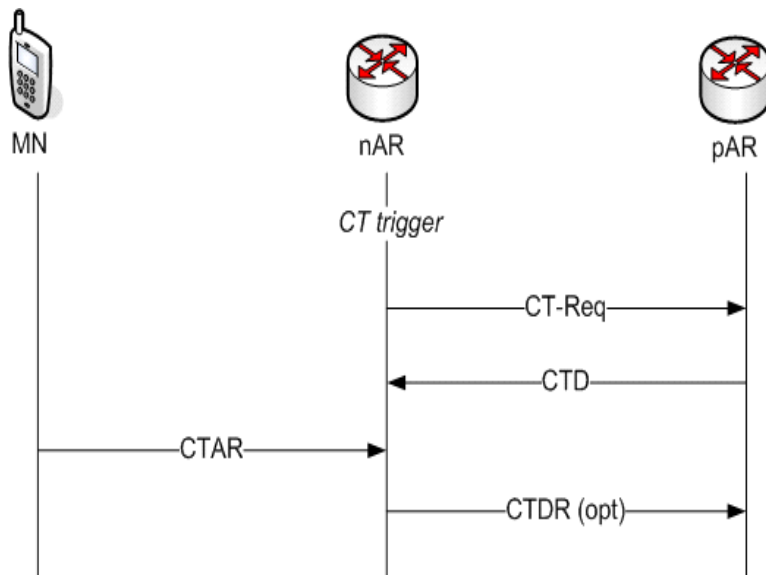


그림 2-10. Network Controlled, Initiated by nAR, Reactive

nAR이 CT Trigger를 받아MN의 핸드오프를 발견하여 CT Traffic을 전송받기 위해 pAR에서 CT-Req를 전송하는 Network Controlled 시나리오이다. 여기서 주목할 점은 nAR은 MN가 이동해 왔다면 pAR에게 CT-Request 메시지를 즉시 보낼 수 있다. 그 이유는 MN가 pAR에게 CTAR 메시지를 보내는지 관계없이 항상 nAR에게 CTAR 메시지를 보내

기 때문이다. CT-Request 메시지에는 MN의 이전 IP address와 FPTs(Feature Profile Types), CTAR의 순서번호, CTAR의 인증 token이 포함된다. 일단 nAR이 pAR에게 CT-Request 메시지를 보내면 pAR은 nAR에게 CTD 메시지로 응답하고 그 이후 시나리오는 동일하다.

## 2) Mobile Controlled

Mobile Controlled 시나리오에서는 네트워크상에 MN가 CT Trigger를 받아 nAR에게 CTAR 메시지를 전송하여 Context Transfer가 시작되는 시나리오이다. 이에 대한 Call-Flow는 그림 2.11와 같다.

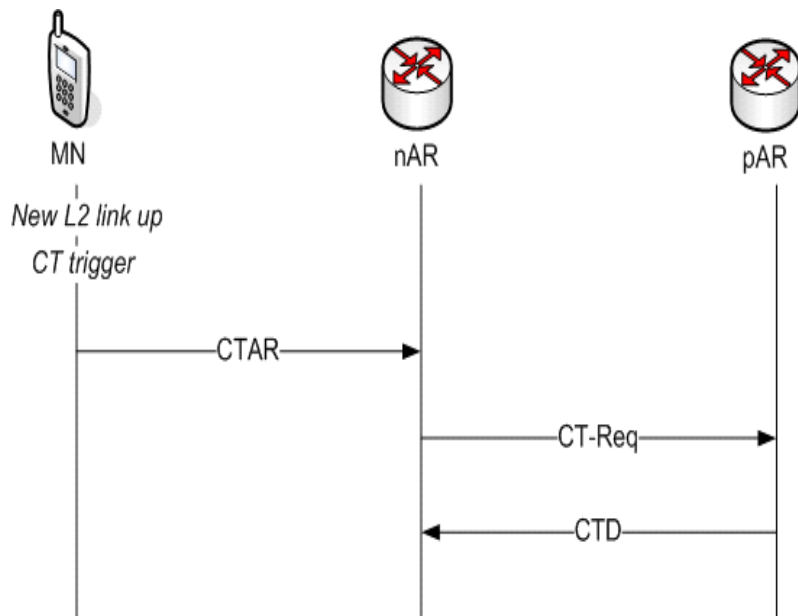


그림 2.11 Mobile Controlled, Predictive New L2 up/old L2 down

이 시나리오에서는 nAR이 CT Trigger를 받았거나 CTAR의 결과로서 CT-Request 메시지를 만들어 내어 이를 pAR에게 보내고, pAR은 CT-Request 메시지의 응답으로서 CTD 메시지를 nAR에게 보낸다. 응답되어진 CTD 메시지를 nAR이 받았을 때 nAR은 받아들여진 context의 처리상황에 대한 응답으로서 CTD Reply(CTDR) 메시지를 만들어 이를 pAR에게 전송한다. nAR이 일단 pAR로부터 context를 받아들였다면 바로 서비스를 설정한다.

### 3. 제안하는 연동망 구조 및 동작 방안

#### 3.1 제안하는 계층적 연동망 구조

기존에 연구들은 3G-WLAN상의 연동을 위한 연구가 진행되었다. 현재 국내에서 WiBro가 표준화 되면서 활성화되는 시기이기 때문에 독립적인 네트워크 연동망에 대한 전체적인 프레임 워크에 대한 연구가 시급하며, 본 논문에서는 이에 대해 기존에 연동망 구조보다 효율적인 성능을 보이는 구조를 제안한다.

2장 관련연구에서 살펴보았듯이 이기종 무선망이 연동을 위한 방안으로 Tightly coupled와 Loosely coupled 방안에 대해 살펴보았고, 이 두 방안의 장단점 또한 살펴보았다. Tightly coupled 방안은 기존의 네트워크 장비의 많은 수정이 필요하기 때문에 시간과 비용이 증가하므로 현재 보편적으로 Loosely coupled 방안으로 연동 서비스 모델을 고려하고 있다. 본 논문에서 제안하는 연동망 구조도 각 네트워크들을 Loosely coupled 방안으로 연동한다.

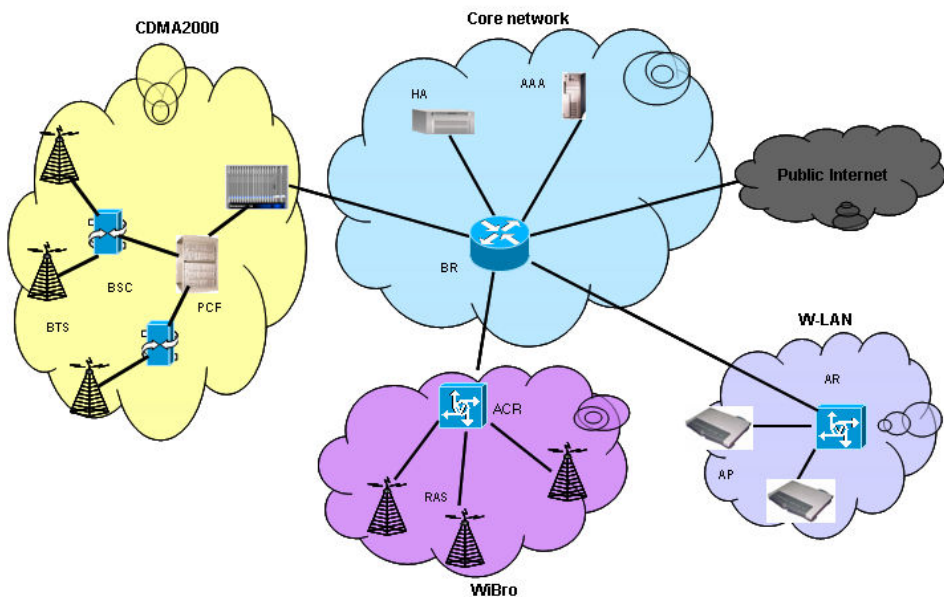


그림 3.1 기존 연동망 구조

그림 3.1은 All-IP 기반 핵심망을 중심으로 독립적인 각 네트워크들이 스타 (또는 Flat) 형태로 연결되어 있는 기존의 연구를 나타낸다. 또한 위와 같이 하나의 HA에 독립적인 네트워크들이 일대일로 연결되어지는 스타형태의 연동 망 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. 그림과 같은 연동망 구조시에 coverage에 따라 오버레이 네트워크 구조를 이루게 될 때 handoff 가능성을 미리 예측이 가능하고 예측 가능한 handoff시에 패킷 손실은 최소화 할 수 있음을 기존의 많은 연구들의 결과를 통해 알 수 있다. 따라서 이러한 이유로 본 논문에서는 Flat 연동망 구조보다 성능 향상을 도모 할 수 있는 연동망 구조로서 다음 그림 3.2와 같은 계층적 연동망 구조를 제안한다.

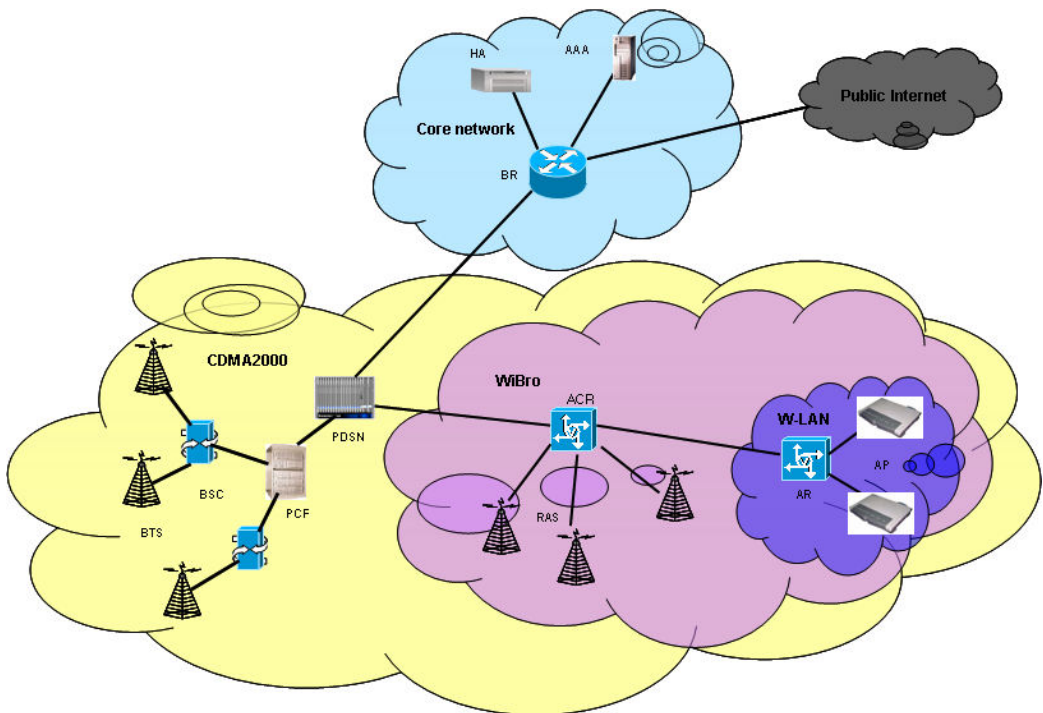


그림 3.2 제안하는 계층적 연동망 구조

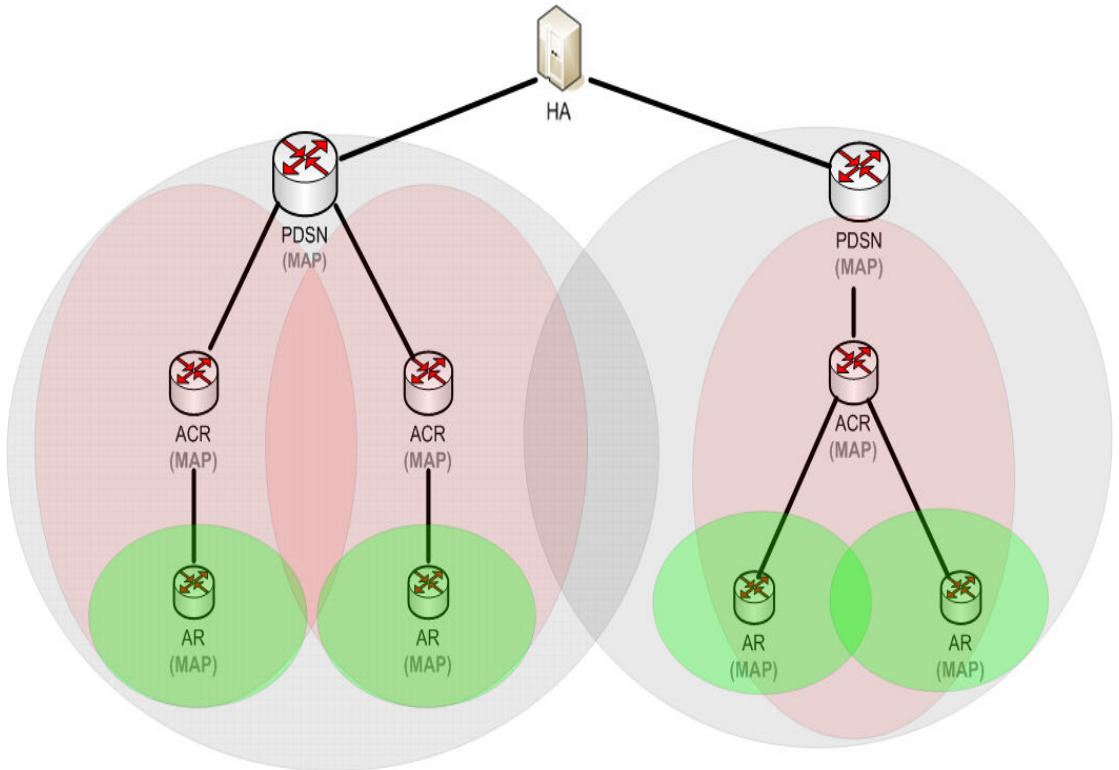


그림 3.3 제안하는 계층적 연동망 구조(coverage 표현)

그림 3.2에서 그림 3.1의 기존의 연동망 구조인 Flat 연동망 구조와 비교하여 제안하는 계층적 연동망 구조의 전체적인 구조를 나타낸다. 또한, 그림 3.3에서는 3.2의 구조 그림을 심플한 모델로서 나타내어 제안하는 계층적 연동망 구조의 특징을 잘 살펴볼 수 있는 형태로 제시하였다. 제안하는 계층적 연동망 구조에서 CDMA2000과 WiBro, WLAN의 Coverage 특성에 따라 계층적으로 연동된다. Coverage는 CDMA2000이 최소 1000m이상, WiBro는 1~1000m, WLAN이 1~100m로 CDMA2000 > WiBro > WLAN의 순서로 나타난다. 물론 Coverage가 가장 큰 CDMA2000은 전송속도가 144Kbps(최대 2.4Mbps)로 가장 낮고, WiBro가 512Kbps(최대 3.0Mbps), WLAN이 11Mbps(최대 54Mbps)로 가장 크다. 여기에서 이러한 특징을 나타내는 이유는 각 네트워크가 계층적으로 수렴될 수 있는 가능성을 보이고 오버레이 네트워크 구조로 구성되어 질 수 있음을 제시하기 위함이다. 이러한 계층적 연동망 구조는 Hierarchical Mobile IPv6의 개념에 따라 Registration에 따른 시그널링 지연을 줄일 수 있

다. 또한 각 네트워크의 Access Router(AR)로 기능하는 PDSN과 ACR, AR에 MAP으로서의 기능을 부여하고 이들을 계층적으로 연결시킨다. 각 네트워크들은 coverage에 따라 연동망 구조를 이룰 때 오버레이 네트워크를 이루게 된다. 오버레이 네트워크상에서는 단말과 네트워크가 핸드오프 발생을 예측 할 수 있으므로 vertical handoff시에 기존의 네트워크로 전송된 데이터의 패킷 손실을 최소화 할 수 있는 장점이 있다. 이러한 이유로 연동망 구조를 계층적으로 구성하는 것은 Flat 연동망 구조로 구성되는 연동망 구조보다 성능이 향상된다.

### 3.2 동작 방안

3.1절에서 CDMA2000과 WiBro, WLAN이 연동하기 위해 제안된 계층적 연동 구조에 대해 살펴보았고, 이 절에서는 제안된 계층적 연동 구조상에서 동작 시나리오를 살펴봄으로서 제안된 계층적 연동 구조의 장점과 주요 핵심 기술들이 어떠한 방식으로 integration 되었는지 살펴보고, 이러한 전체적인 내용을 다룸으로서 제안되는 프레임 워크를 살펴볼 수 있다. 그림 3.4에서 동작 방안을 설명하기 위한 제안된 계층적 연동 구조를 나타낸다.

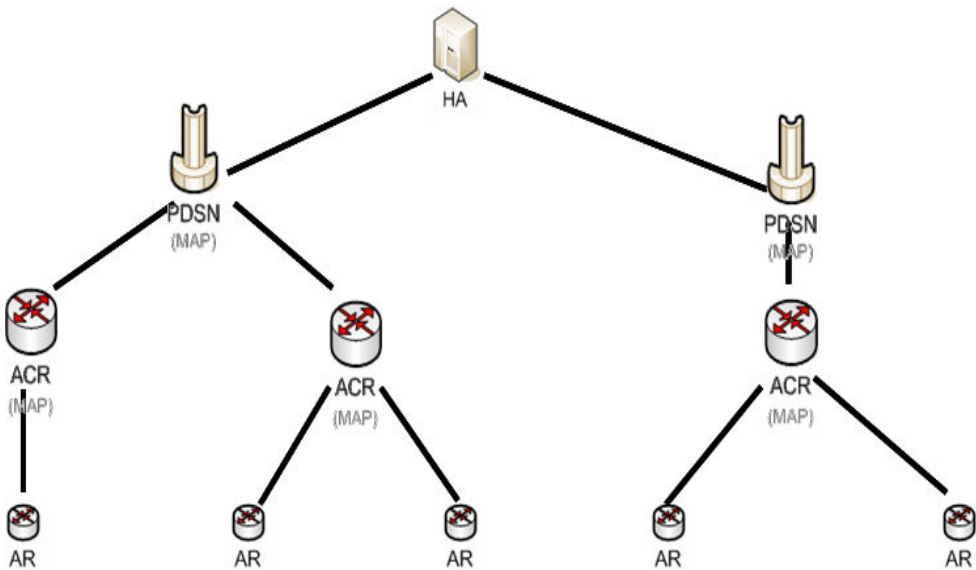


그림 3.4 동작 방안을 위한 제안된 계층적 연동망 구조

그림 3.4에서 제안된 연동 구조의 특징을 살펴볼 수 있다. 3.1절에서 살펴본 바와 같이 각 네트워크들이 계층적으로 구성되어 있음을 볼 수 있고, 각 네트워크의 AR인 PDSN과 ACR, AR이 계층적으로 연결되어 있어 각자 MAP으로서 동작한다. 최상위 MAP으로 CDMA2000의 PDSN이 존재하고 PDSN은 Hierarchical Mobile IPv6의 개념을 바탕으로 HA와 Regional Registration을 수행하고, 단말과 Local Registration을 수행하게 된다. 이러한 구성으로 최상위 MAP의 도메인 안에서의 Local Registration시에 지연과 시그널링을 줄일 수 있다. 여기서 최상위 MAP의 도메인 안에서의 Local Registration은 하나의 최상위 MAP의 범위 안인 계층 구조 내에서 CDMA ↔ WiBro, WiBro ↔ WLAN, WLAN ↔ CDMA간의 이동시에 필요한 Registration이다. 한편 PDSN-PDSN간의 이동시에는 Regional Registration을 수행한다. PDSN과 ACR, AR은 서로 간에 유선으로 연결되며, 단말과 각 네트워크의 AP사이에는 무선으로 연결되어 진다. 즉, WiBro나 WLAN으로 단말이 통신하는 경우 데이터 또는 시그널링은 각각 ACR과 AR로 전달되며 이는 MAP으로서의 기능을 수행하는 상위 MAP으로 전송되어 HA를 통해 단말과 통신하는 CN(Correspondent Node)까지 도달하게 된다.

제안된 계층적 연동망 구조상에서 단말이 이동함에 따라서 일반적인 handoff와 fast handoff가 발생하게 된다. 계층 구조 상의 네트워크 간에 이동시에는 일반적인 handoff를 수행하고 동일 네트워크간의 이동시에는 Mobile IP handoff를 수행하지만 Mobile IP는 handoff시에 지연과 패킷손실에 문제가 발견되어 이를 해결하기 위한 표준 방안으로서 Fast handoff 개념을 여기에 적용한다. 이에 대한 설명은 그림 3.5와 3.6에 설명한다.

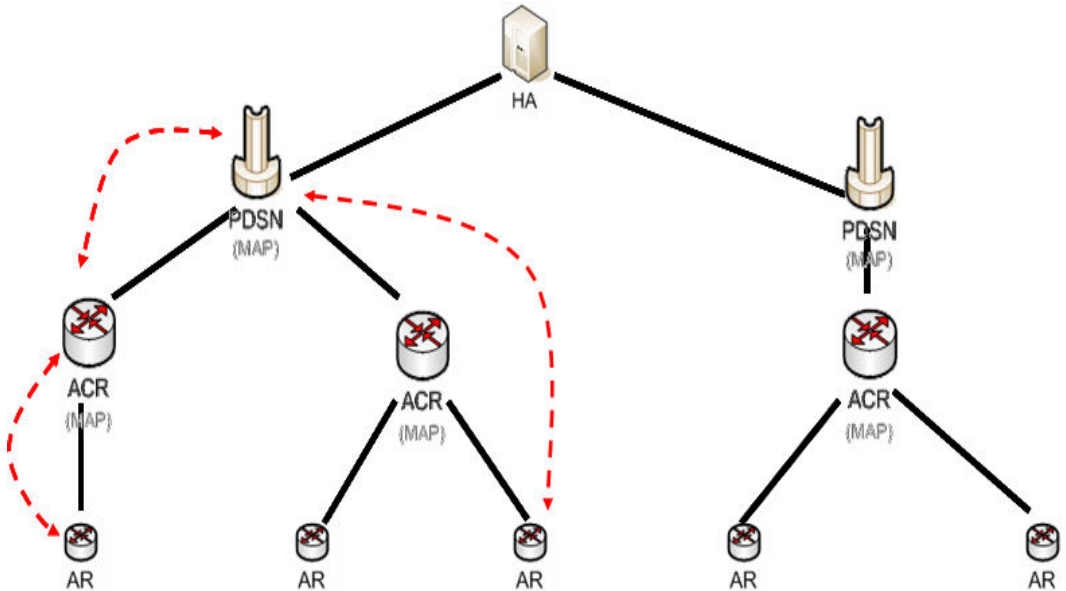


그림 3.5 계층적 연동망 구조의 일반적인 handoff

그림 3.5에서는 제안된 계층적 연동망 구조상에서 일반적인 handoff가 발생하는 예를 보여준다. CDMA ↔ WiBro, WiBro ↔ WLAN, WLAN ↔ CDMA 간의 이동시에 네트워크가 바뀌기 때문에 일반적인 handoff가 일어난다. 단말이 이동 가능한 경우 중 CDMA에서 WiBro로 단말의 통신경로가 바뀔 때 ACR은 자신의 상위의 MAP인 PDSN에게 단말이 이동해 왔음을 알리기 위해 Registration을 수행하고 PDSN은 이에 대한 처리를 한다. HA는 Hierarchical Mobile IPv6의 개념에 따라 PDSN안에 일어나는 handoff에는 상관하지 않고 단말의 위치가 PDSN안에 있다는 사실을 토대로 데이터를 PDSN에게 전달하게 된다. 또한 이 때 오버레이 구조상 handoff 예측하기에 handoff시에 disconnect 되기 전에 PDSN이 단말에게 보내는 데이터가 버퍼링 되어 ACR로 전송하기 때문에 패킷손실이 적다. 반대로 WiBro에서 CDMA으로 단말의 통신경로가 바뀔 때에는 추가적으로 수행되는 절차는 줄고 CDMA 안에서 바인딩 업데이트에 대한 처리만 이뤄지며 패킷손실은 최소화 된다. 마찬가지로 WiBro에서 WLAN으로 단말의 통신경로가 바뀔 때에 AR은 단말이 자신에게 이동해 왔음을 PDSN에게 Registration을 수행한 후에 이전에 단말과 통신하고 있던 ACR은 버퍼링된 패킷을 AR에게 전송하게 된다. 반대로 WLAN에서 WiBro로 단말

의 통신경로가 바뀔 때에는 ACR은 단말이 자신에게 이동해 왔음을 PDSN에게 Registration을 수행한 후에 자신이 버퍼링한 패킷을 단말에게 전송한다. 마지막으로 CDMA ↔ WLAN간의 handoff는 CDMA ↔ WiBro 간의 일반적인 handoff와 같은 방식으로 수행된다.

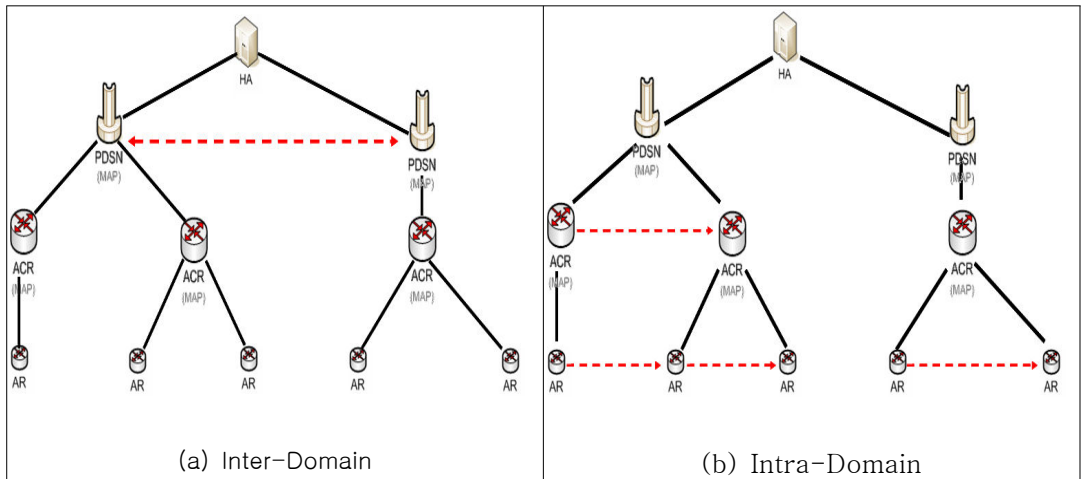


그림 3.6 계층적 연동망 구조의 Fast handoff

그림 3.6에서는 제안된 연동망 구조상에서 Fast handoff가 수행되는 예를 보여준다. 그림 (a)는 도메인이 바뀔 때 즉 계층 구조가 바뀔 때 Fast handoff가 일어나는 것을 나타낸다. 여기에는 이전 PDSN과 새로운 PDSN간 즉 CDMA 간의 이동시에 Fast handoff가 일어나게 된다. Fast handoff가 일어나는 이유는 모든 등록정보가 최상위 MAP인 PDSN에 등록이 되기 때문에 근본적으로 PDSN이 바뀔 때 HA와 Registration하게 되 때문이다. 그림 (b)는 한 도메인 즉 계층 구조 내에서 동일한 레벨의 네트워크 간에 이동 시에 Fast handoff가 일어나는 것을 나타낸다. 그림에서 나타내듯이 WiBro-WiBro간 또는 WLAN-WLAN간의 이동이 이에 속하게 된다.

## 4. 버티컬 핸드오프 프레임워크

3장에서 효율성과 성능을 증대시키기 위해 제안된 계층적 연동망 구조와 동작 시나리오에 대해 살펴보았고, 이 장에서는 동작 시나리오 상에서 적용 가능한 여러 가지 독립적인 최신 기술들이 Integration 된 Call-flow를 살펴봄으로써 제안된 계층적 연동망 구조와 맞물려 전체적인 연동 서비스 모델의 프레임워크를 보인다.

3.2절에서 살펴보았듯이 단말이 이동할 때 vertical handoff로서 네트워크간의 이동 또는 동일 네트워크간의 이동에 따라 각각 일반적인 handoff와 fast handoff의 두 가지 handoff가 수행된다. 따라서, 본 장에서는 제안된 계층적 연동망 구조에서 일반적인 handoff가 수행될 때의 Call-flow를 Case 1로 살펴보고, fast handoff가 수행될 때의 Call-flow를 Predictive와 Reactive 방안으로 나누어 각각 Case 2, Case 3으로 살펴본다. 각 Case에 대한 Call-flow 동작을 설명함으로서 차세대 이동통신 서비스를 지원하기 위한 전체 프레임워크 동작을 설명한다.

### 4.1 Case 1 - 일반적인 handoff

제안된 계층적 구조상에서 vertical handoff로서 네트워크 간에 일반적인 handoff시 수행되는 메시지 흐름은 다음 그림 4.1에 나타낸다. 또한, 메시지 흐름에 따른 handoff 동작을 상세하게 설명한다.

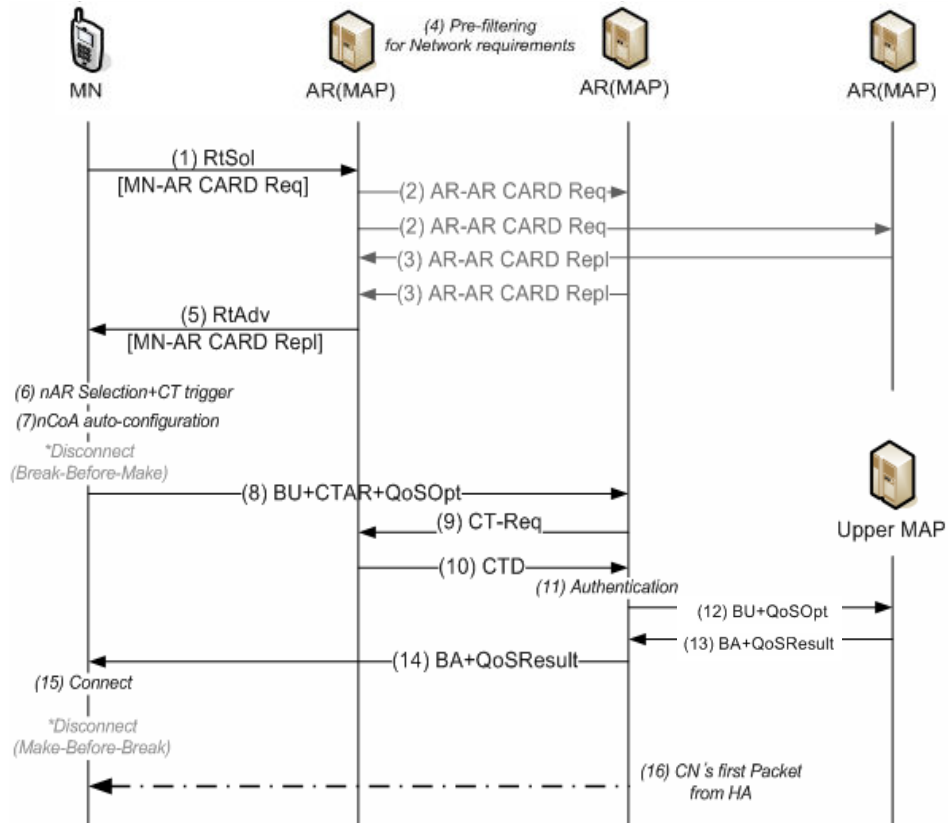


그림 4.1 계층적 연동망 구조의 일반적인 handoff

- (1) MN이 이동함에 따라 네트워크 간의 중첩부분에 위치하게 되면 MN은 수행하여야 하는 handoff가 일반적인 handoff임을 인지하고 handoff 절차를 수행하기 위해 RtSolPr을 현재 접속되어 있는 네트워크의 AR로 전송한다. 이때, MN은 MN-AR CARD Request의 Preferences Sub-option이나 Requirements Sub-option을 통해 MN이 선호하는 네트워크나 QoS요구사항을 만족하는 CAR(Candidate Access Router)를 찾으려 요구한다.
- (2) 현재 접속되어 있는 AR은 CAR에 대한 정보를 담고 있는 CAR 테이블을 항상 유지하고 있으며, CAR 테이블상의 개체의 유효기간이 만료되면 AR-AR CARD Request를 통해 변경된 정보나 만료된 정보를 요구한다. (테이블 개체의 수명에 따라 항상 전달되어 질 수 있으며, 반드시 MN-AR CARD Request 이후에 이루어지는 것이 아니라, 언제든지 메시지가 전송되어질 수 있다.)

- (3) AR-AR CARD Request를 통해 자신의 Capabilities를 요구받은 CAR은 Capability AR-AR CARD Reply의 Container Sub-Option을 통해 응답한다. AR-AR CARD Reply는 AR-AR CARD Request의 응답으로서만 존재한다.
- (4) MN-AR CARD Request를 요구받은 MN이 현재 접속되어 있는 AR은 유지하고 있는 CAR 테이블과 요구사항을 맵핑하여 요구에 적합한 CAR를 선별하는 pre-filtering 작업을 수행한다.
- (5) 현재 MN과 접속되어 있는 AR은 PrRtAdv를 전송할 때, MN-AR CARD Reply를 통해 pre-filtering으로 걸러진 CAR에 대한 정보를 함께 보낸다.
- (6) MN은 수신된 CAR의 Capabilities를 고려하여 이동할 Target AR Selection Algorithm을 수행한다. 이동하기 위한 Target AR이 선정되면 Context Transfer를 시작하기 위해 CT-Trigger가 발생한다.
- (7) 새로운 네트워크와의 Link 설정을 통해 새로운 CoA를 자동생성한다.
- (8) 새로운 네트워크의 AR과의 연결이 설정된 후, 단말은 BU 메시지와 함께 QoS Option 메시지를 새로운 AR에게 보낸다. QoS Option 메시지는 BU(Binding Update) 메시지의 Hop-by-Hop header option으로 QoS의 요구사항(최대/최소 대역폭, 딜레이등)을 포함하고 있다. 따라서 Registration에 대한 정보와 단말이 요구하는 QoS를 충분히 만족하는가에 대한 정보를 모두 포함하고 있다. 또한 option에 CTAR(Context Transfer Activate Request)를 포함하여 CT를 요구하게 된다. 현재 접속된 AR은 이 메시지를 수신하여 바로 새로운 AR로 전달한다.
- (9) 새로운 AR은 Context Transfer를 이전 AR에 요구하기 위한CT-Request (Context Transfer Request)를 전송한다. 또한 수신된 QoS Option은 새로운 AR부터 HA까지의 모든 경로의 라우터들에서 QoS Option을 통한 QoS 협상을 수행한다.
- (10) 이전 AR은 CT-Request로 요구된 Context Transfer에 대한 응답으로 새로운 AR로 Context Data Block을 포함한 CTD (Context Transfer Data) 메시지를 새로운 AR에 전송한다.
- (11) CTD를 받은 새로운 AR은 이 정보를 이용하여 Authentication을 수행한다.

- (12) 새로운 AR은 단말의 바인딩과 QoS를 처리하고 난 뒤에 상위의 MAP에게 BU 메시지와 함께 QoS Option 메시지를 보내게 된다.
- (13) 상위의 MAP은 BU 메시지와 QoS의 처리결과로서 BA(Binding Acknowledge) 메시지와 QoS Result 메시지를 ACR에게 전송한다.
- (14) 상위의 MAP으로부터 메시지를 받은 ACR은 단말에게 BA 메시지와 QoS 결과 메시지를 전송한다.
- (15) BA 메시지 메시지를 받은 단말은 해당 ACR과의 L2/L3 연결이 모두 완료된 상태로 되어 해당 AR과 통신한다.
- (16) 단말과 통신 연결이 완료된 AR은 핸드오프 중에 버퍼링된 패킷을 단말에게 전송한다.

Case 1에서 이전 AR과의 Disconnect는 (7), (8)사이에서 수행할 수도 있고 (Break-Before-Make), (15), (16)사이에서 수행할 수도 있다 (Make-Before-Break)

#### **4.2 Case 2 - Fast handoff : Predictive**

제안된 계층적 구조상에서 동일 네트워크에서 이동시단말의 이동 속도가 빠르지 않고 중첩된 지역에 위치할 때 Preactive 방식의 Fast handoff가 수행된다. 이러한 메시지 흐름은 다음 그림 4.2에 나타낸다. 또한, 메시지 흐름에 따른 handoff 동작을 상세하게 설명한다.

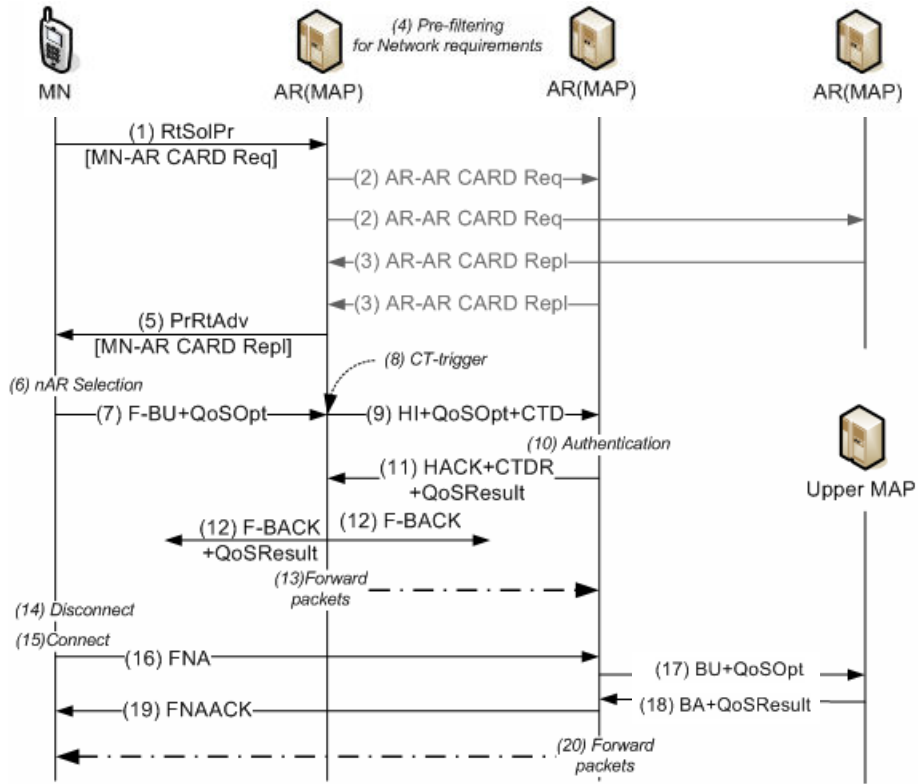


그림 4.2 계층적 연동망 구조의 Fast handoff : Predictive

- (1) MN이 이동함에 따라 네트워크 간의 중첩부분에 위치하게 되면 MN은 수행하여야 하는 handoff가 fast handoff임을 인지하고 handoff 절차를 수행하기 위해 RtSolPr을 현재 접속되어 있는 네트워크의 AR로 전송한다. 이때, MN은 MN-AR CARD Request의 Preferences Sub-option이나 Requirements Sub-option을 통해 MN이 선호하는 네트워크나 QoS요구사항을 만족하는 CAR (Candidate Access Router)를 찾으도록 요구한다.
- (2) 현재 접속되어 있는 AR은 CAR에 대한 정보를 담고 있는 CAR 테이블을 항상 유지하고 있으며, CAR 테이블상의 개체의 유효기간이 만료되면 AR-AR CARD Request를 통해 변경된 정보나 만료된 정보를 요구한다. (테이블 개체의 수명에 따라 항상 전달되어 질 수 있으며, 반드시 MN-AR CARD Request이후에 이루어지는 것이 아니라, 언제든지 메시지가 전송되어 질 수 있다.)

- (3) AR-AR CARD Request를 통해 자신의 Capabilities를 요구받은 CAR은 Capability AR-AR CARD Reply의 Container Sub-Option을 통해 응답한다. AR-AR CARD Reply는 AR-AR CARD Request의 응답으로서만 존재한다.
- (4) MN-AR CARD Request를 요구받은 MN이 현재 접속되어 있는 AR은 유지하고 있는 CAR 테이블과 요구사항을 맵핑하여 요구에 적합한 CAR를 선별하는 pre-filtering 작업을 수행한다.
- (5) 현재 MN과 접속되어 있는 AR은PrRtAdv를 전송할 때, MN-AR CARD Reply를 통해 pre-filtering으로 걸러진 CAR에 대한 정보를 함께 보낸다.
- (6) MN은 수신된 CAR의 Capabilities를 고려하여 이동할 Target AR Selection Algorithm을 수행한다.
- (7) Fast handoff과정을 수행하며 QoS를 보장하기 위해 FBU(Fast Binding Update)에 QoS Option을 포함하여 전송한다. QoS Option은 IPv6의 hop-by-hop header option으로 QoS 요구사항(최대/최소 대역폭, 딜레이 등)을 담고 있다. 현재 접속된 AR은 이 메시지를 수신하여 바로 새로운 AR로 전달한다.
- (8) 현재 연결된 AR은 FBU를 통해 이동하기 위한 새로운 AR이 선정된 것을 알게 되면 Context Transfer를 시작하기 위해 CT-Trigger가 발생한다.
- (9) 핸드오프를 초기화하기 위한 HI(Handoff Initiate) 메시지와 함께 현재 AR은 수신된 QoS Option과 Context Data Block을 포함한 CTD(Context Transfer Data)메시지를 새로운 AR에 전송한다. 이때 새로운 AR부터 HA까지의 모든 경로의 라우터들에서 QoS Option을 통한 QoS 협상을 수행한다.
- (10) CTD를 받은 새로운 AR은 이 정보를 이용하여 Authentication을 수행한다.
- (11) 새로운 AR은 Handoff ACK와 CTDR (Context Transfer Data Reply), QoS Result를 이전 AR에 전달함으로써 handoff 수행과 CTD, QoS 처리가 완료되었음을 알린다.
- (12) 이전 AR은 FBU에 대한 응답으로 FBack을 MN과 새로운 AR에게 동시에 전송한다. 단말에게 QoS Result를 포함하여 QoS 처리 결과를 알린다.

- (13) 이전 AR은 핸드오프 중 자신에게 수신된 패킷들을 새로운 AR에 전송한다.
- (14) MN은 이전 AR과의 접속을 종료한다.
- (15) MN은 새로운 AR과의 접속이 완료된다.
- (16) MN은 FNA(Fast Neighbor Advertisement)을 연결된 AR에게 보내어 자신이 이동해 왔음을 알린다.
- (17) AR은 MN이 자신에게 이동해 왔음을 알리기 위해 상위의 MAP에게 BU 메시지와 함께 경로상의 QoS 처리를 위해 QoS Option 메시지를 보내게 된다.
- (18) 상위의 MAP은 BU에 따른 처리와 QoS Option에 따른 처리에 대한 결과로서 BA 메시지와 QoS Result 메시지를 AR에게 전송한다.
- (19) MN이 이동에 따른 처리를 마친 AR은 그 결과에 대한 응답으로 FNAACK 메시지를 MN에게 전송한다.
- (20) MN과 통신 연결이 완료된 AR은 핸드오프 중에 버퍼링된 패킷을 MN에게 전송한다.

#### **4.3 Case 3 - Fast handoff : Reactive**

제안된 계층적 구조상에서 동일 네트워크에서 이동시단말의 이동 속도가 빠르고 핸드오프를 예상할 수 없을 때 Reactive 방식의 fast handoff가 수행된다. 이러한 메시지 흐름은 다음 그림 4.3에 나타낸다. 또한, 메시지 흐름에 따른 handoff 동작을 상세하게 설명한다.

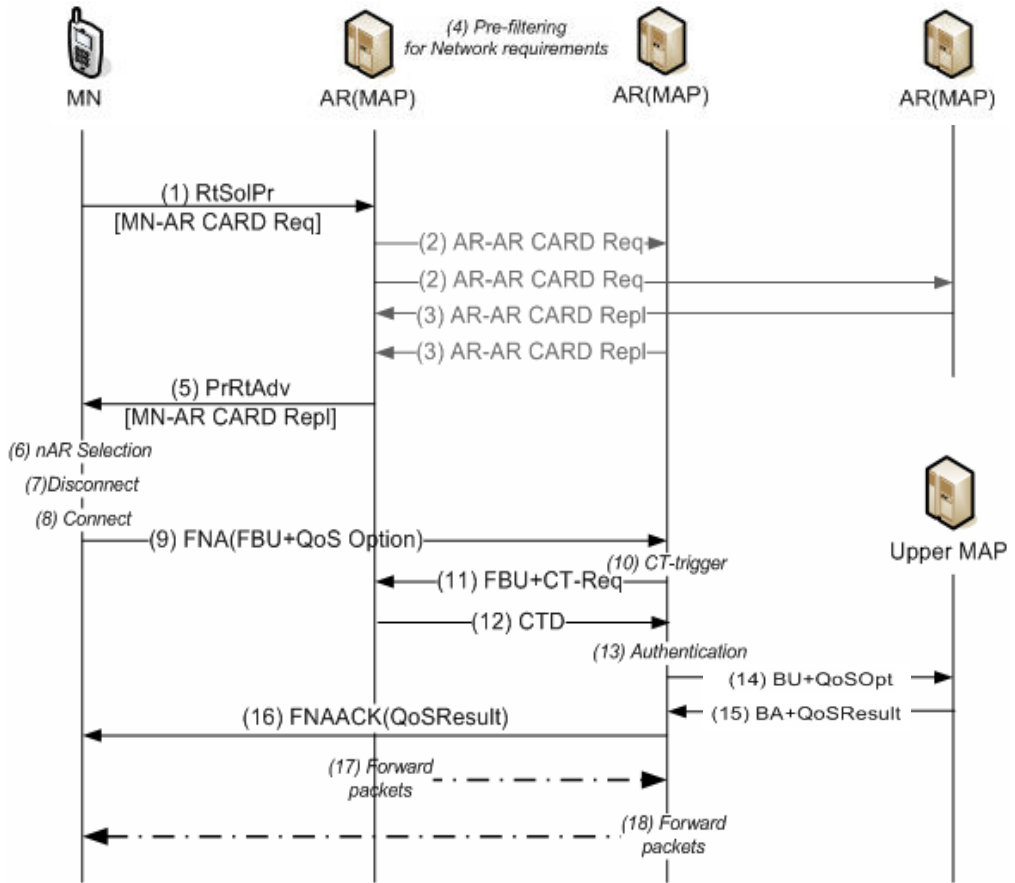


그림 4.3 계층적 연동망 구조의 Fast handoff : Reactive

- (1) MN이 이동함에 따라 네트워크 간의 중첩부분에 위치하게 되면 MN은 수행하여야 하는 handoff가 fast handoff임을 인지하고 handoff 절차를 수행하기 위해 RtSolPr을 현재 접속되어 있는 네트워크의 AR로 전송한다. 이때, MN은 MN-AR CARD Request의 Preferences Sub-option이나 Requirements Sub-option을 통해 MN이 선호하는 네트워크나 QoS요구사항을 만족하는 CAR (Candidate Access Router)를 찾으려 요구한다.
- (2) 현재 접속되어 있는 AR은 CAR에 대한 정보를 담고 있는 CAR 테이블을 항상 유지하고 있으며, CAR 테이블상의 개체의 유효기간이 만료되면 AR-AR CARD Request를 통해 변경된 정보나 만료된 정보를 요구한다. (테이블 개체의 수명에 따라 항상 전달되어 질 수 있으며, 반드시 MN-AR

CARD Request이후에 이루어지는 것이 아니라, 언제든지 메시지가 전송되어 질 수 있다.)

- (3) AR-AR CARD Request를 통해 자신의 Capabilities를 요구받은 CAR은 Capability AR-AR CARD Reply의 Container Sub-Option을 통해 응답한다. AR-AR CARD Reply는 AR-AR CARD Request의 응답으로서만 존재한다.
- (4) MN-AR CARD Request를 요구받은 MN이 현재 접속되어 있는 AR은 유지하고 있는 CAR 테이블과 요구사항을 맵핑하여 요구에 적합한 CAR를 선별하는 pre-filtering 작업을 수행한다.
- (5) 현재 MN과 접속되어 있는 AR은 PrRtAdv를 전송할 때, MN-AR CARD Reply를 통해 pre-filtering으로 걸러진 CAR에 대한 정보를 함께 보낸다.
- (6) MN은 수신된 CAR의 Capabilities를 고려하여 이동할 Target AR Selection Algorithm을 수행한다.
- (7) MN은 이전 AR과의 접속을 종료된다.
- (8) MN은 새로운 AR과의 연결을 시도한다.
- (9) MN은 FNA(Fast Neighbor Advertisement)에 Fast Handoff를 위한 Fast Binding Update와 QoS를 보장하기 위한 QoS Option을 포함하여 연결을 하기 위한 AR에게 전송한다. QoS Option은 IPv6의 hop-by-hop header option으로 QoS 요구사항(최대/최소 대역폭, 딜레이 등)을 담고 있다.
- (10) 새로운 AR에서 Context Transfer를 시작하기 위해 CT-Trigger가 발생한다.
- (11) MN이 이전 AR과의 접속이 종료된 후이기 때문에, 새로운 AR에서 Binding Update를 전달하면서, Context Transfer를 이전 AR에 요구하기 위한 CT-Request(Context Transfer Request)를 전송한다. 수신된 QoS Option은 새로운 AR부터 HA까지의 모든 경로의 라우터들에서 QoS Option을 통한 QoS 협상을 수행한다.
- (12) 이전 AR은 CT-Request로 요구된 Context Transfer에 대한 응답으로 새로운 AR로 Context Data Block을 포함한 CTD (Context Transfer Data) 메시지를 새로운 AR에 전송한다.
- (13) CTD를 받은 새로운 AR은 이 정보를 이용하여 Authentication을 수행한

다.

- (14) 새로운 AR은 단말의 바인딩과 QoS를 처리하고 난 뒤에 상위의 MAP에게 BU 메시지와 함께 QoS Option 메시지를 보내게 된다.
- (15) 상위의 MAP은 BU 메시지와 QoS의 처리결과로서 BA(Binding Acknowledge) 메시지와 QoS Result 메시지를 ACR에게 전송한다.
- (16) MN이 이동에 따른 처리를 마친 AR은 그 결과에 대한 응답으로 FNAACK 메시지와 QoS Result 메시지를 포함하여 MN에게 전송한다.
- (17) 이전 AR은 핸드오프 중 자신에게 수신된 패킷들을 새로운 AR에 전송한다.
- (18) MN과 통신 연결이 완료된 AR은 핸드오프 중에 버퍼링된 패킷을 MN에게 전송한다.

## 5. 성능 분석

본 논문에서 차세대 이동통신 시스템에 대한 프레임 워크를 위한 계층적 연동망 구조를 제안하였다. 본 장에서는 제안한 계층적 연동 서비스 방식이 기존의 연동 서비스 방식과 비교하여 얼마만큼 성능의 효율을 향상시키는 지에 대해서 시뮬레이션을 통해 성능분석을 하였고, 그 결과를 보여준다.

### 5.1 시뮬레이션 모델

본 논문에서 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 연동망 구조와의 성능 차이는 vertical handoff시에 잘 나타난다. 그렇기 때문에 CDMA2000과 WiBro, WLAN의 연동망 구조상에서 vertical handoff에 대한 성능을 비교한다. 여기에서 vertical handoff가 일어나는 case는 CDMA $\leftrightarrow$ WiBro, WiBro $\leftrightarrow$ WLAN, WLAN $\leftrightarrow$ CDMA가 있다. 이 모든 case를 포함하는 시나리오를 통해 제안한 Hierarchical 연동망 구조의 성능을 측정한다. 계층적 연동망 구조의 제안사항은 Flat 연동망 구조보다 handoff의 지연과 패킷 손실을 줄여 성능 향상을 도모하기 때문에, 두 연동망 구조의 handoff 지연 시간과 패킷 손실을 측정하여야 한다. 따라서 동작 방안 중 이전 AR과 연결이 종료되어 패킷 전송이 중단되는 시점부터 새로운 AR과 연결이 설정되어 패킷이 전송되는 시점까지 handoff 구간으로 보고, 이때의 handoff 지연 시간과 패킷 손실을 측정한다. 성능 분석시에 네트워크 element 내부의 handoff 처리에 소요되는 시간은 극히 적으므로 측정시 제외함을 가정한다. 다음 그림 5.1과 5.2는 각각 제안한 계층적 연동망 구조와 Flat 연동망 구조의 패킷 손실 구간을 나타낸다.

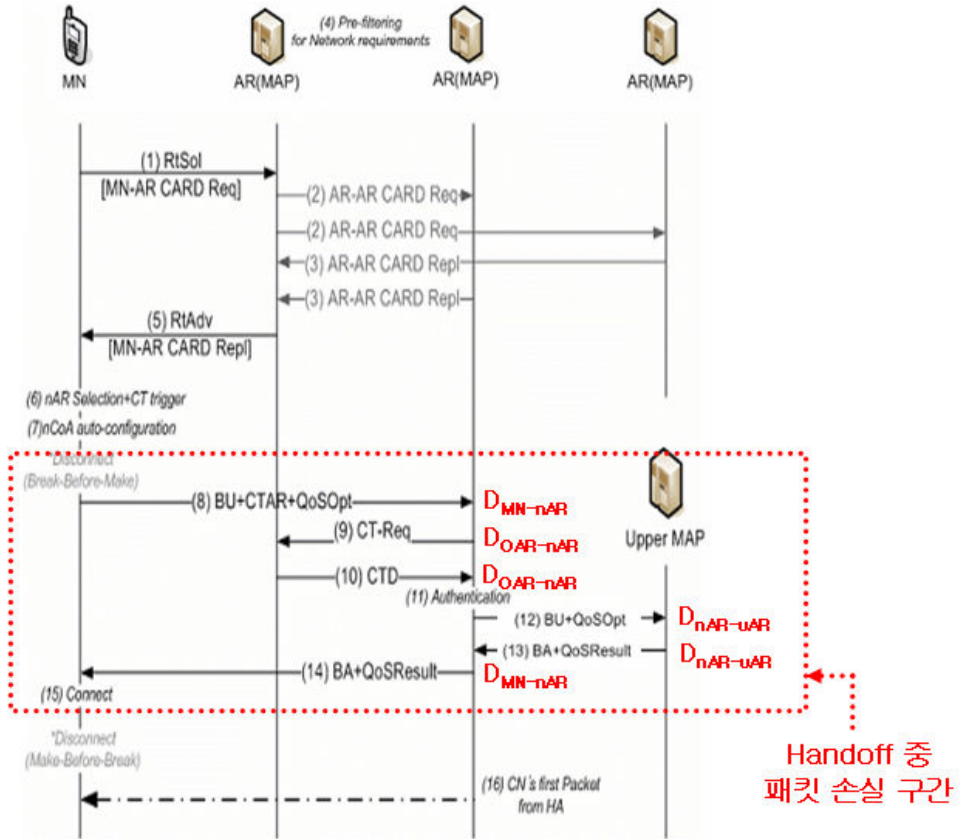


그림 5.1 계층적 연동망 구조의 패킷 손실 구간

계층적 연동망 구조에서 handoff는 (1)번 메시지 흐름부터 이지만 실제로 패킷 손실 구간은 (6)번 Disconnect부터 (15)번 Connect까지 구간으로 본다. 가정한 바와 같이 네트워크 element의 내부 처리 시간은 고려하지 않기 때문에 handoff 지연 시간은 각 네트워크 link별 메시지 전송 시간의 총합으로 표현될 수 있다. 또한, handoff 지연 시간동안 도착하는 패킷은 손실된다. 그림 5.1에 표현된  $D_{MN-nAR}$ ,  $D_{oAR-nAR}$ ,  $D_{nAR-uAR}$ 는 네트워크 link의 지연 시간을 나타낸다.  $D_{MN-nAR}$ 는 이동 단말과 연결하고자 하는 AR 간의 지연 시간이고,  $D_{oAR-nAR}$ 는 이동 단말이 이전에 연결되었던 AR과 새로 연결하려는 AR 간의 지연 시간,  $D_{nAR-uAR}$ 는 새로 연결하려는 AR과 패킷의 경로를 위해 Binding Update하기 위한 상위 AR 즉 상위 MAP 간에 지연 시간을 나타낸다. 여기에서 연결하고자

하는 AR이 CDMA이라면 Binding Update를 위한 상위 MAP은 HA가 된다.

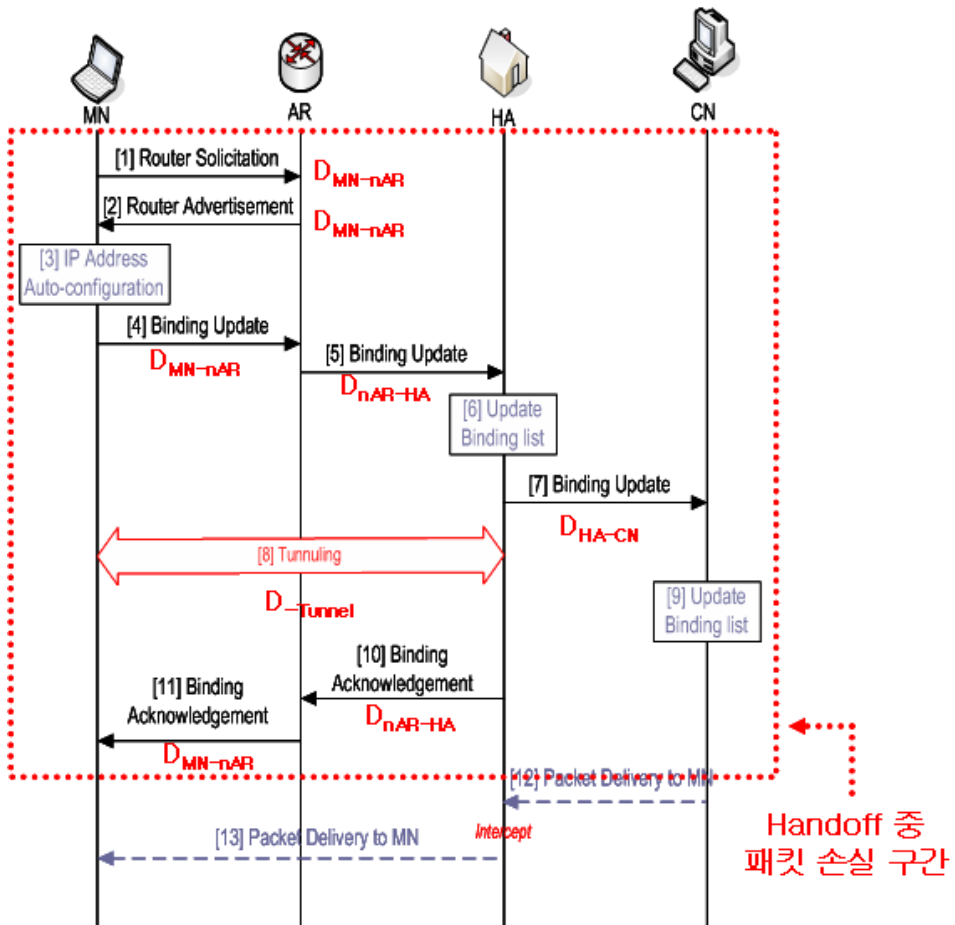


그림 5.2 Flat 연동망 구조의 패킷 손실 구간

그림 5.2는 Flat 연동망 구조의 패킷 손실 구간을 표현한다. 그림 5.1과 마찬가지로 handoff 지연 시간은 각 네트워크 link별 메시지 전송 시간의 총합으로 표현될 수 있다. 그림 5.2에 표현된  $D_{MN-nAR}$ ,  $D_{nAR-HA}$ ,  $D_{HA-CN}$ 는 네트워크 link의 지연 시간을 나타낸다. 는 이동 단말과 연결하고자 하는 AR 간의 지연 시간이고, 는 연결하려는 AR과 Home Agent 간의 지연 시간, 는 Home Agent와 단말과 통신하는 Correspondent Node 간의 지연 시간을 나타낸다.

그림 5.1과 그림 5.2에 기반하여 패킷 손실 구간의 handoff 지연 시간을 수식으로 표현이 가능하며 수식에 필요한 파라미터는 다음과 같다.

## ○ 시뮬레이션 파라미터

MN와 PDSN간의 link delay :  $D_{MN-PDSN}$

$$- D_{MN-PDSN} = D_{MN-BTS} + D_{BTS-BSC} + D_{BSC-PCF} + D_{PCF-PDSN}$$

MN와 ACR간의 link delay :  $D_{MN-ACR}$

$$- D_{MN-ACR} = D_{MN-RAS} + D_{RAS-ACR}$$

MN와 AR간의 link delay :  $D_{MN-AR}$

$$- D_{MN-AR} = D_{MN-AP} + D_{AP-AR}$$

PDSN와 ACR간의 link delay :  $D_{PDSN-ACR}$

ACR와 AR간의 link delay :  $D_{ACR-AR}$

AR과 PDSN간의 link delay :  $D_{CDMA-AR}$

$$- D_{CDMA-AR} = D_{PDSN-ACR} + D_{ACR-AR}$$

무선링크 setup delay :  $T_{link}$

CDMA와 HA간의 link delay :  $D_{HA-CDMA}$

각 AR과 HA과의 link delay :  $D_{HA-AR}$

HA와 CN간의 link delay :  $D_{HA-CN}$

각 AR과 HA간의 터널링 setup delay :  $D\_Tunnel$

먼저 제안한 계층적 연동망 구조에서 vertical handoff가 일어나는 모든 case를 살펴보면, CDMA ↔ WiBro, WiBro ↔ WLAN, WLAN ↔ CDMA 이다. 또한, 계층적 연동망 구조에서 Local Registration과 Regional Registration에 따라서 계층 구조 내에서의 vertical handoff의 case와 계층 구조 간의 vertical handoff의 case로 분석할 수 있다. 다음에서 이러한 모든 case에 따른 handoff 지연 시간에 대해 수식으로 살펴본다.

## ○ 계층 구조 내에서 handoff 지연 시간 측정

계층 구조 내의 handoff 중 해당 case 중에서 대표적인 case로 CDMA에서 WLAN으로 이동시에 handoff 지연 시간( $Loss\_T_{CDMA-WLAN}$ )에 대해 그림 5.1를 기반으로 수식을 살펴보면 다음 수식 (1)과 같이 표현된다.

$$Loss\_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{CDMA-AR} \quad (1)$$

수식 (1)은 단말이 무선 Link에 대한 setup 시간 이후에 메시지 전송에 따른 지연 시간을 합해진 결과이며 수식 (1)를 시뮬레이션 파라미터를 이용하여 계산 가능한 수식으로 정리하면 다음 수식 (1)'과 같다.

$$Loss\_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{CDMA-ACR} + 4D_{ACR-AR} \quad (1)'$$

계층 구조 내에서 CDMA → WLAN의 case와 같은 방식으로 나머지 case에 대해서도 같은 방식으로 handoff 지연 시간에 대한 수식을 다음과 정리할 수 있다.

Case 2 : CDMA → WiBro

$$Loss\_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 4D_{PDSN-ACR} \quad (2)$$

Case 3 : WiBro → CDMA

$$Loss\_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} \quad (3)$$

Case 4 : WiBro → WLAN

$$Loss\_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{ACR-AR} \quad (4)$$

Case 5 : WLAN → CDMA

$$Loss\_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{ACR-AR} \quad (5)$$

Case 6 : WLAN → WiBro

$$Loss\_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 2D_{ACR-AR} \quad (6)$$

## ○ 계층 구조 간의 handoff 지연 시간 측정

계층 구조 간의 handoff 중 해당 case 중에서 대표적인 case로 CDMA에서 WLAN으로 이동시에 handoff 지연 시간( $Loss\_T_{CDMA-WLAN}$ )에 대해 그림 5.1를 기반으로 수식을 살펴보면 다음 수식 (7)과 같이 표현된다.

$$Loss\_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 2D_{CDMA-AR} + 2D_{HA-AR} \quad (7)$$

수식 (7)은 단말이 무선 Link에 대한 setup 시간 이후에 메시지 전송에 따른 지연 시간을 합해진 결과이며 수식 (7)를 시뮬레이션 파라미터를 이용하여 계산 가능한 수식으로 정리하면 다음 수식 (7)'과 같다.

$$Loss\_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{PDSN-ACR} + 4D_{ACR-AR} + 2D_{HA-CDMA} \quad (7)'$$

계층 구조 사이에서 CDMA  $\rightarrow$  WLAN의 case와 같은 방식으로 나머지 case에 대해서도 같은 방식으로 handoff 지연 시간에 대한 수식을 다음과 정리할 수 있다.

Case 8 : CDMA  $\rightarrow$  WiBro

$$Loss\_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 4D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR} \quad (8)$$

Case 9 : WiBro  $\rightarrow$  CDMA

$$Loss\_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR} \quad (9)$$

Case 10 : WiBro  $\rightarrow$  WLAN

$$Loss\_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 2D_{MN-AR} + 4D_{ACR-AR} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR} \quad (10)$$

Case 11 : WLAN  $\rightarrow$  CDMA

$$Loss\_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 2D_{MN-PDSN} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{ACR-AR} + 2D_{HA-AR} \quad (11)$$

Case 12 : WLAN  $\rightarrow$  WiBro

$$Loss\_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 2D_{MN-ACR} + 2D_{ACR-AR} + 2D_{PDSN-ACR} + 2D_{HA-AR} \quad (12)$$

## ○ Flat 연동망 구조에서의 handoff 지연 시간 측정

Flat 연동망 구조의 handoff 중 해당 case 중에서 대표적인 case로 CDMA에서 WLAN으로 이동시에 handoff 지연 시간( $Loss\_T_{CDMA-WLAN}$ )에 대해 그림 5.2를 기반으로 수식을 살펴보면 다음 수식 (13)과 같이 표현된다.

$$Loss\_T_{CDMA-WLAN} = T_{link} + 4D_{MN-AR} + 2D_{AR-HA} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (13)$$

수식 (13)은 단말이 무선 Link에 대한 setup 시간 이후에 메시지 전송에 따른 지연 시간과 Tunnel setup에 소요되는 시간을 합해진 결과이다. 수식 (13)과 같은 방식으로 Flat 연동망 구조의 나머지 case에 대해서도 같은 방식으로 handoff 지연 시간에 대한 수식을 다음과 정리할 수 있다.

Case 14) CDMA  $\rightarrow$  WiBro

$$Loss\_T_{CDMA-WiBro} = T_{link} + 4D_{MN-ACR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (14)$$

Case 15) WiBro  $\rightarrow$  CDMA

$$Loss\_T_{WiBro-CDMA} = T_{link} + 4D_{MN-PDSN} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (15)$$

Case 16) WiBro  $\rightarrow$  WLAN

$$Loss\_T_{WiBro-WLAN} = T_{link} + 4D_{MN-AR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (16)$$

Case 17) WLAN  $\rightarrow$  CDMA

$$Loss\_T_{WLAN-CDMA} = T_{link} + 4D_{MN-PDSN} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (17)$$

Case 18) WLAN  $\rightarrow$  WiBro

$$Loss\_T_{WLAN-WiBro} = T_{link} + 4D_{MN-ACR} + 2D_{HA-AR} + D_{HA-CN} + D\_Tunnel \quad (18)$$

수식 (1)~(18)은 다음 표 5.1의 링크 파라미터 수치를 통해 시뮬레이션을 위한 결과값을 표 5.2와 같이 나타낸다.

| 네트워크  | Link 종류  | Link Delay(ms) |
|-------|----------|----------------|
| CDMA  | MN-BTS   | 100            |
|       | BTS-BSC  | 5              |
|       | BSC-PCF  | 2              |
|       | PCF-PDSN | 2              |
| WiBro | MN-RAS   | 50             |
|       | RAS-ACR  | 5              |
|       | ACR-PDSN | 2              |
| WLAN  | MN-AP    | 9              |
|       | AP-AR    | 5              |
|       | AR-ACR   | 2              |

표 5.1 네트워크 link delay 파라미터

| Case        |            | Vertical Handoff Delay (ms) |                  |
|-------------|------------|-----------------------------|------------------|
|             |            | 계층적 연동망 구조                  | Flat 연동망 구조      |
| 계층 구조<br>내  | CDMA-WiBro | $118 + T_{link}$            | $350 + T_{link}$ |
|             | CDMA-WLAN  | $44 + T_{link}$             | $186 + T_{link}$ |
|             | WiBro-CDMA | $222 + T_{link}$            | $566 + T_{link}$ |
|             | WiBro-WLAN | $36 + T_{link}$             | $186 + T_{link}$ |
|             | WLAN-CDMA  | $226 + T_{link}$            | $566 + T_{link}$ |
|             | WLAN-WiBro | $114 + T_{link}$            | $350 + T_{link}$ |
| 계층 구조<br>사이 | CDMA-WiBro | $138 + T_{link}$            |                  |
|             | CDMA-WLAN  | $64 + T_{link}$             |                  |
|             | WiBro-CDMA | $242 + T_{link}$            |                  |
|             | WiBro-WLAN | $60 + T_{link}$             |                  |
|             | WLAN-CDMA  | $246 + T_{link}$            |                  |
|             | WLAN-WiBro | $134 + T_{link}$            |                  |

표 5.2 각 case 별 vertical handoff time

## 5.2 시뮬레이션 결과

본 절에서는 5.1절에서 측정한 결과를 토대로 시뮬레이션을 통해 본 논문에서 제안한 계층적 연동망 구조와 Flat 연동망 구조의 성능을 비교 분석한다. 그림 5.3은 시뮬레이션을 수행하기 위한 시나리오 모델이다.

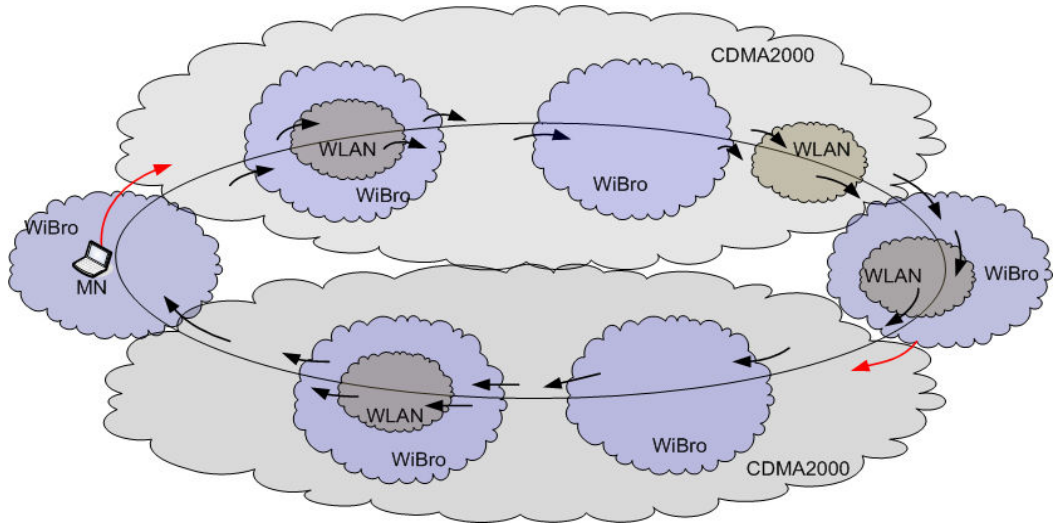


그림 5.3 시뮬레이션 시나리오

그림 5.3의 시뮬레이션 시나리오 모델은 CDMA2000과 WiBro, WLAN의 모든 vertical handoff의 case를 포함하며, 최상위 MAP으로 동작하는 CDMA2000의 PDSN이 바뀔 case도 고려하여 CDMA A의 범주에 속하는 WiBro인 A'와 CDMA B의 범주에 속하는 WiBro B'를 포함하여 다른 CDMA로의 이동성도 측정한다. 시뮬레이션에서의 handoff delay는 제안된 계층적 연동망 구조와 기존의 연동망 구조와의 구조적 차이로 인해 동작 절차상에서 차이가 발생하게 되고, handoff delay에 비례하여 패킷 손실도 발생하게 된다. 이러한 handoff delay를 측정하기 위해서 CDMA2000과 WiBro, WLAN간의 element 파라미터와 단말의 이동속도(Velocity), 트래픽, 무선링크 setup delay( $T_{link}$ )를 고려해야 두 구조간의 성능을 측정할 수 있다. 먼저 각 무선망들의 Data Rate는 CDMA2000은 1Mbps로 WiBro는 2Mbps로 WLAN은 11Mbps로 가정한다. 시

물레이션 결과는 vertical handoff packet loss time(Loss\_T)를 기반으로 측정하고, 통신 중 패킷 손실은 없다고 가정한다.

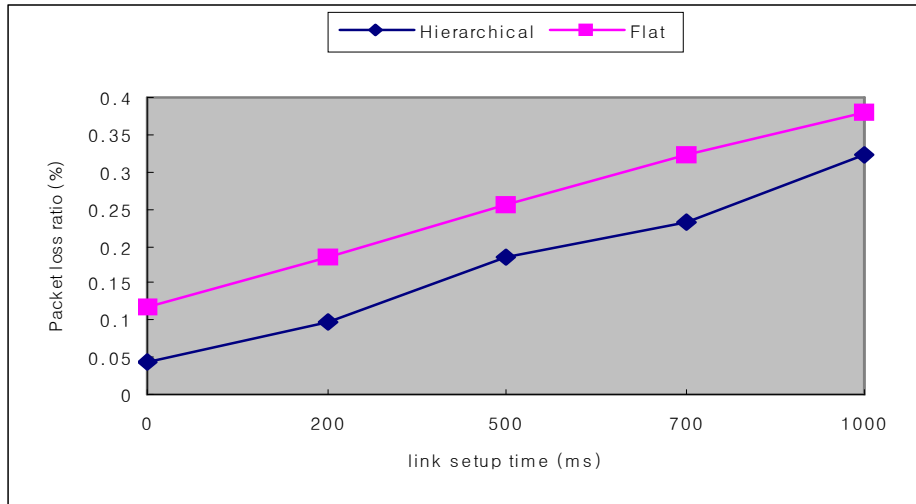


그림 5.4 단말의 이동속도 5Km/h일 때 Packet loss ratio

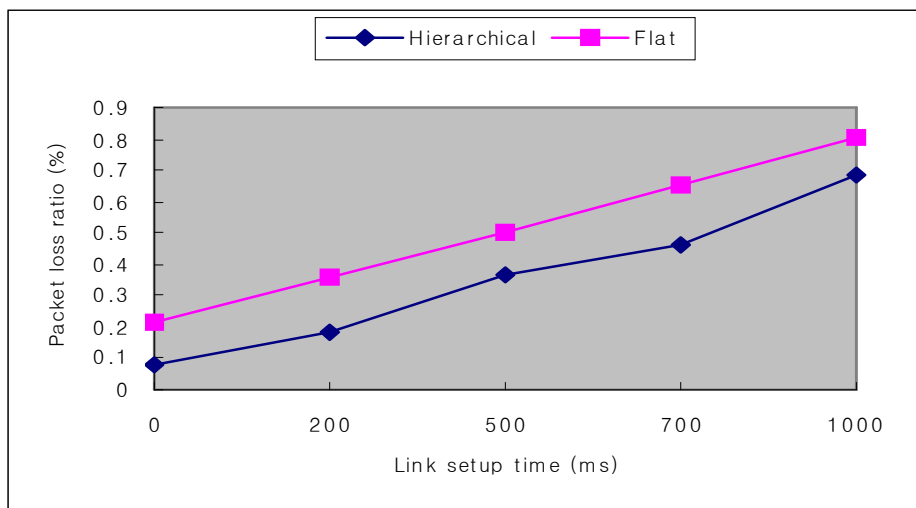


그림 5.5 단말의 이동속도 10Km/h일 때 Packet loss ratio

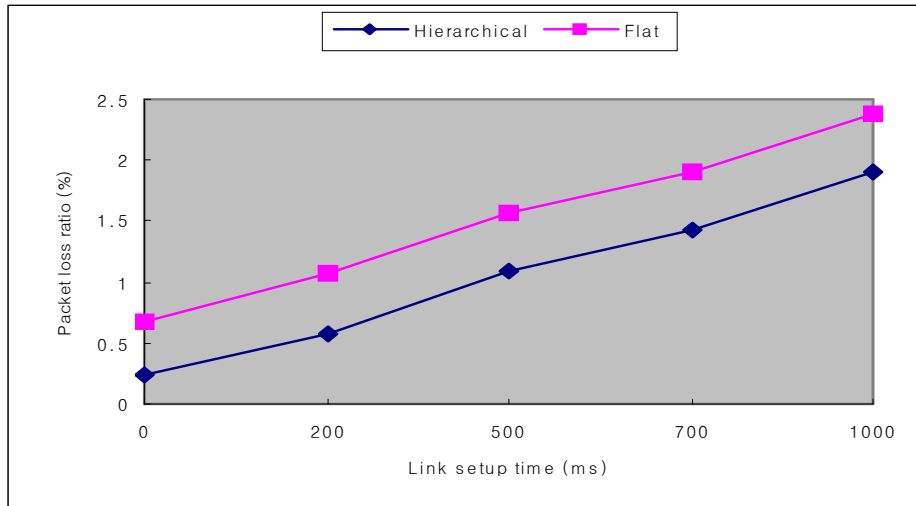


그림 5.6 단말의 이동속도 30Km/h일 때 Packet loss ratio

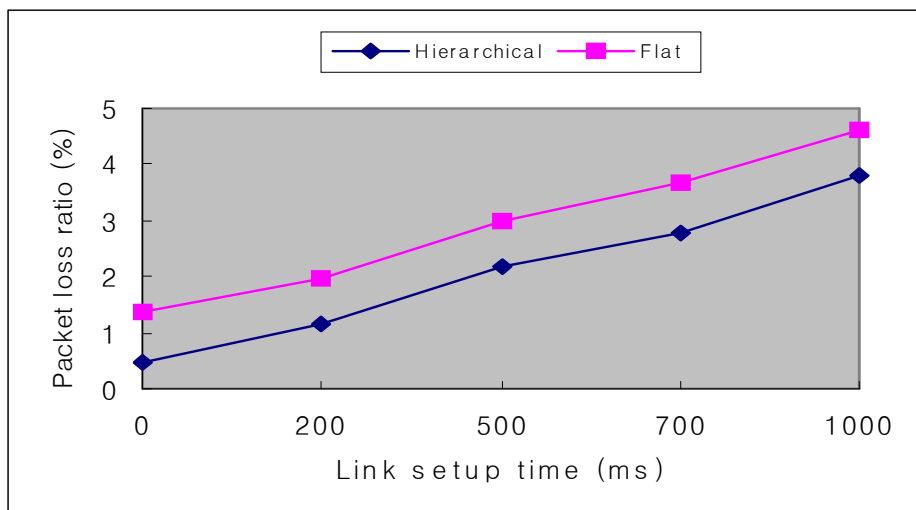


그림 5.7 단말의 이동속도 60Km/h일 때 Packet loss ratio

그림 5.4부터 5.7까지는 CBR 방식의 Real-time 트래픽을 기반으로 단말의 이동속도에 따른 패킷 손실률(Packet loss ratio)를 측정한 결과이다. 결과는 단말의 이동속도가 5Km/h 일때와 60Km/h 일때의 결과를 보여주는데 속도가 증가할수록 패킷 손실률은 증가하지만 제안한 계층적 연동망 구조의 패킷 손실률이 Flat 연동망 구조의 패킷 손실률보다 적음을 알 수 있다. 이는 오버래

이 네트워크 구조로 제안된 방안이 handoff 예측에 용이하고, 계층적으로 연동되어 있기 때문에 handoff 시그널링 오버헤드가 더 적기 때문이다.

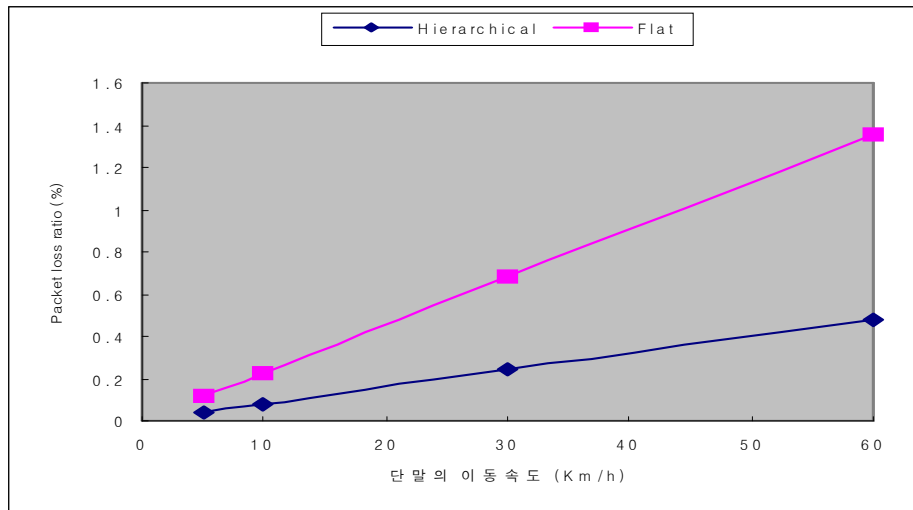


그림 5.8 무선 link setup time 0ms일 때 Packet loss ratio

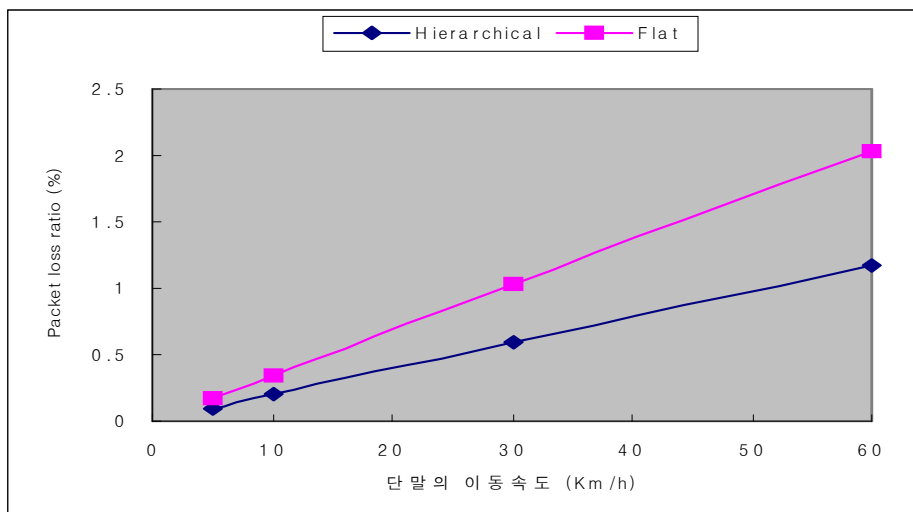


그림 5.9 무선 link setup time 200ms일 때 Packet loss ratio

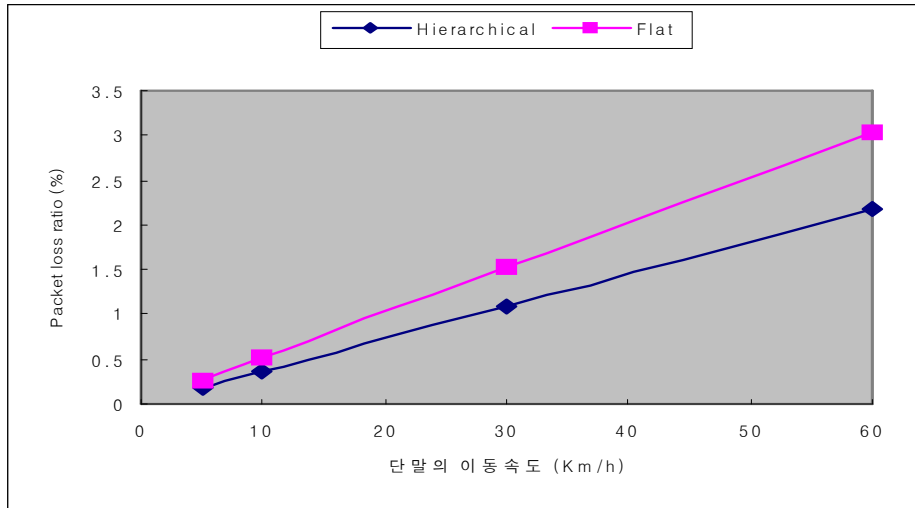


그림 5.10 무선 link setup time 500ms일 때 Packet loss ratio

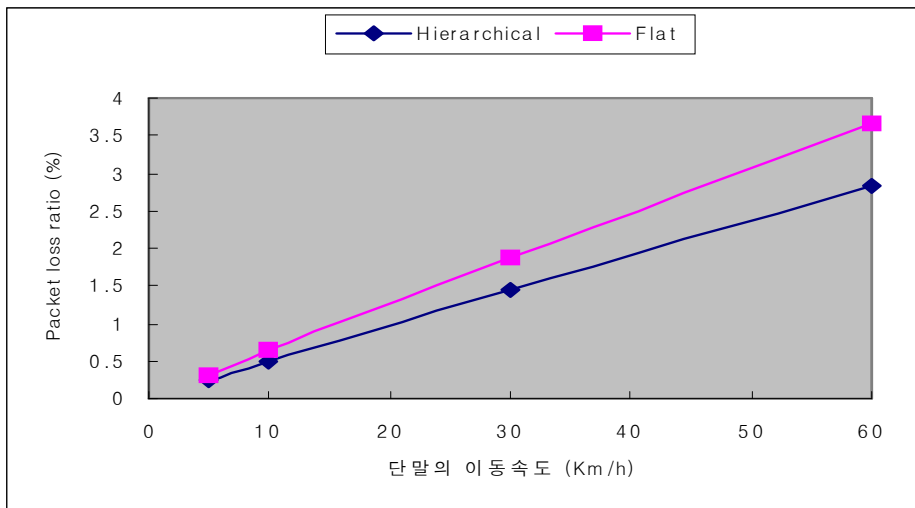


그림 5.11 무선 link setup time 700ms일 때 Packet loss ratio

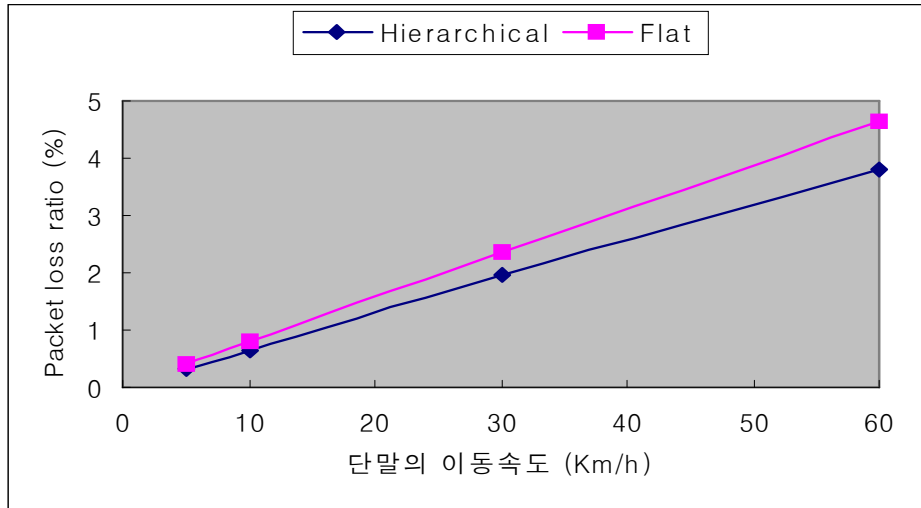


그림 5.12 무선 link setup time 1000ms일 때 Packet loss ratio

그림 5.8부터 5.12까지는 CBR 방식의 Real-time 트래픽을 기반으로 handoff 시에 무선 link setup time에 따른 패킷 손실률(Packet loss ratio)를 측정한 결과이다. 결과 그림은 무선 link setup time이 0ms부터 1000ms까지 변화할 때의 결과를 보여주는데 무선 link setup time이 증가할수록 패킷 손실률은 증가하는 것을 볼 수 있다. 하지만 제안한 계층적 연동망 구조의 패킷 손실률이 Flat 연동망 구조의 패킷 손실률보다 적게 나타남을 볼 수 있는데 이는 무선 link setup time이 증가하더라도 앞에서 언급했듯이 전체적인 handoff 지연 시간이 계층적 연동망 구조가 더 적기 때문에 위의 그림과 같은 성능을 보인다.

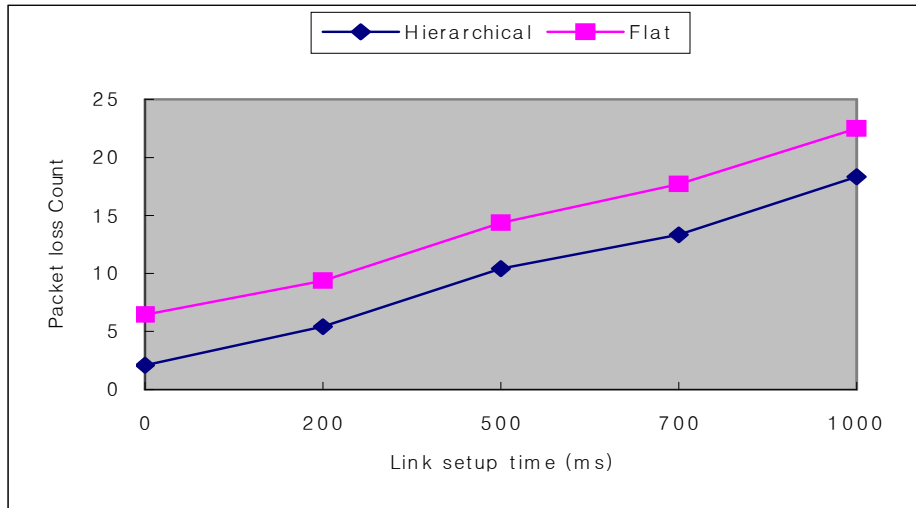


그림 5.13 Interactive 트래픽일 경우 Packet loss count

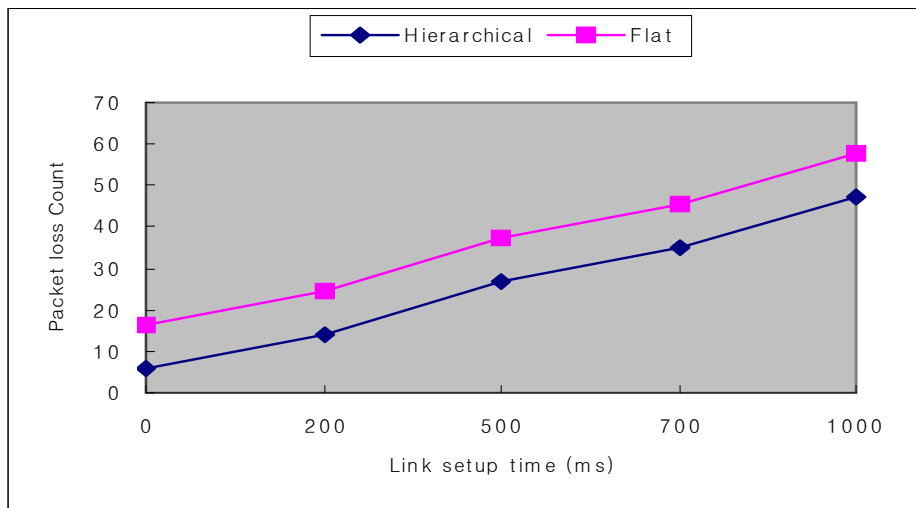


그림 5.14 Real-time 트래픽일 경우 Packet loss count

그림 5.13과 5.14는 트래픽에 종류에 따른 handoff 기간의 패킷 손실(Packet loss count)을 측정한 결과이다. Real-time은 CBR 방식의 고정적인 패킷 전송률을 가진 트래픽이고, Interactive는 Think time을 가지고 Burst한 트래픽 전송을 가지는 트래픽이다. Think time을 가지는 Burst한 트래픽을 가지기 때문에 handoff 기간에 반드시 통신을 하고 있다고 할 수 없기 때문에 Real-time

보다 Interactive가 handoff시에 더 적은 패킷 손실을 가지게 된다. 또한 어떤 트래픽을 가정하든지 제안한 계층적 연동망 구조가 Flat 연동망 구조보다 더 적은 패킷 손실을 가지는 성능을 보인다.

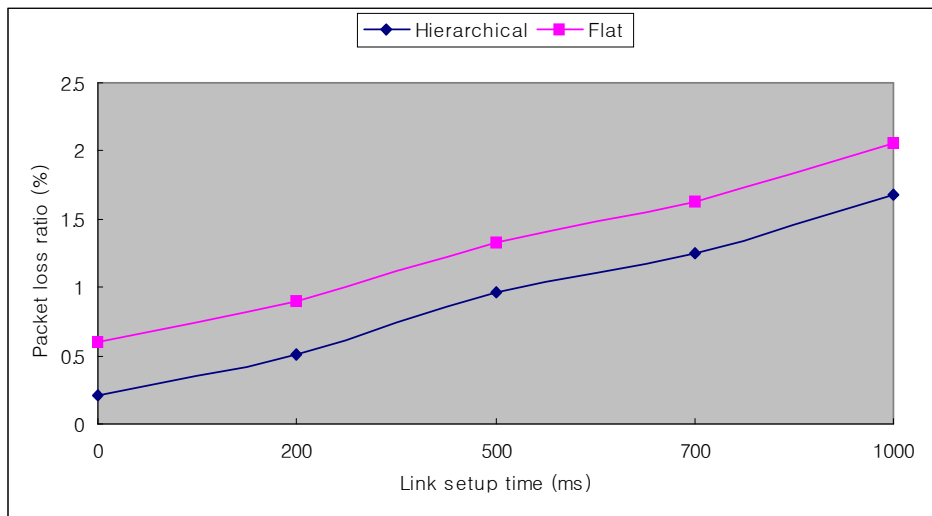


그림 5.15 다중 단말을 통한 Packet loss ratio

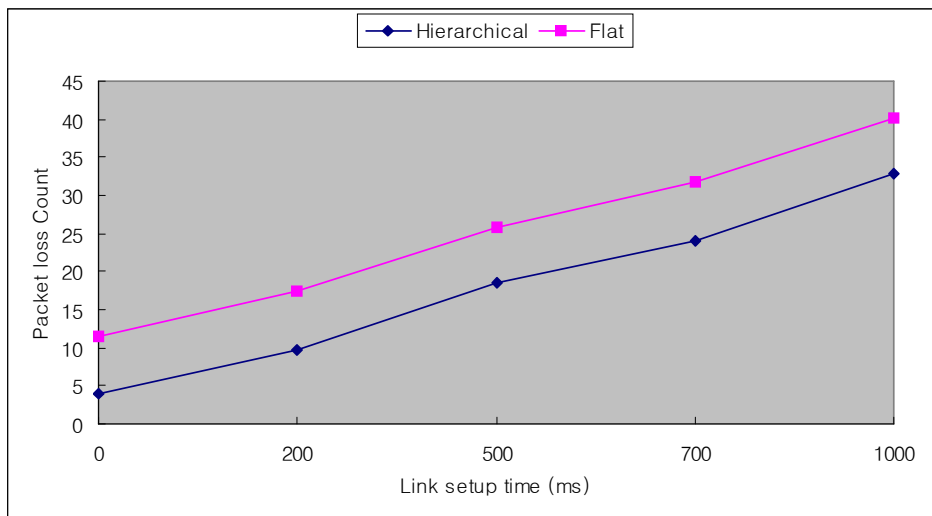


그림 5.16 다중 단말을 통한 Packet loss count

그림 5.15와 5.16은 다중 단말을 통해 전체 패킷의 손실률(Packet loss ratio)

과 handoff시 패킷 손실(Packet loss count)를 측정한 결과이다. 그림에서 단말의 트래픽을 각기 다르게 설정하고, 각 트래픽마다 속도를 다르게 한 다중 단말을 대상으로 시뮬레이션하여 나온 결과의 평균수치를 적용한 결과를 나타낸다. 트래픽과 이동속도, 무선 link setup time을 모두 고려하더라도 제안한 계층적 연동망 구조가 좋은 성능을 보임을 알 수 있다.

모든 상황을 고려하여 결과를 측정한 결과 제안한 계층적 연동망 구조가 Flat 연동망 구조보다 더 나은 성능을 나타남을 볼 수 있었고, 본 실험을 통해 무선 link setup time이 핸드오버시 패킷 손실에 큰 영향을 미치게 됨으로 무선 link setup time을 줄이는 방안이 이루어져야 함을 알 수 있다.

## 6. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서 차세대 이동통신 시스템을 위한 연동 서비스 모델로서 CDMA2000과 WiBro, WLAN과 같은 무선 네트워크를 계층적으로 연동한 연동망 구조를 제안하여 제안된 구조를 위한 프로토콜로서 표준 핵심 기술들을 적용시켜 차세대 이동통신 시스템을 위한 프레임워크를 제시하였다. 본문에서 언급하였듯이 CDMA2000과 WiBro, WLAN은 네트워크 통신범위와 전송속도에 따라서 계층적으로 연동이 가능함을 보이고, 또한 이들 네트워크는 오버레이 구조로 구성되기 때문에 패킷 손실 측면에서 효율성이 증대된다. 따라서 본 논문에서는 무선 이기종망간의 계층적 연동망 구조를 제안함으로써 연동 서비스 모델을 제시한다. 한편, 전체적인 차세대 이동통신 시스템의 프레임워크를 제시하기 위한 방안으로 독립적으로 표준화된 잘 정의된 프로토콜들을 통합하여 연동망 구조에 적용시켰다. 제안된 연동망 구조상의 핵심요소기술로서 Hierarchical Mobile IPv6와 Fast handoff, CARD, CXTP를 다루고, 이에 대한 동작 방안을 제시하였다. 이러한 프로토콜들이 통합되어 적용된 동작 방안으로 무선 단말의 이동시에 vertical handoff의 처리를 위해 Hierarchical Mobile IPv6와 Fast handoff를 고려하고 이때 서비스 품질을 보장하기 위해 그리고 재인증과 QoS Reject로 인한 핸드오프의 롤백을 피하기 위해 CARD와 CXTP를 적용시켜 성능 향상을 도모하였다. 본 논문에서 제안한 계층적 연동망 구조의 장점은 다양한 무선 네트워크의 통합으로 다양한 서비스를 제공하고, 충분한 QoS 보장을 위해 제안되었다. 또한 차세대 이동통신 시스템에 요구되는 로밍 및 이동성을 보장하며 이동성 지원시에 지연을 줄이고 패킷 손실을 최소화 하는 방안을 제안하였다. 향후 연구 과제로서 차세대 이동통신 시스템의 다양한 서비스와 통신 서비스 품질에 따른 연동망 구조의 성능 향상을 위한 QoS 방안과 표준 프로토콜의 정의가 필요로 할 것이다. 또한, 성능 분석 결과와 같이 제안한 계층적 연동망 구조가 성능을 향상 시킬 수 있는 방안임을 나타내었고, 여기서 무선 link setup time을 줄이는 방안이 필요함을 제시하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, L. Bellier, “Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6).”, IETF RFC 4140, August 2005.
- [2] R. Koodli, “Fast Handovers for Mobile IPv6.”, IETF RFC 4068, July 2005.
- [3] M. Liebsch, Ed., A. Singh, Ed., H. Chaskar, D. Funato, E. Shim, “Candidate Access Router Discovery (CARD)”, IETF RFC 4066, July 2005.
- [4] J. Loughney, Ed., M. Nakhjiri, C. Perkins, R. Koodli, “Context Transfer Protocol (CXTP).”, IETF RFC 4067, July 2005.
- [5] Gautier, J.D, B.W. Parkinson, “Using the GPS/INS Generalized Evaluation Tool(Comparison of Loosely coupled, tightly coupled and ultra-tightly coupled integrated navigation)”, Proc. ION Annual Meeting, June 24-25, pp. 65-76, June 2003.
- [6] J. Manner, Ed., M. Kojo, Ed, “Mobility Related Terminology”, IETF RFC 3753, June 2004.
- [7] J. Kempf, Ed, “3374 Problem Description: Reasons For Performing Context Transfers Between Nodes in an IP Access Network”, IETF RFC 3374, September 2002.
- [8] D. Blair, A. Tweedly, M. Thomas, J. Trostle, “Realtime Mobile IPv6 Framework”, IETF draft, draft-blair-rt-mobileipv6-seamoby-00.txt, November 2000
- [9] Dirk Trossen, Govind Krishnamurthi, Hemant Chaskar, “Issues in candidate access router discovery for seamless IP-level handoff”, IETF draft, draft-ietf-seamoby-cardiscovery-issues-04.txt, October 2002

- [10] Dirk Trossen, Govind Krishnamurthi, Hemant Chaskar, "Protocol for Candidate Access Router Discovery for Seamless IP-level Handovers", IETF draft, draft-trossen-seamoby-cardiscovery-00.txt, November 2001
- [11] J. Kempf, "Instructions for Seamoby and Experimental Mobility Protocol IANA Allocations.", IETF RFC 4065, July 2005.
- [12] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, "Mobility Support in IPv6.", IETF RFC 3775, June 2004.
- [13] T. Narten, E. Nordmark, W. Simpson, "Neighbor Discovery for IP Version 6 (IPv6).", IETF RFC 2461, December 1998.
- [14] A. Conta, S. Deering, "Internet Control Message Protocol(ICMPv6) for the Internet Protocol Version 6 (IPv6) Specification.", IETF RFC 2463, December 1998.
- [15] Kyung-Soo Jang, Jang-Sub Kim, "A Novel Vertical Handoff Strategy for Integrated IEEE802.11 WLAN/CDMA Networks", ICIS `05 Volume 00 page 616-621, October 2005.

## **Abstract**

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

Du Kyung Kong

Dept. of computer engineering

Graduate School of Kyung Hee Univ.

Next-Generation Mobile Communication System will going to evolve in form that offer high speed data transmission along integration of wire-wireless network. Therefore, It need research about integrating service to heterogeneous network such as CDMA2000 and WiBro, WLAN to offer high speed data transmission and various service that support mobility. As existing study for integration network architecture, heterogenous network is linked to core network separatively via single core net. And integration network studied that control heterogenous network in core network. Therefore, the studied integration network architecture provide various service because service integrated management consists in core network. However, delay of handoff happens in vertical handoff for mobility between networks because core network manage all mobility, so packets to network that communicate ago are lost . This paper for solve these problem proposes integration network architecture as hierarchic structure along network character. AR (Access Router) of each network acts as MAP (Mobility Anchor Point) in the hierarchical integration network architecture that propose in this paper, and do mobility management as set up network level by CDMA200, WiBro, WLAN order. Hierarchical integration network

architecture is consisted of overlay architecture according to coverage of each network, so Seamless handoff is possible because can estimate handoff. Therefore, this architecture can minimise handoff delay and packet loss. Also As core technique for operate in the hierarchical integration network architecture, this paper propose framework of integration service for next generation mobile communication system that apply independently standardized protocol that Hierarchical Mobile IPv6, Fast handoff, CARD(Candidate Access Router Discovery), COTP(ConteXt Transfer Protocol). The proposed hierarchical integration network architecture shows more efficient architecture than existing integration network architecture through simulation

## 감사의 글

2년전 학문적 열의와 자기 개발을 목표로 대학원의 길에 들어설 때부터 지금까지 매우 값진 시간을 보낸 것 같습니다. 아무것도 몰라 허둥대던 내가 점점 익숙해지기 시작할 즈음에 벌써 졸업에 문턱에 다가 왔다는 사실이 아직도 믿기지 않습니다. 2년간 키워와 이뤄낸 결실이 저 스스로의 결과라 생각할 수 없을 정도로 제 주위에 저에게 도움을 주셨던 분들이 많았고, 그런 분들에게 앞서 감사의 글을 올립니다.

대학원 결정에서부터 지금까지 부족함 없는 가르침과 격려를 해 주신 조진성 교수님께 진심으로 감사를 드립니다. 조진성 교수님은 저의 지도교수님으로서 2년간의 잘못된 점을 호된 채찍과 어우르는 당근으로서 훈도해주셨고, 힘든 생활에 대해서도 따뜻한 배려를 아끼지 않으셨습니다. 바쁘신 와중에도 저의 논문을 심사해 주신 한치근 교수님, 유인태 교수님, 홍충선 교수님, 정병수 교수님께 감사의 글을 올립니다. 연구실을 처음 개설하여 아무런 기반없이 처음 시작하면서 많이 힘든 부분도 있었지만 서로 도와가며 서로의 격려가 되었던 석사 동기인 건백이와 준하, 대영이, 나이는 같지만 늘 자신보다 남을 생각하는 경환이, 충용이, 그리고 나의 자랑스러운 후배인 천환, 형관, 권택, 정현, 상하, 재호, 용규, 논문을 위해 값진 시간 내어주신 네트워킹 연구실의 김대선 선배님, 그밖에 대학 동아리 후배들과 선배님들에게 모두 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 힘든 생활에도 묵묵히 저의 뒷바라지를 해주신 사랑하는 부모님, 누나와 매형 진심으로 감사의 말을 올리며 이 논문을 바칩니다.

졸업이 마지막이 아니라 새로운 시작을 알리는 경종으로 삼아 현실에 만족하지 않고 끈임없이 노력하여 제가 가는 길에 맨 앞에서 앞장서서 갈 수 있는 사람이 되겠습니다.