

최적의 케이블 모뎀 PHY 성능 구현 및 케이블 망 측정 시스템 개발

Developing the Measurement System with Establishing the PHY Performance of Best Proper Cable Modem

이 경 문, 고 재 평, 이 장 명*
(Kyoung-Moon Lee, Jae-Pyung Ko, and Jang-Myung Lee)

Abstract : This paper describes the method aimed at establishing the equipment measuring the parameter of Cable Network by Best proper Cable Modem and PDA through RS232 interface. In this paper, we propose our creative experimental configuration and develop the Cable Modem (DOCSIS 2.0) superior more performing than the referred Cable Modem (DOCSIS 1.0, 1.1) and the measuring equipment of HFC network compositing of Cable Modem and PDA through RS232 interface. This equipment analyzes Upstream (U/S) and Downstream (D/S) Signal quality and generates the signal of Upstream by CW signal. The paper also provides the experimental results to check the Best Proper Cable Modem and the displayed screen for parameters for SNR, BER and the demodulated IQ diagram of 256QAM through LCD of PDA. Henceforth, it'll be possible to support a variety of the functions for E-mail, Internet, the speed test of WEB connection and the transmission of the measured result real time by PDA.

Keywords : cable modem, PDA, RS232, SNR, BER, 256QAM, D/S, U/S, CW signal

I. 서론

오늘날 전 세계적으로 HFC 망을 이용한 인터넷 서비스가 확대되면서 케이블 모뎀(cable modem)이 널리 보급되고 있으며 전국적으로 약 1300만 가입자를 대상으로 유료 유선방송 서비스를 제공하고 있다. 또한 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)망을 기반으로 전국에 400만 가구 이상에 광대역 인터넷 서비스를 제공하고 있으며 이는 국내 총 1150만 광대역 인터넷 서비스 중 약 40%를 접하는 수준이다[1]. 이러한 기반에 케이블 TV망의 구조적인 특성으로 인한 상향 채널 융합 잡음과 가정 내의 각종 전자 제품에서 발생하는 Noise, 유무선 통신에 의한 협대역 간섭으로 인해 케이블 모뎀의 최적의 성능 구현을 하여야 한다. 케이블 TV는 다시 성장가능성이 높은 뉴미디어 산업으로 각별한 조명을 받고 있다. 최근 가입자당 SO 인수가격이 50만원을 넘어섰다는 얘기가 나올 정도다. 그 이유로는 케이블TV 가입자의 절대적 증가, SO간 인수합병(M&A)에 따른 복수SO(MSO)화 와 이에 따른 매출력 확대, 2000년 이후의 경기회복세 등의 다양한 원인이 있을 수 있지만 무엇보다 HFC가 망 자체의 탁월한 특성과 가입자 규모로 인해 미래의 부가가치 가 매우 높은 방 통 융합의 가입자 망으로 새롭게 주목을 받은 것이 중요한 원인이다.

이 같은 케이블TV의 가치평가는 2003년 초 차세대 통합 네트워크(NGcN)의 핵심적인 가입자 망으로 HFC를 폭 넓게 활용해야 한다는 주장이 정보통신부에서 제기되면서 새롭게 이뤄졌다. 특히, 지금도 진행은 되고 있지만 차후에는 화상회의, VoIP(Voice over IP), peer-to-peer file sharing 그리고 방송통신 융합서비스의 제공을 위하여 HFC망의 광대역성 및 경제성

을 기반으로 TPS(Triple Play Service) 및 기타 광대역 서비스 도입을 시도하고 있는 단계이다.

ADSL, VDSL 등의 디지털가입자회선(xDSL)에서 곧바로 광케이블을 각 가정까지 연결하는 FTTH(Fiber-to-the-Home)로 나아가는 통신사업자 중심의 네트워크 진화경로 에서, 지금까지 방송망이자 사설망 이었던 HFC가 새로운 대안으로 부상한 것이다.

집 근처의 소형 광 중단장치(ONU)까지는 광케이블로 전송하고, ONU에서 가입자 가정까지는 동축케이블로 연결하는 HFC는 xDSL에 비해 유효전송거리, 서비스 가능 지역, 대역폭, 설치 및 유지보수의 편리성 등에서 월등하게 뛰어나기 때문이다[2].

이러한 HFC망의 유지보수의 편리성이 xDSL에 상대적으로 우수하지만 실제 상황에서의 보수 기사들은 HFC 망의 문제가 발생하였을 경우 정확히 HFC망에 무엇이 문제가 생겼는지 원인을 찾기 위해 고가의 망 측정장비가 필요하게 된다. 그리고, 현재 HFC 망 측정 장비는 DOCSIS2.0에 적용 할 수 있는 장비는 출시되지 않은 상태이다. 여기에서는 시스템이 저가 이며 손쉽게 이용 할 수 있는 망 상태 측정기로서 DOCSIS2.0 규격을 만족하는 시스템 개발을 제안하고자 한다.

본 논문에서는 CableLabs에서 실시하는 규격(DOCSIS 2.0)을 만족하는 최적의 케이블 모뎀을 개발하기 위해 PHY17, PHY18의 성능을 측정 할 수 있는 독창적 방법을 제시한다. 이를 기반으로 케이블 모뎀을 개발 하고, 이 규격에 만족하는 HFC 망 상태를 측정 할 수 있도록 케이블모뎀과 PDA를 RS232통신으로 연결하는 HFC망 측정 장비를 개발하고자 한다. 이 시스템은 측정 파라메타(SNR, power level 등)를 볼 수 있고 현 규격에(DOCSIS 2.0) 준하는 인자들을 쉽고 간편하게 인지 할 수 있는 장비를 구현하여 최적의 DOCSIS 2.0 케이블 모뎀과 PDA를 이용하여 RS232 인터페이스로 통신하게 하는 장비를 개발한다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 10. 14., 채택확정 : 2007. 12. 10.

이경문, 고재평 : 동아대학교

(apextop@dau.ac.kr/jeffko@dau.ac.kr)

이장명 : 부산대학교 전자공학과(jmlee@pusan.ac.kr)

II. 시스템 구성

1. HFC망 구성 및 필요성

Cable modem은 CATV망을 통해 Internet으로 고속으로 접속할 수 있게 해주는 장치이다. Cable modem의 한쪽은 CATV선에 물리고, 다른 한쪽은 개인용 컴퓨터에 연결한다. 이렇게 하면 CATV방송국을 통해 기존 전화모뎀에 비해 수백 배가 빠른 접속이 가능해질 뿐만 아니라, 항상 온라인 상태를 유지해 주므로 언제든지 필요한 때에 필요한 정보를 손쉽게 얻을 수 있다. 하지만 CATV 선이 설치되어 있다고 하더라도 모두 다 cable modem을 사용할 수 있는 것은 아니다. Cable modem은 ‘양방향 통신’이 가능한 케이블 망(그림 1)이 설치된 지역에서만 사용 가능하다. ‘양방향 통신’이란 TV와 같이 데이터를 ‘수신’만 하는 것이 아니라 전화와 같이 서로 데이터를 ‘교환’하는 통신을 의미한다. 현재 우리나라의 케이블 망은 한국 전력과 한국통신에서 나누어 설치하고 있는데 한국 통신이 망을 설치한 지역은 ‘단 방향 케이블’이 설치되었기 때문에 이 망을 모두 교체하지 않는 한 지역 내에서 케이블모뎀 사용은 불가능하다. 따라서 어떻게 보면 한국통신이 ADSL을 적극적으로 추진하는 것도 자신들이 담당하는 지역에서 cable modem을 이용한 고속 통신이 불가능하자 이를 보완하기 위한 대안이라고 볼 수도 있다. 이러한 cable modem 서비스는 현재 두루넷, 하나로 통신, 그리고 드림라인 등의 업체에서 서비스 하고 있다[2].

케이블 망 구성은 집 근처의 소형 광 종단장치(ONU)까지는 광케이블로 전송하고, ONU에서 가입자 가정까지는 동축 케이블로 연결되어 있다.

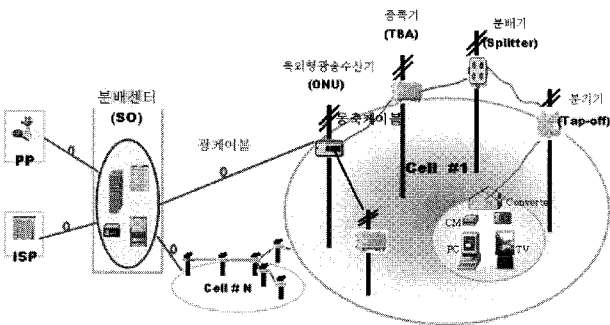


그림 1. HFC 망 구성도.
Fig. 1. Configuration diagram of HFC network.

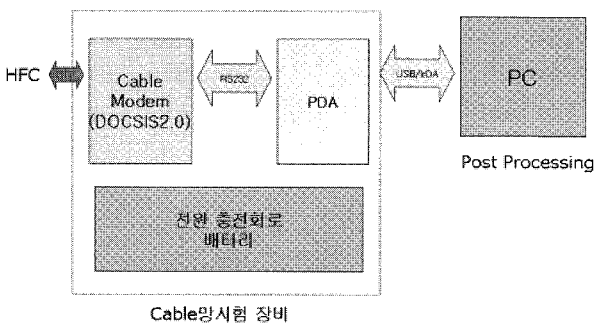


그림 2. 케이블 망 측정 장비 구성도.
Fig. 2. Block diagram of the proposing system measuring cable network.

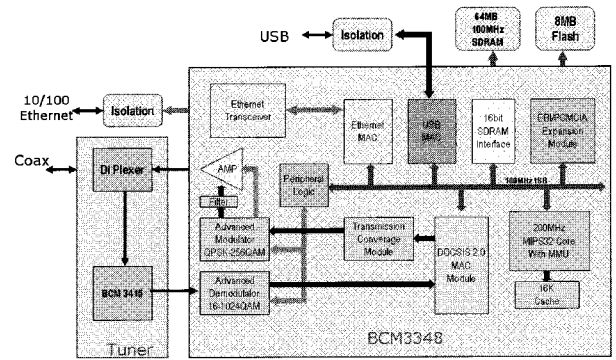


그림 3. 케이블 모뎀 구성도.
Fig. 3. Block diagram of cable modem.

2. 케이블 망 측정 장비

기존의 케이블 망 유지 보수를 위한 계측장비는 현재 외산 케이블 망 상태 계측 기의 경우 가격이 비싸고, 국산장비의 경우 현재 케이블 데이터 통신이 DOCSIS 2.0 규격이 보급되는 시점임에도, 아직 DOCSIS 1.0규격밖에 지원을 하지 않고 있는 실정이다. 현재의 케이블 망 흐름에 맞추어 측정 장비를 구현하기 위해서는 최적화 된 케이블 모뎀(DOCSIS 2.0)과 PDA를 접목하여 보다 나은 솔루션을 제공 하고자 한다[3,4].

개발된 케이블모뎀은 DOCSIS 2.0의 향상된 특징으로 더 빠른 데이터 전송 속도와 안정된 접속을 제공하여 HFC 네트워크상의 진보된 광대역 서비스를 제공하고 CableLabs는 더 빠른 데이터 전송 속도를 위해 A-TDMA와 S-CDMA 기술을 더하는 최신의 DOCSIS 2.0 표준을 위해 구현된 케이블 모뎀으로 인증한 모델이고, 30Mbps의 향상된 표준을 구현하는 좌, 우 대칭서비스로 인터넷 서비스 공급자의 케이블 텔레비전 네트워크를 통하여 가입자를 위한 상호간의 네트워킹, 화상회의, 보안을 위한 원격 액세스와 다양한 온라인 게임을 즐길 수 있다. 회선 가입자의 보안을 위해 HFC 네트워크에 대한 링크 레벨을 암호화하는 보안 알고리즘이 내장되어 있으며 인가된 사용자만 서비스를 이용하게 하여 최상의 네트워크 보안을 제공하는 모델이다.

케이블 모뎀 구성은 아래와 같다.

- Main chip(BCM3348) : DOCSIS MAC이 integrated 된 전용 RISC chip 사용
- O.S. : 전용 embedded RTOS 탑재
- ESD protection : 정전기 방지기능 지원
- 개발언어 : C++ base. 안정적인 feature 구현
- Interface : Ethernet과 USB 동시 사용 가능
- USB Driver 설치 : Cable modem on-line 전에 설치 가능
- Downstream power measurement 지원
- 보다 향상된 data 전송속도
- 보다 향상된 down stream scan 속도

MAIN CHIP에 대한 Spec.을 표 1에 나타내었다.

그림 4는 케이블 모뎀 트랜시버로서 하향 RF 신호와 상향 신호를 격리 시켜 주는 diplexer 필터를 내장하고 있으며 송신/수신 대역 사이에 isolation 성능을 가진다. 하향 블럭은 수신대역을 통해 입력되는 QAM 입력신호를 다운 컨버전하여 IF 주파수로 변환시켜 주며, 송신 블럭은 내장된 AGC AMP

표 1. BCM 3348 특징.

Table 1. The property of BCM3348.

BCM3348 (CPU/MAC/PHY)	
MIPS	200MHz
Cash	16KB
Pin No	352
CMOS Process	0.13um
Chip Size	35x35
Core voltage	1.2V, 2.5V
I/O Voltage	3.3V
Integrated regulator (1.2V, 2.5V)	Yes
EBI/PCMCIA support	Yes
Downstream Demodulator	1024QAM
Upstream Modulator	256QAM

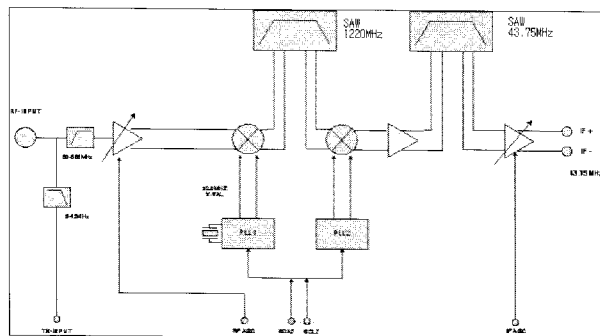


그림 4. RF 블록도.

Fig. 4. Block diagram of RF.

를 통해 약 8~58 dBmV의 이득 조절이 가능하다. 하향 주파수대역은 89~860MHz에 대역폭은 6 MHz이고, 상향 주파수대역폭은 5~42MHz에 대역폭은 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 KHz이다, 하향 RF 주파수를 Locking 하기 위해서는 RF AGC, SCL, SDA, TX_EN, Power, IF AGC 등의 신호들이 정상적으로 잘 동작 하여야 하향 신호를 찾을 수 있다.

특히, SDA (I2C bus data)은

Write Data

Address Byte 1 1 0 0 0 MA1 MA0 0 A

Prog. Divider Byte 1 0 n14 n13 n12 n11 n10 n9 n8 A

Prog. Divider Byte 2 n7 n6 n5 n4 n3 n2 n1 n0 A

Control Byte 1 1 CPxxx RSA RSB 0 A

Control Byte 2 xxxxxxxxxxxx A

케이블 모뎀 기본 OS는 Windriver pSOS/Vxworks를 사용하였고 S/W는 broadcom에서 CM의 기본 sequence를 지원하고 일반적으로 CM vendor는 개발 제품에 적합하게 S/W수정배포하고 있으며 망 측정 전용 CM S/W는 RS232 인터페이스로 (MainCommandTable) 통신을 하게 되며, cable망에 관한 여러 정보들은 레지스터에 저장되어 갱신된다. PDA에 사용되는 OS는 Windows CE이고 S/W는 embeded VC++을 사용하였고 RS-232를 통해 전용 CM과 통신하며 인터넷 도 가능하다.

표 2. 케이블 모뎀 SPEC (DOCSIS 2.0).

Table 2. Specification of cable modem (DOCSIS 2.0).

항 목	사 양	
	Downstream (하향)	Upstream (상향)
주파수 범위	88~860 MHz	5 ~ 42 MHz
변조방식	64 QAM/256 QAM	A-TDMA: QPSK, 8/16/32/64 QAM S-CDMA: QPSK, 8/16/32/64/128 QAM
데이터 전송 속도	최대 30.72Mbps /64 QAM 최대 42.88Mbps /256 QAM	최대 5.12Mbps/QPSK 최대 30.72Mbps /16 QAM
채널 간격 /대역폭	6MHz	200KHz, 400KHz, 800KHz, 1.6MHz, 3.2MHz, 6.4MHz
FEC 방식	Reed Solomon, ITU J.83 Annex B	Reed Solomon
심볼 비율 (Symbol rate)	64 QAM: 5.056941 Msym/sec 256 QAM: 5.360537 Msym/sec	160, 320, 640, 1,280, 2,560, 5,120 Ksym/sec
레벨 범위	-15dBmV~+15dBmV	A-TDMA: +8 ~ +54 dBmV (32QAM, 64QAM) +8 ~ +55 dBmV (8QAM, 16QAM) +8 ~ +58 dBmV (QPSK) S-CDMA: +8 ~ +53 dBmV
Carrier to Noise Ratio (CNR)	64QAM: BER<10-8@Es/No 23.5dB 256QAM: BER<10-8 @Es/No 30dB	
보안 방식	DES decryption	DES encryption
포트	RJ-45 10/100 Base-T Ethernet or USB (Option)	
보관 온도	-20℃~+80℃	
동작 온도	0℃~+45℃	
동작 습도	0~90%	

메인 칩셋의 이동기에 적합한 칩으로서 16/32-Bit RISC 구조의 ARM7TDMI 코어를 사용하였고, 32x8 bit 하드웨어 곱셈기, SAMBA (Samsung's ARM CPU embedded Micro-controller Bus Architecture)로 구성되어 있다.

이 시스템 특징으로는 little/big endian 지원, 16/32-bit RISC 구조, 시스템 매니저 (외부 버스 8bit, 16bit, 32bit), 총 256MB 어드레스 뱅크, 8 메모리 뱅크(ROM/SRAM/FP/EDO DRAM), 메모리뱅크 액세스 사이클 조절 가능하며 self-refresh 모드 지

원(DRAM/SDRAM), 대칭/비대칭 어드레스 DRAM 어드레스 지원이 가능 하다.

PDA의 주요 특징 중 Windows CE 3.0은 Strong ARM, MIPS, PPC, SuperH, X86 등 광범위한 프로세서를 지원하고 모듈화 되어 있으며 400kb 이상의 초소형 시스템을 지원한다. 32bit 운영 체제이며, 멀티쓰레드, 멀티 태스킹, 실시간 처리를 지원한다. 강력한 shell과 windows user interface를 지원한다.

멀티미디어를 지원하기 위하여 DirectDraw 6.1, DirectSound 6.1, DirectShow 6.1, WMP 6.4 컨트롤, WMT 4.1, 멀티미디어 스트리밍, IGST Cyberpro5000, S3 Virage 등의 비디오 드라이버와 IGST Cyber 5000, Ensoniq 1371 등 오디오 드라이버를 기본적으로 제공하고 커스텀 GUI 기술로서 sample shell, HPC style shell, command processor shell 등 세 개의 셸을 제공한다.

포켓 PC 개발 도구에는 eMbedded Visual C++와 eMbedded Visual Basic을 포함하는 eMbedded Visual Tools 3.0, Pocket PC SDK, HPC Pro 3.0 SDK, Pocket Access, SQL Server2000 Windows

Management	Remote Upgrade	CLI-Console		
	SNMPv3	TFTP	DHCP Server/ Client	
Router	Cable Home	Address Translation : NAT, NAPT		
	VPN : IPSEC, PPTP, L2TP			
WAN	DOCSIS 1.1/2.0	LAN Interface Drivers & Bridging		
		Ethernet	HPNA2.0	802.11b, g
Kernel	IP Stack Abstraction API	Socket API	SNMP API	
	OS specific TCP/IP Stack (IP, ICMP, ARP, TCP, UDP, RIP)		VxWorks	
BSP	Board Support Package/Hardware Abstraction Layer			

그림 5. S/W 구성도.

Fig. 5. Configuration diagram of S/W.

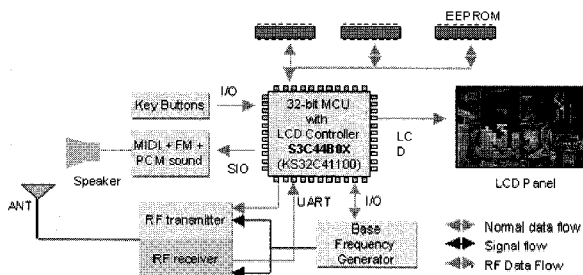


그림 6. PDA H/W 구성도.

Fig. 6. Block diagram of H/W.

Applications					
Embedded shelf			Remote Connectivity		
Windows CE Shelf Services					
Win32 API					
COREDLL/WINSOCK/OLE/COMMCTRL/WININET/COMMDLG					
Kernel Library	GWES	Multimedia	TCP/IP	IDA	File System Manager
OAL	Drivers	Drivers			Drivers
Boot Loader	OEM Hardware				

그림 7. Windows CE 3.0 운영 체제의 시스템 구성도.

Fig. 7. Configuration diagram of OS of Windows CE 3.0.

CE Edition, ADOCE, POOM이 있다. eMbedded Visual C++은 Visual C++ 6.0을 따라서 모델링하였기 때문에 Visual Studio와 동일한 에디터, 동일한 메뉴 구조, 동일한 대화상자를 가진다. MFC와 ATL을 지원하는데 MFC AppWizard를 수정하였으며 동일한 ClassWizard를 가진다. MFC 지원을 보면 AppWizard와 ClassWizard가 제공되고 Document/View 아키텍처가 제공된다. CEditView, CFormView, CListView, CScroll-View, CTreeView, CView 등의 View 클래스를 제공하고 ActiveX 컨트롤 지원 등 MFC의 많은 부분들을 지원한다.

III. Cable Modem 테스트 환경 구축, 성능 구현 및 케이블 망 측정 장비 인터페이스

최적화 된 케이블 모뎀을 갖추려면 특히 cablelabs에서 실행하는 DOCSIS 규격을 준수하여야 한다. 특히, 케이블 모뎀에 성능으로 중요시 여겨지는 PHY 테스트 부분은 모뎀에 중요한 역할을 한다. 규격에서 PHY17, 18은 진체적인 모뎀 성능뿐만 아니라 다른 모뎀에도 영향을 줄 수 있는 항목이어서 더욱 중요시 되고 있다.

그림 8에서 PHY17 LOW인 경우는 CM(케이블모뎀)이 U/S을 low power로 전송할 경우이고, PHY 18인 경우는 CM의 전송이 없을 경우에 대한 성능을 테스트 하는 환경이다.

그림 9에서는 PHY 17 HIGH테스트 환경으로서 U/S을 최대 power로 전송할 때의 CM의 성능을 측정하는 구성도이다[5].

그림 10에서는 PHY17, 18테스트 환경을 자체적으로 구현한것으로서 cable labs에서 사용하는 장비는 trigger를 하기 위해서 protocol analyzer, packet generator등의 추가 적인 고가의 장비를 구축하여 사용 하게 되므로 가격적인 비용이 많이 추가하게 된다. 여기에서는 자체적으로 트리거링의 방법을 구현하기 위해서 spectrum analyzer와 oscilloscope를 이용하였다. Spectrum analyzer에서 나오는 신호가 약하기 때문에 추가적으로 oscilloscope를 사용 하였으며, oscilloscope를 사용함으로써 trigger되는 신호가 증폭이 되므로 이 U/S 신호를 vector signal analyzer trigger 신호로 인가 함으로서 cablelabs 규격에 준하는 PHY17, 18테스트를 구현하였다. 프로그램은 HP89441의 Basic 프로그램을 응용하여 구현 하였다.

PHY 17 Low는 케이블 모뎀이 상향 신호를 발생 시켰을 때 파워와 spectral shaping을 측정하고 상향 신호에 해당 되지 않는 주파수 영역에서의 spurious와 noise를 측정 하는 테스트 이다. 이 테스트는 상향 주파수가 low power level로 동작 하고 있을 때 상태를 테스트하는 것이고, PHY 17 High는 High power level 일 때 측정 하는 테스트 이다. PHY 18은 상향 신호를 발생 시키지 않았을 때에 spurious와 noise를 측정 하는 테스트 이다. 그림 8에서는 Cable Modem의 상향 신호를 Vector Signal Analyzer(HP89441)를 이용하여 측정한 결과 이다. SNR이 39.125 dB로 상당히 좋은 결과 값을 가지고 있다는 것을 알 수 있으며 복조된 IQ 의 성좌도를 확인 할 수 있다. 그림 9에서는 PHY17, 18에 대한 결과값을 나타낸 것으로 PHY17에서는 기준 스펙 53 dBc이하로 모뎀의 노이즈가 작은 것으로 측정 된 것을 알 수 있다.

측정 결과값에서 알 수 있듯이 Cable Modem의 성능이 DOCSIS 2.0 스펙에 준하는 최적의 성능을 나타 내고 있는 것을 확인 할 수 있다.

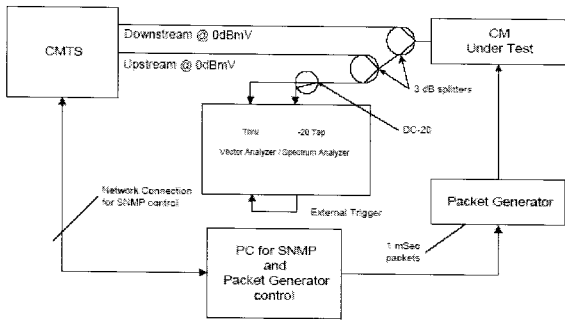


그림 8. PHY 17 LOW 및 PHY 18 테스트 환경.
Fig. 8. Experimental environment of PHY17 LOW and PHY 18.

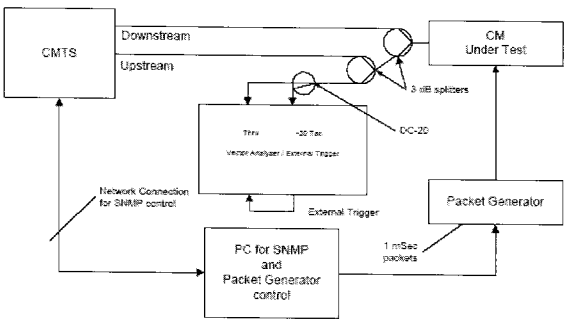
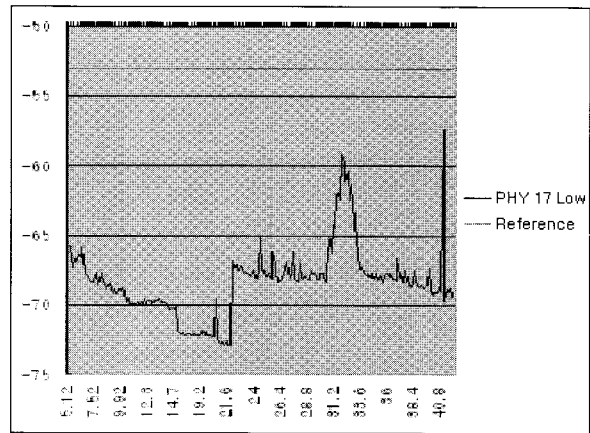


그림 9. PHY 17 High의 테스트 환경.
Fig. 9. Experimental environment of PHY 17 high.

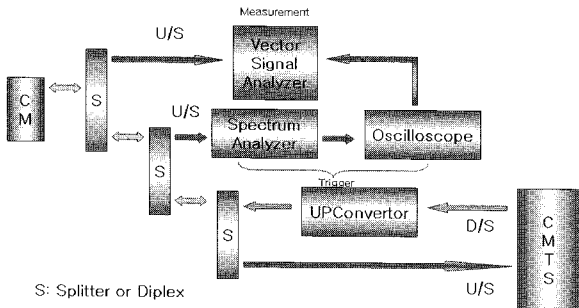
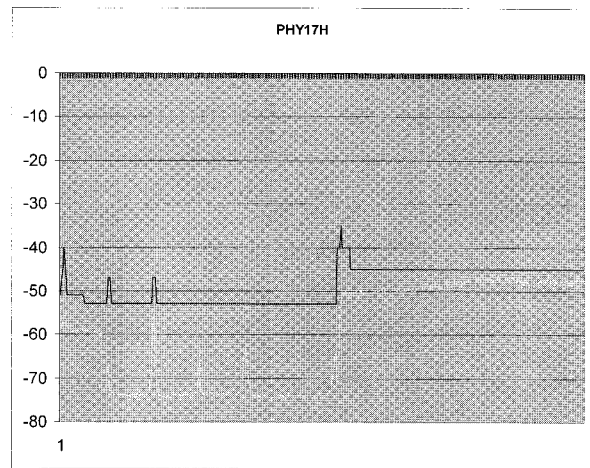


그림 10. PHY 17, 18 실 테스트 환경.
Fig. 10. Creative experimental environment of PHY17, 18.

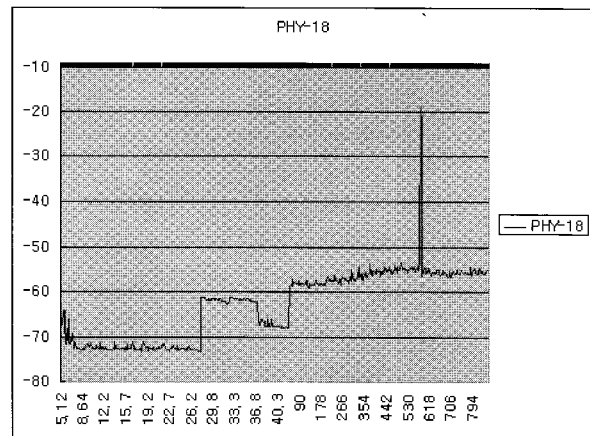


그림 12. PHY 17, 18의 결과.
Fig. 12. The results of PHY 17, 18.

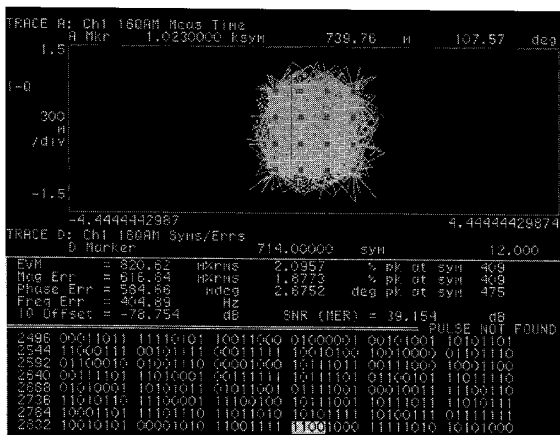


그림 11. 상향 주파수를 복조 한 결과(HP89441 측정).
Fig. 11. The result demodulating U/S frequency(HP89441 measurement).

IV. SNR 과 BER 특성 및 측정 결과

그림에서와 같이 나타나는 인자 중 SNR(Signal-to-Noise Ratio: 신호 대 잡음 비)은 통신 신호와 잡음간의 전력비를 의미한다. 주로 decibel(dB) 단위로 사용하게 되는데, 이 값의 기준이 신호의 왜곡 정도를 평가하는 가장 중요한 요소이다.

$S/N = 2 \log_{10}(V_S/V_N)$ V_S : 입력신호레벨, V_N : 입력잡음레벨

BER은 SNR에 따른 비트 에러율의 변화를 나타낸 것이다. 기본적으로 BER은 SNR과 반비례 관계를 가진다.

이 그래프에서 가로축은 SNR의 크기, 즉 전송전력의 크기

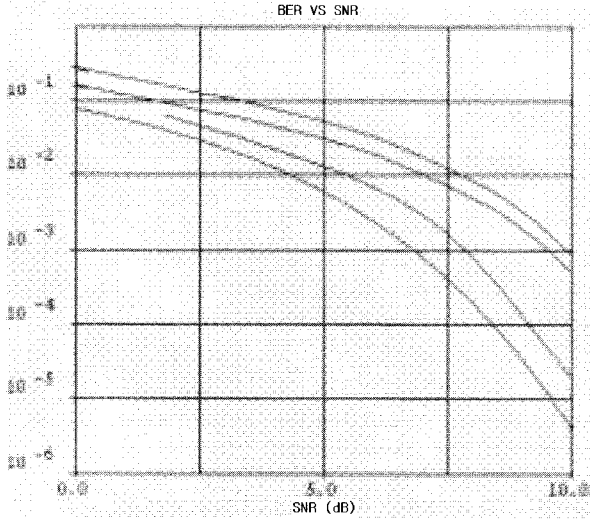


그림 13. BER 분포의 예.
Fig. 13. Example of BER distribution.

라고 볼 수 있으며, 세로축은 에러가 발생할 확률이다. 세로 축은 위로 올라갈수록 수치가 높아지게 되어 있으므로, 가급 적 그래프가 아래쪽으로 있어야 에러가 적다는 의미가 된다. BER은 전체비트 수와 오류비트 수 간의 비율이다. 디지털 SNR은 간헐적으로 발생하는 일시적인 장애요소를 측정할 수 없기 때문에 BER과 함께 측정하여야 한다.

1. TDMA의 BER

임펄스 잡음 채널 환경에서 TDMA의 BER은 참고문헌에 따라 다음 (13)과 같이 얻어진다[6-8].

$$P_B = \epsilon \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q \left(\sqrt{\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1} \frac{2E_b}{N_0(\epsilon r^2 + (1-\epsilon))}} \right) + (1-\epsilon) \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q \left(\sqrt{\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1} \frac{2E_b}{N_0}} \right)$$

위 식의 의미는 정규화 된 잡음 구간 중 ϵ 구간은 잡음전 력이 $\gamma 2N_0/2$ 인 임펄스 잡음으로 할당되고 $(1-\epsilon)$ 구간 동안 은 $N_0/2$ 의 스펙트럴 전력 밀도가 주어진다라는 것을 나타내고 있다. 즉, 신호 대역폭과 동일한 잡음 대역폭을 가정했을 경 우 임펄스 잡음 채널 환경에서, TDMA 방식에서의 QAM BER은 임펄스 잡음 영역과 AWGN 잡음 영역의 합으로 표 현됨을 뜻한다.

2. S-CDMA의 BER

임펄스 잡음환경에서 S-CDMA방식의 QAM 변조 방식에 대한 BER 식은 참고문헌에 의하면 다음 (14)와 같이 얻어진 다[6-8].

$$P_B = \epsilon \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q \left(\sqrt{\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1} \frac{2E_b}{N_0(\epsilon r^2 + (1-\epsilon))}} \right)$$

다음은 케이블 모뎀에서 RS232인터페이스로 전달되는 하 향 신호에 대한 망상태를 세부 적으로 표시한 내용이다.

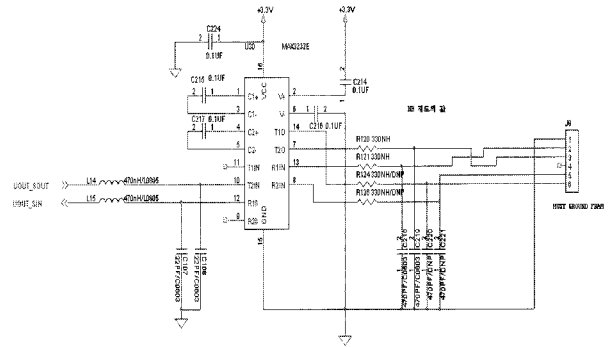


그림 14. RS232 송·수신 인터페이스 회로.
Fig. 14. RS232 transceiver interface schematic.

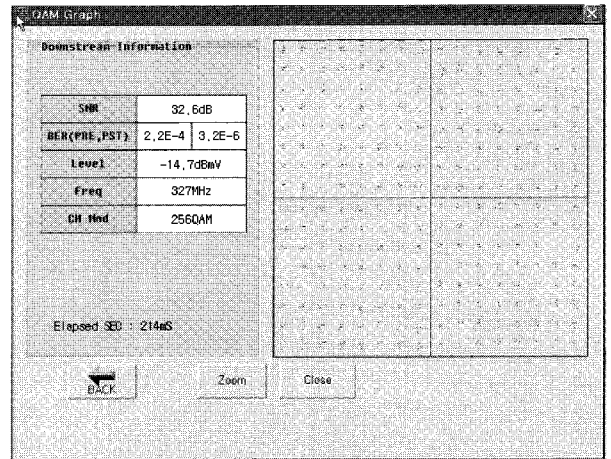


그림 15. PDA에서 표시되는 측정 창.
Fig. 15. Window displaying the measured value at PDA.

REQ 응용S/W -> CM :

*** 0x88880051 [327000] ***

Resp CM-> 응용 S/W :

```
##<# 0x88880051 [326] [214] [224] [326] [-147] [327000] [256]
[0] [0] #>##
##<# ... #>## : Header...End
[SNR] 32.6 dB
[Elapsed Time Delta] 214ms
[BER PRE] 2.2E-4
[BER PST] 3.2E-6
[power level] -14.7 dB
[frequency] 327000 kHz
[Channel Modulation] 256QAM
[null] [null]
```

이 데이터는 케이블 모뎀에서 RS232를 통해 출력 되며, 전 달된 데이터를 가지고 PDA에서 전환되어 하향에 대한 정보 가 LCD판에 나타나게 된다.

그림 14는 케이블모뎀과 PDA사이에 연결되는 RS232 통신 인터페이스 회로부 이다.

그림 15는 PDA LCD에서 디스플레이 되도록 프로그램 하 여 제작된 측정 창이다. 이 측정 창에는 현재 SNR, BER, power level, frequency, 케이블 모뎀 변조 방식을 보여 준다.

V. 결론

본 논문에서는 CableLabs 규격(DOCSIS 2.0)의 PHY 성능 중 케이블모뎀 개발 시 중요시 되는 PHY17, 18에 대한 테스트 환경을 독자적으로 구축 하는 것을 제안하였고, 이 환경을 기반으로 실험한 결과 케이블모뎀의 성능이 만족하는 것을 알 수 있었다. 이 제품이 DOCSIS 2.0의 인증을 받은 최적의 품질을 구현 하게 되었고, 이 케이블 모뎀을 이용하여 RS232통신을 통해 PDA에 디스플레이 하여 주는 프로그램을 개발하였다. 케이블 망에 대한 정보는 케이블모뎀에서 받아서 RS232 통신을 이용하여 PDA를 통해 정보를 보여 주는 시스템이다.

이 시스템의 케이블 망 측정 주요 측정 가능 parameters로서는 데이터 통신용 주파수대의 상 하향 신호의 분석(DOCSIS 2.0 요소포함)으로 통신 속도측정, Pre BER(Bit Error Rate), Post BER, Pre ES(Error Second), Post ES, SES(Severely Error Rate), PER(Packet Error Rate), 상향변조방식(TDMA, S-CDMA, ATDMA/8,1632,64,128 QAM/QPSK), 하향 변조 방식(64,256 QAM), 상·하향링크주파수, 상·하향대역폭, 상·하향전송 속도(BPS/CPS), 파워레벨(dBmV), IP/MAC Address, DHCP server, TFTP Server .Config File 보기, SNR 등과 상향신호발생기능(CW신호)을 추가 하여(기존에 없던 기능), 케이블망 이상유무/신호감쇠등 측정, 상대측에서 신호수신후 감쇠율(Loss), 선로이상유무 등을 측정 할 수 있도록 하였다.

차후 추가 가능으로는 인터넷 접속기능, PDA를 통해 E-Mail 송수신, 인터넷 접속기능, WEB 접속 속도 테스트, 시험결과 실시간 전송 등 다양하고 간편한 기능들이 지원 가능하다.

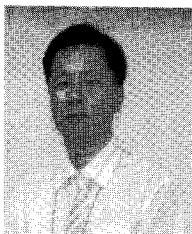
NiMH 배터리 팩을 사용하여 연속 3시간 사용을 지원하며 한번 수행한 측정조건은 내부에 기억함으로 반복적인 측정이 매우 용이하다.

개발의 기대 효과로는 하향-상향-네트워크분석-운용기준 적합여부 순서로 품질분석 또는 장애원인 파악이 간단 명료하고, 순수 국내개발 및 신속한 A/S가 가능하며 케이블모뎀 망 설치 및 유지보수 업무 능률성 향상, 현장과 헤드엔드간

전화 량 감소, 빈번한 장애 원인 파악 용이, 신속하고 정확한 업무처리로 1일 1인 업무수행능력이 배가된다.

참고문헌

- [1] 강용호, "케이블TV에서의 BcN 서비스 구축 방안," KMDc, 한국, 보고서, 2005.
- [2] 권수갑, "Cable Modem 동향," 전자정보센터(EIC), Oct. 2004.
- [3] H-Tak Lim, "Remote service control using PDA dong-su university," May 2004.
- [4] 김시경, "시분할 측정기법을 이용한 임베디드 족압 측정 시스템 설계," 제어·자동화·시스템공학 논문지, 제 10 권, 제 11 호, pp. 1022-1027, 2004.
- [5] 1.1 & 2.0 RFI Acceptance Test Plan, "CM-TP-RFI-ATP-I07-050112," Cable Television Laboratories, Inc, 2005.
- [6] 김형직, 김성준, 최형진, "케이블 모뎀 상향 채널을 위한 S-DMT의 성능 비교 분석," 한국통신학회논문지, 03-4 vol. 28, no.4B
- [7] 김기운, 이형근, 김판수, 조병학, 최형진, "상향채널 케이블모뎀을 위한 S-CDMA 기술 분석" 한국통신학회논문지, 제 25 권, 제 9A 호, pp. 1422-1430, Sept. 2000.
- [8] K. Y. Kim, H. G. Lee, P. S. Kim, B. H. Cho, and H. J. Choi, "Upstream channel," *IEICE Trans. Fundamentals*, vol. E84-A, no. 6, pp. 1370-1377, Jun. 2001.
- [9] B. H. Cho and H. J. Choi, "Performance evaluation of the advanced physical layer modulation techniques for cable modem upstream cChannel," 한국 통신학회 논문지, 05-2, vol. 30, no. 2A.
- [10] Terayon DOCSIS 2.0 White Paper, "Enabling MSOs To Offer Broader Upstream Bandwidths and Powerful New Networking Services," 2002.
- [11] Techniques for Cable Modem Upstream Channel, 한국 통신학회 논문지, 05-2, vol. 30, no. 2A.



이 경 운

1993년 부경대학교 전자공학과 공학사. 1996년 동아대학교 전자공학과 공학석사. 2006년 부산대학교 공학박사. 2006년~현재 동아대학교 미디어디바이스연구센터 선임연구원. 관심분야는 통신 단말기 및 유 무선RF 시스템, 자동차 전

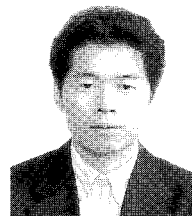
장 임베디드 H/W 및 S/W, RFID/USN, 텔레매틱스.



이 장 명

1980년 서울대학교 전자공학과 공학사. 1982년 서울대학교 전자공학과 공학석사. 1990년 University of Southern California 공학박사. 1992년~현재 부산대학교 전자공학과 교수. 관심분야 다

관절 로봇 시스템 설계 및 제어, 협동 제어, 햅틱 인터페이스, 마이크로 프로세서 응용 시스템 설계.



고 재 평

1993년 부경대학교 전자공학과 공학사. 1995년 경북대학교 전자공학과 공학석사. 2005년 부산대학교 전자공학과 공학박사. 2005년~현재 동아대학교 미디어디바이스 연구센터 책임연구원. 관심분야

는 자동차 전장 임베디드 H/W 및 S/W, 모델기반 설계, 차량 유무선 네트워크, 텔레매틱스, RFID/USN.