# 초고속 무선 전송 시스템 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치의 설계 및 구현

Design and Implementation of an Access Station/User Equipment Modem Diagnostic and Monitor Apparatus for High Speed Mobile System

장재득 (J.D. Jang) 초고속무선모뎀연구팀 책임기술원
박형준 (H.J. Park) 초고속무선모뎀연구팀 팀장

목 차

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 하드웨어 설계
Ⅲ. 소프트웨어 설계
Ⅳ. 시험
Ⅴ. 결론

모뎀 진단/감시 장치(DM)는 기지국 DM 데이터 수집부와 단말 DM 데이터 수집부로 각각 구분되어 DM 장치 내에서 기지국/단말 모뎀 플랫폼을 수용한다. 기지국 변조기, 기지국 동기, 기지국 채널 디코더, 기지국 복조기의 데이터는 기지국 DM 데이터 수집부에서 수집하고, 단말 변조기, 단말 동기, 단말 채널 디코더, 단말 복조기의 데이터는 단말 DM 데이터 수집부에서 수집하여 각각 수집된 데이터를 호스트 PC에서 분석하여 물리 계층 송수신 데이터 및 각종 통계 정보를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시해 준다. 모뎀 진단/감시 장치(DM)는 무선 전송 시스템(HM20) MIMO 구조 기지국/단말 모뎀의 물리 계층에 대한 상태 진단 및 감시 기능을 수행하여 모뎀 개발 과정에서 개발자에게 디버깅을 쉽게 하기 위한 장치로 사용된다. 또한 기지국 모뎀과 단말 모뎀의 유지 보수시 오류 발견을 위한 장치로 사용하기 위함이다.

# Ⅰ. 서론

초고속 무선 전송 시스템(HM20)은 100Mbps[DL]/20Mbps[UL]급 MIMO 구조 기지국(AS) 모뎀, 단말(UE) 모뎀으로 구성되며, 기능 시험, 통합 시험, 연동 시험을 목표로 하고 있다. 초고속 무선 전송 시스템(HM20) 기지국/단말 모뎀의 개발을 위해서는 기지국/단말 모뎀 플랫폼에 실장되는 기지국/단말 모뎀의 물리 계층에 대한 상태 진단 및 감시 기능 시험을 필수적으로 수행하여야 한다. 이러한 진단 및 감시 기능 시험을 수행하기 위해서는 기지국과 단말 간의 모뎀 송수신 데이터 품질, 모뎀 제어 파라미터 설정, 모뎀 운용 상황 표시 등의 기능을 수행하는 모뎀 진단/감시 장치(DM)가 필요하다.

모뎀 진단/감시 장치(DM)는 기지국 변조기, 기지국 동기, 기지국 복조기, 기지국 채널 디코더의 데이터는 기지국(AS) DM 데이터 수집부에서 수집하고, 단말 변조기, 단말 동기, 단말 복조기, 단말 채널 디코더의 데이터는 단말(UE) DM 데이터 수집부에서 수집하여 각각 수집된 데이터를 호스트 PC에서 분석하여 물리 계층 송수신 측정 데이터를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시해 준다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 DM은 호스트 PC, DM 장치, 그리고 타깃 플랫폼 정합(ASHU/UEHU) 등으로 구성된 온라인상의 모뎀 진단 및 감시 장치이다.

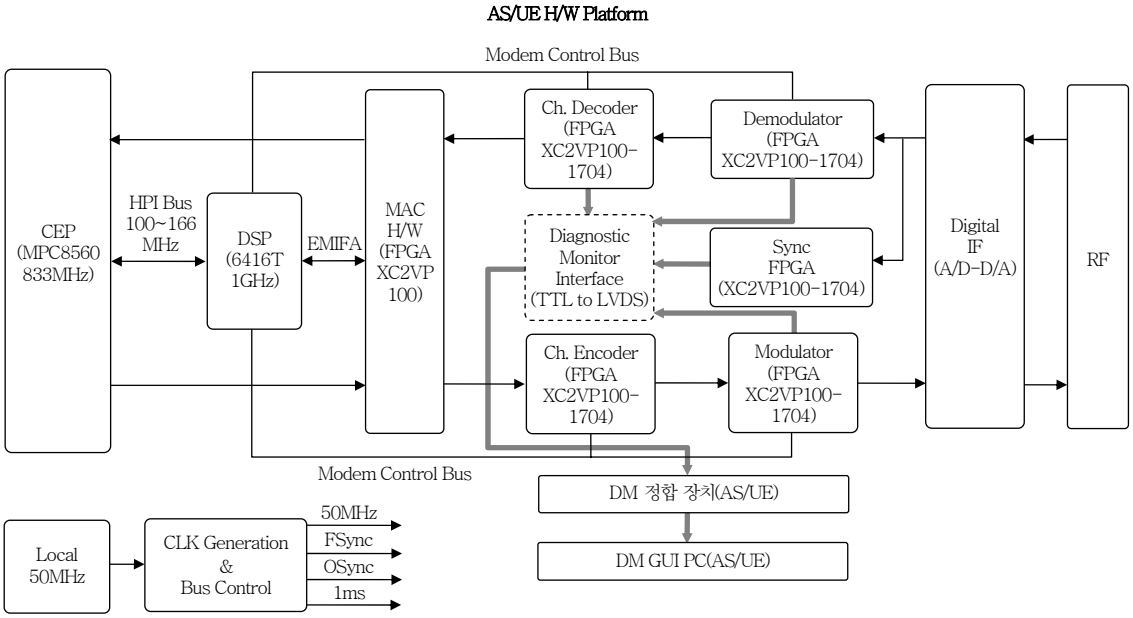
초고속 무선 전송 시스템(HM20) 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치(DM)는 기지국/단말 모뎀 플랫폼에 실장되는 기지국/단말 모뎀의 물리계층에 대한 상태 진단 및 감시 기능을 수행하여 모뎀 개발 과정에서 개발자에게 디버깅을 쉽게 하기 위한 장치로 사용된다. 또한 기지국과 단말 간의 모뎀 송수신 데이터 품질, 모뎀 제어 파라미터 설정, 모뎀 운용 상황 표시 등의 기능을 수행하여 물리 계층 송수신 측정 데이터를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시하여 유지 보수시 오류 발견을 위한 장치로 사용하기 위함이다.

본 논문에서는 모뎀 진단/감시 장치의 필요성과 이를 이용한 기지국/단말 모뎀에 대하여 논의한다. Ⅱ장에서는 모뎀 진단/감시 장치의 설계 규격을 바탕으로 하드웨어 구성과 기능에 대하여 서술하며, Ⅲ장에서는 모뎀 진단/감시 장치의 소프트웨어 구성과 제어 기능, 물리 계층 송수신 측정 데이터를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있는 GUI에 관한 내용을 기술한다. Ⅳ장에서는 모뎀 진단/감시 장치를 이용한 기지국/단말 시험 항목에 대해 살펴보고, 마지막으로 결론을 맺고자 한다.

# Ⅱ. 하드웨어 설계

## 1. 초고속 무선 전송 시스템 기지국/단말 모뎀 플랫폼

초고속 무선 전송 시스템 기지국/단말 모뎀 플랫폼은 (그림 1)과 같이 상위 계층, 외부 네트워크와의 데이터 처리 및 각종 제어를 담당하며, 매체 접근 제어부(MAC)와 연결된다. 그리고 디지털 신호 처리 장치(DSP)와 HPI 방식으로 연결되어 물리계층(Layer 1) 제어 데이터 등을 처리하는 주제어 장치(CEP), 주제어 장치(CEP)와 HPI 방식으로 연결되고 매체 접근 제어부(MAC)와 EMIFA로 연결되어 물리계층 제어를 담당한다. 그리고 복호기(decoder), 부호기(encoder), 복조기(demodulator), 변조기(modulator)를 제어하고 데이터 전달을 관장하는 디지털 신호 처리 장치(DSP), 주제어 장치(CEP)와 복호기, 부호기 사이에서 모뎀 데이터를 전달하는 기능을 수행하는 매체 접근 제어부, 전송할 데이터 블록에 CRC 비트 첨부, 스크램블링, 채널 부호화, 인터리빙 기능을 수행하는 부호기, 복조기로부터 수신된 각 물리 채널별 수신 신호로부터 디인터리빙, 채널 복호화, 디스크램블링, CRC 비트 추출의 기능을 수행하는 복호기, 부호기로부터 입력되는 부호화된 데이터를 AMC 옵션에서 지정된 변조 방식에 따라서 송신 심볼을 생성하고 OFDM으로 변조하여 송신하는 기능을 수행하는 변조기, digital IF로부터 수신되는 디지털 무선 채널 데이터 OFDM




(그림 1) 초고속 무선 전송 시스템 기지국/단말 모뎀 플랫폼

신호를 복조, 수신 채널 추정 및 채널 품질 측정, 그리고 데이터 심볼로부터 본래의 부호화된 데이터 스트림으로 디매핑하는 기능을 수행하는 복조기, 타이밍 동기, 주파수 동기, 수신 신호의 신호대 잡음비, 잡음 분산 등을 계산하여 물리계층(L1) 제어 소프트웨어로 전달하는 역할을 하는 동기부(Sync), RF로부터 IF 신호를 받아 기저대역(baseband) 부가 처리할 수 있는 I/Q 신호로 변환하는 기능(ADC)과 반대로 기저 대역 I/Q 신호를 IF 신호로 변환하는 기능(DAC), 디지털 필터 및 AGC 루프 기능을 수행하는 digital IF, 안테나로 RF 신호를 송수신하는 기능을 수행하는 RF, 복호기, 복조기, 동기부, 변조기의 DM 데이터를 TTL 신호로 수집하여 LVDS 신호로 DM 정합 장치(AS/UE)로 출력하는 기능을 수행하는 DM 인터페이스(diagnostic monitor interface), 상기 DM 정합 장치에 수집된 물리계층 송수신 데이터 및 각종 통계 정보를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시해주는 DM GUI PC(AS/UE), 50MHz 국부 발진기로부터 시스템 클록, 프레임 동기, OFDM 심볼 동기, 프레임 번호 등을 생성하는 클록 발생 및 버스 제어부, 상기의 기능 블록을 통합하여 하나의 기지국/단말 플랫폼을 구성하는 기지국/단말 플랫폼으로 구성된다.

## 2. 모뎀 진단/감시 장치 설계 규격

모뎀 진단/감시 장치(DM)는 초고속 무선 전송 시스템(HM20) MIMO 구조 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치(DM)로 사용하는 경우 기지국 플랫폼(ASHU)과 단말 플랫폼(UEHU)의 변조기, 동기, 복조기, 채널 디코더로부터 전달되는 데이터를 DM 장치에서 통합 수용할 수 있도록 구성한다. 모뎀 진단/감시 장치의 설계 규격은 다음과 같다.

- 입력 전원: AC 210V~240V, 10A
- 출력 전원: DC ±5V/2A, 3.3V/25A
- DM Controller ARM9 계열(S3C2410A-266 MHz)
- 운영 체제(OS): Linux
- Memory Size: Dualport SRAM 1Mbyte(기지국용; 512K×18bit, 단말용; 512K×18bit)
- DM 데이터 수집: 기지국; 변조기, 동기, 채널 디코더, 복조기 각각 4개의 차동

(differential) DM 신호
단말; 변조기, 동기, 채널 디코더, 복조기 각각 4개의 차동 (differential) DM 신호

- Host PC Interface: 100Base-T Ethernet (TCP/IP)
- Target System Interface: LVDS
- Data Rate: ≤50MHz
- Clock: 50MHz Internal Clock
- 하드웨어 설계
  - 기지국/단말 DM 정합 장치 FPGA 개발
  - DM 정합 장치 제어 프로세서 개발
  - DM 디지털 인터페이스 개발
  - 하드웨어는 기지국/단말 공통 플랫폼

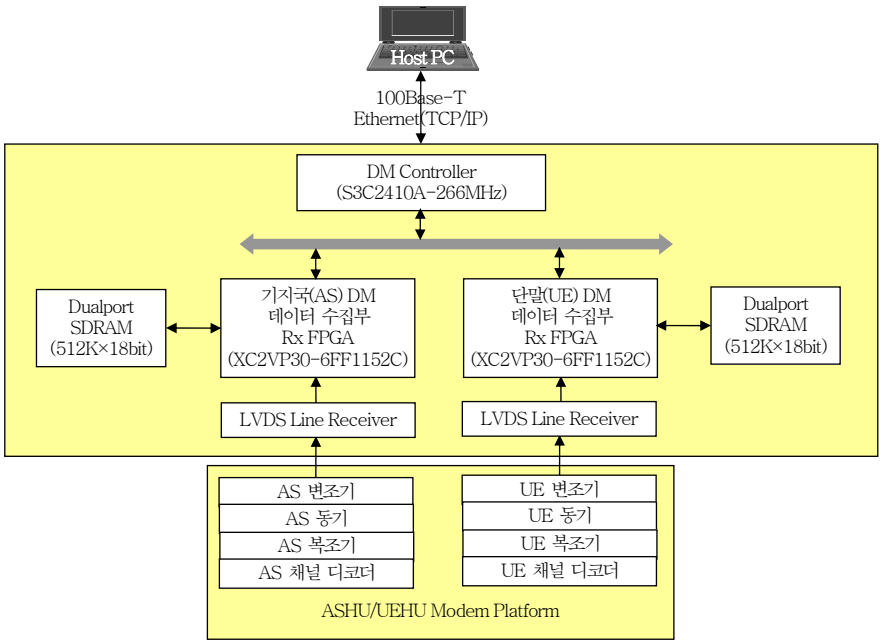
## 3. 모뎀 진단/감시 장치 하드웨어 구성 및 기능

### 가. 모뎀 진단/감시 장치 하드웨어 구성

모뎀 진단/감시 장치는 (그림 2)의 하드웨어 장치가 초고속 무선 전송 시스템(HM20) MIMO 구조 기지국/단말 모뎀을 진단 및 감시하기 위하여 기지국 플랫폼(ASHU)과 단말 플랫폼(UEHU)의 변조기, 동기, 복조기, 채널 디코더로부터 수신되는 DM 데이터 LVDS 신호를 기지국 및 단말 DM 데이터 수집부에서 TTL로 변환되어 수집된다. 호스트 PC에서 100Base-T Ethernet을 통하여 DM 데이터 획득의 명령을 DM 컨트롤러에게 하달하여 FIFO로 사용되는 Dualport SRAM과 기지국 및 단말 DM 데이터 수집부에 저장된 DM 데이터를 해석한 물리계층 송수신 측정 데이터를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시해 준다.

모뎀 검증 장치의 구성은 (그림 3)의 블록도에 나

(그림 2) 모뎀 진단/감시 장치 하드웨어




(그림 3) 모뎀 진단/감시 장치 블록도

타나 있듯이 호스트 PC, DM 장치, 그리고 타깃 플랫폼 정합(ASHU/UEHU modem platform) 등으로 구성된 온라인상의 모뎀 진단 및 감시 장치이다.

나. 모뎀 진단/감시 장치 하드웨어 기능

모뎀 진단/감시 장치는 host PC, DM 장치, 그리고 타깃 모뎀 플랫폼 정합(ASHU/UEHU modem platform) 등으로 구성되며 그 기능은 다음과 같다.

• Host PC

수신한 DM 데이터를 실시간으로 표시해주며, 이더넷 통신으로 DM controller를 제어한다.
그리고 DM 전용 소프트웨어가 탑재된다.

• DM Controller

ARM 계열(S3C2410A-266MHz) 프로세서로 host PC와 DM과의 신호를 100Base-T Ethernet port를 통하여 주고 받으며 host PC의 명령에 따라서 DM을 제어한다.

• 기지국(AS) DM 데이터 수집부

기지국 변조기(AMDU), 기지국 복조기(ADMU), 기지국 복호기(ACDU), 기지국 동기(ASYU)의 DM 데이터는 기지국(AS) DM 데이터 수집부에서 수집하며, host PC ← DM ← target(ASHU)의 신호 흐름을 담당하며 LVDS 신호를 TTL 신호로 변환하는 기능을 수행한다.

• 단말(UE) DM 데이터 수집부

단말 변조기(UMDU), 단말 복조기(UDMU), 단말 복호기(UCDU), 단말 동기(USYU)의 DM 데이터는 단말(UE) DM 데이터 수집부에서 수집하며, host PC ← DM ← target(UEHU)의 신호 흐름을 담당하며 LVDS 신호를 TTL 신호로 변환하는 기능을 수행한다.

• LVDS Line Receiver

타깃 시스템의 모뎀 DM 데이터를 수신하는 기능을 수행한다.

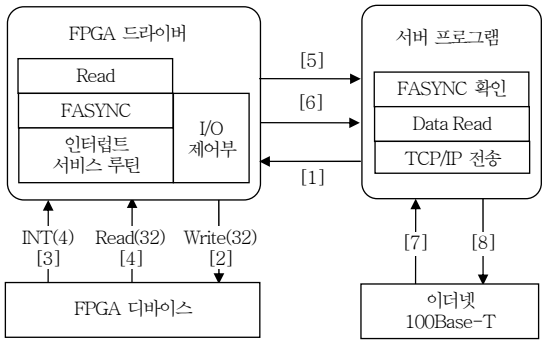
# Ⅲ. 소프트웨어 설계

## 1. 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 구성 및 기능

가. 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 구성

초고속 무선 전송 시스템(HM20) 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치의 소프트웨어 구성은 (그림 4)와 같이 DM FPGA의 드라이버와 DM GUI로 이더넷을 통해 데이터를 전송할 수 있는 서버 프로그램에 관한 내용으로 DM FPGA 드라이버는 FPGA의 메모리를 읽거나 레지스터를 읽고 쓰는 기능을 수행한다. 그리고 서버 프로그램은 FPGA 드라이버의 데이터를 읽어서 TCP/IP를 통하여 클라이언트인 DM GUI가 데이터를 가져갈 수 있도록 패킷을 만들고 요구가 있을 시 데이터를 전송하는 기능을 수행한다. 드라이버와 서버 프로그램은 AS(기지국), UE(단말)로 구분되어 각각 드라이버와 서버 프로그램은 2개씩 존재한다. <표 1>에 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 환경을 나타내었다.

본 절에서 모뎀 진단/감시 장치 FPGA 드라이버와 서버 프로그램 간의 통신 흐름을 상세히 설명하면 다음과 같다. FPGA 드라이버는 크게 Read, FASYNC, 인터럽트 서비스 루틴, 그리고 I/O 제어부로 구성된다. I/O 제어부는 FPGA 디바이스의 레지스터 설정 역할을 수행하며, Read는 서버 프로그램에서 Read 시스템 콜을 처리하는 부분으로 필요




(그림 4) 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 구성도

〈표 1〉 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 환경

| | |
|---|---|
| 운영 체제 | Embedded Linux(Kernel version 2.4.19) |
| 드라이버 | dm_fpga.o(FPGA read/write 드라이버) |
| 서버 | dmserver(TCP 서버 프로그램) |
| 테스트 프로그램 | dmtest(FPGA 메모리 액세스 프로그램) |
| Serial | 115200, N, 8, 1 |
| Ethernet | 프로토콜 TCP/IP, Port 8000 |

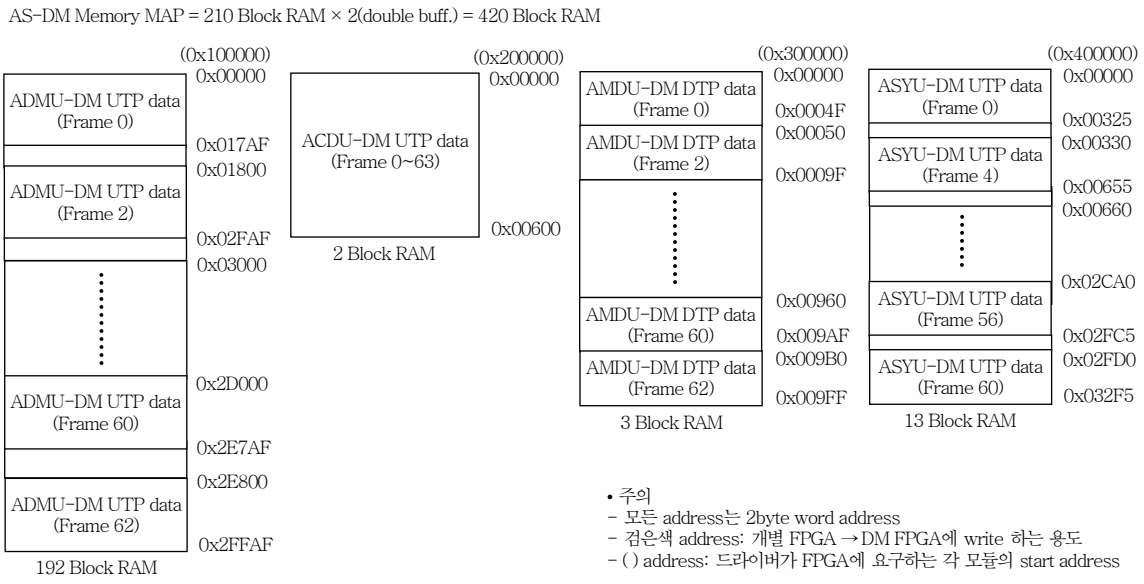
데이터를 서버 프로그램에 전송해 주는 역할을 수행한다. FASYNC은 인터럽트에 의해 FPGA 디바이스의 데이터가 드라이버로 전송이 완료되는 시점을 서버 프로그램에 통보하여 데이터 읽는 시점을 알려주는 역할을 수행한다. 인터럽트 서비스루틴은 FPGA 디바이스로부터 인터럽트가 발생했을 때 이를 처리하는 부분으로 FPGA 디바이스로부터 유용한 데이터를 드라이버로 복사하는 기능을 수행한다.

서버 프로그램은 초기 드라이버 등록부와 데이터 송수신부로 구성된다. 드라이버 등록부는 FPGA 드라이버를 등록하는 부분으로 커널(kernel)에 드라이버를 등록하여 준다. 데이터 송수신부는 핸드셰이크 형태로 클라이언트의 요청에 의해 데이터를 전송해 준다.

FPGA 드라이버 및 서버 프로그램은 드라이버가 등록되게 되면 인터럽트가 등록되도록 되어 있다. 그리고 아래 번호 순서는 프로그램의 흐름을 나타내준다. 서버 프로그램은 I/O 제어부를 통해 드라이버에 인터럽트 가능 명령을 전달하고①, 드라이버는 이 명령을 FPGA 디바이스에 전달하여 인터럽트가 가능하도록 설정한다②. FPGA 디바이스는 데이터가 사용 가능하게 되면 인터럽트를 트리거하게 된다③. 여기에서 데이터는 각각 4개의 메모리로 구성이 되고 인터럽트도 4개가 존재하게 된다. 4개의 메모리는 서로 다른 의미의 데이터를 가지게 되고 각각의 메모리별로 데이터를 읽어 들인다④. 4개의 메모리 데이터를 모두 읽게 되면 FPGA 드라이버는 서버 프로그램에 데이터 읽기 가능 신호를 FASYNC 확인에 보내고⑤ 서버 프로그램은 Data Read에서 데이터를 읽어가게 된다⑥. 서버 프로그램은 TCP/IP 전송의 이더넷 100Base-T을 통해⑦ 데이터를 요구하는 클라이언트에게 읽은 데이터를 전송한다⑧.

## 나. 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어 기능

기지국 모뎀 진단/감시 장치(AS-DM)의 하드웨어는 (그림 5)와 같이 ADMU는 192 Block RAM,

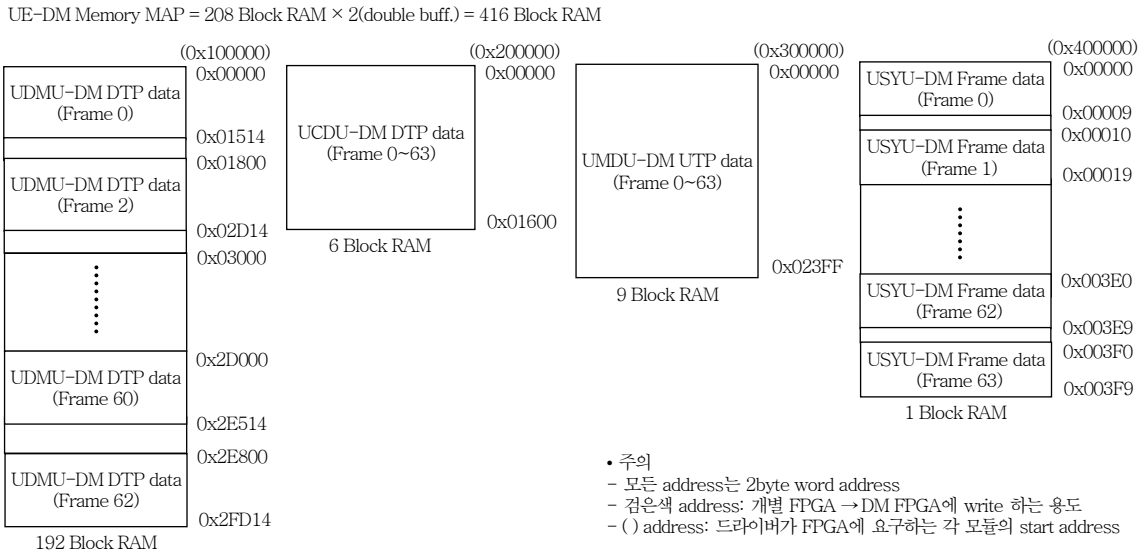



(그림 5) 기지국 모뎀 진단/감시 장치 메모리 구조

ACDU는 2 Block RAM, AMDU는 3 Block RAM, ASYU는 13 Block RAM 크기 메모리 구조로 구성되어 있다. AS-DM 장치는 이중 버퍼(double buffer)를 사용하여 메모리에 데이터를 쓰고 있을 때 또 다른 데이터를 쓰는 것을 방지하기 위하여 총 2배의 메모리를 가진다. AS-DM 사용자 소프트웨어는 AS-DM 장치 내의 메모리 구조에 관계없이 단지 최종적으로 어떤 구조를 가지는 데이터를 송신하는지에 대해서만 분석하면 된다.

단말 모뎀 진단/감시 장치(UE-DM)의 하드웨어는 (그림 6)과 같이 UDMU는 192 Block RAM, UCDU는 6 Block RAM, UMDU는 9 Block RAM, USYU는 1 Block RAM 크기 메모리 구조로 구성되어 있다. UE-DM 장치는 이중 버퍼를 사용하여 메모리에 데이터를 쓰고 있을 때 또 다른 데이터를 쓰는 것을 방지하기 위하여 총 2배의 메모리를 가진다. UE-DM 사용자 소프트웨어는 UE-DM 장치 내의 메모리 구조에 관계없이 단지 최종적으로 어떤 구조를 가지는 데이터를 송신하는지에 대해서만 분석하면 된다.

• 소프트웨어 기능 설계
  - 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치 GUI 프로그램
  - 모뎀 진단/감시 장치 Linux OS 포팅
  - 모뎀 진단/감시 장치와 GUI 간 인터페이스 프로그램
  - 모뎀 진단/감시 장치 제어 프로그램
  - GUI 소프트웨어는 기지국/단말용으로 구분
  - HM20 시스템은 기지국/단말 모뎀으로 구성되어 있으므로 기지국(AS-DM) 측과 단말(UE-DM) 측으로 구분하여 소프트웨어가 설계되어야 한다.
  - 기지국/단말의 송신 DM 데이터를 GUI를 이용하여 그래프로 표시해 준다.
  - 모뎀 진단/감시 장치는 DM host PC(소프트웨어)와 100Base-T 이더넷 통신을 한다.
  - 기지국/단말 소프트웨어는 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치와 소켓 통신을 수행하며, 매 0.7872초마다 데이터를 수집하여 DM host PC(소프트웨어)에 전송한다.
  - 소프트웨어는 Microsoft Visual C++ 6.0 with SP5 이상을 사용하였고, 개발 언어는 MFC를 이용하였다.
  - 모뎀 진단/감시 장치 소프트웨어의 디폴트 화면 크기는 1024×768로 고정시켰으며, 개발 환경은 Microsoft Windows XP의 운영체제




(그림 6) 단말 모뎀 진단/감시 장치 메모리 구조

를 사용하였다.

- 꺽은선 그래프 시간 축은 한 화면에 4분(240초) 분량의 이력 정보가 나타나도록 구성한다(약 305번 업로드 데이터 분량, 787.2ms [64frames×12.3ms]/1 up-load).

## 2. 모뎀 진단/감시 장치 GUI

모뎀 진단/감시 장치(DM) GUI[1]-[4]는 AS(기지국) DM과 UE(단말) DM으로 구성되어 있다. DM 장치에서 AS-DM은 기지국 측을 표시해주는 프로그램이고, UE-DM은 단말 측을 표시해주는 프로그램이다. 즉, DM 장치에서 기지국 측과 단말 측으로 보내주는 데이터의 포맷만 다를 뿐 데이터를 화면에 표시해주는 기능에 대해서는 차이가 없다. 따라서 AS-DM과 UE-DM은 GUI만 다를 뿐 그 구성내용에 있어서는 동일하다. (그림 7)은 AS-DM GUI 화면 구성을, (그림 8)은 UE-DM GUI 화면 구성을 도식화해서 나타낸 것이고, AS GUI 화면 및 UE GUI 화면에 대한 자세한 설명은 <표 2>와 <표 3>에 각각 나타나 있다.

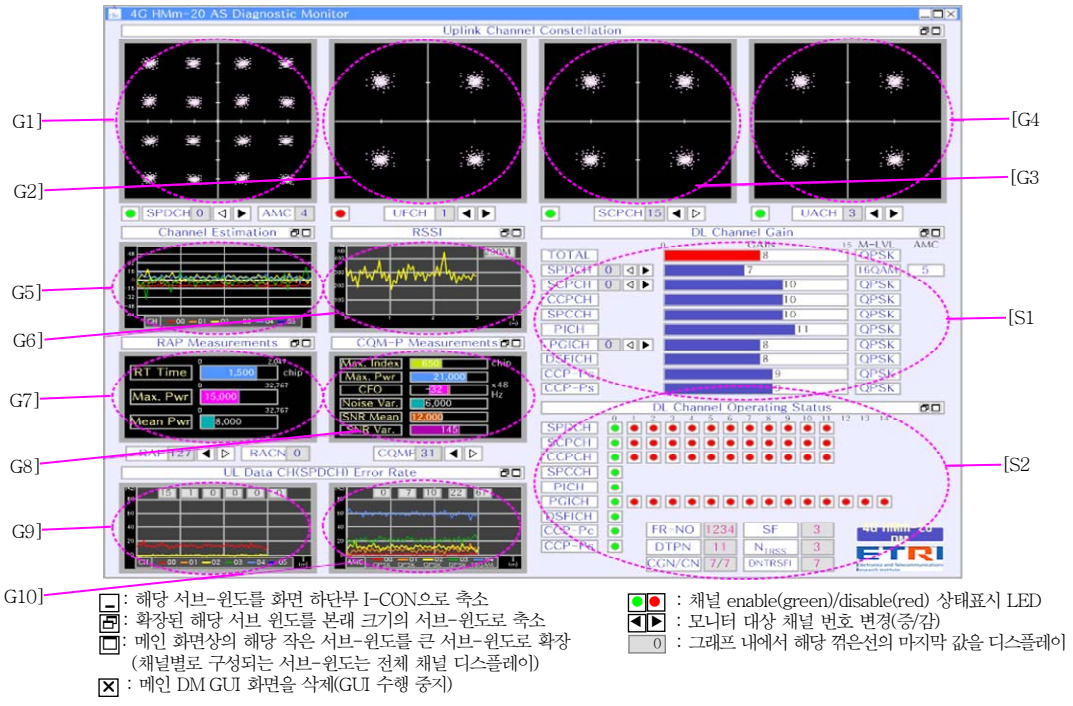
## 3. 모뎀 진단/감시 장치 제어

모뎀 진단/감시 장치(DM)와 DM 모니터의 interaction 후에 DM 모니터 내의 메시지 처리 과정은 크게 파싱(parsing)하는 부분과 파싱한 결과를 화면에 표시해주는 부분으로 나눌 수 있다. (그림 9)는 DM 장치와 DM 모니터 간의 제어 흐름도를 간략하게 나타내었다.

(1) 메인 프로그램은 프로그램 시작과 동시에 interaction을 위해 소켓을 생성해서 이를 스레드로 돌린다.

(2) DM 장치에서 보내고자 하는 접속 요청이 들어올 경우 이를 수락하고, DM 장치가 보낸 데이터를 계속해서 받는다.

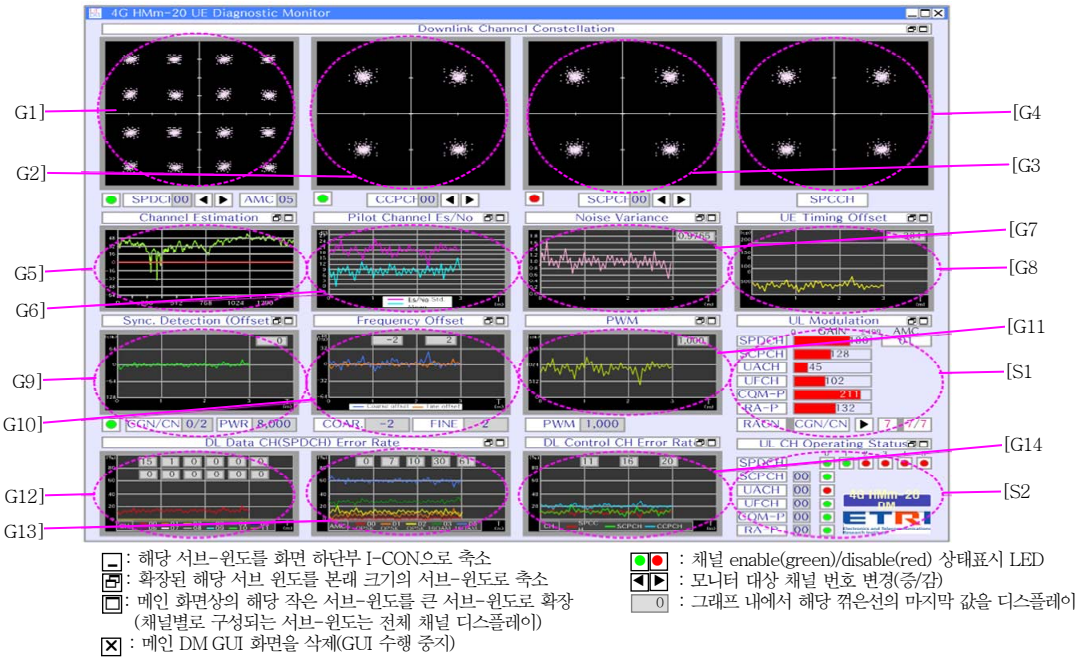
(3) DM 장치에서 보낸 데이터를 모두 받은 것을 확인하면, DM 모니터 내에 있는 소켓 스레드는




(그림 7) 기지국(AS) 모뎀 진단/감시 장치 GUI 화면 구성도

〈표 2〉 AS-DM GUI에 대한 세부 설명

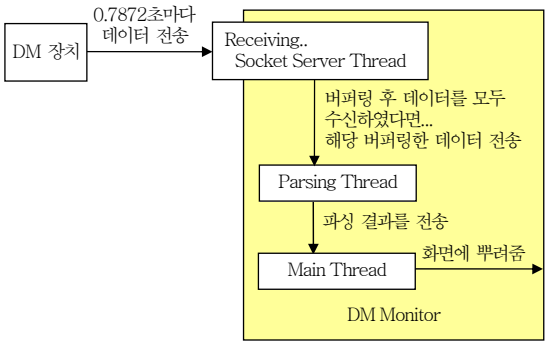
| 분류 | 설명 |
|---|---|
| G1 | SPDCH를 표현하는 그래프로, 16QAM 형식으로 보여지도록 한다. |
| G2 | UFCH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G3 | SCPCH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G4 | UACH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G5 | Channel Estimation을 표현하는 그래프로, SPDCH를 기반으로 하여 점 형식으로 보여준다. |
| G6 | RSSI를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 길이의 3/4선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 해당 값을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G7 | RAP Measurement를 표현하는 그래프로, 각각의 값들을 막대 그래프 형식으로 보여준다. |
| G8 | CQM-P Measurement를 표현하는 그래프로, 각각의 값들을 막대 그래프 형식으로 보여준다. |
| G9 | UL Data CH(SPDCH) Error Rate 중 채널에 대한 Error Rate를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 6개의 채널에 대한 값을 각각에 해당하는 네모 박스에 표시해 준다. |
| G10 | UL Data CH(SPDCH) Error Rate 중 SPDCH의 AMC에 대한 Error Rate를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다. AMC는 3가지의 형태의 값을 가질 수 있으며 이는 QPSK, 16QAM, 64QAM이 이에 해당한다. 들어온 데이터에 있는 많은 프레임들의 합에 비해 Error가 얼마정도인지를 퍼센트로 나타낸다. |
| S1 | DL Channel Gain을 표현하는 그래프로, 총 10개의 분류들에 대해서 어느 정도의 Channel Gain을 받는지를 막대 그래프 형식으로 나타낸다. 이 때 SPDCH, SCPCH, PGICH는 각각의 세부 분류들에 대해서 따로따로 사용자의 입력에 따라 표시하도록 한다. |
| S2 | DL Channel Operating Status를 표현하는 그래프로, 9개의 채널에 대하여 그 세부 채널의 상태를 보여준다. SPDCH, SCPCH, CCPCH는 총 12개의 세부 채널이 있고, PGICH는 총 15개의 세부 채널이 있다. 그 이외의 것들은 모두 1개씩 밖에 존재하지 않는다. 기타 정보로 Frame Number와 SF, DTPN, Ntrss, CGN/CN, DNTRSFI 등의 정보를 텍스트로 보여지도록 한다. |




(그림 8) 단말 모뎀 진단/감시 장치 GUI 화면 구성도

〈표 3〉 UE-DM GUI에 대한 세부 설명

| 분류 | 설명 |
|---|---|
| G1 | SPDCH를 표현하는 그래프로, 16QAM 형식으로 보여지도록 한다. |
| G2 | CCPCH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G3 | SCPCH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G4 | SPCCH를 표현하는 그래프로, QPSK 형식으로 보여지도록 한다. |
| G5 | Channel Estimation을 표현하는 그래프로, SPDCH를 기반으로 하여 점 형식으로 보여준다. |
| G6 | Pilot Channel Estimation/No를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선까지만 그리도록 한다. |
| G7 | Noise Variance를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 길이의 3/4선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 해당 값을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G8 | UE Timing Offset을 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 길이의 3/4선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 해당 값을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G9 | Sync Detection(Offset)을 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 길이의 3/4선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 해당 값을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G10 | Frequency Offset을 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다. 이는 2개의 Offset을 나타낼 수 있고, Coarse Offset과 Fine Offset이 이에 해당한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 각각의 값들을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G11 | PWM을 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 길이의 3/4선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 해당 값을 네모 박스에 표시해 준다. |
| G12 | DL Data CH(SPDCH) Error Rate 중 채널에 대한 Error Rate를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다. 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 12개의 채널에 대한 값을 각각에 해당하는 네모 박스에 표시해 준다. |
| G13 | DL Data CH(SPDCH) Error Rate 중 SPDCH의 AMC에 대한 Error Rate를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다. AMC는 3가지의 형태의 값을 가질 수 있으며 이는 QPSK, 16QAM, 64QAM이 이에 해당한다. 들어온 데이터에 있는 많은 프레임들의 합에 비해 Error가 얼마정도인지를 퍼센트로 나타낸다. |
| G14 | DL Control Channel Error Rate를 표현하는 그래프로, 좌측에서 밀리면서 그래프가 나타나고 X축의 3/4선, Y축의 5/6선까지만 그리도록 한다.<br>채널은 크게 3가지로 SPCCH, SCPCH, CCPCH가 해당하며 새로운 데이터는 맨 좌측에 그려지며 3개의 채널에 대한 값을 각각에 해당하는 네모 박스에 표시해 준다. |
| S1 | UL Modulation을 표현하는 그래프로 8개의 정보를 막대 그래프 형식으로 보여준다. |
| S2 | UL CH Operating Status를 표현하는 그래프로 6개의 채널의 상태를 아이콘으로 활성화/비활성화임을 나타낸다. 6개의 채널은 SPDCH, SCPCH, UACH, UFCH, CQM-P, RA-P가 이에 해당하며 SPDCH만 6개의 세부 채널을 가지고 있고 나머지들은 모두 1개의 채널이 존재한다. |




(그림 9) 모뎀 진단/감시 장치 제어 흐름도

버퍼링된 이 데이터를 파싱 스레드에게 보낸다.

(4) 파싱 스레드에서는 DM 장치에서 메시지를 보내기 위해서 메모리 맵에서 데이터를 추출하여 패킷을 만들었기 때문에, 역으로 DM 장치의 메모리 맵과 같은 구조로 된 구조체에 매핑을 시킨다.

(5) 매핑된 구조체를 기반으로 필요한 계산을 수행하여, 계산이 완료된 후에는 해당 결과값을 메인 스레드에게 알려준다.

(6) 메인 스레드는 DM 모니터를 모두 다 총괄하고 있는 스레드이다. 따라서 파싱 스레드가 보낸 데이터를 기반으로 사용자의 입력상태를 확인하고 해당되는 데이터를 표시해준다. 데이터를 디스플레이하는 경우 0.7872초마다 갱신이 되어 깜빡임이 많을 수 있기 때문에 double buffering을 사용해서 해결한다.

## Ⅳ. 시험

초고속 무선 전송 시스템(HM20) MIMO 구조 기지국/단말 모뎀을 <표 4> 및 <표 5>과 같이 하향 링크 및 상향 링크 시험 항목을 시험하여 물리계층 송수신 측정 데이터를 사용자 및 운용자가 확인할 수 있도록 GUI로 화면에 표시하여 모뎀 개발 과정에서

〈표 4〉 기지국(AS) 시험 항목

| Unit 명 | 시험 항목 | 측정 자료 구조 |
|---|---|---|
| AMDU (기지국 변조기) | 하향 링크(DL) 채널 이득 | Total Gain, SPDCH(0~11), SCPCH(0~11), CCPCH, SPCCH, PICH, PGICH(0~14), DSFICH, CCP-Ps |
| | | 4bit×46chs=184bits |
| | 하향 링크(DL) AMC Option | 12개 SPDCH(0~11): 4bits×12chs=48bits의 AMC 값 및 변조 레벨 |
| | 하향 링크(DL) 채널 활성화/비활성화 | SPDCH(0~11), SCPCH(0~11), CCPCH(0~11), SPCCH, PICH, PGICH(0~14), DSFICH, CCP-Pc, CCP-Ps 채널 동작 상태 |
| | | 1bit×56chs=56bits |
| | 기타 부속 데이터 | Frame No(12bit), DTPN(4bit), CGN(3bit), CN(3bit), SF(2bit), Ntrss(3bit), DNTRSFI(3bit), PGICH(0~14): 4bits×15chs=60bits |
| | | 총: 90bits |
| ADMU (기지국 복조기) | 상향 링크(UL) 채널 보상 심볼 | SPDCH(0~5): 7bits×2(I/Q)×320samples×6chs=26,880bits, UFCH: 7bits×2(I/Q)×56samples×32chs=25,088bits |
| | | SCPCH: 7bits×2(I/Q)×42samples×16chs=9,408bits, UACH(0~15): 7bits×2(I/Q)×8samples×16chs=1,792bits |
| | 상향 링크(UL) AMC Option | 6개 SPDCH(0~5): 4bits×6chs=24bits의 AMC 값 및 변조 레벨 |
| | 상향 링크(UL) 채널 활성화/비활성화 | SPDCH(0~5), UFCH(0~31), SCPCH(0~15), UACH(0~15) 채널 동작 상태 1bit×70chs=70bits |
| | 채널 추정(전달 함수) | SPDCH(0~5): 7bits×2(I/Q)×256sample×6chs=3,079bits |
| ASYU (기지국 동기) | RSSI | Received Signal Strength Indicator=32bits |
| | RAP 채널 측정 | RAP RT_Time: 16×16src×8RACN=2048bits |
| | | RAP Max Power(최대 전력): 16×16src×8RACN=2048bits |
| | | RAP Mean Power(평균 전력): 16×16src×8RACN=2048bits |
| | | RAP Es/No: 16×16src×8RACN=2048bits |
| | CQM-P 채널 측정 | CQM-P Max Index(최대 지수): 16×32chs=512bits |
| | | CQM-P Max Power(최대 전력): 16×32chs=512bits |
| | | CQM-P CFO(반송파 옵셋): 16×32chs=512bits |
| | | CQM-P Noise Var(잡음 편차): 16×32chs=512bits |
| | | CQM-P SNR Mean(신호대 잡음비 평균): 16×32chs=512bits |
| | | CQM-P SNR Var(신호대 잡음비 편차): 16×32chs=512bits |
| ACDU (기지국 채널 디코더) | 상향 링크(UL)데이터 채널 에러율 | AMC Option(3bits)+ Enable/Disable(1bit)+ CQI(CRC Error: 1bits): 5bits×3chs×2=30bits |
| | | 64frames×12UTP×2(6chs)+ 1(FN)=1537bits |

〈표 5〉 단말(UE) 시험 항목

| Unit 명 | 시험 항목 | 측정 자료 구조 |
|---|---|---|
| UMDU (단말 변조기) | 상향 링크(UL) 채널 이득 | SPDCH, SCPCH, UACH, UFCH, CQM-P, RA-P: 8bit×6chs=48bits |
| | 상향 링크(UL) AMC Option | 6개 SPDCH(0~5): 4bits×6chs=24bits의 AMC 값 |
| | 상향 링크(UL) 채널 활성화/비활성화 | SPDCH(0~5), SCPCH, UACH, UFCH, CQM-P, RA-P 채널 번호 및 동작 상태 |
| | 기타 부속 데이터 | RACN(3bits), CN(3bits), CGN(3bits) |
| | UE Timing Offset | Time Offset: 12bits |
| UDMU (단말 복조기) | 하향 링크(DL) 채널 보상 심볼 | SPDCH(0): 7bits×2(I/Q)×1024samples×1ch=14,336bits |
| | 하향 링크(DL) AMC Option | 12개 SPDCH(0~11): 4bits×12chs=48bits의 AMC 값 |
| | 하향 링크(DL) 채널 활성화/비활성화 | SPDCH, CCPCH, SCPCH, SPCCH의 데이터 및 제어 채널 동작 상태 1bits×30chs=30bits |
| | 채널 추정(전달 함수) | H00, H01, H10, H11 채널: 7bits×2(I/Q)×384sample×4chs×2=43,008bits |
| | Pilot 채널 Es/No | PICH Ex/No Std. SAT, Mean SAT, PICH Ex/No Std. SPEX, Mean SPEX: 6bits×4chs=24bits |
| | Noise Variances (잡음 편차) | 8bits |
| | RSSI | Received Signal Strength Indicator=8bits |
| USYU (단말 동기) | 하향 링크(DL) 동기 획득 | 1bit(0: Unlock, 1: Lock) |
| | | Peak Index(최대 지수): 8bits(0~255) |
| | | Rx PWR(수신 신호 전력): 15bits |
| | CN/CGN | CN: 3bit, CGN: 3bits |
| | 주파수 옵셋 값 | Coarse Frequency Offset: 15bits |
| | | Fine Frequency Offset: 15bits |
| | 펄스폭 변조(PWM) | Pulse Width Modulation: 12bits |
| UCDU (단말 채널 디코더) | 하향 링크(DL) 데이터 채널 에러율 | AMC Option(4bits)+ Enable/Disable(1bit)+ CQI(CRC Error: 1bit): 6bits×4chs=24bits |
| | | 64frames×12UTP×2(4chs)=1536bits |
| | 하향 링크(DL) 제어 채널 에러율 | SPCCH 채널의 Enable 횟수(11bits), 에러 횟수(11bits), 슬롯 포맷(SF: 2bits) 정보: 24bits |
| | | SCPCH 채널의 Enable 횟수(8bits), 에러 횟수(8bits) |
| | | CCPCH 채널의 Enable 횟수(8bits), 에러 횟수(8bits) |

개발자에게 디버깅을 쉽게 하기 위한 장치로 사용되며, 아울러 유지 보수시 오류 발견을 위한 장치로 사용한다.

## V. 결론

본 논문에서는 초고속 무선 전송 시스템(HM20) 기지국과 단말 간의 모뎀 송수신 데이터 품질, 모뎀 제어 파라미터 설정, 모뎀 운용 상황 표시 등의 기능을 수행하여 기지국/단말 모뎀의 성상도(constellation)를 통한 모뎀 송수신 데이터 복구 및 품질 진단, 모뎀 제어 파라미터 설정 검증 진단, 그리고 각종 파라미터로부터 추출되는 운용 상황을 감시하여 모뎀의 정상 동작 여부를 표시해주는 기능을 위한 시험 결과를 MIMO 구조 기지국/단말 모뎀 기술 연구 개발에 반영하여 초고속 무선 전송 시스템(HM20) 기지국/단말 모뎀을 개발함으로써 기지국 모뎀과 단

말 모뎀의 유지 보수시 오류 발견을 위한 장치로 사용되어 개발 시간 단축 및 비용을 절감할 수 있는 효과뿐만 아니라 100Mbps급 초고속 무선 전송 시스템(HM20) MIMO 구조 기지국/단말 모뎀 진단/감시 장치로 활용할 수 있는 효과를 제공한다.

## 약 어 정 리

| | |
|---|---|
| ACDU | AS baseband Channel Decoder Unit |
| ACEU | AS baseband Channel Encoder Unit |
| ADC | Analog to Digital Converter |
| ADMU | AS baseband DeModulator Unit |
| AGC | Automatic Gain Control |
| AMC | Adaptive Modulation Coding |
| AMDU | AS baseband MoDulator Unit |
| AS | Access Station |
| ASHU | ASbaseband Hardware platform Unit |
| ASYU | AS baseband SYnchronizer Unit |
| BER | Bit Error Rate |
| CCPCH | Cell Control Physical Channel |
| CEP | Channel Element Processor |
| CGN | Cell Group Number |
| CN | Cell Number |
| CQI | Channel Quality Information |
| CQM-P | Channel Quality Measure-Preamble |
| DAC | Digital to Analog Converter |
| DL | Down Link |
| DM | Diagnostic Monitor |
| DNTR | Down-link Non-Traffic Resource |
| DNTRSFI | DNTR Space Format Indicator |
| DSP | Digital Signal Processing |
| DTP | Down-link Traffic Packet |
| EMIFA | External Memory Interface A |
| FIFO | First Input First Output |
| FPGA | Field Programmable Gate Array |
| GUI | Graphic User Interface |
| HM20 | High speed Mobile system-20MHz bandwidth |
| HPI | Host Port Interface |
| I/Q | In-phase and Quadrature |
| IF | Intermediate Frequency |
| LVDS | Low Voltage Differential Signaling |
| MAC | Medium Access Control |
| MFC | Microsoft Foundation Class |
| MIMO | Multiple Input Multiple Output |
| OFDM | Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| PGICH | Paging Group Indicator Channel |
| PWM | Pulse Width Modulation |
| RA-P | RA-Preamble |
| RA | Random Access |
| RACN | RA Option |
| RAM | Random Access Memory |
| RF | Radio Frequency |
| RSSI | Received Signal Strength Indicator |
| SDI | Single Document Interface |
| SNR | Signal-to-Noise Ratio |
| SPCCH | Shared Physical Control Channel |
| SPDCH | Shared Physical Data Channel |
| SRAM | Static Random Access Memory |
| TCP/IP | Transmission Control Protocol/Internet Protocol |
| UACH | Uplink ACK Channel |
| UCDU | UE baseband Channel Decoder Unit |
| UCEU | UE baseband Channel Encoder Unit |
| UDMU | UE baseband Demodulator Unit |
| UE | User Equipment |
| UEHU | UE baseband Hardware platform Unit Modem Platform |
| UFCH | Uplink Feedback CHannel |
| UL | Up Link |
| UMDU | UE baseband MoDulator Unit |
| USYU | UE baseband SYnchronizer Unit |
| UTP | Uplink Traffic Packet |

## 용 어 해 설

▶ OFDM ◀

직교 주파수 분할 다중화(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)의 약자로서 현재 고속 데이터 전송에 가장 적합한 변조 방식이다. OFDM은 다수 반송파 전송(multi-carrier transmission)의 특수한 형태로 볼 수 있으며 하나의 데이터 열이 보다 낮은 데이터 전송률을 갖는 부반송파를 통해 전송된다. OFDM은 변조 기술과 다중화 기술의 두 가지 형태로 볼 수 있다. 무선통신을 위한 채널환경은 건물과 같은 장애물로 인해 다중경로를 갖는다. 다중경로가 있는 무선채널에서는 다중경로에 의한 지연확산이 생기고 심벌 간 간섭(ISI)이 발생하게 된다. 이 경우 주파수 영역에서

보면 선택적으로 페이딩(frequency selective fading)이 발생하는데 하나의 반송주파수(single-carrier)를 사용하는 경우 심벌 간 간섭성분을 제거하기 위해 등화기를 사용한다. 하지만, 점점 데이터의 속도가 증가하면서 등화기의 복잡도도 함께 증가한다. OFDM 시스템에서는 고속의 데이터를 다수의 부반송파를 이용하여 병렬로 전송하므로 각 부반송파에서의 저속 전송효과를 얻을 수 있다. 현재 OFDM 시스템은 802.11 Wireless LAN, DMB(Digital Multimedia Broadcasting), PLC (Power Line Communication), xDSL, 4G 이동통신, 와이브로 등 많은 분야의 핵심기술로 사용되고 있다.

▶ MIMO ◀

다중 입출력(Multiple Input Multiple Output)의 약자로서 기존의 무선 통신시스템은 음성 서비스 위주였으며, 채널의 열악성을 극복하기 위해 주로 채널 코딩을 이용하였다. 그러나 언제, 어디서나 누구와도 통화가 가능한 고품질의 멀티미디어 서비스가 요구됨에 따라 기존의 음성 중심에서 데이터 위주로 그 중심이 이동하게 되고 이를 실현하기 위해서 많은 양의 데이터를 더욱 빨리 그리고 오류가 적게 보내는 기술이 요구되어 졌다. 그러나 불행하게도 이동통신 환경은 다중경로, 음영효과, 전파감쇠, 간섭 등의 영향으로 인해 신호를 크게 왜곡시킨다. 특히 다중경로에 의한 페이딩 현상은 서로 다른 경로를 거쳐 수신되는 서로 다른크기와 위상을 갖는 신호의 합에 의한 신호의 심각한 왜곡을 초래한다. 이같은 페이딩 현상은 고속 디지털 통신이 해결해야 할 문제 중의 하나이다. 이 문제를 해결하기 위해서 등장한 방법 중의 하나가 MIMO system이다.

MIMO system은 기존의 SISO(Single Input Single Output) system을 발달시킨 형태로 송신 측과 수신 측의 안테나를 여러 개 사용한다. 여러 개의 안테나를 통해 여러 신호를 한꺼번에 보내고 받는 것이 기본이며 이를 통해 bandwidth는 더 이상 늘리지 않고 기존의 시스템보다 더욱 많은 데이터를 보내는 장점이 있다. MIMO system의 해석은 SISO system을 기본으로 한다.

## 참 고 문 헌

[1] TS HMm-20.101 Physical Channels and Frame Structure(v 2.2.0), 2003.

[2] TS HMm-20.102 Channel Mapping and Coding(v 2.2.0), 2003.

[3] TS HMm-20.103 Modulation and Mapping(v 2.2.0), 2003.

[4] TS HMm-20.104 Physical Layer Procedures and Measurements(v 2.2.0), 2003.