

# 구내 데이터 통신용 무선모뎀 설계 및 구현

論 文
11-1-3

## Design and Implementation of Wireless Modem for Indoor Data Communication

조 병 학\*  
Byung-Hak Cho

### Abstract

Wireless data communication is easy to be affected by channel noise and degrade reliability and stability by the multipath fading and ISI compared with wired data communication. In this paper, we designed and implemented indoor wireless modem adopted DQPSK modulation scheme for improvement of bandwidth efficiency, and convolutional encoding, Viterbi decoding and hybrid ARQ algorithm combinig FEC with CRC for efficient error control in indoor wireless channel. Testing the implemented wireless modem, we verified the proposed scheme is proper to efficient and reliable indoor wireless data communication.

**Keywords** : wireless modem, indoor wireless data communication, bandwidth efficiency, DQPSK, Hybrid ARQ

## I. 서 론

무선데이터 통신은 유선데이터 통신보다 잡음원에 의해 영향을 받기 쉬우며 전파 경로상의 고정체 및 이동체 들에 의한 페이딩 현상과 ISI (Inter Symbol Interference)등이 있게 된다. 또한 공간 매질을 매체로 하므로 원하지 않는 수신자로의 정보 유출 가능성도 높다. 따라서 이러한 열악한 환경들을 극복하고 데이터를 정확하고 안전하게 전송하기 위한 오류제어 및 보안에 대한 연구가 중요하다[1-2]. 또 한 가지는 대역폭 효율성에 관한 문제로서 어떻게 하면 대역폭을 적게 사용하면서도 많은 데이터 전송 속도를 높일 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하며, 아울러 제한된 전송매체를 보다 효율적으로 나누어 쓸 수 있도록 하는 다원접속(multiple access)이나, 데이터의 효율적 전송을 위한 흐름제어(flow control) 등도 빼놓을

수 없는 연구 과제이다[3-5].

본고에서는 급증하는 정보통신 데이터 용량과 통신 신뢰성 향상 요구에 걸 맞는 디지털 통신 시스템 구현을 목표로, 위에서 언급한 연구 분야 중, 특히 실내 무선 채널 환경에서의 대역폭 이용 효율 증가 및 오류제어에 초점을 맞추어, 2bps/Hz의 이론적 대역폭 효율을 제공할 수 있고 신뢰성 향상을 기대할 수 있는 구내 무선 모뎀으로서, 디지털 방식의 DQPSK (Differential QPSK) 변복조 기법과[6-8], 비터비 (Viterbi) 복호화 알고리즘[9] 및 CRC (Cyclic Redundancy Check)를 사용하는 혼성(hybrid) ARQ (Automatic Repeat reQuest) 방식[10-12]을 적용한 구내 무선모뎀을 설계, 구현하여 시험하고 제안하고자 한다.

## II. 구내 무선 데이터 시스템

최근에는 업무공간의 Layout 변경, 이동간의 데이터 액세스 등의 필요성이 커지면서, 유선 데이

접수일자 : 2012년 02월 02일  
심사일자 : 2012년 02월 10일  
최종완료 : 2012년 03월 24일  
\*교신저자, E-mail : chobh@icpc.ac.kr

터 통신을 보완할 무선 데이터 통신 시스템의 필요성이 커지고 있다. 그런데, 이러한 무선 데이터 통신 시스템을 잘 분류해 보면, 용도에 따라서 시스템 요구 조건과 성능, 가격이 천차만별이고 적용되는 기술의 목표도 다르게 되는 것을 알 수 있다. 특히, 전송속도와 전송거리에 따라 달리 분류할 수 있는데, 본 연구에서 구현하고자 하는 무선모뎀은 전송속도가 비교적 낮고 전송거리가 길지 않으며, 저렴한 가격이 요구되는 출력 10mW 이하의 특정 소출력 구내 무선 데이터 통신용 모뎀이다[13]. 따라서, 사무실에서 여러 대의 PC가 1대의 프린터나 플러터(plotter)를 공유해야 할 필요성에 의해 프린터 케이블 연결하기가 복잡한 경우, 이를 무선으로 연결해주는 프린터 공유기, 전력배선 자동화용 모뎀, 대형 레스토랑, 체인점 등에서 주문을 자동으로 입력하고 매출관리까지 할 수 있는 Order Entry System, 공장, 창고, 물류센터, 대형슈퍼 등의 생산, 물품재고, 판매관리 시스템, Automatic Tolling System, 주차 관제 시스템, 자동차 차고문 개폐장치 등에 이용될 수 있다.

구내 무선 데이터 전송 시스템은 현행 국내 법규상 허가나 신고 없이 사용 가능하며 200MHz대의 특정 소출력 무선국용 무선설비로 구축 가능하다[14]. 이러한 구내무선국용 무선설비의 용도별 전파형식, 주파수 및 공중선 전력 등 기술적 조건에 대해서는 정부의 고시에 명시되어 있다.

### III. 설계 및 구현

#### 1. 설계 조건 및 규격

본 연구에서 구현한 무선모뎀은 정보통신부가 고시한 국내의 구내무선국용 무선설비의 기술적 조건을 따랐으며 이에 따라 구현하고자하는 모뎀의 규격은 다음 표 1과 같다. 표 1에서 알 수 있듯이 사용 가능한 1개 채널대역폭이 25kHz에 불과하므로 고속 데이터 통신은 불가능하다. 일반적으로 가장 흔히 사용되는 기존의 FSK 모뎀의 경우, 주어진 대역조건으로는 데이터 전송속도를 19.2kbps 이상으로 하기가 곤란하다. 따라서 그 이상의 전송속도를 구현하려면 변조방식을 달리 해야 한다. 본 연구에서는 상기 구내무선국 무선설비의 기술적 조건을 만족하면서도 38.4kbps 까지

전송 가능한 새로운 디지털 QPSK 변조방식의 모뎀을 설계, 제작하였다.

표 1. 구내 무선 모뎀의 목표 규격  
Table 1. Specifications of indoor wireless modem

항 목	규 격
채널주파수(MHz)	219.0 (채널제어용)
	219.025(224.025)(통신용)
	219.05(224.05)(통신용)
	219.10(224.10)(통신용)
	219.125(224.125)(통신용)
219.15(224.15)(통신용)	
채널수	통신용:10, 제어용:1
통신방식	복신/반복신
전파형식	G1D
변조방식	BPSK/QPSK
전송속도	19.2Kbps, 38.4Kbps 선택
공중선전력	10mW
채널대역폭	25 KHz
통달거리	개활지: 약300m
	실 내: 약100m
전송제어방식	CSMA/CA
BER	$<10^{-6}$ @SNR> 22dB
채널코딩	Punctured Convolutional Coding
안테나	1/4 파장 dipole
DTE접속	RS232C
주요기능	.오류정정및오류검출: Hybrid ARQ
	.code rate 변환: 3/4, 1/2 etc.
	.채널서치
	.중계국모드/Master모드/Slave모드
송신제한시간	40초 송신후 2초 휴지
전 원	AC220V, DC12V
외국의(유사)규격	특정소전력무선국무선설비(일본)

#### 2. 시스템 구성 및 동작

구내 무선모뎀은 다음 그림 1의 전체 구성도 에서와 같이, 크게 디지털 통신 제어부(DCCU: Digital Communication Control Unit)와 디지털 변복조 및 채널 부복호부(DMU : Digital Modem & codec Unit), Up/Down 변환부(RU: Radio Unit)의 세 부분으로 구성하였다. DCCU는 PC와 접속되어 상호 데이터 전송에 관한 프로토콜 변환과 DMU 그리고 RU의 제어를 담당하는 모듈로서 직렬통신제어기, 마이크로프로세서, A/D 변환기, 그리고 주변 입출력 소자들로 구성하였다. DMU는 변조부와 복조부로 나눌 수 있으며 DCCU의 제어에 따라 데이터를 입력 비트스트림을 채널 부호화하고 DQPSK 또는 BPSK 변조하여 RU로

전송하는 기능과 RU로부터 입력된 중간 주파수(IF) 신호를 복조한 후 채널복호화를 거쳐 DCCU로 출력하는 기능을 수행한다.

DMU은 길쌈부호기(convolutional encoder)와 DQPSK/BPSK변조기, DQPSK/BPSK복조기, 비터비(Viterbi) 복호기를 주된 구성소자로 하며, 송신부에는 D/A변환기와 5MHz의 변조기 출력을 50.4MHz로 올려주기 위한 믹서 및 SAW필터, 수신부에는 데이터 변환을 담당하는 A/D 변환기를 추가하였다.

RU는 DCCU의 제어 하에 통신 채널주파수를 설정하거나 변경시켜 주는 역할을 하며 DMU로부터 입력 받은 중간주파수(IF: Intermediate Frequency)의 변조 신호를 RF주파수로 높여 송신하거나 수신된 RF 신호를 IF 신호로 낮추어 DMU로 전해 주는 역할을 한다. 또한 채널의 상태를 감지하여 해당 채널에 전파가 입력되는 것을 전압 레벨로 변환하여 DCCU에 전해준다. 이 신호를 RSSI (Received Signal Strength Indicator)라 하며 DCCU의 A/D 변환기로 입력된다. DCCU는 항상 A/D변환된 RSSI 신호를 감시하는데 일정 임계치 이상의 신호가 입력되면 채널에 수신할 전파가 있다고 판정하여 DMU와 RU을 가동함으로써 신호 수신을 개시한다. 신호 수신이 종료되면 복조과정을 거쳐 기억소자에 저장된 수신 정보들을 RS232C 직렬통신을 통해 PC로 전송한다. 이들 각 부의 좀더 자세한 구성과 기능은 다음과 같다.

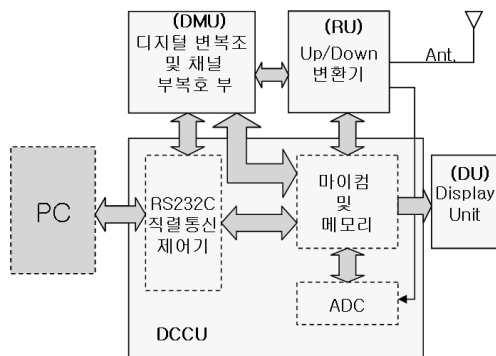


그림 1. 전체 시스템 구성 블록도  
Fig. 1. Functional block diagram of the system

(1) 디지털 통신 제어부

DCCU는 다음 그림 2와 같이 통신제어기능 내장형 원칩 마이크로 컴퓨터와 메모리(EPROM, RAM, EEPROM), 동기/비동기 시리얼 통신 제어기, 주변회로부(전면표시 LCD 모듈, 상태확인용 LED), 경보용 부저 및 구동기, A/D 변환기 등

으로 구성하였다. DCCU에서 가장 중요한 마이크와 메모리는 데이터 송수신, 변환, 저장, 제어 등 모든 핵심 기능을 주관하는 블록이다. 원칩 마이크로컴퓨터는 HDLC (High Level Data Control) 전송제어 기능이 내장된 8 비트 원칩 마이크로인 80C152JB를 사용하여 설계하였다.

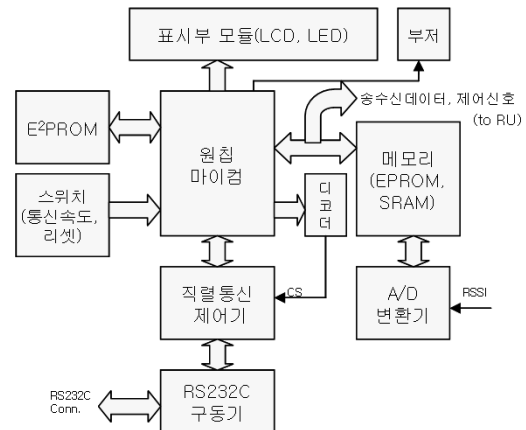


그림 2. 디지털 통신 제어부 블록도  
Fig. 2. Functional block diagram of DCCU

(2) 디지털 변복조 및 채널 부복호부

DMR은 다음 그림 3과 같이 송신부와 수신부로 나눌 수 있다. 송신부는 채널 부호기와 디지털 변조기로 구성되고, 수신부는 디지털 복조기와 비터비 복호기로 구성된다. DMU의 송신부는 DCCU로부터 받은 HDLC 프레임을 채널부호화 과정을 거쳐 DQPSK 변조시키고 이를 54.1MHz의 IF 신호로 변환 시킨 후, RF단으로 보내주는 역할을 한다. 수신부는 RU가 안테나로부터 수신한 RF 신호를 IF 신호로 변환시켜 보내주면 이를 복조하고 심볼열을 얻어내어 채널복호기인 비터비 복호기로 입력시켜 준다. 비터비 복호기는 이를 비

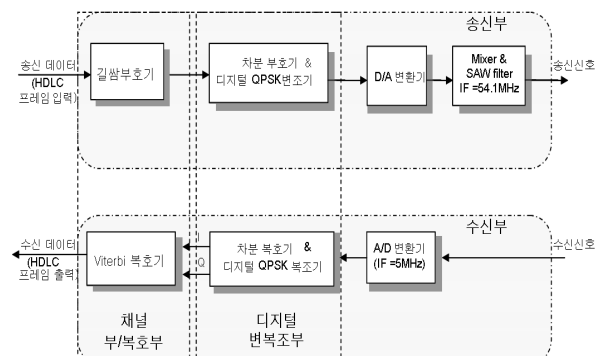


그림 3. 디지털 변복조 및 채널부복호부 블록도  
Fig. 3. Functional block diagram of DMU

터비 알고리즘에 의해 복호화 하여 원래의 데이터를 얻어내고 이를 DCCU의 글로벌 통신 수신 단자로 보내줌으로써 수신 기능을 완료한다.

**(3) Up/down 변환부**

Up/down 변환부(RU)는 DMR이 출력하는 5 MHz IF 신호를 219MHz 대역의 RF 채널 주파수로 상향 변환(up-conversion)시켜 안테나를 통해 출력시키거나 안테나를 통해 수신된 RF신호를 5MHz의 IF신호로 하향 변환(down-conversion)시켜주는 역할을 한다. RU도 DMU와 마찬가지로 크게 송신부와 수신부로 나눌 수 있다. 다음 그림 4에 RU의 블록도를 나타내었다. 송신부는 국부 발진기와 송신 전력증폭기 및 여파기로 구성하였

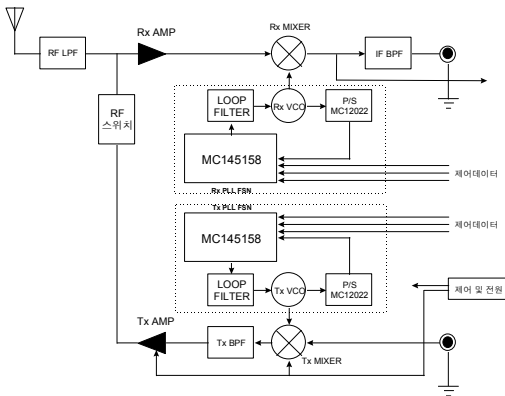


그림 4. Up/down 변환부 블록도  
Fig. 4. Functional block diagram of up/down converter

고 수신부는 국부발진기와 RF 수신증폭기, IF 증폭기 및 여파기들로 구성하였다. 채널 선택은 DCCU로부터의 채널 선택 데이터에 따라 이루어지며 송신 및 수신 주파수합성기나 송신전력증폭기도 DCCU의 제어신호에 의해 가동된다. 송신 및 수신 국부발진기는 그림 4에서와 같이 VCO, 루프여파기, 분주기로 구성된 PLL (Phase Locked Loop) 주파수 합성기로 구현하였다.

**IV. 성능 시험 및 결과**

**1. 시험 환경**

구내무선모뎀의 기본적인 동작을 시험하기 위해서 PC에 롬 에뮬레이터(ROM emulator)를 연

결하여 제작된 구내무선모뎀에 각 모듈별 레지스터값 설정 및 마이콤 제어를 위한 프로그램을 다운로드 하고, 디지털 오실로스코프와 스펙트럼 분석기로 측정된 신호파형 및 스펙트럼 화면을 통해 모뎀의 각 단계별 기능 수행 상태를 시험하였다. 또한 실질적인 데이터 송수신 시험은 일반 PC에서 운용 가능한 시험 소프트웨어를 제작하여 수행하였다.

시험 소프트웨어는 RS232C 직렬통신 포트를 이용하여 구내무선모뎀과 PC간의 데이터 송·수신 기능을 제공하며 그림 5와 같이 크게 통신포트 설정 루틴, 송·수신 루틴 및 터미널 에뮬레이션 루틴으로 구성된다. 통신포트 설정 루틴은 보드율, 패리티, 정지비트, 데이터 비트 수 등, 직렬통신 포트의 변수 설정과 통신 흐름제어, 오류제어 등의 통신환경을 설정하는 기능을 수행하고, 송·수신루틴은 폴링(polling)방식이나 메시지 주도 방식을 이용하여 실제로 데이터를 송·수신하는 역할을 한다. 터미널 에뮬레이션 루틴은 송·수신데이터에 대한 화면 에뮬레이션과 키보드에뮬레이션으로 구성되어 배경 및 글자색, 그래픽 설정 및 각 문자별 처리를 다룬다.

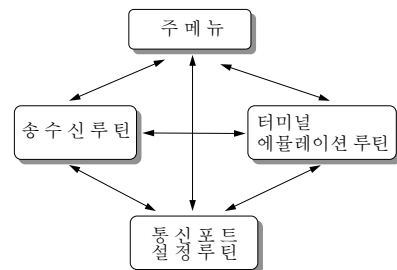


그림 5. 시험 소프트웨어 구조  
Fig. 5. Structure of test software

**2. 시험 결과**

구내 무선모뎀은 DCCU와 DMU를 1개의 PCB에 설계 제작하였고 표시부와 RU는 각각의 모듈로 제작하였다. Prototype을 조립하여 2대의 PC에 RS232C로 접속하고 시험 소프트웨어로 HDLC 데이터 프레임 송수신 시험을 해본 결과, 사무실 실내에서 38.4Kbps의 전송속도로 양호하게 송수신되었다. 시험 과정에서의 각 단계별 결과는 다

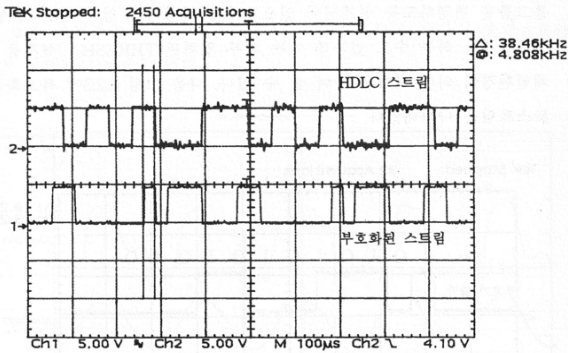


그림 6. HDLC 프레임과 길쌈부호화기 출력  
Fig. 6. HDLC frame and convolutional encoder output

음과 같다.

PC에서 시험 소프트웨어로 입력한 데이터는 DCCU를 거쳐서 글로벌 Tx단자를 통해 DMU의 길쌈 부호화기 입력되어 오류정정을 위한 채널부호화를 거친 뒤 DQPSK 변조하게 되는데, 길쌈부호화의 부호율을 1/2로 하였을 때의 송신 HDLC 프레임과 길쌈부호화기 출력 파형을 다음 그림 6에 보였다.

이후, 길쌈부호화기 출력을 변조 IC를 이용하여 차분 부호화와 직교변조(quadrature modulation)를 하고, 이를 D/A 변환한 후 저역여파기를 통과시키면 19.2Ksps 심볼율의 5MHz DQPSK 신호가 얻어지는데, 시험 결과, 얻어진 변조 신호의 파형과 스펙트럼은 다음 그림 7 및 그림 8과 같다.

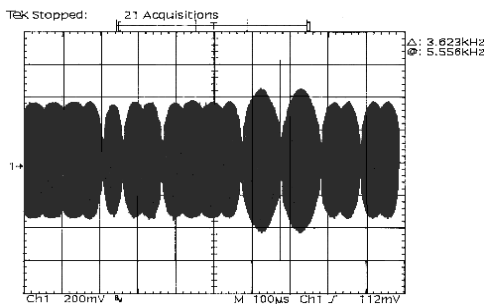


그림 7. DQPSK 변조 신호파형  
Fig. 7. DQPSK modulation signal

제작된 구내 무선모뎀은 219MHz 대역 주파수를 사용하며, 25KHz 채널 간격으로 5개의 통신용 채널과 1 개의 제어용 채널이 할당되는데, RU에 의해 219.25MHz 채널 주파수로 상향 변환된 DQPSK 변조신호 스펙트럼과, 이러한 RF 신호를 안테나로 수신하여 RU의 수신부 주파수 합성기를 제어함으로써 5MHz 대역 신호로 하향 변환시킨 신호의 스펙트럼을 그림 9와 그림 10에 보였다.

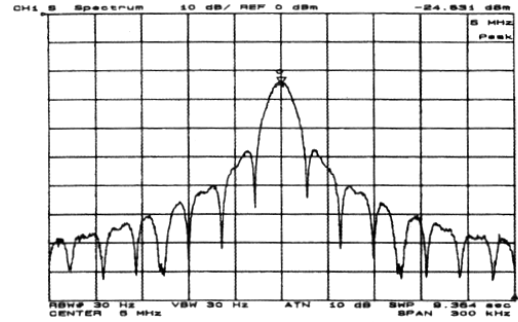


그림 8. DQPSK 변조 신호 스펙트럼  
Fig. 8. Spectrum of DQPSK modulation signal

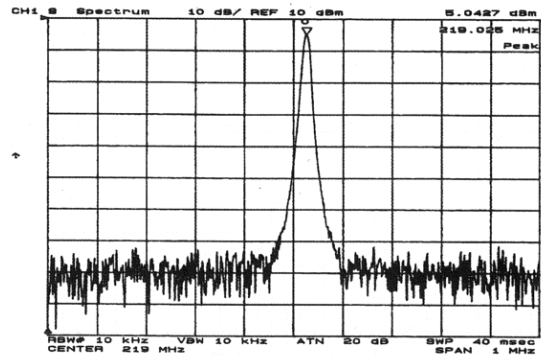


그림 9. 데이터 통신 채널 스펙트럼(219.025MHz)  
Fig. 9. Spectrum of data channel signal (219.025MHz)

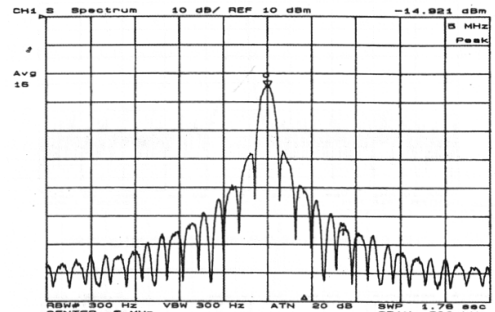


그림 10. 5MHz로 down 변환된 수신 신호 스펙트럼  
Fig. 10. Spectrum of signal down-converted to 5MHz

5MHz로 하향 변환된 신호는 A/D변환기로 입력되는데 이 때 입력 신호의 크기는 1.0 Vp-p가 적당하였다. A/D변환된 입력 IF신호는 기저대역으로 하향 변환된다. 본 장치에서 사용한 복조기는 심볼클럭을 복구하여 출력해 주는데 내부 DPLL의 루프필터 이득에 따라 가변적이지만 심볼 locking된 상태에서 약 1.46μsec 정도의 지터가 측정되었다. 이 정도의 오차는 19.2sps의 심볼율에서의 심볼 구간인 52μsec에 비해 충분히 작기 때문에 복조과정에서 타이밍 오류는 거의 없다고 볼 수 있다.

수신부의 복조 과정에서 반송파 복구나 심볼타이밍 복구에 따르는 초기 비트 오류는 HDLC 프레임의 시작 플래그를 손상시킬 수 있을 만큼 지속될 수 있으므로 이를 방지하기 위해서 프레임의 프리앰블 길이를 길게 하여야 하는데, 시험 결과, HDLC 프레임 포맷에서 통상 사용되는 32비트나 16비트 정도의 길이에서는 프레임의 초기 부분인 어드레스부나 제어부 등에 손상이 발생하여 정확한 데이터 송수신이 이루어지기 어려웠으나, 64비트 이상의 프리앰블을 삽입했을 경우 정확한 송수신이 이루어질 수 있었다. 다음 그림 11은 제작된 구내무선모뎀의 내부이다.

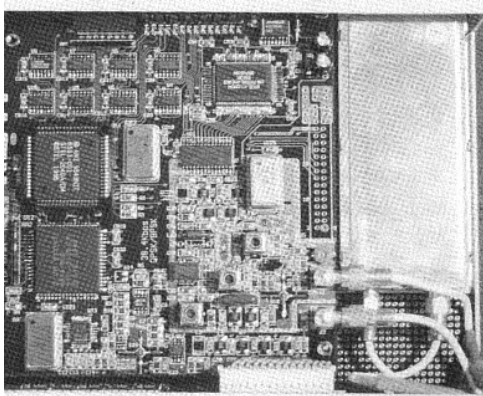


그림 11. 제작된 무선모뎀 내부  
Fig. 11. Implemented indoor wireless modem

## V. 결 론

본 연구에서는 사용 가능한 전송 채널의 대역폭 제한 때문에 기존에 널리 쓰이고 있는 FSK나 PSK방식으로는 실용상 요구하는 만큼의 데이터 전송속도를 얻기가 어려운 경우, 개선된 전송대역폭 효율을 얻을 수 있는 디지털 방식의 DQPSK 변복조기를 설계하고 제작, 시험하였다.

전송대역폭과 전송전력이 극히 제한적인 구내 무선 데이터 통신 채널 환경에서, 보다 효율적인 데이터 전송을 위해, 사용하는 디지털 변복조 IC의 반송파 복원, 심볼타이밍 복원, ISI 제거, 디지털 PLL 등에 관련한 파라미터를 최적화하고, 오류제어 알고리즘 및 통신 프로토콜 등을 최적화하여 제작하고 실험함으로써 성능 개선 방안을 연구하였다.

잡음과 다중경로 페이딩에 의해 환경이 열악한 구내

무선 채널에서의 오류정정을 위한 채널부호화 기법으로, 길쌈부호화 및 비터비 복호화 알고리즘을 적용하고, 수신 데이터에 대해 FEC (Forward Error Correction)을 우선적으로 수행하고 최종적으로 HDLC프레임의 FCS에 의한 CRC 검사를 통해 데이터에 오류가 남아 있는 경우에만 재전송을 요구하는 혼성(hybrid) ARQ 방식을 적용하여 시험한 결과, 제안한 무선 모뎀 방식이 효율적이고도 신뢰성을 요구하는 구내 무선 데이터 통신에 적합함을 확인하였고 안정성과 신뢰도가 높은 구내 무선 데이터 통신용 모뎀의 제품화 가능성을 확인하였다.

## [ 참고 문헌 ]

- [1] A. J. Viterbi, "Convolutional Codes and Their Performance in Communication Systems," *IEEE Transactions Communication Technology*, vol. COM19, no. 5, pp. 751-772, Oct. 1971.
- [2] S. Lin and D. J. Costello, *Error Control Coding: Fundamental and Applications*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1983.
- [3] T. J. Wolcott and W. P. Osborne, "A comparison of modulation schemes in bandlimited AWGN channels," *Proceedings of Military Communications Conference, MILCOM '95*, Conference Record, IEEE, vol. 2, pp. 538-542, Nov. 1995.
- [4] B. Sklar, *Digital Communications Fundamentals and Applications*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1988.
- [5] J. G. Proakis, *Digital Communications*, 4th Edition, McGraw-Hill, 2001.
- [6] M. Kishi, "High capacity to differentially detected  $\pi/4$  shifted DQPSK with narrowing occupied bandwidth based on short time DFT," *Proceedings of Vehicular Technology Conference*, pp.384-387, May 1993.
- [7] L. E. Miller and J. S. Lee, "BER expressions for differentially detected  $\pi/4$  DQPSK modulation," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 46, no. 1, pp. 71 - 81, Jan. 1998.
- [8] A. G. Burr, *Modulation and Coding for Wireless Communications*, Prentice-Hall, 2001.
- [9] J. K. Omura, "On the Viterbi Decoding Algorithm," *IEEE Transactions Information Theory*(Correspondence), vol. 15, no. 1, pp. 177-179, Jan. 1969.
- [10] P. Wu and N. Jindal, "Performance of Hybrid-ARQ in Block-Fading Channels: A Fixed Outage Probability

Analysis," *IEEE Transactions Communications*, vol. 58, no. 4, pp. 1129-1141, Apr. 2010.

[11] Y. Xu, T. Zhang, "An Adaptive Redundancy Technique for Wireless Indoor Multicasting," in *Proceedings of IEEE Symposium on Computers and Commun-ications*, pp. 607-614, Jul. 2000.

[12] C. Lott, O. Milenkovic, and E. Soljanin, "Hybrid ARQ: theory, state of the art and future directions,"

*Proceedings of IEEE Information Theory Workshop*, pp. 1-5, Jul. 2007.

[13] 구본희, 장우현, "한.미 소출력 무선기기 관련제도 및 표준규격 조사분석," *전자통신동향분석*, 제9권, 제4호, pp. 113-129, 1, 1995.

[14] "선진국의 개방형 주파수 체도에 관한 연구," 한국무선국관리사업단, KORA연구2003-17, 2004.

### Biography



#### 조 병 학

1981년 서울대학교 전자공학과 졸업  
 1988년 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 2002년 성균관대학교 대학원 전기전자컴퓨터 공학과졸업 (공학박사)

2004년~현재 한국정보통신기능대학 교수  
 2002년~2003년: (주)정소프트 연구소장/이사  
 2001년~2002년: 이스텔시스템즈(주) 연구소장/이사  
 1992년~2001년: 전자부품연구원 수석연구원  
 1988년~1990년: LG전자 선임연구원  
 <주관심분야> 디지털 변복조, 방통융합기술, 케이블 모뎀, 무선 모뎀, USN, WPAN, 휴대형 멀티미디어 기기  
 <이메일> chobh@icpc.ac.kr