

# Mobitex용 무선모뎀 수신부 설계에 관한 연구 (The Study of Wireless Modem Receiver Design for Mobitex)

오 승 철\*      송 창 영\*\*  
(Seung-Chul Oh) (Chang-Young Song)

## 요 약

본 논문은 무선 패킷망을 이용한 양방향 서비스가 가능한 Mobitex용 무선 모뎀의 수신부에 관한 연구로, 이 수신부는 기존의 MSK 변조방식에 비해 좋은 등진폭 특성, 좁은 대역폭, BER 성능 향상 등의 특성을 갖는 Gaussian 필터를 이용한 GMSK 복조방식을 채택하여, BT=0.3일 경우 수신 데이터의 부호 복조시 전력스펙트럼을 줄임과 동시에 인접부호간섭(ISI)을 회피할 수 있도록 수신부를 설계하여 국내에서 운용중인 Mobitex망과 연동이 될 수 있는 무선 모뎀의 설계사양을 만족할 수 있도록 설계하였다.

## ABSTRACT

This thesis aims at the study of the receiving part of wireless modem for Mobitex, which are designed for two way message services by using the network of wireless packet. This receiving part has the features of GMSK demodulation by using Gaussian filter, which has the co-amplitude in a better condition and narrowness bandwidth and high performance in BER, compared with existing MSK modulation. In case of BT=0.3, we designed this receiving part to reduce RF output power spectrum at received data of symbol demodulation and avoid inter symbol interference(ISI) so that we can apply this part to Mobitex network which are currently in service for wireless modem in domestic.

## 1. 서론

정보량의 급격한 증가와 정보 이용자의 요구증가에 따라 기존의 유선통신 시스템은 무선 통신시스템으로, 아날로그 시스템은 디지털 시스템으로, 협대역 시스템은 광대역 시스템으로 전환되고 있다. 또한 단순한 음성 및 간단한 데이터 전송 개념이 음성을 포함한 문자, 동화상 등의 다중매체 전송으로 확대되어 가고 있다. 현재 이러한 요구를 충족시키기 위해 2.4GHz 대역의 WLL(Wireless Local Loop) 시스템이 개발되었고, 27GHz LMCS(Local Multipoint Communication System) 및 38GHz 대역의 MVDS

(Microwave Video Distribution System)와 50GHz 이상의 주파수를 이용한 통신 시스템이 연구 개발중이다.

이러한 무선 정보통신 시스템에 대한 소비자의 다양한 정보 욕구 충족을 위해 가격이 저렴하면서 데이터의 신뢰성과 융통성이 높고, 고속의 데이터 전송이 가능한 무선 패킷망에 대한 관심이 증대되어 1989년부터 북유럽에서부터 서비스가 실시되고 있는 800~900MHz 대역의 Mobitex 무선 데이터 망은 1997년부터 국내에서 운용되고 있으나 해외로부터

\* 정회원 : SKY Group 부회장

\*\* 정회원 : (주)미디어서브 연구소 이사

논문접수 : 2002. 1. 10.

심사완료 : 2002. 1. 24.

수입되는 무선 모뎀의 가격 및 국내 전파환경에서의 부적합성 등에 의해 제한적인 응용분야에서만 사용되고 있다. 그러나 향후 통신시장의 거대한 잠재수요를 갖고 있는 중국에서 2001년부터 Mobitex 망을 도입하여 시범 운용 중에 있어 Mobitex용 무선 모뎀의 국산화 개발은 신규 시장의 창출과 해외 제품에 비해 저가격, 소형, 경량화만 이루어진다면 그 수요는 폭발적이라 할 것이다.

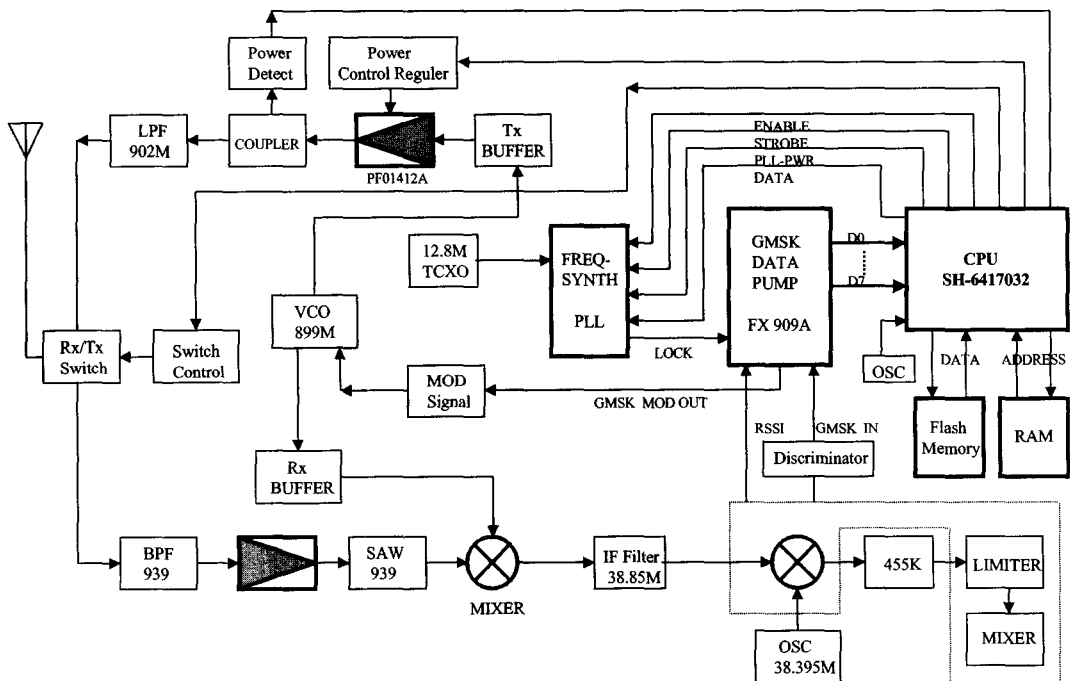
본 논문에서는 이러한 시장 변화에 따라 Mobitex 무선 데이터 망을 이용한 버스카드, 도난 방지시스템, 차량추적 등 응용범위가 매우 넓은 소형 및 경량화되고 저가격인 900MHz 대역의 무선 모뎀 핵심 블럭인 수신부를 개발하고자 한다.

## 2. Mobitex용 무선 모뎀의 구성

무선 모뎀은 건물 안이나 그 주위의 매우 열악한 통화 채널 환경 속에서 9.6Kbps의 디지털 신호를 최소의 에러 범위 내에서 검출할 수 있는 성능을 갖추어야 하며, 무선 구간의 인접부호 간섭(ISI) 현상이나 다중경로 효과 등으로 인하여, 일반 ECC(Error Control Coding) 기법의 응용뿐만 아니라 매우 정교한 채널 등화 기능을 갖추어야 한다.

따라서 현재 개발된 무선 모뎀의 주요 기능은 다음과 같다.

- 가. 변조방식 : GMSK(Gaussian Minimum Shift Keying)의 이진 변조 기법인 연속위상 변조 방식(CPM)이 적용되었다.
- 나. 등화 : 다중경로나 페이딩 등으로 인하여 동일 신호가 어느 정도의 지연을 두고 이중으로 수신되거나, 어느 한 대역의 신호가 다른



[그림 1] 무선 모뎀 블록도  
[Fig. 1] Wireless modem diagram

대역에 비하여 감도가 현저히 떨어질 경우에 이를 상쇄할 수 있는 소자를 사용하여 설계하였다.

- 다. 채널 추정 : TDMA 시스템의 경우, 각 휴대형 단말기는 수신되는 무선신호를 검출하게 되면 신속히 모뎀기능의 기동을 위한 동기를 이룰 수 있어야 한다. 또, 페이딩으로 신호 왜곡이 발생할 경우, 달라진 채널의 임펄스 응답을 신속히 측정할 수 있도록 하기 위해 Preamble 형태의 Training sequence가 되도록 설계되었다.
- 라. Interleaving : 여러 가입자의 데이터 신호가 한 프레임에 다중화 될 때, 채널에서 블록 에러가 날 경우 그 에러가 어느 한 가입자에게 집중될 확률이 높으므로, 여러 사용자의 데이터를 직물을 짜듯이 돌아가면서 섞어서 전송 방식이 이루어질 수 있도록 설계되었다.

GMSK는 구성의 용이성과 측파대역이 아주 낮은 특성을 가지고 있어 이동통신에 적합하다. 그러므로 본 무선 모뎀은 BT=0.3 방식으로 송신 데이터 부호에 영향을 끼치지 않고 구현할 수 있었다. BT= 0.3의 인접채널 누설 전력은 0.5인 경우보다 약 6dB이상 낮아지며, 인접부호 간섭의 영향을 줄이기 위하여 GSM 방식 등과 같은 이동통신환경에서는 수신부에 등화 기술을 적용하고 있다.

또한 RF 신호를 받아 Limiting Amp.를 거친 후 주파수 변별기로, 변조시 NRZ 데이터가 Gaussian 필터를 통과한 파형의 형태로 복조 할 수 있다. 이는 FM 복조와 거의 같은 방법이라 할 수 있다. 그림 1은 앞에 언급된 사항을 고려하여 설계된 무선모뎀 블럭도이다.

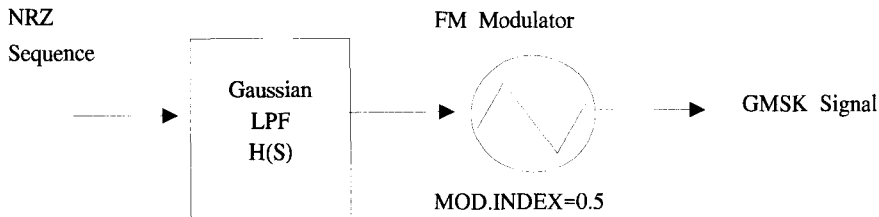
### 3. Gaussian 필터를 이용한 GMSK 방식의 고찰

디지털 전송기술은 고속의 데이터 전송, 고속의 음성전송 그리고 비밀보장 등을 요구한다. 또한 이동통신에서 요구되는 채널의 전력은 혼선을 막기 위하여 인접채널에 비하여 60~80dB 정도 낮아야 한다. 이와 같은 요구를 만족하기 위하여 RF 출력신호 파형이 적절히 조작되어야 한다. 전송되는 RF주파수는 변화하기 때문에 이와 같은 신호 파형 조정이 RF단에서 불가능하다. 따라서 기저대역을 필터링한 후에 RF단으로 주파수 상승 변환하는 방법이 많이 이용되고 있다. 그러나 이와 같이 파형이 제어된 신호가 비선형 특성을 갖는 전력증폭기를 통과하게 되면 요구되어지는 전력 파형은 비선형에 의하여 왜곡된다. 이와 같은 결점을 줄이는 방법으로써 등진폭의 협대역 변조 방식이 이용된다.

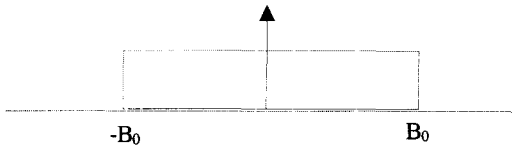
등진폭 특성을 유지하면서 이동통신에 적합한 전력 파형을 얻기 위하여 전치 저역통과 필터를 사용한다. 이러한 전치 저역통과 필터를 가진 것 중에서 Gaussian 필터링에 위한 MSK 변조 방식을 Gaussian MSK(GMSK)라고 한다. 이와 같은 GMSK 변조 방식은 Hirade에 의하여 연구되어졌으며, 개념적인 GMSK 변조기는 [그림 2]에 보였다.

[그림 2]에서 3dB 대역폭이 [그림 3]과 같이 이중대역(double sideband)으로 나타낼 때 Gaussian 저역통과 필터의 주파수 특성은 식 1과 같다[1~4].

$$H(f) = \exp(-\alpha^2 f^2) \tag{1}$$



[그림 2] 개념적인 GMSK 변조기  
[Fig. 2] Concept of the GMSK modulator



〔그림 3〕 이중대역  
[Fig. 3] Double Sideband

임펄스 응답 함수는 식 1을 역푸리에 변환(inverse Fourier transform)하여 식 2를 얻을 수 있다.

$$h(t) = \frac{\sqrt{\pi}}{\alpha} \exp\left(-\frac{\pi^2}{\alpha^2} t^2\right) \quad (2)$$

여기서  $\alpha$ 는 식 3에서 제시할 필터의 대역폭과 관련이 있는 계수이다. 3dB 대역폭  $B_0$ 와 잡음 대역폭  $B_n$ 은 식 3, 4와 같이 정의된다.

$$|H(B_0)|^2 = \frac{1}{2} \quad (3)$$

$$B_n = \int_{-\infty}^{\infty} |H(f)|^2 df \quad (4)$$

$\alpha$ 와 3dB 대역폭 및 잡음 대역폭의 관계는 식 5, 6과 같이 나타낼 수 있다.

$$B_0 \alpha = \frac{\sqrt{\ln 2}}{2} \quad (5)$$

$$B_n \alpha = \frac{\sqrt{\pi}}{2\sqrt{2}} \quad (6)$$

따라서 잡음 대역폭과 3dB 대역폭사이의 관계는 식 7과 같다.

$$\frac{B_n}{B_0} = 2\sqrt{\frac{\ln 2}{\pi}} = 0.9386 \cong 1 \quad (7)$$

식 7에서의 같이 3dB 대역폭과 잡음 대역폭은 거의 유사하다. 식 5를 이용하여  $\alpha$ 를 소거하고  $B_0$ 에 관하여 주파수 영역과 시간 영역에서의 주파수 특성과 충격응답 특성을 정리하면 식 8, 9와 같다.

$$H(f) = \exp\left\{-\left(\frac{f}{B_0}\right)^2\right\} \frac{\ln 2}{2} \quad (8)$$

$$h(t) = \sqrt{\frac{2\pi}{\ln 2}} B_0 \exp\left\{-\frac{2\pi^2 B_0^2 t^2}{\ln 2}\right\} \quad (9)$$

이 Gaussian 필터는 신호 정형 필터로 다음과 같은 특성을 갖는다[4~7].

- ▶ 협대역이고 빠른 Cut-off
- ▶ 낮은 충격 응답 특성
- ▶ MSK에서와 같이 위상천이  $\pi/2$ 를 가질 것

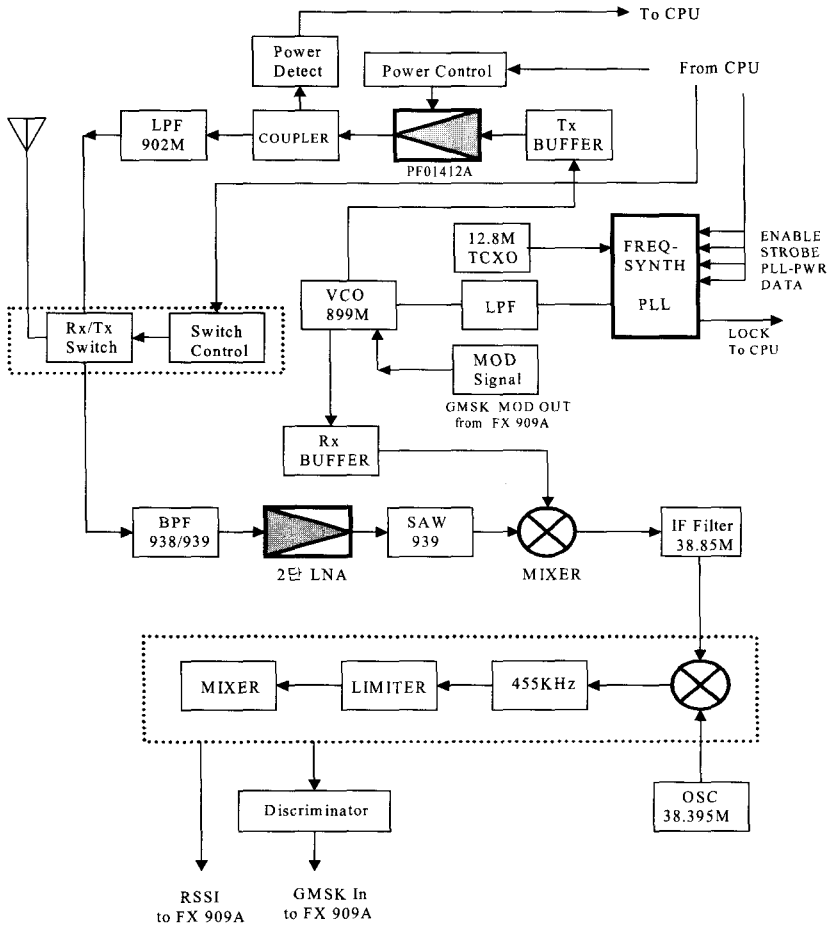
Gaussian 저역필터는 첫 번째 특성에 의하여 고주파 성분을 억압하고 두 번째 특성에 의하여 효과적인 순간 주파수 천이를 막아 준다. 그리고 MSK에서와 같이 위상 천이  $\pi/2$ 를 가진 필터 출력 신호를 만들기 때문에 동기 복조가 가능하다. 일반적으로 GMSK는 전력 파형이 좁아 주파수 효율이 높은 변조방식으로 BT Product을 작게 하여 전력 파형을 줄일 수 있으나, 데이터 부호에 영향을 끼치게 되고, 특히 이동통신 환경에서는 다중경로에 의한 지연으로 인접부호 간섭을 발생시킨다. 본 논문에서는 BT=0.5 방식으로 구현할 수 있도록 하였으며, 송신 데이터부호에 영향을 끼치지 않고 구현할 수 있는 BT는 최소한 0.4 이상이 되어야 한다. 또한 BT=0.3 이하로 구현하면 인접채널 누설전력은 0.5인 경우보다 약 6dB이상 낮아진다. 그러나 심하게 인접부호 간섭을 받음을 알 수 있다. 이와 같이 인접부호 간섭의 영향을 줄이기 위해서 GMSK 방식 등과 같은 이동통신 환경에서는 수신부에 등화기술을 적용하고 있다. 현재 무선 모뎀에서는 상기와 같은 등화기술을 적용한 제품은 없고, 구현상에 많은 시간과 노력이 필요하다. 아울러, BT에 대한 제품의 새로운 표준화가 요구된다. 그러나 이 경우에도 인접채널 누설전력이 상대적으로 10dB이상 낮아지지 않는다는 점이다.

### 4. Mobitex용 무선 모뎀 수신부 설계

개발된 Mobitex용 무선 모뎀은 Control부와 RF부로 크게 나눌 수 있는데 개략적인 블록도는 [그림 4]와 같다[2,6,8~10]. DSP 블록과 RF 블록의 인터페이스를 통하여 무선 모뎀은 TX 및 RX 두 개의 모드로 순차적으로 제어되어 동작되는데 RX 모드일 경우 안테나에 입력된 수신신호는 BPF를 통과한 후 LNA에서 입력 신호의 크기를 20dB 이상 증폭시킨다. 증폭된 신호는 SAW 필터를 이용하여 936~

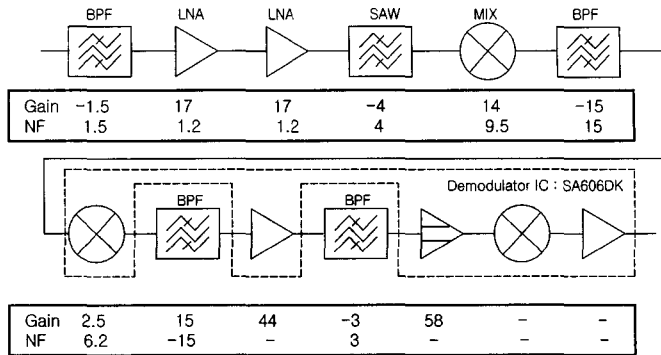
941MHz의 신호만을 대역 여파하고 다시 38.825 MHz의 신호를 BPF를 통해 대역 통과시킨 후 복조 IC로 입력된다. 복조 IC에서는 수신된 RF의 입력 세기를 알 수 있도록 RSSI(Radio Signal Strength Indicator) 값을 전압으로 출력해주고 이 데이터는 DSP 블록으로 입력되어 수신지점의 RF의 크기를 알 수 있도록 하는데 이는 동일 장소에서 기지국으로 데이터 송신시 HPA 출력의 크기를 조정하는 파라메타로 이용된다.

송신 모드에서는 DSP 블록에서 생성된 GMSK



[그림 4] RF 모듈 블록도

[Fig. 4] RF module diagram



[그림 5] 수신부 블록도

[Fig. 5] Receiver diagram

신호가 Gaussian 필터를 통해 8Kbps 즉 4KHz±180mV 단위로 출력되어 점유 대역폭이 10KHz, 4KHz, 1KHz를 넘지 않게 VCO의 공진부를 조정하였고, 이때의 GMSK 신호는 순간적으로 변환을 하면서 변조를 하게 된다. 채널 간격은 12.5KHz이고, Guide band는 ±1.25KHz가 된다. 이렇게 변조된 신호는 이득이 19dB인 증폭기에서 Local level이 증

가된 후 Buffer Amp단을 거친다. 이는 국부신호가 Power Amp단과 바로 연결이 되었을 경우 주파수의 흔들림이라든가, 입력 신호의 역 흐름을 방지하기 위한 목적으로 사용되었으며, 입력임피던스 값에 의하여 출력 레벨을 조절할 수 있도록 하였다. 송신시 및 수신시의 LO를 1개의 VCO로 이용하여 원가 절감, 크기 축소 등의 효과를 갖도록 하였다.

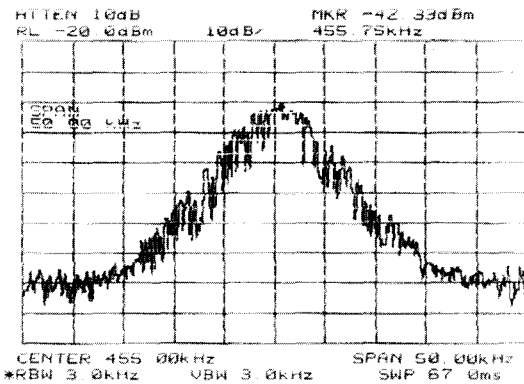
<표 1> 무선 모델 수신부의 설계 사양

<Table 1> Design specification of wireless modem receiver

설 계 사 양	
주파수	935 ~ 941MHz
수신감도	-113dBm 이상
RSSI 정확도	-113dBm(2dB 이내), -88dBm(4.5dB 이내), -63dBm(7dB 이내)
채널 간격	12.5KHz
채널 선택도	50dBc 이상
스퓨리어스 응답	64dBc 이상
TCXO 정확도	1ppm 이하
신시사이저 잔여 변조도	-37dB 이상
상호 변조도	54dBc 이상
Rx, Tx 불로킹	60dB 이상
데이터 에러율	1% 이내
채널 선택 시간	40mS 이하 (20ch Scanning)
DC 입력 전원	
전압	6V Vcc
전류	최대 2A

[그림 5]는 수신부의 블럭도이고, 무선 모뎀 수신부의 설계는 <표 1>의 사양을 만족하도록 설계하여야 한다[3~5].

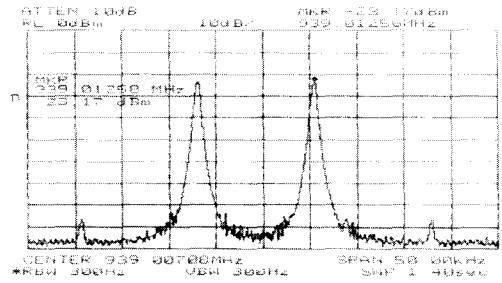
이동통신에서 요구되는 채널의 전력은 혼선을 막기 위하여 인접 채널에 비하여 60~80dB정도로 유지되도록 RF 출력 신호 파형이 적절히 조절되어야 한다. 조절 방식에는 상향변환, 또는 하향변환이 있다. 그러나 이런 방식에 의해 조절되면 출력 파형에서 제어된 신호가 비선형 특성을 갖게 되어 왜곡된다. 이와 같은 결점을 줄이기 위하여 등진폭 특성과 상대적으로 좁은 대역폭, 좋은 BER 성능을 가지고 있는 협대역 변조 방식이 연구되어지고 있으며, 등진폭을 얻기 위하여 전치 저역통과 필터를 사용한다. 이러한 전치 저역통과 필터를 가진 것 중에서 Gaussian 필터링에 의한 MSK 변조 방식을 GMSK 변조 방식이라고 한다. GMSK는 구성의 용이성과 측파 대역이 아주 낮은 특성을 가지고 있어 이동통신에 적합하며, GMSK 신호에서 위상 천이도가 MSK와 거의 다르지 않기 때문에 동기복조가 가능하다. 입력단에는 1.5dB의 삽입 손실을 갖는 BPF와 잡음 지수가 1.2dB인 낮은 LNA를 2단 연결하여 수신단의 전체적인 잡음지수를 3dB 이내가 되도록 하였으며, LNA의 이득을 높임으로써 수신 감도도 개선될 수 있도록 하였다. 출력측에는 복조 IC를 이용하여 수신된 신호로부터 데이터 신호를 복조 할 수 있도록 하였다.



[그림 6] 데이터 수신시 복조 IC의 출력 파형  
[Fig. 6] Output spectrum of demodulation IC at data receiving

또 데이터가 수신되었을 경우 트랜지스터를 이용하여 스위칭 동작을 할 수 있도록 설계를 하였으며, 이에 대한 복조 IC를 통한 Audio 신호에 대한 출력 파형은 [그림 6]과 같다.

IMD 특성은 -43dBm입력시 -23dBm의 출력과 -64.67dBc의 출력을 나타내었다. 이에 대한 1KHz변조시의 IMD 특성은 [그림 7]과 같다.



[그림 7] -40dBm Two-tone 입력시 출력 전력 레벨  
[Fig. 7] Output RF power level at -40dBm Two-tone input

입력단에 대한 정합을 하기 위해서 입력단의 임피던스 성분을 HP사의 네트워크 장비인 8753D를 이용하여 입력단과 출력단의 임피던스 성분을 측정하였고 그 결과는 <표 2>와 같다.

<표 2> 입,출력단의 임피던스

<Table 2> In/Out block Impedance

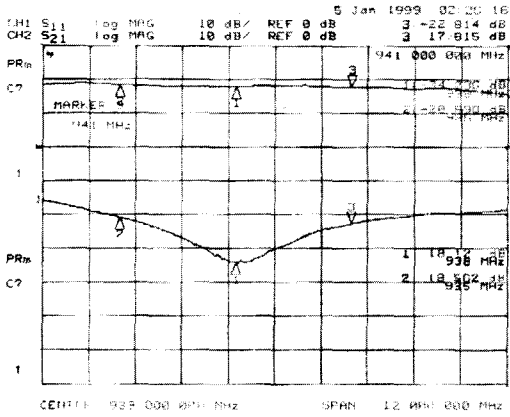
f(MHz)	Z <sub>in</sub> (ohm)	Z <sub>OL</sub> <sup>*</sup> (ohm)
899	4.3+j6.1	2.7-j1.0
900	4.6+j5.3	2.9+j0.3
910	4.8+j5.0	3.0+j1.2

<표 2>에서 측정된 입,출력단에서의 임피던스 성분을 도시하기 위해 이를 우선적으로 특성 임피던스 성분으로 도시하면 식 10과 같이 표현을 할 수가 있다.

$$Z = \frac{Z_N}{Z} = \frac{4.3 + j6.1}{50} = 0.086 + j 0.122 \quad (10)$$

각 단별로 입력된 신호에 의하여 출력된 파형은 첫 번째 단의 영상제거 필터에 -14dBm의 입력이 안

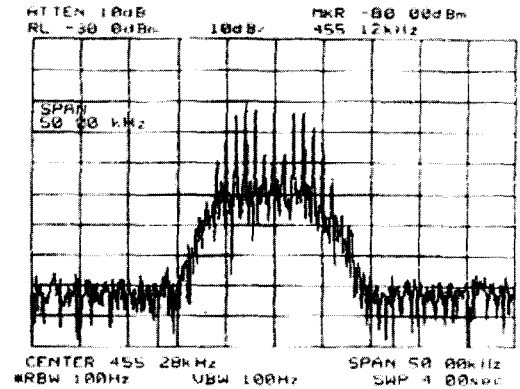
테나를 통하여 인가되었을 경우 이에 대한 수신기 성능을 위하여 LNA를 거치게 되는데 이때 출력된 파형은 [그림 8]과 같다. 이러한 출력 파형을 얻은 후 하향변환 시 발생하는 문제점인 대역 제한폭을 가지도록 하기 위하여 SAW 필터를 삽입하여 대역을 제한할 수 있도록 하였다.



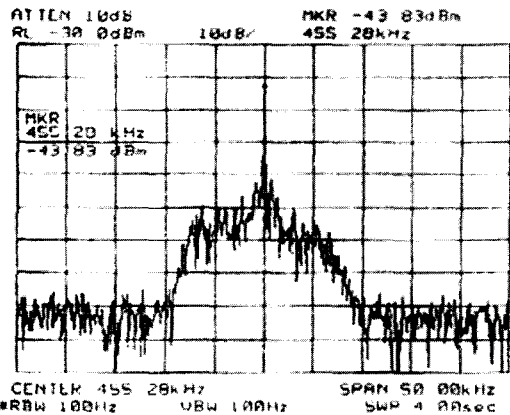
[그림 8] 938MHz에서 정합된 파형  
[Fig. 8] Matched spectrum at 938MHz

[그림 8]은 LNA의 출력 파형으로 전력은 -78.5 dBm이며, 약 6KHz 정도의 대역 내에 변조된 데이터가 실려 있으며, 938MHz SAW 필터의 출력 파형에서 출력 전력은 LNA를 통해 증폭되어 -82.17dBm 이고, 약 6KHz 정도의 대역 내에 변조된 데이터가 실려 있음을 확인할 수 있다.

[그림 9]는 455KHz BPF의 입력 파형을 나타낸 것이며, [그림 10]은 [그림 9]의 38.85MHz의 데이터 파형을복조 IC 내의 믹서를 통해 455KHz 로 주파수 변환을 한 후의 출력 파형이다. 이때의 FM 변조율은 4KHz, 아날로그 신호데이터는 1KHz를 인가하여 측정된 값이다.



[그림 10] 455KHz BPF의 출력 파형  
[Fig. 10] Output spectrum at 455kHz BPF



[그림 9] 455KHz BPF의 입력 파형  
[Fig. 9] Output spectrum at 455kHz BPF



## 5. 결론

정보통신의 급격한 발전으로 무선데이터 통신망을 이용하는 수요자가 계속 증가하는 시점에 통신망을 이용하기 위해서는 무선 모뎀이라는 핵심 단말기가 있어야 한다. 기존에 사용된 Mobitex용 무선 모뎀은 전적으로 수입에 의존하여 외화유출 및 사용자에게 서비스측면에서 많은 어려움이 있었다.

따라서 본 논문은 무선 패킷망을 이용한 양방향 서비스가 가능한 Mobitex용 무선 모뎀의 수신부를 개발하는 것으로 기존의 MSK 변조방식에 비해 좋은 등진폭 특성, BER 성능의 향상, 상대적으로 좁은 대역폭 등의 특성을 갖는 Gaussian 필터를 이용한 GMSK 복조방식을 채택하여  $BT=0.3$ 일 경우 수신 데이터의 부호 복조 시 출력전력을 줄임과 동시에 인접부호 간섭을 회피할 수 있도록 수신부를 설계하였다. GMSK는 구성의 용이성과 측파 대역이 아주 낮은 특성을 가지고 있어 이동통신에 적합 하며, GMSK 신호에서 위상 천이도가 MSK와 거의 다르지 않기 때문에 동기복조가 가능하다. 입력단에는 1.5dB의 삽입 손실을 갖는 BPF와 잡음 지수가 1.2dB로 낮은 LNA를 2단을 연결하여 수신단의 전체적인 잡음지수를 3dB 이내가 되도록 하였으며, LNA의 이득을 높임으로써 수신 감도가 개선될 수 있도록 하였다. 38.85MHz의 데이터 파형을 복조 IC 내의 믹서를 통해 455KHz로 주파수 변환된 특성은 Mobitex용 무선 모뎀의 수신부 설계사양에 적합함을 확인할 수 있었다.

그러므로 Mobitex용 무선 모뎀의 수신부 국산화 개발은 수입에 전적으로 의존하던 것을 대체 할 수 있고, 외국의 타 제품에 비하여 가격과 기능면에서 동등하게 되어 거대 잠재 수요를 갖고 있는 중국 및 동남아 시장으로 진출할 수 있는 발판을 마련하였다. 그리고 지속적인 연구 개발을 추진하여 무선데이터 통신 방식의 양대 산맥인 Motorola의 DataTAC과 Ericsson의 Mobitex를 혼용할 수 있는 Dual mode 무선 모뎀을 개발하여 어떤 시장에서의 수요에도 대처할 수 있도록 차세대 데이터 통신용 무선 모뎀을 개발해야 할 것이다.

## ※참 고 문 헌

- [1] Guillermo Gonzalez "Microwave transistor amplifier and design" 2nd ed., Prentice Hall, 1997.
- [2] Peter Vizmeller, "RF design guide systems, circuit, and equation", Artech House, 1995.
- [3] Ferrel G. Stremler, "Communication System", 3rd ed., 대영사, 1990
- [4] Dan H. Wolaver, "Phase-Locked Loop Circuit Design", Prentice Hall, 1991.
- [5] W. H. Hayward, "Introduction Radio Frequency Design", Prentice Hall, 1982.
- [6] K. F. Sander, "Microwave Components and System", 1st ed., Addison-Wesley, 1987.
- [7] R. E. Collin, "Foundations For Microwave Engineering", 2nd ed., McGraw-Hill, 1992.
- [8] S. Haykin, "Communication System", 3rd ed., John Wiley & Sons, 1994.
- [9] L. E. Larson, "RF and Microwave Circuit Design for Wireless Communication", Artech House, 1996.
- [10] F. M. Gardner, Phase Locked Loop Technique, John Wiley & Sons, 1980.

오 승 철



1984년 원광대학교  
전자공학과 졸업(공학사)  
1991년 숭실대학교  
전자공학과 졸업(공학석사)  
1998년 원광대학교 전자공학과  
박사과정 수료  
1984~1992 (주) 동양정밀  
연구원  
1992~1995 (주)쌍방울전자  
연구소 부소장  
1995~1999  
(주)인텍크텔레콤  
통신연구소 수석연구원  
1999~2001  
(주)지네트시스템  
무선연구소 소장  
2001~현재  
SKY Group 부회장

송 창 영



1991년 원광대학교 전자공학과  
졸업(공학사)  
1993년 원광대학교 전자공학과  
졸업(공학석사)  
1997년 원광대학교 전자공학과  
졸업(공학박사)  
1997~1998 (주)인텍크텔레콤  
통신연구소 선임연구원  
1999~2000 (주)코인테스  
기술연구소 소장  
2000~현재 (주)미디어서브  
부설연구소 소장