

이중모드 기지국에서의 핸드오버 기법

정 태 의* · 신 연 승** · 주 상 돈*** · 송 병 권****

요 약

핸드오버는 이동통신 단말기가 기지국과 기지국 사이를 이동해도 끊김없이 데이터 송수신이 가능하도록 해주는 기술이다. 핸드오버 종류는 크게 두 가지로 구분되는데 네트워크 링크의 변경 없이 라디오 링크 연결만 변경되는 것을 수평(horizontal) 핸드오버라 하고, 서로 다른 네트워크 환경을 이동하는 것을 수직(vertical) 핸드오버로 정의할 수 있다. 본 논문은 SDR(Software Defined Radio)을 기반으로 W-CDMA망과 WiBro망을 동시에 지원하는 기지국내에서의 수직 핸드오프 프로토콜을 제안하고, 제안된 프로토콜을 상태전이도 및 페트리 넷을 이용하여 검증하고 또한 NS-2시뮬레이터를 이용하여 제안된 프로토콜의 성능을 평가하였다.

키워드 : 핸드오버, 이중모드 기지국, 수직 핸드오프, W-CDMA망, WiBro망

A Handover Technique in a Dual-mode Base Station

Tae Eui Jeong* · Yeon-Seung Shin** · Sang-Don Ju*** · Byung Kwon Song****

ABSTRACT

A handover is a technology that enables data transmission and receipt seamlessly while a mobile station moves from the current base station to another base station. The handover is basically classified into two types; a horizontal handover which changes a radio link only without changing a network link, and a vertical handover which changes both in heterogeneous networks. In this paper, we propose a vertical handover protocol in a dual base station which supports both of W-CDMA and WiBro networks based on SDR (Software Defined Radio), verify the rightness using a state transition diagram and a Petri-net, and evaluate the performance of the proposed protocol using NS-2 simulator.

Key Words : Handover, Dual-mode Base Station, Vertical Handoff, W-CDMA Network, WiBro Network

1. 서 론

핸드오버는 MS(Mobile Station)가 최근 BS(Base Station)에서 다른 BS로 이동하는 것을 말하며, 네트워크 링크의 변경 없이 라디오 링크 연결만 변경되는 것을 수평(horizontal) 핸드오버라 하고 네트워크 링크 및 라디오 링크의 변경이 이루어지는 이중 망간의 핸드오버를 수직(vertical) 핸드오버라 정의한다[1].

서로 다른 네트워크 프로토콜을 사용하는 망 사이를 MS가 이동할 때 크게 두 가지 문제점이 발생한다. 첫 번째는 이전 경로 상에서 넘겨 받지 못한 데이터의 손실이고, 두 번째는 MS재구성에 대한 것이다. 예를 들어 TCP/IP를 사용하는 서로 다른 무선망 환경에서 수직 핸드오버 시 나타나는 패킷의 손실과 순서 변경을 해결하는 기법을 사용하지 않으면 TCP에서 손실 및 순서 변경된 패킷의 복구를 위하

여 재전송 현상이 발생하고 이에 따라 사용자는 연속적인 서비스를 받을 수 없다. 또한 MS 이동이 이중 망 간에 발생했다면 새로운 망에 적합한 네트워크 프로토콜로 MS가 재구성 해야 하는 절차가 필요하다. 이러한 문제를 해결하기 위해 SDR(Software Defined Radio) 기술이 제안되고 있다[1], [9].

본 논문에서는 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)를 지원하는 W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)망과 IEEE 802.16e를 지원하는 WiBro망을 동시에 지원하는 기지국내에서의 핸드오버 기법을 제안한다.

제안된 핸드오버 기법은 망 재구성과 이전 경로의 패킷을 넘겨받는 절차로 구분되며 망 재구성을 위한 시작은 IETF Mobaopt WG 및 IEEE 802.21에서 제안한 L2-Trigger에 기초한다[7], [8]. 제안된 핸드오버 프로토콜은 몇 가지의 가정을 갖고 알고리즘을 설계하였다. 첫째, BS에는 이기종 망이 공존한다. 본 논문에서는 W-CDMA망과 WiBro망이다. 또한 모든 BS는 3개의 모듈, Distributor모듈과 W-CDMA모듈과 WiBro모듈로 구성되어 있다고 가정한다. 둘째, 이기종 망에서 발생하는 핸드오버는 이전 BS와 통신을 할 수 없는 하

* 종신회원: 서경대학교 컴퓨터학과 교수

** 정 회 원: 한국전자통신연구원 이동통신연구단 책임연구원

*** 정 회 원: 보라테크주 연구원

**** 종신회원: 서경대학교 정보통신공학과 부교수

논문접수: 2005년 3월 29일, 심사완료: 2006년 1월 10일

드(Hard) 핸드오버를 실행한다. 셋째, MS는 하나의 하드웨어로 여러 무선 프로토콜을 지원해주는 구조이다. MS는 L2로부터 시그널 강도 저하를 통보 받으며 추후 이동 할 수 있는 BS 리스트를 통보 받고 선택 한 후, 이동 할 BS와의 협상을 통해 망 재구성하게 된다. 그 다음 L2로부터 링크 다운에 관련된 정보를 받고 이동을 하며 새로운 BS에 이동을 한 후, L2로부터 새로운 링크가 연결 되었을 통보 받은 후, 이전 경로의 패킷을 넘겨 받는 절차를 수행하게 된다.

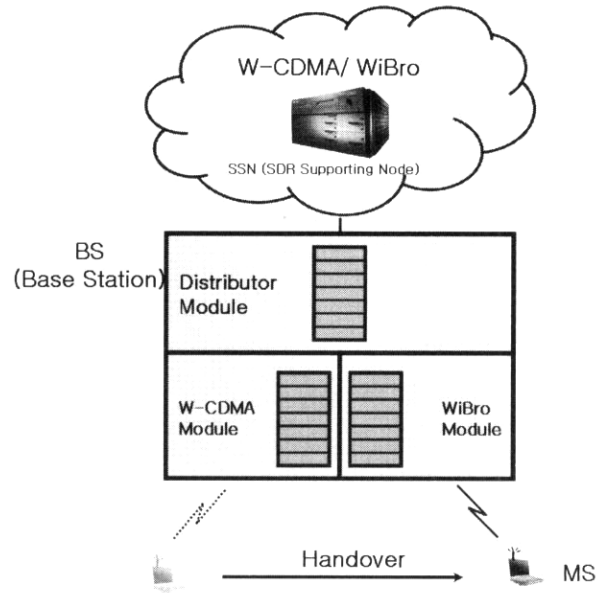
본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장은 제안한 전체 시스템 구조에 관한 사항을 기술하고 제 3장은 제안된 수직 핸드오프 프로토콜절차에 관한 사항을 설명하고 제 4장에서는 NS-2 시뮬레이터를 이용하여 제안된 기법을 구현하고 성능 평가에 관련된 내용을 기술하고 제 5장에서 결론을 맺는다.

2. 전체 시스템 구조

(그림 1)에서 보듯이BS는 그 역할에 따라 크게 3개의 모듈로 구성된다. Distributor 모듈은 MS와 직접 통신이 이루어지는 W-CDMA 모듈이나 WiBro 모듈에게 외부로부터 들어온 데이터를 전달 해주는 역할을 하며, 핸드오버 발생 시에 MS가 통신하고 있던 이전 경로에서 MS에게 보내지 못한 데이터를 MS가 새롭게 접속한 새로운 경로로 데이터를 보내는 중계자 역할을 담당한다. 또한, MS로부터 핸드오버가 필요하다는 **Mode negotiation** 메시지를 받으면 MS의 재구성을 위해서 SSN(SDR Support Node)에게 Profile과 Policy를 요청한다. W-CDMA 모듈은 Distributor 모듈로부터 들어온 데이터를 해당 통신 프로토콜에 맞는 형태로 바꾸어 MS에게 보내는 책임을 지며, 핸드오버 발생 시에 MS에게 보낼 데이터를 자신의 버퍼에 저장하고 있다가 Distributor 모듈로부터 **Req_Data_Msg** 메시지를 받으면 버퍼에 저장하고 있던 데이터를 Distributor 모듈에게 전송한다. WiBro 모듈도 W-CDMA 모듈과 같은 역할을 한다.

MS는 이중모드로 구성된 BS의 동일 영역 내에서 HSDPA 기반으로 통신하는 망에서 통신 장애 및 QoS를 보장하기 위해 WiBro기반으로 통신하는 망으로 핸드오버를 일으킨다. SSN으로부터 Profile과 Policy를 받으면 MS는 현재 자신이 통신하기 가장 좋은 프로토콜을 결정하고 SSN에게 프로토콜에 합당한 소프트웨어를 요구하는 **Req_SW** 메시지를 보낸다. SSN으로부터 소프트웨어를 받으면 새로운 프로토콜을 위해서 MS는 재구성한다.

SSN는 MS 재구성에 관련된 Profile, Policy 및 소프트웨어를 저장 관리하는 역할을 하며 이 기종 망간의 상호 통신을 위한 IWF(InterWorking Function)을 포함하고 있다. Distributor 모듈로부터 **Request_Policy_Profile** 메시지를 받으면 MS에게 Profile과 Policy를 전송하며 MS로부터 **Req_SW** 메시지를 받으면 그에 합당한 소프트웨어를 MS에게 보낸다. SSN에서 저장하고 있는 소프트웨어는 MS 재구성에 관련된 통신 서비스 및 프로토콜이다. Policy는 크게



(그림 1) 전체 시스템 구조

사용자 입장에서의 Policy와 관리자 입장에서의 Policy로 구분된다. 사용자는 기본적으로 다른 통신 서비스를 이용하고 싶어 할 뿐만 아니라 높은 질의 서비스를 지속적으로 제공 받고자 한다. 또한 기존 서비스 비용으로 다른 질 높은 서비스를 받고자 할 것이다. 관리자는 핸드오버 횟수를 줄여 비용을 감소 시키길 원할 것이며 사용자에게 따른 차별화 된 서비스를 제공 하길 원한다. Profile에는 User Profile, Service Profile, Terminal Profile, Network Profile로 나뉘어진다[1].

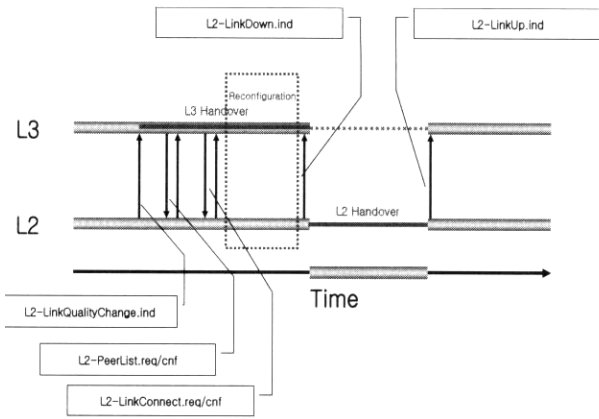
- (1) User Profile : 사용자가 선호하는 타겟모드를 후보군에서 선택하기 위한 사용자 선호를 저장한다.
- (2) Service Profile : 사용자에게 의해 사용되는 서비스 목록 및 서비스에 관련된 사용자들의 선호를 저장한다.
- (3) Terminal Profile : 핸드오버 결정에 중요한 역할을 하는 터미널의 CPU성능, 메모리 크기, 전력 용량에 관련된 사항을 저장한다.
- (4) Network Profile : 네트워크에서 이용되는 RATs(Radio Access Technologies) 및 기본적으로 제공하는 QoS 서비스(QoS Bearer Services)를 저장 관리한다.

3. 핸드오버 프로토콜 설계

MS는 HSDPA 기반의 통신망에서 IEEE 802.16e쪽으로 통신망을 변경한다. MS는 망의 구성을 바꾸기 전에 MS의 재구성 과정을 마친다. 즉, L2 핸드오버가 일어나기 전에 L3 핸드오버를 실행하면서 MS의 재구성 과정도 수행하는 것이다. L3 핸드오버는 L2-Trigger에 의해서 실행된다.

아래의 (그림 2)는 L2, L3 및 제안한 핸드오버 프로토콜과의 관계를 나타낸다.

MS의 L2는 현재 통신하고 있는 신호의 세기가 약해지면, L2-LinkQualityChange.ind 메시지를 L3에게 보내서 현재 통



(그림 1) L2, L3 및 제안한 핸드오버 프로토콜의 관계

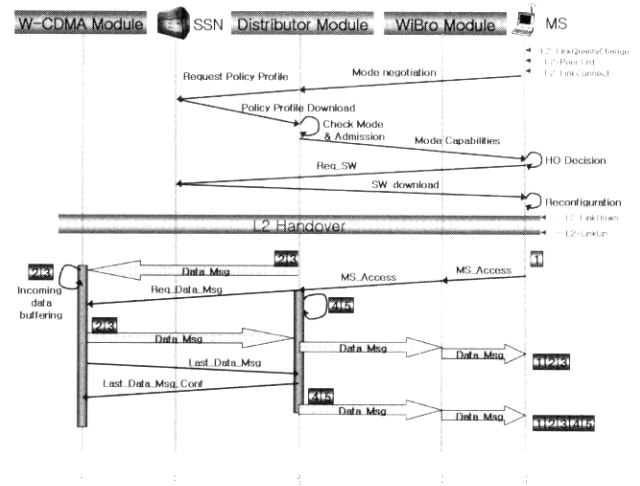
신하고 있는 링크 연결이 끊어질 것이 예상된다라는 사실을 알린다. 이 메시지를 받은 L3는 L2-PeerList.req 메시지를 보내서 L2에게 접근 가능한 Peer의 목록을 요청하고 L2는 L2-PeerList.cnf 메시지로 접근 가능한 Peer의 목록을 L3에게 보내준다. L2-Trigger에서 이야기하는 Peer는 AP와 같은 것이다. L3는 Peer의 목록 중에 특정한 Peer로 새로운 링크 연결을 하거나 변경하겠다는 L2-LinkConnect.req 메시지를 보낸다. L3가 요청한 링크 연결이 가능하다는 응답으로 L2-LinkConnect.cnf 메시지를 L2가 L3에게 보낸다. 이후에 MS는 새로운 링크 연결을 위한 재구성 절차를 실행하고 재구성 과정이 끝나면 L2-LinkDown.ind를 보내서 기존 링크와의 연결을 종료하겠다는 메시지를 보낸다. L2 핸드오버가 일어나고 새로운 링크로 연결을 설정하겠다는 L2-LinkUp.ind 메시지를 L2가 L3에게 통보한다.

제안된 핸드오프 프로토콜에서 L2와 L3의 역할을 간단히 말하면, L2는 현재 통신하고 있는 신호의 세기가 약해지면 MS가 재구성 되어야 한다는 것을 L3에게 알려주고, L2-Trigger에 의해서 접근 가능한 AP의 목록을 알고 있으며 L3가 AP의 목록을 요구하면 그에 대한 응답으로 목록의 리스트를 L3에게 전달한다. L3는 L2로부터 현재 통신하고 있는 신호의 세기가 약해져서 MS가 재구성 되어야 한다는 메시지를 받으면 L2에게 접근 가능한 AP의 목록을 넘겨 받아 그 중에서 가장 양호한 프로토콜로 MS를 재구성 하게 한다.

(그림 2)에서 보는 것처럼 MS가 새로운 링크로 연결을 설정하기 전에 MS는 새로운 프로토콜로의 재구성이 끝난 후에 이동을 하게 된다. 기존의 이기종 망간의 수직 핸드오버는 새로운 링크로 연결될 시에 L2 핸드오버를 하고 L3 핸드오버를 한 후에 데이터를 전송한다. 제안된 핸드오프 프로토콜은 새로운 링크로 연결 설정을 하기 전에 기존의 링크에서 L2-Trigger에 의해서 L3 핸드오버를 먼저 한다. 따라서, 새로운 링크로 연결될 시에 L3 핸드오버를 하지 않아도 되므로 그 만큼의 시간이 단축되게 된다.

(그림 3)은 SSN과 BS와 MS간의 핸드오버 처리 절차 흐름도를 나타내고 있다. MS는 기존 링크와의 연결에서 L3-핸드오버를 실행하면서 MS 재구성을 모두 끝내고, HSDPA

기반의 W-CDMA 모듈과의 통신을 종료하고 1번 데이터를 갖고 WiBro 모듈로 통신 프로토콜을 바꾸고 W-CDMA 모듈이 저장하고 있던 데이터들을 전송 받는다. MS가 Mode negotiation 메시지를 보내면서 핸드오버 처리절차는 시작된다.



(그림 2) 이중모드를 지원하는 기지국 내에서의 핸드오버 프로토콜 절차

(그림 3)의 MSC(Message Sequence Chart)는 다음과 같다.

- ① MS는 L2-Trigger과정을 거친 후에 Distributor 모듈에게 Mode negotiation 메시지를 보내서 핸드오버가 일어나야 한다는 사실을 알린다.
- ② MS로부터 Mode negotiation 메시지를 받은 Distributor 모듈은 SSN에게 profile과 policy에 대한 요청을 하기 위해 Request_Policy_Profile 메시지를 보낸다.
- ③ Request_Policy_Profile 메시지를 받은 SSN는 자신이 갖고 있는 Profile, Policy를 보내준다.
- ④ Profile과 Policy를 받은 Distributor 모듈은 모드가 타당한지 검사하고 승인을 결정한다.
- ⑤ 모드가 타당하면 Mode Capabilities 메시지를 MS에게 보내준다.
- ⑥ Mode Capabilities 메시지를 받은 MS는 모드들 중에서 가장 적절한 모드를 선택하기 하기 위한 HO Decision을 수행한다.
- ⑦ 핸드오버를 결정한 MS는 SSN에게 재구성에 필요한 소프트웨어를 요구하기 위해 Req_SW 메시지를 보낸다.
- ⑧ Req_SW 메시지를 받은 SSN은 그에 합당한 소프트웨어를 MS에게 보내준다.
- ⑨ 소프트웨어를 받은 MS는 재구성을 실행한다.
- ⑩ 재구성이 끝난 MS는 기존 링크 연결에서 새로운 링크 연결로 바꾼다. 이것이 L2 핸드오버이다.
- ⑪ 기존 링크, W-CDMA 모듈과의 연결에서 1번 데이터를 받고 새로운 링크, WiBro 모듈로 접속하면서 MS_Access 메시지를 보내서 MS가 WiBro 모듈의

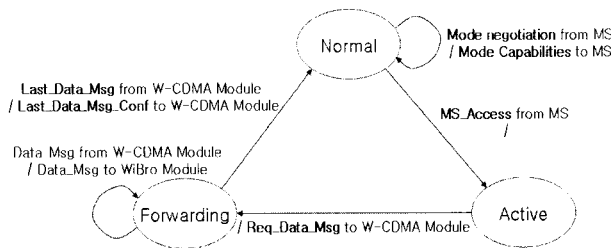
통신망에 들어왔다는 사실을 알린다.

- ⑫ Distributor 모듈이 MS_Access 메시지를 받으면 W-CDMA 모듈이 핸드오버가 발생하면서 저장하고 있는 데이터를 MS에게 전송하기 위해 W-CDMA 모듈에게 Req_Data_Msg 메시지를 보낸다.
- ⑬ Req_Data_Msg 메시지를 받은 W-CDMA 모듈은 자신이 저장하고 있던 모든 데이터를 Distributor 모듈에게 보낸다. 데이터를 모두 보내고 나면 그 사실을 Distributor 모듈에게 알리기 위해 Last_Data_Msg 메시지를 보낸다.
- ⑭ Distributor 모듈은 Last_Data_Msg에 대한 Ack로 Last_Data_Msg_Conf 메시지를 W-CDMA 모듈에게 보내고 난 후, 자신이 갖고 있는 데이터를 WiBro 모듈에게 보낸다.

4. 핸드오버 프로토콜 검증

4.1 각 노드의 상태 천이도

(그림 4)은 Distributor 모듈의 상태 천이도를 나타내고 있다.

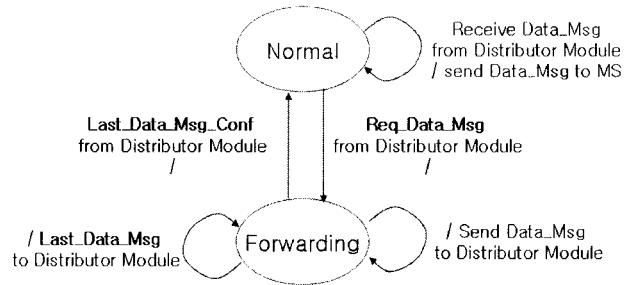


(그림 4) Distributor 모듈 상태 천이도

Distributor 모듈은 Normal, Active, Forwarding의 3가지 상태를 갖는다. 우선, Normal은 초기 상태이며 외부로부터 들어오는 데이터를 현재 MS가 통신하고 W-CDMA 모듈이나 WiBro 모듈에게 전송한다. 그리고 Mode 관련 검사도 실행한다. MS로부터 MS_Access 메시지를 받으면 데이터를 보내고 있던 W-CDMA 모듈이나 WiBro 모듈에게 데이터를 보내지 않고 자신의 버퍼에 저장하는 Active상태가 된다. Active상태는 Data_Msg를 받아서 buffer에 저장하는 상태이다. Forwarding 상태는 W-CDMA 모듈이 갖고 있던 데이터를 MS에게 전달해준다. 즉, W-CDMA 모듈이 저장하고 있던 misrouted 패킷을 WiBro 모듈에게 보낼 때의 중간자 역할을 한다. W-CDMA 모듈이 misrouted 패킷을 모두 전송했다는 Last_Data_Msg를 W-CDMA 모듈로부터 받으면 Distributor 모듈은 초기상태로 돌아가고 모든 Data_Msg를 잘 받았다는 응답으로 Last_Data_Msg_Conf 메시지를 W-CDMA 모듈에게 보낸다.

(그림 5)는 W-CDMA/WiBro 모듈의 상태 천이도를 나타내고 있다.

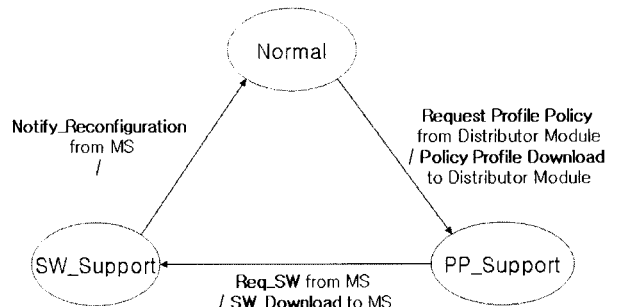
W-CDMA모듈이나 WiBro모듈은 Normal과 Forwarding



(그림 5) W-CDMA/WiBro 모듈 상태 천이도

의 2가지 상태를 갖는다. Normal은 초기 상태이며 Distributor 모듈로부터 데이터를 받으면 MS에게 전송한다. Normal 상태에서 Distributor 모듈로부터 Req_Data_Msg를 받으면 자신의 버퍼에 저장하고 있던 데이터를 Distributor 모듈에게 보내는 Forwarding상태가 된다. Forwarding상태에서 버퍼에 있는 모든 Data_Msg를 보내고 나면 Distributor 모듈에게 Last_Data_Msg를 보내고 모든 데이터를 잘 받았다는 Ack를 받기 전까지는 Forwarding상태이다. Distributor 모듈로부터 모든 데이터를 잘 받았다는 Last_Data_Msg_Conf 메시지를 받으면 초기상태인 Normal로 돌아간다.

(그림 6)은 SSN의 상태 천이도를 나타내고 있다.

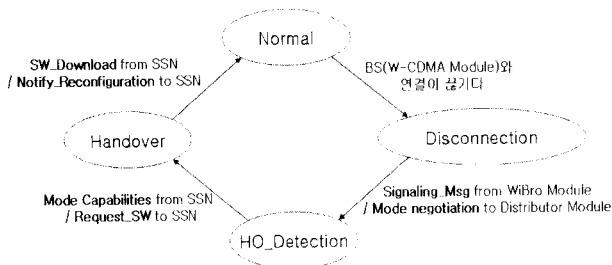


(그림 6) SSN 상태 천이도

SSN은 Normal, PP_Support, SW_Support의 3가지 상태를 갖는다. 초기에 Normal상태로 대기하고 있다. Distributor 모듈로부터 Request Policy Profile 메시지를 받으면 Profile과 Policy를 MS에게 지원해주는 PP_Support상태가 되면서 Policy Profile Download 메시지를 보낸다. PP_Support상태에서 MS로부터 Req_SW 메시지를 받으면 MS에게 재구성을 위해 필요한 소프트웨어를 제공해주는 SW_Support상태가 되고 MS에게 SW_Download 메시지를 보낸다. MS로부터 Notify_Reconfiguration 메시지를 받으면 초기 Normal상태로 돌아간다.

(그림 7)는 MS의 상태 천이도를 나타낸다.

MS는 Normal, Disconnection, HO_Detection, Handover의 4가지 상태를 갖는다. 초기의 Normal상태는 BS로부터 Data_Msg를 받는 상태이며 정상적으로 BS와 통신하는 상태이다. 데이터 전송 중 어떤 외부 환경의 변화로 인해서 MS가 기존의 통신망과 연결을 종료하게 되면 MS는 Disconnection상태가 된다. WiBro 모듈로부터 Signaling_Msg를 받으면



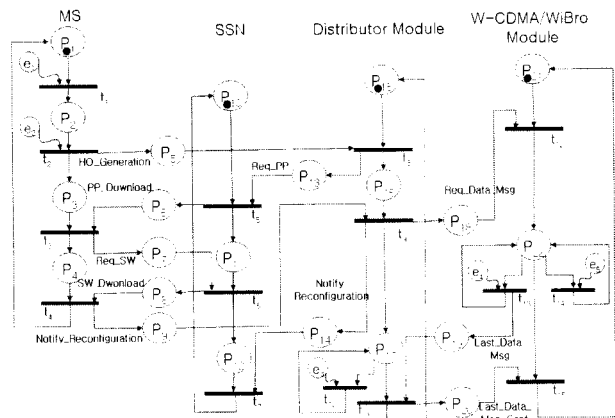
(그림 7) MS 상태 천이도

Distributor 모듈에게 핸드오버가 실행되어야 한다는 사실을 알리기 위해 **Mode negotiation** 메시지를 보내고 HO_Detection상태가 된다. 반대의 경우도 마찬가지이다. Normal 상태에서 WiBro Module과의 연결이 종료되면 Disconnection상태가 되고, Disconnection상태에서 W-CDMA Module로부터 **Signaling_Msg**를 받으면 Distributor 모듈에게 핸드오버가 실행되어야 한다는 사실을 알리기 위해 **Mode negotiation** 메시지를 보내고 HO_Detection상태가 된다. (그림 7)은 W-CDMA 망에서 WiBro 망으로 갈 경우를 나타낸 것이다. HO_Detection상태에서 SSN으로부터 **Mode Capabilities** 메시지를 받으면 핸드오버를 실행하는 Handover상태가 되고 SSN에게 **Req_SW** 메시지를 보낸다. Handover상태에서 **SW_Download** 메시지를 통해서 소프트웨어를 받으면 MS는 재구성을 완료하고 Distributor 모듈에게 재구성이 완료되었다는 **Notify_Reconfiguration** 메시지를 보내고 초기 상태인 Normal상태가 된다.

4.2페트리 넷(Petri-Net) 모델 및 도달성 트리

본 절에서는 4.1절의 상태 천이도를 토대로 기지국내 핸드오버와 관련된 MS와 SSN와 Distributor 모듈과 W-CDMA 모듈 사이의 연동을 페트리 넷을 이용하여 모델링하고 검증한다. WiBro 모듈은 Normal한 상태만이 존재하여 페트리 넷에 아무런 영향을 미치지 않아서 제외하였다.

(그림 8)은 MS와 SSN과 Distributor 모듈과 W-CDMA/WiBro 모듈간의 메시지와 데이터 흐름 절차에 대한 상태천이도를 이용하여 도시한 페트리넷 모델이다. P₁, P₁₀, P₁₅,



(그림 8) 이중모드를 지원하는 기지국 내에서의 페트리 넷 모델링

P₂₁의 검은 점은 초기 토큰을 나타낸다. 각 토큰소의 상태는 메시지 처리 절차에 따라서 다른 상태로 이동하며 이것을 <표 1>이 나타내고 있다. 또한 외부사건(Event)은 'e'로 표시하며, 이를 <표 2>가 나타내고 있다.

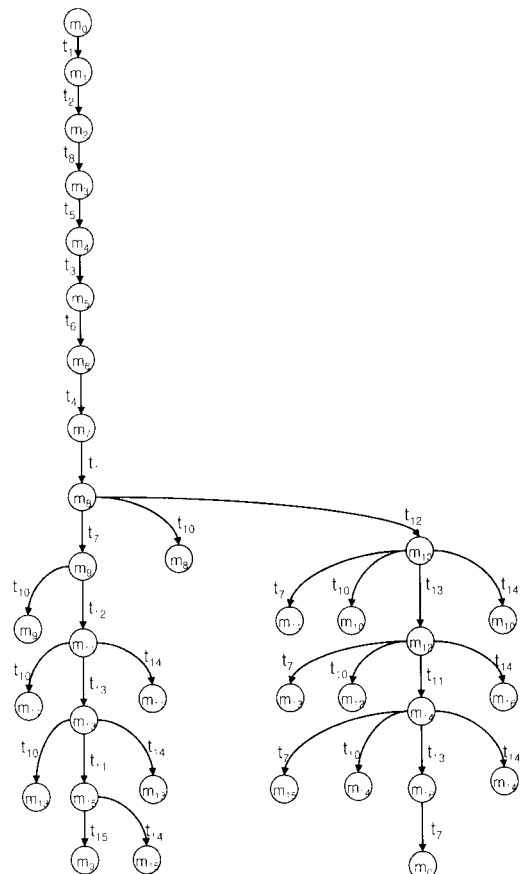
<표 1> 이중 모드 기지국 내에서의 토큰소 상태

토큰소	메시지 처리에 따른 상태
P ₁ , P ₁₆ , P ₁₅ , P ₂₁	Normal
P ₂	Abnormal_Disconnection
P ₃	HO_Generation
P ₄	Handover
P ₁₁	PP_Support
P ₁₂	SW_Support
P ₁₆	Active
P ₁₇ , P ₂₂	Forwarding
P ₃ ~P ₆ , P ₁₃ , P ₁₄ , P ₁₈ ~P ₃₀	메시지 전달 과정

<표 2> 외부 이벤트

외부 사건	메시지 절차에 따른 외부 사건
e ₁	연결 종료
e ₂	Signaling_Msg from W-CDMA 모듈
e ₃	Data_Msg from W-CDMA 모듈
e ₄	W-CDMA 모듈's Buffer Empty
e ₅	Data_Msg to Distributor 모듈

<그림 9>는 프로토콜의 교착상태 및 생동성(Liveness)과 같은 적합성을 검증하기 위한 도달성 트리를 나타낸다.



(그림 9) 도달성 트리

<표 3> 페트리넷 모델의 도달성 트리 상태 집합

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20	P21	P22
m0	1									1					1							1
m1		1								1					1							1
m2			1		1					1					1							1
m3			1							1			1			1						1
m4			1			1					1					1						1
m5				1			1					1				1						1
m6				1				1				1				1						1
m7	1								1			1				1						1
m8	1											1		1			1	1				1
m9	1									1							1	1				1
m10	1											1		1			1					1
m11	1									1						1						1
m12	1											1		1			1		1			1
m13	1									1							1		1			1
m14	1											1		1	1					1		1
m15	1									1					1					1		1
m16	1											1		1	1						1	

(그림 9)에서 볼 수 있듯이 m_0 은 $P_1, P_{10}, P_{15}, P_{21}$ 에 토큰을 갖는 초기 상태이며, transition t_1 에 의해서 m_1 상태로 전이된다. 또한, 교착상태 발생 없이 항상 초기 상태로 돌아올 수 있음을 확인 할 수 있고, 초기 상태에서 모든 상태로의 transition이 가능하며, 발생하는 토큰의 수도 항상 1이하로 제한되어 안정성도 만족됨을 확인 할 수 있다.

5. 시뮬레이션

본 장에서는 SDR 기반의 이중모드를 지원하는 기지국 내에서의 핸드오버를 제공하기 위해 제안한 프로토콜의 성능 평가를 위한 시뮬레이션을 하며, 시뮬레이션에서 사용한 네트워크 모델에 대하여 설명한다. 시뮬레이션은 제안한 핸드오버를 적용하였을 경우와 제안한 핸드오버를 적용하지 않은 경우를 비교하여 성능을 평가 하며, 시뮬레이션은 버클리 대학(U.C Berkeley)의 네트워크 시뮬레이터 (Network Simulator) 2.27 버전에서 구현하였다.

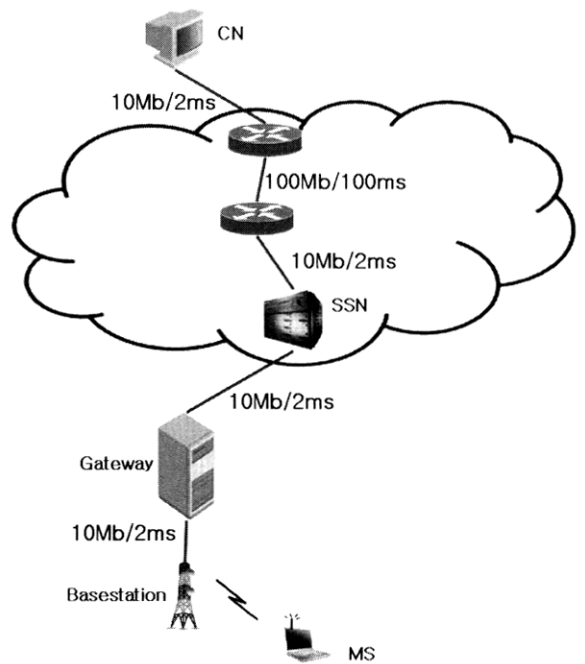
시뮬레이션을 위한 시스템 환경은 다음과 같다.

- OS : WOW Linux 7.3 Paran release 2
- CPU : Intel Pentium 4 2.4 GHz
- Memory : 512MB
- Compiler : NS-2.27 & GNU GCC 3.4.0

시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 (그림 10)과 같다. 핸드오버가 발생할 때 성능을 비교하기 위해서 MS는 일정한 속도로 이동하는 상황에서의 성능을 측정하였다.

BS는 위에서 설명하였듯이 Distributor 모듈, W-CDMA 모듈, WiBro 모듈로 이루어져 있다. CN(Correspond Node)는 MS와 통신하고 있는 노드이다. 초기에 MS는 W-CDMA 모듈과 파일을 전송 받다가 WiBro 모듈로 통신망을 이동한다. 통신망이 변경되는 중에 CN이 MS에게 보낸 데이터는 W-CDMA 모듈이 저장하게 되고, MS가 WiBro 모듈과 통신 협정이 끝나면 W-CDMA 모듈이 저장하고 있던 데이터를 넘겨 받는다. 이처럼 misrouted 패킷을 이전 통신망의 모

듈로부터 넘겨받는데 걸리는 시간과 CN으로부터 재전송 받는데 걸리는 시간을 비교 분석한다.



(그림 10) 시뮬레이션 네트워크 모델

시뮬레이션을 위한 가정은 다음과 같다.

- ① 단말의 이동성을 제공하고 위해서 MIP를 사용했으며 무선 구간 인터페이스는 IEEE802.11을 사용하였다.
- ② CN은 패킷을 보내는 노드이며 CN과 SSN 구간은 지연이 가장 큰 WAN 구간이라 가정한다.
- ③ WAN 구간의 대역폭은 100Mbps이며 지연은 100ms로 설정한다. 그 외 모든 링크의 대역폭은 10Mbps이며 지연은 2ms로 설정한다.
- ④ MS는 BS₁에서 BS₂로 일정한 속도, 시속 60Km/h로 이동한다.

- ⑤ 패킷 사이즈는 1040Byte로 설정하며 재전송 되는 패킷 수는 40개로 가정한다.
- ⑥ 이전 경로에서 넘겨 받는 패킷의 수도 40개로 가정한다.

제안한 핸드오버 프로토콜을 NS-2를 이용하여 어떻게 구현하였는지에 대해 간단히 설명한다. 우선 제안한 핸드오버 프로토콜에서 MS가 핸드오버와 망 재구성을 위해 사용하는 새로운 프로토콜을 선언해 주어야 한다. 우리가 사용하는 새로운 프로토콜의 이름은 SHP(SDR Handover Protocol)라고 한다. 기존의 NS-2에 우리가 정의한 SHP 프로토콜을 인식시켜 줘야 하는데, 그것에 대해서는 NS Documentation를 참조하기 바란다[5].

시물레이션에서 주고받는 메시지들은 (그림 3)에 있는 메시지들의 이름과 거의 비슷하다. 예를 들면, Mode negotiation 메시지는 Mode_Negotiation, Request Policy Profile 메시지는 Request_Policy_Profile, Last_Data_Msg 메시지는 Last_Data_Msg 등이다.

아래의 코드는 SHP 프로토콜에서 SHP 패킷 헤더를 위한 데이터 구조이다.

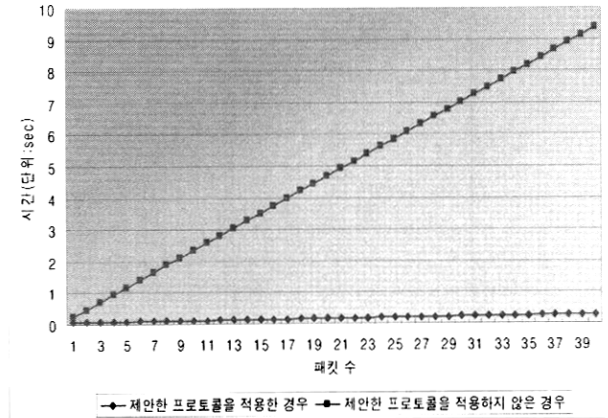
```
struct hdr_shp {
    int pkt_type;
    double send_time;
};
```

제안한 핸드오버 프로토콜에서 주고받는 메시지들은 SHP 패킷 헤더의 int형 변수인 pkt_type에 의해서 구분된다.

Mode negotiation 메시지는 MS가 Distributor 모듈에게 보내는 메시지이다. 이 메시지가 SHP에서 전달되는 과정을 살펴보면, MS 노드가 Mode_Negotiation에 해당하는 패킷 번호를 pkt_type에 설정한 후에, Distributor 모듈에게 보낸다. Mode_Negotiation 메시지를 받은 Distributor 모듈은 MS에게 Ack를 보내고, SSN에게 Request_Policy_Profile 메시지를 보낸다. 다른 메시지들도 이와 같다.

시물레이션 비교 환경은 제안한 프로토콜을 적용하지 않은 경우와 적용한 경우로 구분된다. (그림 10)에서 네트워크 모델의 각 노드 사이의 링크 연결은 임의로 설정한 것이다. CN에서부터 SSN까지는 WAN 구간으로 생각하여 다른 링크에 비해서 조금은 큰 100ms라는 delay를 주었으며, 대역폭은 100Mbps 설정한다. 그 이외의 다른 연결은 10Mbps의 대역폭과 2ms의 delay로 설정한다. CN으로부터 재전송되는 패킷의 수와 이전 경로에서 전송되는 패킷의 수는 40개로 설정하며 시물레이션의 결과를 비교한다.

제안한 핸드오버 프로토콜에서 망을 재구성하는데 걸리는 시간과 컨트롤 메시지를 주고 받는 시간과 이전 경로로부터 데이터를 재전송 받는 시간은 CN으로부터 재전송 받는 데 걸리는 시간에 비해 아주 작은 것이다. 왜냐하면 SSN과 BS 사이의 delay를 2ms 주었기 때문이다.



(그림 11) 제안한 프로토콜을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 패킷 재전송 시간

(그림 11)은 패킷을 CN으로부터 재전송 받는 것과 이전 경로로부터 전송 받는 것을 하나의 그래프에 나타낸 것이다. 그래프의 X축은 재전송 되어야 하는 패킷의 수이다. 제안한 프로토콜에서는 재전송 되어야 하는 패킷의 수를 40개라고 가정하였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 재전송되는 패킷이 5개일 경우에 제안한 프로토콜을 적용하면 0.1초 정도의 시간이 걸리지만 제안한 프로토콜을 적용하지 않으면 1.1 초 정도의 시간이 걸린다. 패킷이 많아지면 많아 질수록 제안한 프로토콜을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우의 시간의 차이가 커짐을 볼 수 있다.

6. 결론

본 논문에서 기지국은 W-CDMA 망과 WiBro 망이 공존하는 상태에 있다. MS가 어떤 특정 프로토콜로 통신을 하고 있었는데, 그 특정 프로토콜에 사용자가 많아졌거나 주파수의 Quality가 저하되어 일정 수준 이하가 되면 L2-Trigger에 의해서 새로운 통신망으로 가기 전에 MS는 새로운 링크 연결을 위한 재구성 절차를 실행하게 된다. 따라서, 새로운 망으로 이동 시에 L3 핸드오버에 대한 시간을 절약할 수 있다. 본 논문에서 MS는 W-CDMA 망에서 WiBro 망으로 이동한다. MS가 W-CDMA 망에서 WiBro 망으로 이동 시에 받지 못한 패킷이 발생하게 되고 이 받지 못한 패킷을 CN으로부터 재전송 받아야 한다. 이것은 MS가 받는 패킷의 순서를 틀리게 할 수 있고, 재전송에 대한 시간 지연이 생기게 된다. 이러한 현상을 해결하기 위해 본 논문에서는 SDR을 기반으로 W-CDMA 망과 WiBro 망을 동시에 지원하는 기지국내에서의 핸드오프 프로토콜을 제안하였다.

SSN, Distributor 모듈, W-CDMA/WiBro 모듈 및 MS에 대한 상태 천이도를 이용하여, 페트리 넷 및 도달성 트리로 제안된 프로토콜을 검증하였으며, 제안한 프로토콜의 성능을 평가 하기 위해 NS-2 시뮬레이터를 이용했으며 실제 시물레이션을 통해, 이중 망 간 재구성에 관련된 협상

시그널 비용과 이전 경로 상에서 패킷을 넘겨 받는 비용은 패킷 재 전송 비용에 비해 상대적으로 작은 비용임을 증명했으며 이것은 이전 경로 상에 남아 있는 패킷을 넘겨 받는 것이 재전송 받는 것 보다 지연에 대한 비용 측면에서 큰 이점을 가진다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] C. Niedermeier, R. Schmid, E. Mohyeldin, M. Dillinger and Siemens AG., "Handover Management and Strategies for Reconfigurable Terminals," SDRF-02-I-0047-V0.00, April, 2002.

[2] 3GPP, "Physical Layer Aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access (Release 2000)," 3G TR25.848 V0.6.0, March, 2001.

[3] 최호규, "IMT-2000 고속 패킷데이터 전송시스템(1xEV, HSDPA)," TTA 저널 82호. 80-90, Aug., 2002.

[4] 3GPP TR 25.858 V5.0.0(2002-03) High Speed Downlink Packet Access: Physical Layer Aspects(Release 5).

[5] R. Cohen, B. Patel and A. Segall, "Handover in a Micro-cell packet switched Mobile network," IEEE INFOCOM'95, Vol. 2, pages 496-503, April, 1995.

[6] IEEE 802.16 TGe Working Document, "IEEE 802.16e-03/07r2 16 Amendment 4: Mobility Enhancements," IEEE 802.16 TGe, May, 2003.

[7] IETF Mobopts WG, "Unified L2 Abstractions for L3-Driven Fast Handover," October, 2004.

[8] IEEE 802.21 WG, "A Generalized Model for Link Layer Triggers," March, 2004.

[9] SDR Forum, <http://www.sdrforum.org>.

[10] Object Management Group (OMG), <http://www.omg.org>.

정 태 의



e-mail : tejeong@skuniv.ac.kr

1979년 고려대학교 전자공학과(학사)
 1982년 오하이오주립대 전기공학과(석사)
 1989년 오클라호마대학 전산학과(석사)
 1994년 오클라호마대학 전산학과(박사)
 1983년~1986년 금성반도체 연구소 컴퓨터부
 터부분 선임연구원

1986년~1987년 United Microtek, Inc. (San Jose, CA) Engineering Manager
 1995년~현재 서경대학교 컴퓨터과학과 교수
 관심분야 : 이동통신, SDR 기술

신 연 승



e-mail : shinys@etri.re.kr

1984년 고려대학교 통계학과(석사)
 1984년~현재 한국전자통신연구원 개방형
 기지국팀 팀장
 관심분야 : 이동통신 네트워크, 무선 자원
 관리, 통신 프로토콜, SDR 기술

주 상 돈



e-mail : zoaroa77@hanmail.net

2003 서경대학교 전산정보관리학과(학사)
 2005 서경대학교 컴퓨터과학과(석사)
 2005~현재 보라테크(주) 연구원
 관심분야 : IP 기반 이동통신 네트워크,
 Mobile IP 기술, IP Paging

송 병 권



e-mail : bksong@skuniv.ac.kr

1984년 고려대학교 전자공학과(학사)
 1986년 고려대학교 전자공학과(석사)
 1995년 고려대학교 전자공학과(박사)
 1984년~1991년 삼성종합기술원 선임연구원
 1995년~현재 서경대학교 정보통신공학과
 부교수

관심분야 : 고속망 프로토콜, 분산처리 시스템, 이동 컴퓨팅