

# CDMA기반 IMT-2000 수신기 잡음지수 분석

정희원 이철희\*\*, 박종안\*

## Noise Figure Analysis of IMT-2000 Receiver system Based on CDMA

Cheul-Hee Lee\*\*, Jong-An Park\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는, IMT-2000 단말요소 기술 중 RF부 수신계의 특성에 대하여 분석하고자 한다. 현재 상용되고 있는 CDMA 와 PCS를 기반으로 하는 IS-98A와 J-STD-018 규격에 준하는 이동 통신용 수신 시스템의 고주파부 파라미터 성능을 분석하고, CDMA와 PCS 수신시스템의 성능 분석 방법을 적용하여 앞으로 상용화될 IMT-2000 수신시스템의 잡음지수, 데이터 전송률에 따른 처리이득, 처리이득에 따른 단말기 잡음지수, Eb/Nt에 따른 잡음지수 사이의 관계 등에 주안점을 두고 분석하였다.

시뮬레이션 환경은 CDMA 2000의 선두주자인 퀄컴사와 NTT에서 주장하는 전송대역폭을  $n \times 1.25\text{MHz}$  ( $n = 1, 3, 6, 9, 12$ )로 하고, 데이터 전송율은 이동자동차 환경에서 144Kbps, Outdoor 보행자 환경에서 384Kbps, Indoor office 환경에서는 2Mbps의 3가지 경우로 분류하여 시뮬레이션 하였다.

수신 감도를 -104dBm로 고정하고, 대역폭을 각각 5Mbps와 10Mbps, 데이터 전송률을 144Kbps로 하였을 때 Traffic\_Chip\_bit가 현재 상용되고 있는 CDMA 나 PCS에 비해 두 경우 모두에서 약 6.0dB 이상 낮게 나타났으며, NF도 약 13 정도 낮은 -3.185dB로 분석되어졌다. 또한 수신 감도를 -104dBm, 대역폭을 5MHz, 10Mbps, 데이터 전송률을 384Kbps로 하였을 때 Traffic\_Chip\_bit가 현재 상용되고 있는 CDMA 와 PCS에 비해 약 5.0dB 이상 낮게 나타났으며, NF도 약 6 정도 낮은 -7.444dB로 나타났다.

### ABSTRACT

This paper presents the properties of the RF part in the receiving system based on IMT-2000 terminal technology. It mainly discuss the RF parameter performance of the receiving system for mobile telecommunication comparable to IS-98A and J-STD-018 specifications of commercially available CDMA and PCS, and is to anticipate the processing gain of the IMT-2000 receiving system, processing gain according to data processing rate, and terminal noise figure according to processing gain, relationship between noise figures according to Eb/Nt, Ioc. It is performed by such analysis method as CDMA and PCS receiving systems. Transmission bandwidth is  $n \times 1.25 \text{ MHz}$  ( $n=1, 3, 6, 9, 12$ ), which is recommended by Qualcomm and NTT, the leading company in cdma 2000. Data transmission rate of IMT-2000 is classified into three cases as in moving vehicle environment of 144Kbps, outdoor pedestrian environment of 384Kbps, and indoor office environment of 2Mbps

\* 고창기능대학 정보통신과 전임강사

\*\* 조선대학교 공과대학 전자정보통신공학부 교수

논문번호: 00188-0601, 접수일자: 2000년 6월 1일

※ 이 논문은 1998년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

Simulation results show that Traffic\_Chip\_bit is lower about 6.0 dB and that NF is -3.185 dB which is lower about 13dB than CDMA and PCS, when receiving sensitivity is fixed to -104 dBm, bandwidth is 5MHz or 10MHz, and data transmission rate is 144Kbps. In addition, Traffic\_Chip\_bit is lower about 5.0dB, and NF is -7.444 dB which is lower about 6dB than them, when receiving sensitivity is fixed to -104 dBm, bandwidth is 5 MHz or 10 MHz, and data transmission rate is 384 Kbps

## I. 서론

ITU-R(Radio Communication), ITU-T(Tele communication Standards), 3GPP, 3GPP2 등과 같은 국제 표준화 기구에서 표준화 작업이 진행 중에 있는 IMT-2000은 차세대 무선통신시장에서 중요한 기술로 대두될 것이다.

IMT-2000 시스템에서는 기본적인 음성뿐만 아니라 인터넷, 화상회의, 동영상 등 각종 무선 멀티미디어 데이터 서비스를 지원할 수 있는 다양한 능력이 요구되고 있다.

다양한 서비스 및 다양한 단말기 요구 사항들을 만족시키기 위한 IMT-2000시스템은 기본적으로 다음과 같은 기능들을 갖추어야 한다. 먼저 서비스에 대한 요구 사항으로, 고속 전송속도, 대칭 및 비대칭 데이터 전송(인터넷 활용), 기존의 CS (Circuit Switching) 외에 PS(Packet Switching) 지원, 유선과 유사한 음성 품질, 2세대와 비교하여 높은 주파수 효율성, 다중 어플리케이션 구동기능, 2세대 이동통신시스템 및 위성통신과의 연동, 사업자간의 로밍 등이다.<sup>[1]</sup>

두 번째로, IMT-2000 단말기에 필요한 요구 사항은 차세대 이동 통신의 요구사항인 ITU-R의 M.1034와 ITU-T Q.FIN의 Capability set으로부터 도출할 수 있으며, 그 주요한 내용은 다음과 같다.

음성 및 데이터에 대해서는 BER(Bit Error Rate)이 각각  $10^{-3}$ 과  $10^{-6}$ 이 되도록 요구되고 있으며, 전송속도는 차량 144kbps 이하, 저속 보행시 384kbps 이하, 실내 2Mbps 이하가 요구된다. 그밖에 음성 및 영상패킷 데이터의 통합(integration)서비스, 글로벌로밍 서비스, 위치 서비스(119), 가변 QoS(Quality of Service) 등이 IMT-2000 단말기의 특징이라 할 수 있다.<sup>[1,2]</sup>

IMT-2000 단말 구성 요소 기술은 크게 RF 기술, 기저대역(baseband) 기술, 그리고 소프트웨어 기술로 나누어 생각할 수 있다.

무선 주파수(RF : Radio Frequency) 부분의 기술과제는 주파수 폭이 최대 20MHz로 확대된다는 점에

기인하고 있다. 채널 당 대역폭이 넓기 때문에 필터링에 특히 주의해야한다. IMT-2000에서 RF부의 사용주파수는 송신 주파수가 1,920~1,980MHz, 수신 이 2,110~2,170MHz가 예정되어 있어 송수신간의 주파수 간격은 190MHz이다.<sup>[1,2]</sup> 송신계에서, 인접채널 누설 전력 및 전력 변환효율을 분석해 보면 변조 방식에는 선형변조 방식이 채택될 예정이다. 변조파의 피크전력 대 평균 전력비가 작을수록 선형성을 확보하기가 쉽기 때문이다.

수신계에서 수신 입력 전력의 검출은 점유 주파수 폭이 광대역이기 때문에 하드웨어 적으로는 최소 수신전력 값을 검출할 수 없다. 그러므로 RF/IF부 뿐 만 아니라 기저 대역부에서의 검출을 검토할 필요가 있다.

수신계에서 NF(Noise Figure)와 상호 변조관계를 분석해 보면 NF가 우수한 수신기를 설계하기 위해서는 NF가 양호한 저잡음 증폭기를 사용하는 동시에 탐 필터의 저 손실화를 도모할 필요가 있다.<sup>[1~4]</sup>

그러므로, 본 논문에서는, IMT-2000 단말요소 기술 중 RF부 수신계의 특성에 대하여 분석한다.

먼저 현재 상용중인 CDMA와 PCS 수신시스템의 고주파 성능 파라미터를 IS-98A, J-STD-018 규격에 적용하여, 수신성능에 영향을 주는 요소들에 대하여 분석하고, 수신시스템의 잡음지수 구하는 방법을 제시한다. 두 번째로 CDMA와 PCS 수신시스템의 성능 분석 방법을 적용하여 앞으로 상용화될 IMT-2000 수신시스템의 잡음지수, 데이터 전송률에 따른 처리이득, 처리이득에 따른 단말기 잡음지수, Eb/Nt에 따른 잡음지수 사이의 관계, Ioc(백색잡음환경에서 이동국 안테나 수신장치로부터 측정된 단위 대역폭 당 전력스펙트럼 밀도) 등에 주안점을 두고 분석하고자 한다.

## II. RF 수신시스템 설계

RF 수신부를 설계할 때에 중요하게 고려해야할 점은 수신기 감도, 잡음 동작 범위, 상호변조 스푼리어스 응답, RF이득, RF 수신부의 비선형성 등이

다.[6,9,10,15,16]

향후 상용화될 IMT-2000에서는 대역폭이 아직 결정되지 않았으나 1.23 × n배, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz 등 사업자에게 유리한 방향으로 ITU-R, ITU-T, 3GPP, 3GPP2와 같은 국제 표준화 기구에서 표준화 과정 중에 있다. 수신품질을 측정하는 방법으로 아날로그 방식에서는 수신 왜율(SINAD : Signal Noise Distortion to Noise Distortion Ratio)로 측정하는데 비해 CDMA 방식에서는 프레임 오율(FER : Frame Error Rate)로 측정한다.[21~24] 수신감도, 잡음동작범위, 상호변조 스퓨리어스 응답, RF이득, RF 수신부의 비선형성 등에 많은 영향을 미치는 CDMA와 PCS 이동국에서의 고주파부는 듀플렉서, LNA, RF BPF, Mixer, IF BPF, AGC로 구성되어 있으나, IMT-2000의 RF부는 아직 그 표준이 설정되지 않았다. 그림 2.1은 IMT-2000 RF부의 구성 예상도를 나타낸 것이다. 사용주파수는 송신주파수가 1,920~1,980MHz, 수신주파수는 2,110~2,170MHz가 예상되어 송수신간의 주파수 간격은 190MHz이다.

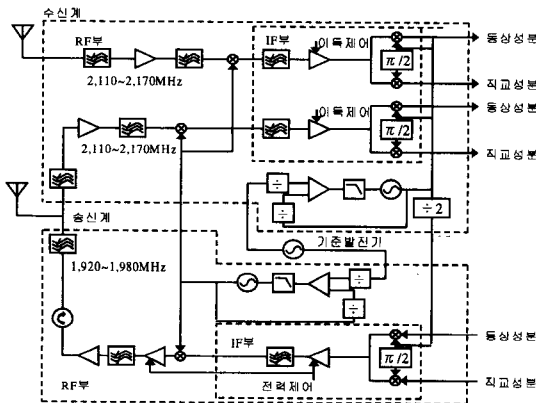


그림 2.1 IMT-2000 RF부의 구성도

1. 수신 성능에 영향을 주는 요소

이동통신용 단말기의 수신성능에 영향을 주는 요소는 3차 변조 왜곡, 잡음 동작범위, 잡음지수 등을 들 수 있다.[11,17]

1) 3차 변조 왜곡

실제 환경에서 중요한 수신기의 성능지수 중 하나는 상호 변조 왜곡이다. 특히 3차 상호 변조가 중요한 요소로 지적되는 이유는 원신호에 가장 가까이 있어 제거하기가 가장 힘든 신호이며, 원신호에

왜곡을 미칠 가능성이 크기 때문이다. 기본적인 상호 변조 왜곡의 파악이 수신기 설계에 있어서 왜곡 동작 범위를 결정하는 요소이다.

2) 잡음동작 범위

RF부의 잡음 동작 범위를 구할 때 분석기의 잡음 플로워 감도가 영향을 미친다. 잡음 플로워는 대역폭에 의존하기 때문에 분석기의 실제 동작 범위는 잡음 지수, 차단점, 분석기의 대역폭을 알면 계산할 수 있다.

실제 동작 범위는 식 2.1과 같다.

$$Noise D. R. = P_0 - [174 - 10 \log(BW) - NF] [dB] \tag{식 2.1}$$

3) 잡음지수

수신기의 잡음지수는 외부의 간섭이 존재하지 않는다는 가정 하에서 수신기의 감도를 결정한다.

$$F = F_{dup} + \frac{(F_{lna} - 1)}{G_{dup}} + \frac{(F_{mix} - 1)}{G_{dup}G_{lna}} + \dots$$

$$NF = 10 \log(F) \tag{식 2.2}$$

여기서 F = Noise Factor (고주파 변환부를 구성하는 듀플렉서, 저잡음 증폭기, 표면탄성과 필터, 혼합기, 국부 발진기, 자동이득 조절기 등의 소자특성에 따른 잡음)

다단으로 연결된 회로에서는 수신기의 잡음지수를 나타내는 식 2.2에서 보듯이 저잡음 증폭기의 잡음 특성에 의해 전체 잡음지수가 크게 좌우됨을 알 수 있다.

2. 디지털 셀룰러와 PCS 잡음지수

현재 상용화 되고있는 디지털 셀룰러와 PCS의 단말 표준화 규격에 요구되는 파라미터는 표 2.1과 같다.

통화 채널 상태에서 비트 에너지 대 전체 잡음 밀도는[5,23] 식 2.3과 같이 나타낼 수 있다.

$$Traffic \frac{E_b}{N_t} = \frac{Traffic \frac{E_c}{I_{or}} \times Traffic^{X_{PF}} \dots X_{PF}^m}{\frac{I_{oc}}{I_{or}}} \tag{식 2.3}$$

여기서 I<sub>oc</sub>, 백색잡음환경에서 이동국 안테나 수신장치로부터 측정된 단위 대역 폭당 전력 스펙트럼 밀도는 식 2.4와 같이 나타낼 수 있다.

표 2.1 잡음지수에 관하여 요구된 규격의 파라미터 (CDMA, PCS)

| Parameter                    | IS-98      | J-STD-018                                |
|------------------------------|------------|--|
| $\hat{I}_{\alpha}$           | -104dBm    | -104dBm                                  |
| BW                           | 1.23MHz    | 1.23MHz                                  |
| $Pilot \frac{E_c}{I_{or}}$   | -7dB       | -7dB                                     |
| $Traffic \frac{E_c}{I_{or}}$ | -15.6dB    | -15.6dB                                  |
| Data Rate                    | 9600bps    | 14400bps<br>9600bps<br>(J-STD-018 Spec.) |
| Traffic_chip_bit             | 21.07dB    | 19.135dB                                 |
| Thermal Noise(KT)            | -174dBm/Hz | -174dBm/Hz                               |
| $\frac{E_b}{N_t}$            | 4.5dB      | 6.0dB                                    |
| $I_{oc}$                     | -103.03    | -106.285                                 |

$$I_{oc} = \frac{Traffic \frac{E_c}{I_{or}} \times Traffic^{*} \cdot Xp^{*} \cdot bit \times \hat{I}_{\alpha}}{Traffic \frac{E_b}{N_t}} \quad (식 2.4)$$

PN Chip당 평균 전송 에너지의 비를 Traffic\_Ec/Ior라 할 때 CDMA, PCS 표준 규격에서는 표 2.1에서 보는바와 같이 -15.6dB로 규정하고 있다. 그러므로 디지털 셀룰러 및 PCS에 요구된 잡음지수는 식 2.5와 같이 나타낼 수 있다.

$$NF = Traffic \frac{E_c}{I_{or}} + Processing\ gain + \hat{I}_{\alpha} - \frac{E_b}{N_t} - KT - BW \quad (식 2.5)$$

식 2.5로부터 디지털 셀룰러의 NF = 10.071dB가 얻어진다. 그러므로 그림 2.2에서와 같이  $E_b/N_t$  = 4.5dB일 때 셀룰러 단말기의 잡음지수는 10.071dB가 요구됨을 알 수 있다.

J-STD-018규격에서 PCS의 감도를 시험할 때 9600bps에서 프레임 오율이 0.005%를 요구하지만<sup>5)</sup> 실제 서비스를 할 때는 14400bps로 통화하므로 표 2.1의 내용이 바뀌어진다. 잡음지수를 계산해보면 PCS에서는 6.816dB이었다. 디지털 셀룰러와 비교해 PCS 이동국의 잡음지수는 약 3.255dB가 떨어지고  $E_b/N_t$ 가 셀룰러와 동일하다고 가정할 때는 PCS의 잡음지수가 8.316dB이므로 1.755dB의 차이가 있음

을 알 수 있었다.

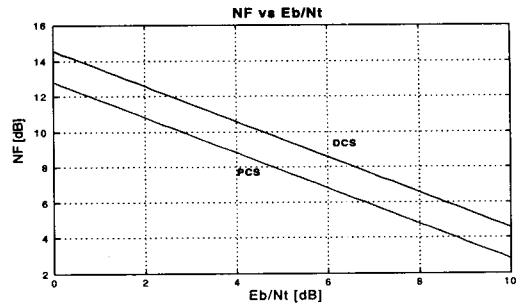


그림 2.2 요구된 이동국의 NF

### III. 시뮬레이션 및 시험

제 3 세대 이동통신 시스템인 IMT-2000에서는 기본적인 음성서비스뿐만 아니라 인터넷, 화상회의, 동영상 등 각종 무선 멀티미디어 데이터 서비스를 지원할 수 있는 다양한 능력이 요구되고 있다. 현재 ITU-R, ITU-T 등과 같은 국제 표준화 기구에서 IMT-2000의 표준화 작업을 진행하고 있으며, 특히 미국, 일본, 유럽을 비롯한 세계 각 국에서 활발한 연구 활동을 벌이고 있다. 그러므로 현재 상용화되고 있는 CDMA와 PCS를 기반으로 하는 IS-98A와 J-STD-018 규격에 준하는 이동 통신용 수신 시스템의 고주파부 파라미터 성능을 분석하고, IMT-2000 수신 시스템의 처리이득, 수신감도,  $I_{oc}$ , 단말기의 수신감도 등의 성능을 예측 분석하였다.

#### 1. IMT-2000 잡음지수

시뮬레이션 환경은 IMT-2000(cdma 2000)의 선두 주자인 퀄컴사와 NTT에서 발표한 전송대역폭과 데이터 전송률을 근거로 분석하였다.

전송 대역폭은  $n \times 1.25\text{MHz}$ 에서  $n=1, 3, 6, 9, 12$ 로 가변하고, 2세대의 데이터 전송속도 보다 10~200배 빠른 전송속도를 요하는 데이터 전송률은 이동 자동차 환경에서 144Kbps, Outdoor 보행자 환경에서 384Kbps, Indoor office 환경에서는 2Mbps의 3가지 경우로 각각 분류하여 시뮬레이션 하였다.

CDMA 및 PCS의 NF를 유추하는 식 2.5를 기반으로 하여, IMT-2000 표준화 규격에 요구되는 예측 파라미터는 표 3.1과 같이 제안 할 수 있다.

표 3.1은  $E_b/N_t = 6.0\text{ dB}$ 인 경우의 결과치이다. 확산이득은 송신하는 쪽에서 보면 신호를 주파수

표 3.1 잡음지수에 관하여 요구된 규격의 파라미터  
( $\hat{I}_{\alpha} = -104\text{dBm}$ , BW=5, 10MHz)

| Parameter                    | IMT - 2000 |          |              |           |
|------------------------------|------------|----------|--------------|-----------|
| $\hat{I}_{\alpha}$           | -104dBm    |          |              |           |
| BW                           | 5 MHz      |          | 10 MHz       |           |
| Pilot $\frac{E_c}{I_{or}}$   | -7dB       |          | -7dB         |           |
| Traffic $\frac{E_c}{I_{or}}$ | -15.6dB    |          | -15.6dB      |           |
| Data rate                    | 144Kbps    | 384Kbps  | 144Kbps      | 384Kbps   |
| Traffic_Chip_bit             | 15.406dB   | 11.146dB | 18.418 dB    | 14.157dB  |
| Thermal Noise(KT)            | -174dBm/Hz |          | - 174 dBm/Hz |           |
| $\frac{E_b}{N_t}$            | 6.0 dB     |          | 6.0 dB       |           |
| $I_{oc}$                     | -111.194   | -114.454 | -107.184     | -111.443  |
| NF                           | -3.185 dB  | -7.444dB | -3.184 dB    | -7.443 dB |

대역에서 얼마나 넓게 분산시키느냐 하는 정도이다. 즉, 편점을 바꾸면 신호의 크기가 얼마나 줄어드는 지를 나타낸다. 수신측에서 보면 신호를 1이라는 크기로 수신했을 때 역 확산과정을 거치면 신호의 크기를 얼마나 크게 키울 수 있는지를 나타낸다. 확산 신호 대역폭과 데이터 신호 대역폭이 IMT-2000에서는 CDMA나 PCS에 비해 넓어짐으로써 표 3.1과 같은 Traffic\_Chip\_bit가 얻어짐을 알 수 있다. 또한, CDMA 시스템에서 다른 사용자의 신호는 간섭 신호(잡음신호)에 해당하므로, Traffic\_Chip\_bit가 현재 상용되고 있는 CDMA나 PCS에 비해 약 6.0dB 정도 낮게 나타나고, 이러한 분석 결과는 NF에 영향을 미쳐 CDMA나 PCS에 비해 약 13dB정도 낮게 나타남을 알 수 있다.

수신감도를 -104dBm에서 -90dBm으로 높임으로써  $I_{oc}$ (백색잡음환경에서 이동국 안테나 수신장치로부터 측정된 단위 대역 폭당 전력 스펙트럼 밀도)도 높일 수 있다. 표 3.2는 수신감도를 -90dBm으로 높였을 때의  $I_{oc}$  변화와 NF의 변화를 나타내었다. 표 2.1에서 보는바와 같이  $I_{oc}$ 가 현재 상용되고 있는 CDMA, PCS와 비교하면 약 14.0 dBm 이상 높게 나타남을 알 수 있다. 따라서 단말기의 잡음지수 NF도 디지털 셀룰러나 PCS에서 요구되는 수준으로 나타남을 알 수 있다. 이러한 결과는 확산 신호 대역폭과 데이터 신호 대역폭이 CDMA나 PCS에 비해 넓어짐에 따라 수신감도가 낮아짐을 알 수 있다.

그러므로 앞으로 상용화될 IMT-2000 셀 설계 시 근원문제와 전력제어를 고려하면 현재의 디지털 셀룰러나 PCS의 셀 보다 더 작은 면적으로 설계해야 함을 유추할 수 있다.

표 3.2 잡음지수에 관하여 요구된 규격의 파라미터  
( $\hat{I}_{\alpha} = -90\text{dBm}$ , BW=5, 10MHz)

| Parameter                    | IMT - 2000 |          |              |          |
|------------------------------|------------|----------|--------------|----------|
| $\hat{I}_{\alpha}$           | - 90dBm    |          |              |          |
| BW                           | 5 Mhz      |          | 10 Mhz       |          |
| Pilot $\frac{E_c}{I_{or}}$   | -7dB       |          | -7dB         |          |
| Traffic $\frac{E_c}{I_{or}}$ | -15.6dB    |          | -15.6dB      |          |
| Data rate                    | 144Kbps    | 384Kbps  | 144Kbps      | 384Kbps  |
| Traffic_Chip_bit             | 15.406dB   | 11.146dB | 18.418 dB    | 14.157dB |
| Thermal Noise(KT)            | -174dBm/Hz |          | - 174 dBm/Hz |          |
| $\frac{E_b}{N_t}$            | 6.0 dB     |          | 6.0 dB       |          |
| $I_{oc}$                     | -96.194    | -100.454 | -93.184      | -77.443  |
| NF                           | 10.184 dB  | 6.556dB  | 10.816 dB    | 6.557 dB |

## 2. 데이터 전송률에 따른 처리이득

표 3.3은 데이터 전송률에 따른 처리이득을 확산 신호 대역폭에 따라 분석한 결과이다. 데이터 전송률은 cdma 2000표준화의 선두 주자 격인 쉘컴에서 제시한 값을 근거로 분석하였다.

표 3.3은  $E_b/N_t = 6\text{dB}$ , 확산신호 대역폭을  $1.25 \times n(n=1, 3, 6, 9, 12)$ 로 하였을 때의 결과치이다.

여기서 처리이득(Processing Gain)은

$$P_G = 10 \log \frac{1.25\text{MHz} \times n}{\text{Data rate}} \quad \text{식 (3.1) 식 3.1과 같}$$

이 구할 수 있다.

데이터 전송률이 144kbps와 유사한 115.2kbps의 처리이득을 분석하여 보면  $n=1, 3, 6, 9, 12$ 일 때 각각 10.35, 15.12, 18.13, 19.89, 21.14로 나타났다. 이러한 결과는 이동자동차 환경에서 CDMA와 비교하여 볼 때 확산신호 대역폭이 15MHz 이상이 되어야 함을 알 수 있고, PCS와 비교하면 11.25MHz 이상의 확산신호 대역폭이 요구됨을 알 수 있다.

데이터 전송률이 IMT-2000 옥외 보행자 환경인 384kbps 와 유사한 307.2kbps의 처리이득을 분석하여 보면 현재 사용중인 CDMA나 PCS에 비해 현저히 낮아짐을 알 수 있다. 이러한 분석결과로 비추어

표 3.3 데이터 전송률에 따른 처리이득 (n = 1,3,6,9,12 일 때)

| BW<br>Data rate | 1.25MHz<br>(n=1) | 3.75MHz<br>(n=3) | 7.50MHz<br>(n=6) | 11.25MHz<br>(n=9) | 15.00MHz<br>(n=12) |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 1.5             | 29.20            | 33.97            | 36.98            | 38.75             | 40.00              |
| 1.8             | 28.41            | 33.18            | 36.19            | 37.95             | 39.20              |
| 2.7             | 26.65            | 31.42            | 34.43            | 36.19             | 37.44              |
| 3.6             | 25.40            | 30.17            | 33.18            | 34.94             | 36.19              |
| 4.8             | 42.15            | 28.92            | 31.93            | 33.69             | 34.94              |
| 7.2             | 22.39            | 27.16            | 30.17            | 31.93             | 33.18              |
| 9.6             | 21.14            | 25.91            | 28.92            | 30.68             | 31.93              |
| 14.4            | 19.38            | 24.15            | 27.16            | 28.92             | 30.17              |
| 19.2            | 18.13            | 22.90            | 25.91            | 27.67             | 28.92              |
| 28.8            | 16.37            | 21.14            | 24.15            | 25.91             | 27.16              |
| 38.4            | 15.12            | 19.89            | 22.90            | 42.66             | 25.91              |
| 57.6            | 13.36            | 18.13            | 21.14            | 22.90             | 24.15              |
| 76.8            | 12.11            | 16.88            | 19.89            | 21.65             | 22.90              |
| 113.2           | 10.35            | 15.12            | 18.13            | 19.89             | 21.14              |
| 230.4           | 7.34             | 12.11            | 15.12            | 16.88             | 18.13              |
| 307.2           | 6.09             | 10.86            | 13.87            | 15.63             | 16.88              |
| 460.8           | 4.33             | 9.10             | 12.11            | 13.87             | 15.12              |
| 614.4           | 3.08             | 7.85             | 10.86            | 12.62             | 13.87              |
| 921.6           | 1.32             | 6.09             | 9.10             | 10.86             | 12.11              |
| 1036.8          | 0.81             | 5.58             | 8.59             | 10.35             | 11.60              |

볼 때 IMT-2000의 옥외 보행자 환경이나 사무실 고정국 환경에서는 확산 신호 대역폭을 보다 더 넓게 설정해 주어야 함을 분석 할 수 있다. 또한, 현재 사용중인 CDMA나 PCS의 코딩기법이 아닌 터보 코딩기법과 그 외 코드장이 K= 3 또는 4 정도인 코딩 기법을 사용하여 함을 예측하였다.

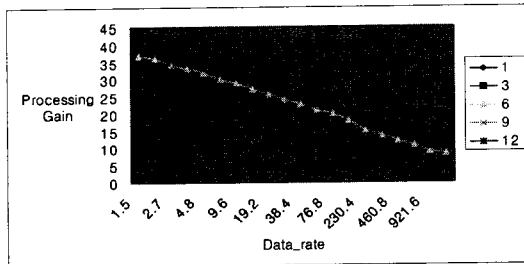


그림 3.1 데이터 전송률에 따른 처리이득(n=1,3,6, 9,12일때)

수신기의 잡음지수는 외부간섭이 존재하지 않는다는 가정 하에서 수신기의 감도를 결정한다. 수신기 감도는 어느 정도의 미약한 전파를 수신하여 정보를 충실하게 재생할 수 있는가를 나타내며, 외부의 간섭이 없이 주어진 신호 대 잡음비를 얻는데

필요한 최소 수신 신호레벨에 의하여 정의된다.

### 3. 처리이득에 따른 단말기 잡음지수

표 3.4는 처리이득에 따른 단말기 잡음지수를 분석한 결과이다.

현재 상용중인 CDMA 단말기가 요구하는 최소 잡음지수는 10.071dB로 식 2.5에서 분석하였다.

확산신호 대역폭을 넓게 계획하고 있는 IMT-2000에서는 CDMA와 같은 NF를 얻기 위해 처리이득도 비례적으로 높여 가야 함을 알 수 있다. 즉, 3.75MHz의 확산 신호 대역폭에서 처리이득이 24일 때 CDMA NF와 유사한 10.66dB가 얻어짐을 알 수 있다. 7.50MHz의 확산 신호 대역폭에서는 처리이득이 약 29가 될 때 CDMA와 유사함을 알 수 있다. 또한 11.25MHz에서는 31, 15MHz에서는 32정도의 처리이득이 얻어짐을 알 수 있다.

그림 3. 2는  $E_b/N_t = 6$ ,  $\hat{I}_{\alpha} = -104$ 일때의 처리이득에 따른 잡음지수를 나타내었다.

그림 3. 3  $E_b/N_t = 6$ ,  $\hat{I}_{\alpha} = -90$ dBm으로 하여 수신감도를 높였을 때의 분석 결과이다.

표 3.4 처리이득에 따른 잡음지수(n=1,3,6,9,12)

| BW<br>Pro.Gain | 1.25MHz<br>(n=1) | 3.75MHz<br>(n=3) | 7.50MHz<br>(n=6) | 11.25MHz<br>(n=9) | 15.00MHz<br>(n=12) |
|----------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| 0              | -10.56           | -15.34           | -18.35           | -20.11            | -21.36             |
| 2              | -8.56            | -13.34           | -16.35           | -18.11            | -19.36             |
| 4              | -6.56            | -11.34           | -14.35           | -16.11            | -17.36             |
| 6              | -4.56            | -9.34            | -12.35           | -14.11            | -15.36             |
| 8              | -2.56            | -7.34            | -10.35           | -12.11            | -13.36             |
| 10             | -0.56            | -5.34            | -8.35            | -10.11            | -11.36             |
| 12             | 1.43             | -3.34            | -6.35            | -8.11             | -9.36              |
| 14             | 3.43             | -1.34            | -4.35            | -6.11             | -7.36              |
| 16             | 5.43             | 2.66             | -2.35            | -4.11             | -5.36              |
| 18             | 7.43             | 4.66             | -0.35            | -2.11             | -3.36              |
| 20             | 9.43             | 6.66             | 1.64             | -0.11             | -1.36              |
| 22             | 11.43            | 8.66             | 3.64             | 1.88              | 0.63               |
| 24             | 13.43            | 10.66            | 5.64             | 3.88              | 2.63               |
| 26             | 15.43            | 12.66            | 7.64             | 5.88              | 4.63               |
| 28             | 17.43            | 14.66            | 9.64             | 7.88              | 6.63               |
| 30             | 19.43            | 16.66            | 11.64            | 9.88              | 8.63               |
| 32             | 21.43            | 18.66            | 13.64            | 11.88             | 10.63              |
| 34             | 23.43            | 20.66            | 15.64            | 13.88             | 12.63              |
| 36             | 25.43            | 22.66            | 17.64            | 15.88             | 14.63              |
| 38             | 27.43            | 24.66            | 19.64            | 17.88             | 16.63              |
| 40             | 29.43            | 26.66            | 21.64            | 19.88             | 18.63              |

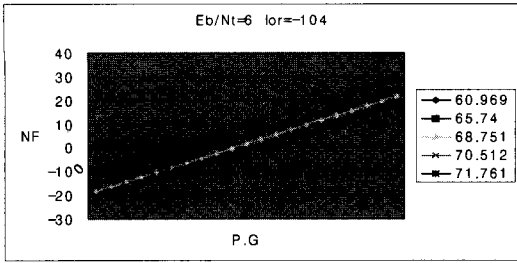


그림 3.2 처리이득에 따른 잡음지수( n=1,3,6,9,12)

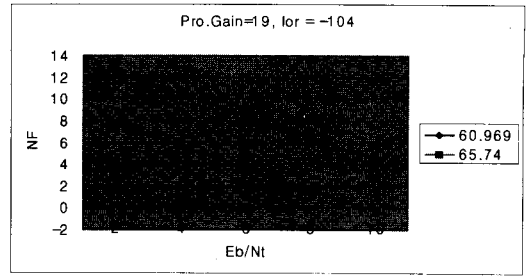


그림 3.4 Eb/Nt에 따른 잡음지수 (PG=19,  $\hat{I}_{or} = -104\text{dBm}$ )

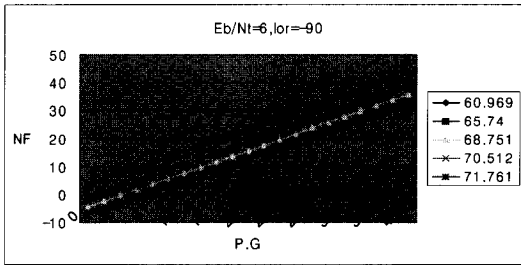


그림 3.3 처리이득에 따른 잡음지수(n=1,3,6,9,12)

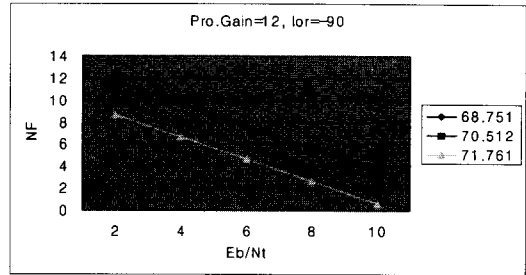


그림 3.5 Eb/Nt에 따른 잡음지수 (PG=12,  $\hat{I}_{or} = -90\text{dBm}$ )

#### 4. Eb/Nt에 따른 잡음지수

확산 스펙트럼방식인 CDMA에서는 자신을 제외한 다른 사용자들의 신호 세기가 커지면 자신의 신호 세기는 상대적으로 작아지게 되므로 잡음지수가 10이하로 나타나면 전력제어가 어렵다. 즉, 거의 사용불가 지역이라 할 수 있다. 표 3.5는 처리이득을 PG = 19, 12로 가변하고, 수신감도인 Ior=-104와 -90dBm으로 가변 하였을 때 Eb/Nt에 따른 잡음지수를 나타낸 것이다.

그림 3.4는 Processing gain을 19dB로 하고, 수신 전력  $\hat{I}_{or}$ 을 -104dBm으로 하였을 때의 NF를 나타낸 것이다. 확산신호 밴드 폭이 1.25MHz에서 Eb/Nt의 값을 2로 하면 NF는 12.431을 나타내고, 확산 신호 밴드폭을 3.75MHz로 하였을 경우는 7.66dB를 나타내었다.

그림 3.5는 Processing gain을 12dB로 하고, 수신 전력  $\hat{I}_{or}$ 을 -90dBm으로 하였을 때의 NF를 나타낸 것이다.

확산신호 밴드 폭이 7.50MHz에서 Eb/Nt의 값을 2로 하면 NF는 11.64를 나타내고, 확산 신호 밴드 폭을 15.00MHz로 하였을 경우는 8.63dB를 나타내었다.

현재 사용중인 CDMA의 NF는 PG를 21dB로 하고 수신전력을 -104dBm으로 하였을 때 10.071dB로 분석되어 졌으며, 또한, PCS에서는 PG를 19dB로 하고 수신전력을 -104dBm으로 하였을 때 6.861dB로 분석되어 졌다.

이러한 결과로 보아, 앞으로 상용화될 IMT-2000의 Processing gain과 수신전력에 따른 전체 NF를 예측할 수 있다. 즉, PG을 12 정도로 낮추고, Eb/Nt값을 2~6으로 하였을 때 확산신호 대역폭이 7.50MHz (1.25MHz×6)에서 현재 상용중인 CDMA나 PCS와 유사한 NF를 얻을 수 있었다. 확산 신호 대역폭을 15MHz로 가정하였을 때에는 현재의 PCS와 유사한 값을 나타내었으나, CDMA 시스템의 NF에는 미치지 못함을 보였다.

표 3.5 Eb/Nt에 따른 잡음지수

| BW<br>Eb/Nt | 1.25MHz<br>(n=1)                            | 3.75MHz<br>(n=3) | 7.50MHz<br>(n=6)                           | 11.25MHz<br>(n=9) | 15.00MHz<br>(n=12) |
|-------------|---|------------------|--|-------------------|--------------------|
| 조건          | PG = 19,<br>$\hat{I}_{or} = -104\text{dBm}$ |                  | PG = 12,<br>$\hat{I}_{or} = -90\text{dBm}$ |                   |                    |
| 2           | 12.431                                      | 7.66             | 11.64                                      | 9.88              | 8.63               |
| 4           | 10.43                                       | 5.66             | 9.64                                       | 7.88              | 6.63               |
| 6           | 8.43  | 3.66             | 7.64                                       | 5.88              | 4.63               |
| 8           | 6.43  | 1.66             | 5.64                                       | 3.88              | 2.63               |
| 10          | 4.43  | -0.34            | 3.64                                       | 1.88              | 0.63               |

#### IV. 결론

3세대 이동통신 시스템인 IMT-2000에서는 기본

적인 음성서비스뿐만 아니라 인터넷, 화상회의, 동영상 등 각종 무선 멀티미디어 데이터 서비스를 지원 할 수 있는 다양한 능력이 요구되고 있다. 현재 ITU-R (Radio Communications), ITU-T (Telecommunications Standards )등과 같은 국제 표준화 기구에서 IMT-2000의 표준화 작업을 진행하고 있어, IMT-2000은 미래 무선통신 시장에서 중요한 기술로 대두될 것이다.

그러므로, 본 논문에서는, 현재 상용되고있는 디지털 셀룰러와 PCS를 기반으로 하는 IS-98A와 J-STD-018 규격에 준하는 이동 통신용 수신 시스템의 고주파부 파라미터 성능을 분석하고, 앞으로 상용화될 IMT-2000 수신 시스템의 처리이득, 수신감도,  $I_{oc}$ , 단말기의 수신감도 등의 성능을 시뮬레이션을 통하여 예측하였다.

시뮬레이션 환경은 CDMA 2000의 선두주자인 퀄컴사와 NTT에서 주장하는 전송대역폭을  $n \times 1.25\text{MHz}$ ( $n=1, 3, 6, 9, 12$ )로 하고, 2세대 이동통신의 데이터 전송속도 보다 10~200배 빠른 속도를 요하는 데이터 전송율은 이동자동차 환경에서 144Kbps, Outdoor 보행자 환경에서 384Kbps, Indoor office 환경에서는 2Mbps의 3가지 경우로 분류하여 시뮬레이션 하였다.

수신 감도( $I_{\alpha}$ )를 -104dBm로 고정하고, 대역폭을 각각 5Mbps와 10Mbps, 데이터 전송률을 144Kbps로 하였을 때 Traffic\_Chip\_bit가 현재 상용되고 있는 CDMA 나 PCS에 비해 두 경우 모두에서 약 6.0dB 이상 낮게 나타났으며, NF도 약 13 정도 낮은 -3.185로 분석되어졌다. 또한 수신 감도( $I_{\alpha}$ )를 -104dBm, 대역폭을 5MHz, 10Mbps, 데이터 전송률을 384Kbps로 하였을 때 Traffic\_Chip\_bit가 현재 상용되고 있는 CDMA 와 PCS에 비해 약 5.0dB 이상 낮게 나타났으며, NF도 약 6 정도 낮은 -7.444 dB로 나타났다.

그리고 데이터 전송속도를 2MHz로 하였을 경우에는 일정한 장소에서 단말기를 사용하여야함을 알 수 있었다.

수신감도를 -104dBm에서 -90dBm으로 높임으로써  $I_{oc}$ 도 높일 수 있다. 수신감도를 -90dBm으로 높였을 때 CDMA나 PCS에 비해  $I_{oc}$ 가 약 14.0dBm 이상 높게 나타나고, 따라서 단말기의 잡음지수도 CDMA나 PCS에서 요구하는 정도로 (CDMA=10.071dB, PCS=6.816dB) 나타남을 알 수 있었다.

일러한 결과는 확산신호 대역폭과 데이터 신호

대역폭이 CDMA나 PCS에 비해 넓어짐에 따라 수신감도가 낮아지고, 확산 신호 대역폭과 데이터 신호 대역폭이 높게 설정됨으로써, PG은 낮게 나타남을 알 수 있다. 확산 스펙트럼 방식을 사용하는 IMT-2000에서는 최대 가입자 수가 PG에 따라 결정됨을 알 수 있다. 이러한 분석 결과로 보아 수신감도를 높이기 위해서는 셀의 크기를 아주 작게 설계하여야 한다는 것을 알 수 있다.

그러므로, 본 논문의 분석 결과는 앞으로 상용화될 IMT-2000 셀 최적 설계에 많은 영향을 미칠 것으로 사료된다.

### 참 고 문 헌

- [1] 한국 전자 통신 연구원, "이동통신 단말 기술/시장 보고서" 2000, 2
- [2] 정보 통신부, "IMT-2000 용 주파수 연구", 1999, 10
- [3] 현대 전자 산업 3G 시스템 기술 연구팀, "국내에 적합한 표준화 관련 (IMT-2000)국내에 적합한 표준화", 1999, 12
- [4] 정보통신부 "IMT-2000의 개념 및 정책, 기술동향", 1999, 10
- [5] 한국 통신기술협회, "800MHz 대 디지털 이동전화 이동국의 최소 성능 표준", 문서번호 MS9407340-35
- [6] Kim Nam Su, "A Study on the RF Receiving system Design for DS/CDMA" Telecommunications Review Vol.20, No 7. pp. 1076-1084, Sep,1993
- [7] M.Heath.P.Newson. "On the Capacity of Spread Spectrum CDMA for Mobile Radio", IEEE VTC'92. Denver.co.pp.985-988, May, 1992.
- [8] K.Gilhousen.et al. "On the Capacity of a Cellular CDMA System", IEEE Trans. on Veh. Tech. VT-40. pp.301-312. May,1991
- [9] TIA/EIA, IS98-A : La Jolla, Recommended Minimum Performance Standards for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations, Jan,1996.
- [10] TIA/EIA, J-STD-018: Recommended Minimum Performance Standards for 1.8 to 2.0GHz Code Division Multiple Access Personal Stations, Nov,1995.



[11] M.C Jeruchim "Techniques for Bit Error Rate in the Simulation of Digital Communication System", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.1325-1328, Nov,1973.

[12] S. Erst, Receiving System Design, Artech House, Ch.4, 1984.<sup>[8]</sup> Stephen A. Mass, Microwave Mixers, 2nd Ed. ARTECH HOUSE. pp.97-119. 1993.

[13] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentics-Hall pp. 139-153. 1984.

[14] Gary A BReed, Low Noise Design Handbook, ARGUS. pp. 17-20, 1994

[15] Chris Bowick. "RF Circuit Design", Howard. Sams & Co., Inc ISBN : 0-672-218-2

[16] Chris Bowick. "RF Circuit Design", Howard. Sams & Co., Inc ISBN: 0-672-21868-2

[17] Qualcomm. CDMA System Engineering Training Handbook. April, 1993.

[18] Guillermo Gonzalez, Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design, Prentice-Hall pp.139-153. 1984

[19] Stephen A. Mass, Microwave Mixers, 2nd Ed. ARTECH HOUSE. pp. 97-119. 1993

[20] Gary A BReed. Low Noise Design Handbook. ARGUS. pp. 17-20 1994.

[21] La Jolla, Recommended Minimum Performance Standards for Dsl - Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations, TIA/EIA/IS-98-A, Jan. 1996.

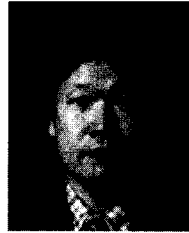
[22] K. Gilhousen. et al. "On the Capacity of a Cellular CDMA System", IEEE Trans. on Veh. Tech. VT-40. pp. 301-312. May. 1991.

[23] M.Heath. P.Newson. "On the capacity of spread sprctrum CDMA for mobile radio", IEEE VTC'92. Denver. co. pp 985-988, May. 1992.

[24] 장익수외, "PCS기지국 RF송수신부의 설계 및 성능평가", TELECOMMUNICATIONS REVIEW. 1995. Vol., No.6

이 철 희(Cheul Hee Lee)

정회원



1992년 : 조선대학교 자연과학대학  
물리학과, 이학사  
1994년 : 조선대학교 대학원  
전자공학과, 공학석사  
2000년 : 조선대학교 대학원  
전자공학과, 공학박사

1997년~현재 : 고창기능대학 정보통신과 전임강사  
<주관심 분야> 이동통신, 광통신, 위성통신

박 종 안(Jong An Park)

정회원



1975년 : 조선대학교 공과대학  
전자공학과, 공학사  
1986년 : 조선대학교 대학원  
전기공학과, 공학박사  
1983년~1984년 : 미국  
Massachusetts 주립대  
학교 전기 & 전자공학과  
객원교수

1990년~1991년 : 영국 Surrey 대학 전기 & 전자공  
학과 객원교수

1975년~현재 : 조선대학교 공과대학 전자정보통신공  
학부 교수

<주관심 분야> 디지털 신호처리, 멀티미디어 영상처  
리, Vision 시스템